

Aus der
Anatomischen Anstalt
der Ludwig - Maximilians - Universität München
Lehrstuhl für Anatomie – Vegetative Anatomie
Vorstand: Prof. Dr. med. Jens Waschke

Trigeminale Afferenzen zu den äußeren Augenmuskeln des
Rhesusaffen, die Calbindin, Osteopontin oder
Calcitonin-Gen-Related Peptide enthalten

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnmedizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Jennifer Carolin Kirch
aus
Stiefenhofen

2022

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Jens Waschke

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Oliver Ehrt

PD Dr. Dr. Sabine Krause

Prof. Dr. Martina Rudelius

Mitbetreuung durch die
promovierte Mitarbeiterin: Prof. Dr. Anja Horn-Bochtler

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 02.06.2022

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

I.	Abkürzungsverzeichnis	VII
II.	Tabellenverzeichnis	IX
III.	Abbildungsverzeichnis	X
1	Einleitung	1
1.1	Extraokuläre Muskulatur	1
1.2	Funktion der extraokulären Muskulatur.....	2
1.3	Feinanatomie der extraokulären Muskulatur.....	3
1.4	Motorische Innervation	5
1.5	Sensible Innervation	6
1.6	Nervus trigeminus (V) und Ganglion trigeminale	8
1.7	Zielsetzung der vorliegenden Arbeit.....	11
1.8	Fragestellung	12
2	Material und Methoden	13
2.1	Versuchstiere	13
2.1.1	Tracerinjektion in den Augenmuskel	13
2.1.2	Perfusion.....	14
2.2	Entnahme der Trigeminalganglien.....	14
2.3	Histologische Aufbereitung sowie Herstellung der Schnitte	15
2.4	Immunhistologie.....	15
2.4.1	Eingesetzte Antikörper	16
2.4.2	Immunperoxidase-Färbung	17
2.4.3	Fluoreszenz-Färbung.....	18
2.5	Auswertung	19
2.5.1	Auswertung der gefärbten Schnitte	19
2.5.2	Quantitative Analyse	20

3	Ergebnisse.....	21
3.1	Verifizierung der Injektionsstellen.....	21
3.2	Retrograd markierte Neurone im Trigeminusganglion.....	24
3.2.1	Größenprofil der retrograd markierten Neurone im Trigeminusganglion	26
3.3	Identifizierung von Calbindin-, Calcitonin Gene-Related Peptide - und Osteopontin-positiven Tracer-markierten Neuronen im Trigeminusganglion	28
3.4	Quantifizierung der CB-, CGRP- und OPN-positiven Neurone im Trigeminusganglion	30
3.4.1	Größenprofil Calbindin-positiver Neurone	32
3.4.2	Größenprofil CGRP-positiver Neurone	34
3.4.3	Größenprofil OPN-positiver Neurone	35
4	Diskussion.....	37
4.1	Tracerinjektion der extraokulären Muskulatur sowie Kontamination angrenzender Strukturen.....	37
4.2	Lokalisation der Tracer-positiven Neurone im Trigeminusganglion	38
4.3	Größenprofil retrograd markierter Neurone im Trigeminusganglion	39
4.4	Histochemische Charakterisierung der trigeminalen Projektionsneurone.....	40
4.4.1	Calbindin (CB) - positive Neurone.....	40
4.4.2	Calcitonin Gene-Related Peptide (CGRP) - positive Neurone	42
4.4.3	Osteopontin (OPN) - positive Neurone.....	44
5	Zusammenfassung	46
IV.	Literaturverzeichnis	48
V.	Anhang	56
5.1	Verwendete Trigeminusganglion Schnitte.....	56
5.2	Verwendete Antikörper	58
5.3	Färbeprotokolle	59
5.3.1	Immunperoxidase-Färbung	59
5.3.2	Immunfluoreszenz-Färbung.....	61

5.3.2.1	Calbindin	61
5.3.2.2	CGRP	62
5.3.2.3	Osteopontin	63
5.4	Verwendete Excel Tabellen für die Erstellung der Größenprofile	64
5.4.1	Fall Z15001.....	64
5.4.2	Fall Z15294.....	70
5.4.3	Fall Z15299.....	76
VI.	Danksagung	83
VII.	Eidesstattliche Versicherung	84

I. Abkürzungsverzeichnis

4V	Vierter Ventrikel
CB	Calbindin
CCN	Nucleus centralis caudalis
CGRP	Calcitonin Gene-Related Peptide
CR	Calretinin
CT-B	Choleratoxin Untereinheit B
DAB.....	Diaminobenzidintetrahydrochlorid
D _{max}	maximaler Durchmesser
D _{min}	minimaler Durchmesser
EOM.....	Extraokuläre Muskulatur
H ₂ O ₂	Wasserstoffperoxid
II	Nervus opticus
III	Nervus oculomotorius
ICP	Pedunculus cerebellaris inferior
IO.....	Musculus obliquus inferior
IR	Musculus rectus inferior
IV	Nervus trochlearis
LC.....	Locus coeruleus
LP.....	Musculus levator palpebrae
LPB.....	Lateraler parabrachialer Nucleus
LR.....	Musculus rectus lateralis
MIF.....	Multipel innervierte Muskelfaser (engl. „multiply innervated fiber“)
MLF.....	Fasciculus longitudinalis medialis
MR	Musculus rectus medialis
MSÜ.....	Muskelsehnenübergang
nIII.....	Nucleus oculomotorius
nIV	Nucleus trochlearis
nVI	Nucleus abducens
nVII	Nucleus facialis
OO	Musculus orbicularis oculi
OPN	Osteopontin

OT	Objektträger
PBS.....	Phosphat-gepufferte Kochsalzlösung
PV.....	Parvalbumin
SIF	Einfach innervierte Muskelfaser (engl. „singly innervated fiber“)
SO	Musculus obliquus superior
SP.....	Substanz P
SR.....	Musculus rectus superior
TBS.....	Tris-gepufferte Kochsalzlösung (engl. „tris buffered saline“)
TG	Trigeminusganglion
V1	Nervus ophthalmicus
V2	Nervus maxillaris
V3	Nervus mandibularis
VI	Nervus abducens
Vmes.....	Nucleus mesencephalicus nervi trigemini
Vsp.....	Nucleus spinalis nervi trigemini
WGA	Weizenkeim-Agglutinin

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Eingriffe an den Versuchstieren.	14
Tabelle 2: Übersicht der Tracer/Marker Kombination nach Fällen.	19
Tabelle 3: Detektierte Tracer-markierte Neurone im Zielmuskel, in der angrenzenden EOM, in den Augenmuskelkernen sowie im Trigeminusganglion (TG).	21
Tabelle 4: Übersicht der quantitativen Auswertung der Tracer-positiven Neurone im Verhältnis zur gesamten Zellpopulation im ophthalmischen Teil des TG.	28
Tabelle 5: Übersicht der quantitativen Auswertung aller Marker-positiven Neurone nach Fall, Seite, Tracer und Injektionsstelle	32
Tabelle 6: Verwendete TG-Schnitte, Fall Z15001	56
Tabelle 7: Verwendete TG-Schnitte, Fall Z15294	57
Tabelle 8: Verwendete TG-Schnitte, Fall Z15299	57
Tabelle 9: Übersicht der verwendeten primären Antikörper.	58
Tabelle 10: Übersicht der verwendeten sekundären Antikörper.	58
Tabelle 11: Fall Z15001, TG: rechts/links, Marker: CB	65
Tabelle 12: Fall Z15001, TG: rechts/links, Marker: CGRP	67
Tabelle 13: Fall Z15001, TG: rechts/links, Marker: OPN	69
Tabelle 14: Fall Z15294, TG: rechts/links, Marker: CB	71
Tabelle 15: Fall Z15294, TG: rechts/links, Marker: CGRP	73
Tabelle 16: Fall Z15294, TG: rechts/links, Marker: OPN	75
Tabelle 17: Fall Z15299, TG: rechts/links, Marker: CB	77
Tabelle 18: Fall Z15299, TG: rechts/links, Marker: CGRP	80
Tabelle 19: Fall Z15299, TG: rechts/links, Marker: OPN	82

III. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Extraokuläre Muskulatur, Motorische Augenerven und Kerngebiete.	1
Abbildung 2: Verlauf der äußeren Augenmuskeln und ihre Lage zum Bulbus oculi.....	3
Abbildung 3: Schematische Darstellung eines Längsschnitts durch den äußeren Augenmuskel eines Primaten mit multipel – (MIF) sowie einfach innervierten Fasern (SIF).....	4
Abbildung 4: Schematische Darstellung vom Ansatz der Muskelschichten am Bulbus bzw. an den Pulleys.	5
Abbildung 5: Topographische Darstellung der Motoneuronengruppen des nIII beim Affen. ...	6
Abbildung 6: Inhalt der eröffneten Orbita mit Ganglion trigeminale.....	11
Abbildung 7: Übersichtsaufnahme des rechten TG (Fall Z15294). Ansicht von kranial.....	15
Abbildung 8: Querschnitt des Hirnstamms (Fall Z15001) auf Höhe des Ncl. oculomotorius (nIII).....	22
Abbildung 9: Querschnitt des Hirnstamms (Fall Z15294, linksseitig) auf Höhe des Nucleus n. abducentis (nVI),	23
Abbildung 10: Querschnitt des Hirnstamms (Fall Z15294, rechtsseitig) auf Höhe des Nucleus n. facialis (nVII),	23
Abbildung 11: Querschnitt des Hirnstamms (Fall Z15294, rechtsseitig) auf Höhe des Nucleus spinalis n. trigemini,	24
Abbildung 12: Querschnitt des Hirnstamms (Fall Z15294) auf Höhe des Nucleus mesencephalicus n. trigemini,	24
Abbildung 13: Übersichtsaufnahme eines Flachschnitts durch das TG mit retrograd markierten WGA-positiven Neuronen im ophthalmischen Bereich (Kreis, Pfeil). ...	25
Abbildung 14: Ausschnittsvergrößerung aus Abb. 13.	26
Abbildung 15: Histogramme der Fälle Z15294/Z15299/Z15001 - TG rechts/links (Total/Tracer)	27
Abbildung 16: Bildserie eines Schnitts durch das TG (Z1500, rechtsseitig, OT 47).....	29
Abbildung 17: Bildserie eines Schnitts durch das TG (Z15299, linksseitig, OT 19)	30
Abbildung 18: Bildserie eines Schnitts durch das TG (Z15299, linksseitig, OT 36)	30
Abbildung 19: Histogramme der Fälle Z15294/Z15299/Z15001 - TG rechts/links (Tracer (CT-B/WGA)/Marker CB).....	33

Abbildung 20: Histogramme der Fälle Z15294/Z15299/Z15001 - TG rechts/links (Tracer (CT-B/WGA)/Marker CGRP)	35
Abbildung 21: Histogramme der Fälle Z15294/Z15299/Z15001 - TG rechts links (Tracer (CT-B/WGA)/Marker OPN)	36

1 Einleitung

1.1 Extraokuläre Muskulatur

Das Auge befindet sich in der Orbita, einem knöchern begrenzten kegelförmigem Raum, weich gebettet in Fett-, Bindegewebe, Leitungsbahnen und Muskeln. Sechs äußere Augenmuskeln setzen am Bulbus oculi an und sind für die Bewegung des Auges zuständig. Diese lassen sich in vier gerade extraokuläre Muskeln, den Musculus rectus superior (SR), inferior (IR), lateralis (LR) und medialis (MR) sowie in die beiden schrägen Augenmuskeln, Musculus obliquus superior (SO) und inferior (IO) unterteilen. Im erweiterten Sinn ist der Lidheber, der Musculus levator palpebrae superioris, ebenfalls zu den äußeren Augenmuskeln zu zählen (Abbildung 1). Die Innervation des SO erfolgt über den IV. Hirnnerv, den Nervus trochlearis, der LR wird über den VI. Hirnnerv, den Nervus abducens versorgt, alle weiteren extraokulären Muskeln werden durch den III. Hirnnerv, den Nervus oculomotorius innerviert (Waschke et al., 2015).

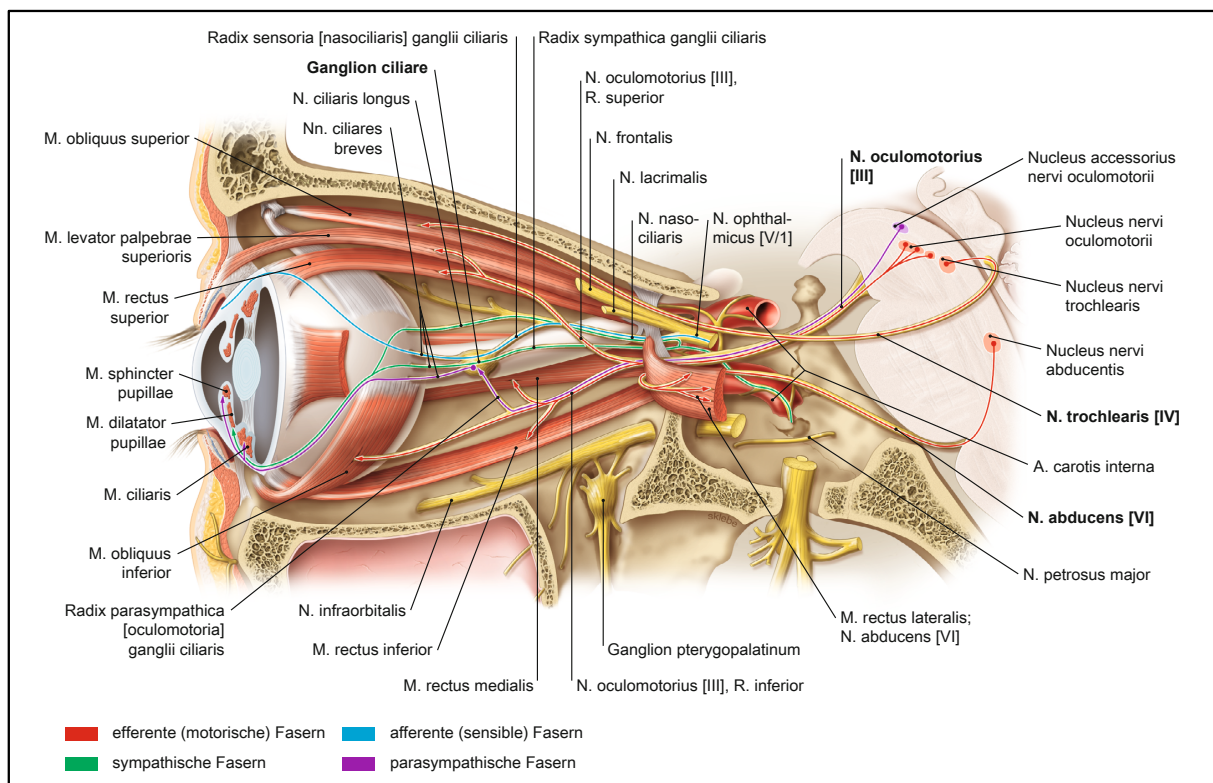


Abbildung 1: Extraokuläre Muskulatur, Motorische Augennerven und Kerngebiete.

Ansicht von lateral, Orbita eröffnet, retrobulbäres Fettgewebe entfernt, M. rectus lateralis reseziert.
Mit freundlicher Genehmigung von Elsevier GmbH Urban & Fischer, München; Adaptiert aus (Waschke et al., 2015).

1.2 Funktion der extraokulären Muskulatur

Der Bulbus oculi kann Drehbewegungen ausführen, die durch die drei paarig vorkommenden, antagonistisch wirkenden extraokulären Muskeln ermöglicht werden. Der Ursprung der vier geraden Augenmuskeln liegt an verschiedenen Abschnitten des Sehenrings Anulus tendineus communis (Abbildung 2). Vor dem Äquator des Bulbus oculi setzen diese kranial (SR), kaudal (IR), lateral (LR) sowie medial (MR) an der Sklera an. Die beiden schrägen Augenmuskeln setzen ebenfalls am Augapfel, jedoch hinter dem Äquator, im lateralen hinteren Quadranten des Bulbus oculi, an. Der Ursprung des IO liegt im medialen Abschnitt des Orbitabodens hinter dem Orbitalrand, der SO hingegen entspringt dem Corpus ossis sphenoidalis, oberhalb sowie medial des Canalis opticus und verläuft vor seinem Ansatz am Bulbus durch die Trochlea, eine faserknorpelige Bindegewebschlaufe. Der Musculus levator palpebrae superioris, welcher vor dem Canalis opticus an der Ala minor ossis sphenoidalis entspringt, setzt an der Vorderfläche des Tarsus im Oberlid an, mit der Funktion das Oberlid anzuheben. Das Zusammenwirken der paarigen extraokulären Augenmuskeln und deren individuelle Funktionen ermöglichen diverse Bewegungen des Bulbus oculi im dreidimensionalen Raum. Im Folgenden ist eine Übersicht der jeweiligen Funktionen der extraokulären Muskulatur sowie eine schematische Darstellung des Verlaufs der äußeren Augenmuskeln und deren Lage zum Bulbus oculi aufgeführt (Abbildung 2):

- M. rectus superior: Anheben der Sehachse, Adduktion und Innenrotation des Bulbus
- M. rectus inferior: Absenken der Sehachse, Adduktion und Außenrotation des Bulbus
- M. rectus lateralis: Abduktion des Bulbus
- M. rectus medialis: Adduktion des Bulbus
- M. obliquus superior: Absenken der Sehachse, Abduktion und Innenrotation des Bulbus
- M. obliquus inferior: Anheben der Sehachse, Abduktion und Außenrotation des Bulbus
- M. levator palpebrae superioris: Anheben des Oberlids

(Waschke et al., 2015; Schünke et al., 2015)

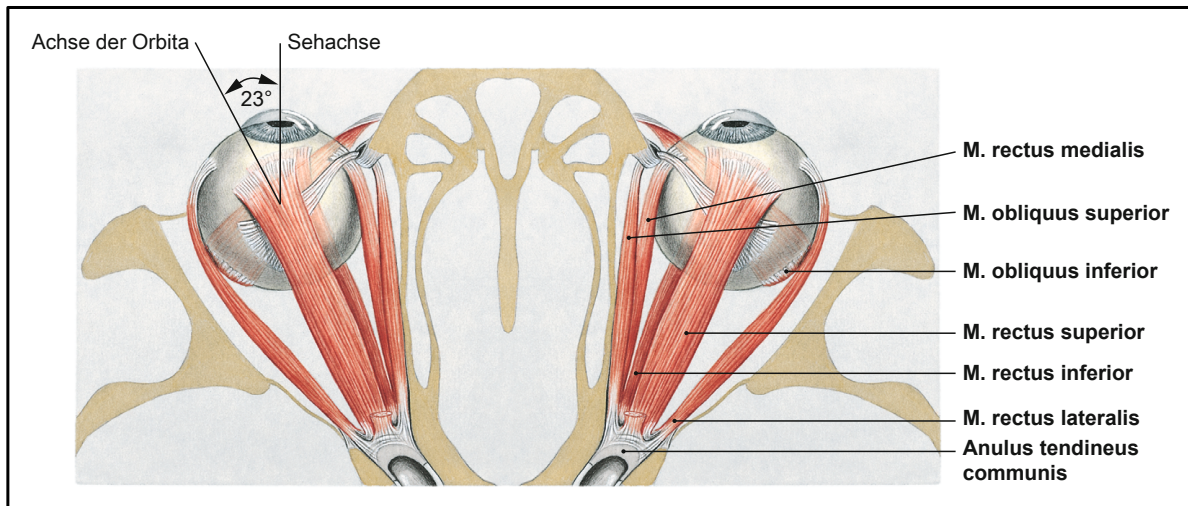


Abbildung 2: Verlauf der äußeren Augenmuskeln und ihre Lage zum Bulbus oculi.

Ansicht von kranial.

Mit freundlicher Genehmigung von Elsevier GmbH Urban & Fischer, München; Adaptiert aus (Waschke et al., 2015).

1.3 Feinanatomie der extraokulären Muskulatur

Hinsichtlich der Kontraktionseigenschaften werden im klassischen Skelettmuskel zwei Muskelfasertypen, die Slow- und die Fast-Twitch Fasern unterschieden. Es wurde jedoch in Augenmuskeln eine weitere Faserart, die sogenannten Non-Twitch Fasern, entdeckt, was letztlich zur Unterscheidung der Twitch- und der Non-Twitch-Fasern im Augenmuskel führte (Büttner-Ennever et al., 2006; Spencer und Porter, 2006). Bei den Twitch-Fasern handelt es sich um einzeln innervierte Fasern (SIF), die auf einen Reiz mit dem Alles-oder-Nichts Prinzip reagieren und daher dem Skelettmuskel gleichen. Im zentral gelegenen Muskelbauch werden sie über eine relativ dicke Nervenfasern (7-11 μm) durch eine „en plaque“ Endigung innerviert. Bei den Non-Twitch-Fasern hingegen handelt es sich um multipel innervierte Fasern (MIF), welche über „en grappe“ Endigungen mittels etwas dünneren Nervenfasern (3-5 μm) versorgt werden (Abbildung 3). Diese auf eine Stimulation langsam und tonisch reagierenden Fasern, befinden sich entlang der gesamten Länge der Muskelfaser, jedoch mit höherem Vorkommen im distalen Bereich. Die beim Säugetier eher ungewöhnlichen MIFs kommen lediglich im Larynx, in der Mittelohr- sowie in der Augenmuskulatur vor (Morgan and Proske, 1984). Zudem befinden sich am Muskelsehnenübergang der MIFs die sogenannten Palisadenendigungen, welche zahlreiche Endigungen in der Sehne aufweisen (Büttner-Ennever et al., 2001; Blumer et al., 2016).

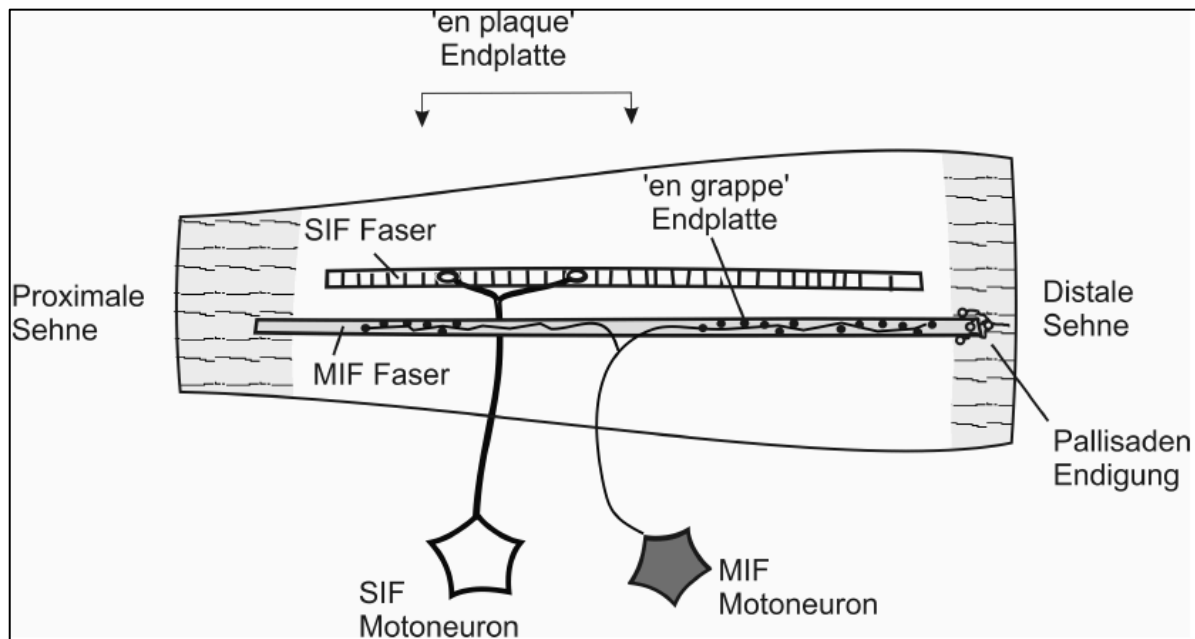


Abbildung 3: Schematische Darstellung eines Längsschnitts durch den äußeren Augenmuskel eines Primaten mit multipel – (MIF) sowie einfach innervierten Fasern (SIF).

Modifiziert aus (Büttner-Ennever et al., 2001).

Weiter können die Augenmuskeln von Säugern, im Unterschied zum Skelettmuskel, in zwei verschiedene Schichten unterteilt werden. Die innere, dem Bulbus anliegende Schicht (global layer), die aus großkalibrigen Fasern besteht und die äußere, der Orbita zugewandte Schicht (orbital layer), welche aus kleinkalibrigen Fasern zusammengesetzt ist (Spencer und Porter, 2006). Die globale Muskelschicht, die sich vom gemeinsamen Ursprung des Anulus tendineus communis, über die komplette Länge des Muskels erstreckt, zieht dabei durch „Pulleys“ und setzt letztlich an der Sklera an (Abbildung 4). Der Großteil der etwas proximaler endenden orbitalen Schicht, setzt am distalen Bereich der Pulleys an. Als Pulley wird ein bindegewebiger Ring bezeichnet, der von den Tenonpforten, welche wiederum Teil der Tenonkapsel sind, gebildet wird. Die Tenonpforten befinden sich in etwa auf Höhe des Bulbusäquators. Pulleys, welche die Zugrichtung der Muskeln anpassen, werden zudem durch glatte Muskulatur, Elastin und Kollagen stabilisiert (Demer et al., 2000; Büttner and Büttner-Ennever, 2006; Miller, 2007).

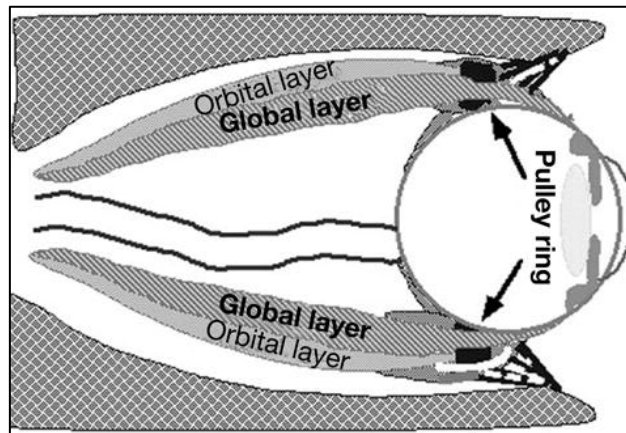


Abbildung 4: Schematische Darstellung vom Ansatz der Muskelschichten am Bulbus bzw. an den Pulleys.

Ansicht von kranial. Die globale Schicht der extraokulären Muskulatur setzt direkt mit der Sehne am Bulbus an. Die orbitale Schicht setzt an der äußeren Schicht der Pulleys an.

Mit freundlicher Genehmigung von S. Karger AG; Adaptiert aus (Straube et. al., 2007).

1.4 Motorische Innervation

Die extraokulären Muskeln werden von Motoneuronen, die sich im Hirnstamm in drei paarig vorliegenden Hirnnervenkernen (nIII, nIV, nVI) befinden, innerviert. Der Kern des N. abducens (nVI) befindet sich im Pons, das Mittelhirn beinhaltet die Kerne des N. trochlearis (nIV) sowie des N. oculomotorius (nIII) (Schünke et al., 2015).

Als kompakter Kern im Tegmentum des Mesencephalons unterhalb des Aquaeductus cerebri liegt das ausgedehnte Kerngebiet des N. oculomotorius. Die im nIII liegenden Motoneurone der jeweiligen Augenmuskeln sind topografisch in funktionell zusammengehörende Zellgruppen unterteilt. Diese innervieren den kontralateralen SR und ipsilateral den MR, IR sowie den IO. Die zwei verschiedenen Muskelfasertypen spiegeln sich in den getrennt vorliegenden Twitch- und Non-Twitch Motoneuronengruppen in den Hirnnervenkernen wider, was mittels Tracer Methoden beim Affen veranschaulicht werden konnte. Die Twitch Motoneurone liegen innerhalb der klassischen Kerngebiete, die Non-Twitch Nervenzellkörper hingegen liegen in peripheren Gruppen (Büttner-Ennever et al., 2001; Büttner-Ennever, 2006). Letztere werden im nIII in die sogenannte C-Gruppe, welche die MIF Motoneurone des IR sowie des MR enthält und in die S-Gruppe, in der sich die IO sowie die SR MIF-Motoneurone befinden, untergliedert. Die Motoneurone des nIV innervieren den kontralateralen SO. Die Neurone des nVI hingegen sind für die Innervation des ipsilateralen LR zuständig. Der Musculus levator palpebrae superioris, der Lidheber, wird von Motoneuronen, welche in einem unpaaren kaudalen sowie medialen Kerngebiet, dem Nucleus centralis caudalis (CCN), vorliegen versorgt, jedoch mit seitengetrenten motorischen Eingängen. Der CNN befindet

sich dorsal am kaudalen Ende des nIII (Porter et al., 1989; Sekiya et al., 1992; Hopf and Brandt, 2006).

Abbildung 5 zeigt einen Transversalschnitt durch das Mesencephalon des Affen, in der die Motoneuronengruppen des nIII dargestellt sind. Die SR-Motoneurone befinden sich auf der kontralateralen Seite, während sich alle anderen Motoneurone der vom nIII innervierten Augenmuskeln auf der ipsilateralen Seite befinden. Während die SIF- Motoneurone innerhalb des nIII zu finden sind, liegen die Motoneurone der MIFs am Rande des nIII in der C- sowie in der S-Gruppe (Büttner-Ennever 2001; Lienbacher, 2012).

Die Motoneurone des MR befinden sich in der ventralen A- sowie in der dorsolateralen B-Gruppe. Die IO und SR Motoneurone liegen in der ventralen Hälfte des nIII. Medial der B-Gruppe liegend, in der dorsalen Hälfte des nIII befinden sich die Motoneurone des IR (Büttner-Ennever, 2006).

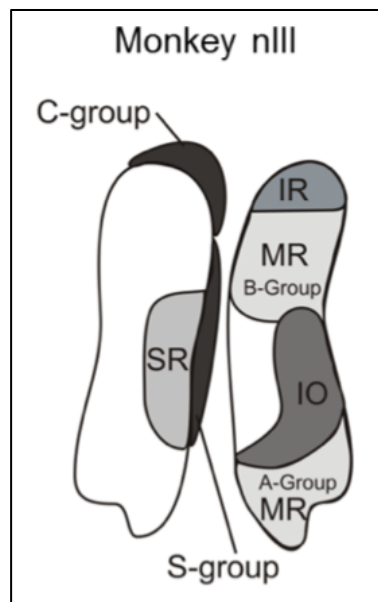


Abbildung 5: Topographische Darstellung der Motoneuronengruppen des nIII beim Affen.

Mit freundlicher Genehmigung von Karoline Lienbacher; Adaptiert aus (Lienbacher, 2012).

1.5 Sensible Innervation

Die sensible Innervation der äußeren Augenmuskeln ist noch nicht abschließend geklärt und es ist unklar, welche Strukturen diese sensorischen Signale erzeugen und welche zentralen Nervenbahnen beteiligt sind. Die Frage ob Propriozeption stattfindet und über welche Strukturen dies erfolgt wird kontrovers diskutiert (Donaldson, 2000; Büttner-Ennever et al., 2006; Zimmermann et al., 2011; Lienbacher and Horn, 2012). Mit den äußeren Augenmuskeln werden drei verschiedene Arten von Rezeptoren assoziiert: Muskelspindeln, Golgi-

Sehnenorgane sowie Palisadenendigungen. Diese wiederum weisen jedoch bei verschiedenen Spezies ein stark variierendes Bild auf. Vermutlich ist jeder Rezeptor auf eine morphologisch getrennte Schicht des Augenmuskels beschränkt. In den multipel innervierten Non-twitch-Fasern befinden sich in der globalen Schicht die für die Augenmuskulatur einzigartigen Palisadenendigungen (Büttner-Ennever et al., 2006). Diese Nervenendigungen verlaufen vom zentralen Nerveneintrittsbereich nach distal und sitzen dort letztlich wie eine Art Kappe, manschettentförmig um die Enden von MIFs (Dogiel, 1906; Büttner-Ennever et al., 2006; Blumer et al., 2009). Die meisten Palisadenendigungen befinden sich am distalen Muskelsehnenübergang, beim Menschen und der Katze konnten diese jedoch auch am proximalen Muskelsehnenübergang dargestellt werden (Alvarado-Mallart and Pincon Raymond, 1979; Lukas et al., 2000). Palisadenendigungen lassen sich in allen Spezies nachweisen, die frontal ausgerichtete Augen haben, unter anderem beim Menschen und beim Affen. Bei Nagetieren mit lateral ständigen Augen lassen sich gar keine oder lediglich vereinzelt vorkommende Palisadenendigungen nachweisen, wie beispielsweise bei der Ratte. Im Gegensatz dazu weisen Kaninchen und Huftiere (z.B. Schaf), die ebenso lateral ausgerichtete Augen haben, Palisadenendigungen auf (Blumer et al., 2016). Es gibt jedoch keinen Konsens darüber, ob diese eine sensible, motorische oder gemischte Funktion haben (Konakci et al., 2005; Büttner-Ennever et al., 2006).

Im Gegensatz zum Skelettmuskel variiert das Vorkommen von Muskelspindeln, die zur sensiblen Erfassung der Länge dienen, im Augenmuskel je nach Spezies stark. Sofern diese vorhanden sind, befinden sie sich in der orbitalen - oder am Übergang zur globalen Schicht. Bisher konnten Muskelspindeln beim Menschen, Huftieren, Schweinen, Mäusen sowie bei einigen Affen nachgewiesen werden (Maier et al., 1974; Blumer et al., 2003; Büttner-Ennever et al., 2006). Beim Menschen beispielsweise lässt sich eine relativ hohe Anzahl an Muskelspindeln in den äußeren Augenmuskeln nachweisen, wobei diese in sehr unterschiedlicher Anzahl innerhalb der extraokulären Muskeln vorkommen (Lukas et al., 1994).

Dagegen scheinen Golgi-Sehnenorgane, die zur Wahrnehmung der Muskelspannung dienen, für Huftiere sowie für eine Affenspezies, einzigartig zu sein (Blumer et al., 2000). Diese befinden sich in einer äußeren distalen Randschicht, welche die orbitale Schicht des Augenmuskels umgibt.

Die Assoziation zwischen Palisadenendigungen und dem mehrfach innervierten Muskelfasertyp der globalen Schicht führte zu der Vermutung, dass sie möglicherweise zusammen als sensorischer Rezeptor auftreten und eine Quelle für zentrale propriozeptive Signale darstellen können. Palisadenendigungen und MIFs könnten daher als große Muskelspindel fungieren, indem die en grappe Endigungen die Spannung der MIFs dem Muskel anpassen, während die Palisadenendigungen die Spannung an übergeordnete Strukturen rückmelden. Andere Interpretationen der morphologischen Evidenz stützen diese mögliche Funktion jedoch nicht (Büttner-Ennever et al., 2006; Lienbacher et al., 2011).

Bereits 1986 durchgeführte Versuche mittels Tracerinjektionen, welche in verschiedene extraokuläre Muskeln appliziert wurden, zeigten, dass sensible Neurone des Trigeminalganglion retrograd, sowie Nervenendigungen im Nucleus spinalis nervi trigemini anterograd markiert vorlagen (Porter, 1986). Im TG werden die Somata propriozeptiver Afferenzen der extraokulären Muskulatur (EOM) sowie Neurone der Schmerzfasern vermutet (Lienbacher and Horn, 2012).

1.6 Nervus trigeminus (V) und Ganglion trigeminale

Die Kerngebiete des Nervus trigeminus, des größten sensiblen Nervs im Bereich des Kopfes, dehnen sich über den gesamten Hirnstamm bis zum Rückenmark als kaudale Begrenzung aus. Im Pons bündeln sich alle Nervenfasern, um als vereinter Nerv, welcher sich aus der kleinen Radix motoria und der größeren Radix sensoria zusammensetzt, das Gehirn lateral zu verlassen. Bereits hier ist makroskopisch zu erkennen, dass der V. Hirnnerv zum Großteil sensible Fasern über die Radix sensoria, jedoch auch motorische Faserqualitäten über die Radix motoria in die Versorgungsgebiete abgibt. In den Kerngebieten befinden sich vier Hirnnervenkerne, der speziell viszeroeffere Nucleus motorius nervi trigemini sowie drei weitere allgemein somatoafferente Kerne, der Nucleus mesencephalicus nervi trigemini, der Nucleus principalis nervi trigemini und der Nucleus spinalis nervi trigemini.

Beide Wurzeln verlaufen gemeinsam über die Margo superior des Felsenbeins und bilden dort eine Duratasche, in welcher sich das sichelförmige Trigeminalganglion befindet. Distal des Ganglion trigeminale teilt sich der Nervus trigeminus in seine drei Hauptäste, Nervus ophthalmicus (V1), Nervus maxillaris (V2) und Nervus mandibularis (V3) auf. Diese drei Äste verlassen durch unterschiedliche Schädelöffnungen die mittlere Schädelgrube und ziehen in die jeweiligen Versorgungsgebiete (Abbildung 6). Der kaudal gelegene V3 setzt sich als einziger

Ast aus motorischen und sensiblen Fasern zusammen und gelangt durch das Foramen ovale an die Unterseite der Schädelbasis. Dieser innerviert das untere Drittel des Gesichtes sowie die Zähne des Unterkiefers sensibel und unter anderem die Kaumusculatur sowie zwei suprahyale Muskeln motorisch. Der rein sensible mittlere V2 verläuft durch das Foramen rotundum in die Fossa pterygopalatina um dort das Mittelgesicht, mitunter das untere Lid, die Oberkieferzähne sowie die Oberlippe zu innervieren. Der ebenfalls rein sensible, kranial gelegene V1 zieht zusammen mit dem N. oculomotorius durch die Fissura orbitalis superior in das Versorgungsgebiet, welches in der oberen Gesichtsregion liegt. Dort teilt sich dieser weiter in den N. frontalis, N. nasociliaris und N. lacrimalis auf und innerviert über Abzweigungen die jeweiligen nahe gelegenen Augenmuskeln. Weiter werden die Haut der Stirn, des oberen Augenlids und des Nasenrückens sowie die Schleimhäute der Nasenhöhlen und der Nasennebenhöhlen innerviert. In der Augenhöhle lagern sich zusätzlich vegetative Fasern zur Tränendrüseninnervation an (Waschke et al., 2015; Schünke et al., 2015).

Verschiedene Experimente am Affen zeigten, dass nach einer Tracerinjektion mit Weizenkeim-Agglutinin (WGA) u.a. in die EOM, über retrograden Transport, Motoneurone der entsprechenden Hirnnervenkerne sowie sensible Neurone im Ganglion trigeminale markiert wurden. Neben einer signifikanten Anzahl pseudounipolarer sensibler Neurone im ipsilateralen Ganglion trigeminale, konnten zusätzlich sensorische pseudounipolare Zellen im Nucleus mesencephalicus nervi trigemini im Hirnstamm nachgewiesen werden (Porter and Spencer, 1982; Porter, 1986; Lazarov, 2000). Weiter führt die Injektion eines Tracers zu einer anterograden Markierung von Nervenendigungen im Nucleus spinalis nervi trigemini (Porter, 1986).

Propriozeptive afferente Fasern aus Muskelspindeln der Kaumusculatur, die der Radix motoria anlagern, bilden im Hirnstamm den Tractus mesencephalicus nervi trigemini und gelangen zum Nucleus mesencephalicus nervi trigemini, der sich im Mittelhirn befindet. Die Zellkörper der propriozeptiven Afferenzen befinden sich nicht im Ganglion trigeminale, sondern im Nucleus mesencephalicus nervi trigemini, daher wird dieser auch als zentrales Ganglion bezeichnet (Porter, 1986; Waite and Ashwell, 2004). Möglicherweise enthält der Nucleus mesencephalicus n. trigemini, in welchem vorwiegend propriozeptive Neurone zu finden sind, die die Kaumusculatur innervieren, zusätzlich propriozeptive Informationen des Augenmuskels (Porter and Donaldson, 1991; Lazarov, 2002; Wang et al., 2008; Lienbacher, 2012).

Grundsätzlich lassen sich die vier Kerne der Nervus trigeminus folgendermaßen weiter einteilen: Der speziell viszeroefferente Nucleus motorius nervi trigemini gibt große multiple Nervenzellen zur Innervation der Kaumuskulatur ab. Der mesencephale Trigeminskern, welcher Zellen enthält, deren Fasern zu Druckrezeptoren und zu Spindeln der Kaumuskulatur führen, ist für die propriozeptiven Afferenzen der Kaumuskulatur zuständig. Schmerzreize hingegen werden zum spinalen Trigeminskern sowie zum Nucleus principalis geleitet. Letzterer enthält Ponsfasern für Diskrimination und Berührung. In zwiebelschaliger somatotoper Anordnung befinden sich die Fasern für Temperatur und Schmerz im spinalen Trigeminskern (Hopf and Brandt, 2006).

In der Literatur wurden Zellkörper von propriozeptiven Neuronen des Nervus Trigeminus der Ratte, die unter anderem die Kontraktion des M. levator palpebrae übermitteln, beschrieben. Die markierten Somata wurden neben dem Ganglion trigeminale im ipsilateralen mesencephalen Trigeminskern detektiert (Fujita et al., 2012).

Weiter wird dem Neuropeptid Substanz P (SP) beispielsweise, mitunter die Aufgabe der Vermittlung von Schmerzinformation zugeschrieben (Hunt und Rossi, 1985; Levine et al., 1993). Untersuchungen dazu ergaben, dass im TG eine Substanz P-haltige Subpopulation aus dem Augenmuskel vorliegt und es sich hierbei aller Wahrscheinlichkeit nach um Zellen handelt, die Schmerzsignale vermitteln (Nouriani, 2008).

Um weitere Informationen über mögliche Funktionen der vom Augenmuskel aus markierten TG-Neurone herauszufinden, wurden in dieser Arbeit Untersuchungen auf die Marker Calbindin (CB), Calcitonin Gene-Related Peptide (CGRP) sowie Osteopontin (OPN) durchgeführt.

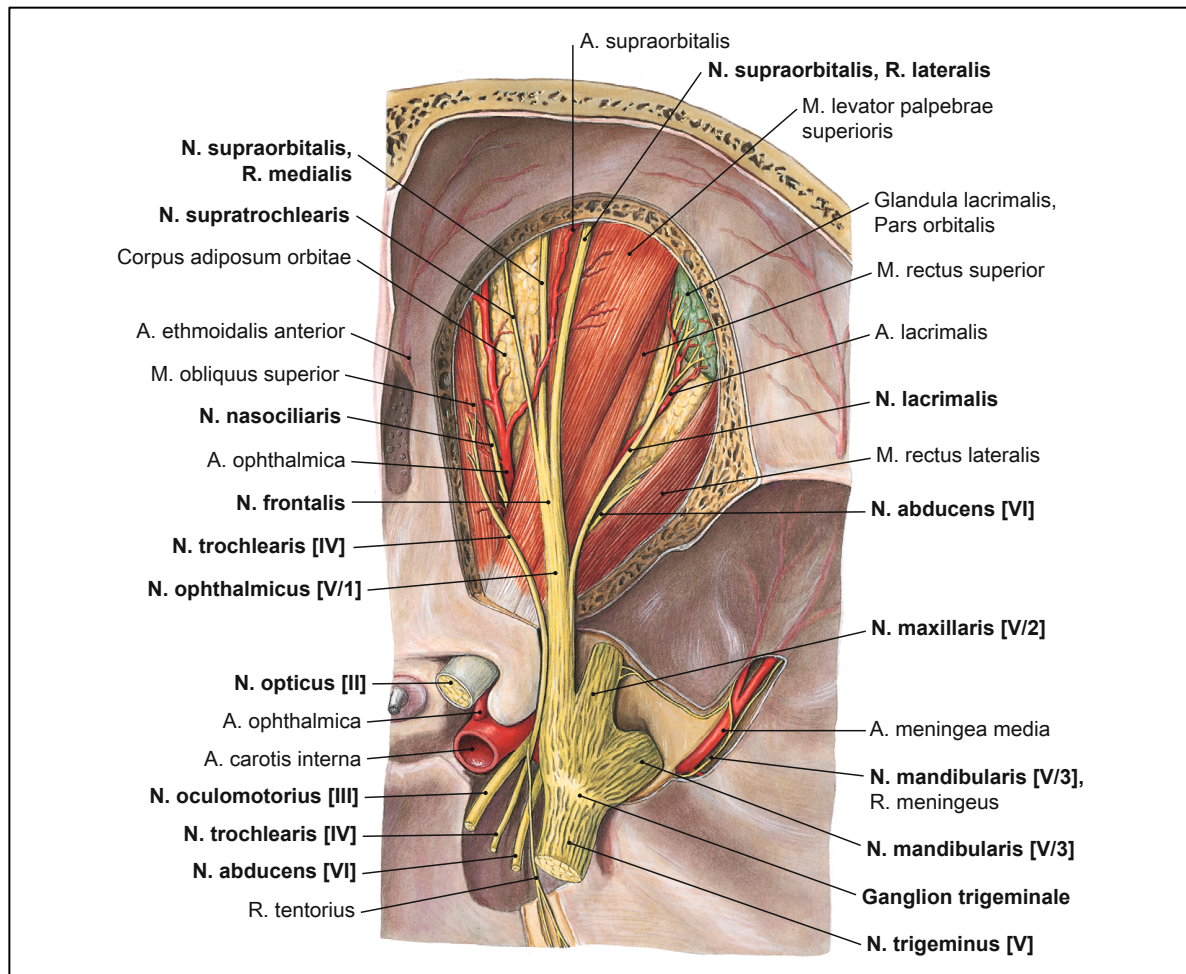


Abbildung 6: Inhalt der eröffneten Orbita mit Ganglion trigeminale.

Ansicht von kranial. Durch die eröffnete Fissura orbitalis superior ist der Verlauf des N. ophthalmicus (V1) sowie seiner Äste zu sehen. Zudem sind die Eintritte in die Orbita der Hirnnerven III, IV, VI, welche die äußeren Augenmuskeln innervieren, sowie der Durchtritt des Nervus opticus (II) durch den Canalis opticus dargestellt.

Mit freundlicher Genehmigung von Elsevier GmbH Urban & Fischer, München; Adaptiert aus (Waschke et al., 2015).

1.7 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

Bereits durchgeführte Experimente am Rhesusaffen zeigten, dass nach Tracerinjektion in die äußeren Augenmuskeln nicht nur die entsprechenden Motoneurone in den Hirnnervenkernen markiert vorlagen, sondern auch retrograd markierte Neurone im ipsilateralen Trigeminalganglion (Porter, 1986; Porter and Spencer, 1982). Immunhistochemische Doppelfärbungen auf die Marker Parvalbumin (PV) und Substanz P (SP) zeigten, dass es jeweils Subpopulationen gab, die immunreaktiv auf SP und PV vorlagen (Fackelmann et al., 2008; Nouriani, 2008). Vor diesem Hintergrund wurden in diesem Projekt, nach vorausgegangenem retrogradem Tracing, einer Injektion des jeweiligen Tracers Cholera Toxin Untereinheit B (CT-B) bzw. Weizenkeim-Agglutinin (WGA) in ausgewählte äußere Augenmuskeln, die Somata der entsprechenden Neurone des TG dargestellt. Allgemein wird die Tracersubstanz im

Augenmuskel unter anderem von freien Nervenendigungen aufgenommen und in retrograder Richtung innerhalb des Axons transportiert. Zentral hingegen, wird der Tracer in den Somata der Nervenzellen abgelagert und kann dadurch mittels histochemischen Methoden durch Antigen-Antikörper-Reaktionen nachgewiesen werden (Köbber et al., 2000). Letztlich fanden mittels Immundoppelfärbung auf die Marker Calbindin (CB), Calcitonin Gene-Related Peptide (CGRP) und Osteopontin (OPN) nähere Untersuchungen der Tracer-positiven Zellen statt. Calbindin und Osteopontin wurden im Zusammenhang mit Mechanorezeption und Propriozeption beschrieben und daher als Marker für diese Arbeit ausgewählt (Ichikawa et al., 2000; Misawa et al., 2012; Duc et al., 1994; Bae et al., 2018). CGRP wurde bereits als ein in nozizeptiven Bahnen im peripheren und zentralen Nervensystem des Menschen weit verbreitetes Peptid, welches seine Rezeptoren in Schmerzbahnen exprimiert, beschrieben und ergänzend als Marker ausgesucht (Schou et al., 2017).

Das Ziel dieser Arbeit ist es, durch immunhistochemische Färbungen auf die Marker CB, CGRP und OPN die Neurone im Trigeminusganglion des Rhesusaffen, welche zu den äußeren Augenmuskeln projizieren, weitergehend zu charakterisieren.

1.8 Fragestellung

Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit gilt somit der Thematisierung folgender Fragen:

1. Enthalten Neurone im Ganglion trigeminale, die zu den äußeren Augenmuskeln projizieren, die ausgewählten Marker Calbindin, Calcitonin Gene-Related Peptide und Osteopontin und lassen sich dadurch in Subpopulationen einteilen?
Lassen sich doppelt markierte (Tracer/Marker) Neurone detektieren?
2. Was sind die jeweiligen Charakteristika der Marker-positiven Neurone?
In welcher Häufigkeit und Größe liegen diese vor?
3. Lassen sich anhand der gefundenen Populationen trigeminaler Neurone und der injizierten Muskeln bevorzugte Innervationsziele einzelner Populationen ableiten?

2 Material und Methoden

2.1 Versuchstiere

Die für diese Arbeit verwendeten Trigeminalganglien stammen von zwei männlichen und einem weiblichen Rhesusaffen der Rasse *Macaca nemestrina*. Die Makaken stammen aus dem Primatenzentrum in Seattle (USA), in welchem sie gezüchtet und aufgezogen wurden und ein Alter von 22-30 Monaten erreicht haben. Im Rahmen eines anderen Kollaborationsprojektes hatten die Tiere alle eine Tracerinjektion in einen Augenmuskel oder den Ziliarkörper erhalten, die von Dr. Jerome Fleuriet und Prof. Mike Mustari vom Primatenzentrum in Seattle durchgeführt worden waren. Die chirurgischen Eingriffe und Perfusionen entsprachen den staatlichen und universitären Vorschriften sowie den Prinzipien der Labortierpflege (National Institutes of Health Publikation 85-23, revised 1985) und hielten sich an die ARVO-Erklärung für die Verwendung von Tieren in der Augenheilkunde und Sehforschung. Für alle Eingriffe lagen Genehmigungen der Ethikkommission von der Universität in Seattle (Washington, USA) vor (Lienbacher et al., 2011; Lienbacher et al., 2018).

2.1.1 Tracerinjektion in den Augenmuskel

Um die operativen Eingriffe unter aseptischen Bedingungen durchzuführen, wurden die Versuchstiere zunächst mit Isofluran (1,25 – 2,5%) anästhesiert. Blutdruck, Herzfrequenz, Blutoxygenierung und expiratorischer CO₂ Gehalt wurden überwacht (SurgiVet Monitor; Smiths Medical, Dublin, OH, USA) und innerhalb des physiologischen Bereiches gehalten. Unter sterilen Voraussetzungen wurden die Augenmuskeln nach Retraktion der Augenlider sowie einem kleinen Bindehautschnitt freigelegt. Kleine Tracerinjektionen, mit bis zu 10 µl, wurden mit einer dünnen Kanüle, mittels einer Hamilton Spritze injiziert. Den Makaken wurde Cholera-toxin-Untereinheit B (CT-B, 1% in aqua bidistilled; List Biological Laboratories, Campbell, CA, USA) sowie Weizenkeim-Agglutinin (WGA, 2,5% in Aqua bidistilled; Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MO, USA) in den Muskelbauch bzw. in den Muskelsehnenübergang des jeweiligen Augenmuskels eingespritzt (Tabelle 1) (Zeeh et al., 2013; Lienbacher et al., 2018).

Fall	Seite	Injektion	Muskel
Z15001	links	1% CT-B ~1-2 µl	MR
	rechts	10% WGA & 1% WGA (1-2µl pro Seite (x8))	Ziliarmuskel
		(Tenotomie des rechten LR und SR, Resektion des linken LR)	
Z15294	links	5% WGA ~7µl	IR
	rechts	1% CT-B ~4,5 µl	MR
		(Resektion des rechten LR und Faltung des rechten MR)	
Z15299	links	5% WGA ~7µl	IO
	rechts	1% CT-B ~4 µl	SR
		(Resektion des rechten LR und Faltung des rechten MR)	

Tabelle 1: Übersicht der Eingriffe an den Versuchstieren.

2.1.2 Perfusion

Nach einer drei-tägigen Überlebenszeit wurden die Versuchstiere mit Ketamin sediert und mit einer Überdosis Pentobarbital (> 90 mg/kg) eingeschläfert. Zunächst folgte eine transkardiale Perfusion mit 0,9% Kochsalzlösung, gefolgt von 4% Paraformaldehyd in 0,1 M Phosphatpuffer (PBS) zur Fixierung (Lienbacher et al., 2018). Die fixierten Köpfe wurden zur weiteren Aufarbeitung mit den erforderlichen CITES-Bescheinigungen und unter Einhaltung der Einfuhrbedingungen für tierisches Gewebe an die Arbeitsgruppe in der Anatomischen Anstalt der LMU in München gesendet.

2.2 Entnahme der Trigeminalganglien

Im Labor in München erfolgte die Entnahme des Gehirns und aller extraokulären Muskeln. Nachdem die Schädelkalotte eröffnet und das Gehirn entnommen wurde, lag freie Sicht auf die mittlere Schädelgrube vor, in welcher sich das Trigeminalganglion (TG) befindet. Dieses liegt in einer Duratasche eingebettet, im Cavum Meckeli, welches sich an der Spitze des Felsenbeines befindet. Zunächst wurde die Dura Mater entfernt, um an das TG zu gelangen, um im Anschluss die zum Knochen gerichtete Seite des TG, welche mit Bindegewebe fest verwachsen vorliegt, zu lösen. Die drei großen Hauptäste des Nervus Trigemini (V1, V2, V3) wurden bis zu den jeweiligen Durchtrittsstellen im Schädel frei präpariert und im Anschluss mit einem Skalpell durchtrennt. Im letzten Schritt wurde das am TG verbliebene Bindegewebe mit einem stumpfen Instrument entfernt (Abbildung 7).

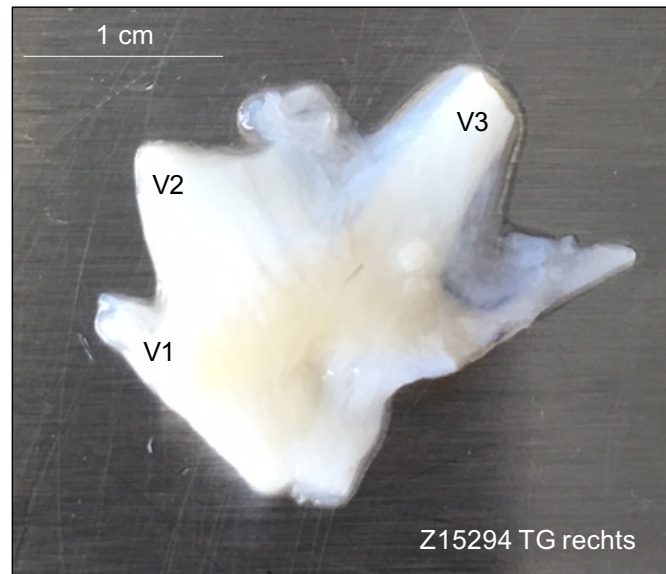


Abbildung 7: Übersichtsaufnahme des rechten TG (Fall Z15294). Ansicht von kranial.

V1 = Nervus ophthalmicus, V2 = Nervus maxillaris, V3 = Nervus mandibularis.

Die Ganglien wurden zunächst in Pufferlösung (0,1 M PBS), dann in drei Sucrose-Lösungen mit zunehmender Konzentration (10%, 20%, 30%) gelegt, die als Gefrierschutz für das anschließende Schneiden am Kryostat dienten.

2.3 Histologische Aufbereitung sowie Herstellung der Schnitte

Die Ganglien wurden in das Kryo-Einbettmedium „tissue tek O.C.T. Compound“ (Sakura Finetek, USA) auf der Probenhalterung eingebettet und am Kryostat (Thermo Scientific Microm HM 560; Fisher Scientific, Deutschland) bei -18 C° in eine Dicke von 20µm plan geschnitten. Die entstandenen Schnitte wurden direkt auf Objektträger (SuperFrost Plus; Langenbrinck GmbH, Deutschland) aufgezogen, bei -20° Celsius eingefroren und bis zur Färbung aufbewahrt.

2.4 Immunhistologie

Ziel der immunhistochemischen Färbungen ist es chemische Strukturen, gegen die Antikörper gebildet werden können, nachzuweisen. Im Grunde beruht die Antigen-Antikörper-Reaktion darauf, dass eine spezifische Erkennung des Antigens durch den Antikörper, welcher an das Epitop (Oligosaccharidketten oder charakteristische Aminosäuregruppen) der zu bestimmenden Struktur bindet, stattfindet. Durch weitere Brückenantikörper findet eine Verstärkung des Signals statt und durch eine Farbreaktion wird das Antigen sichtbar.

Es gibt monoklonale Antikörper, welche alle gegen das gleiche Epitop eines Antigens gerichtet sind, von nur einem Plasmazellklon stammen und eine hohe, jedoch enge Spezifität aufweisen. Polyklonale Antikörper hingegen, stammen von einem Plasmazellpool unterschiedlicher Klonalität und sind gegen diverse Epitope des gleichen Antigens gerichtet. Diese können auch bei veränderten Epitopen angewendet werden, jedoch können Kreuzreaktionen auftreten. Bei immunhistochemischen Färbemethoden werden die direkte und die indirekte Nachweismethode unterschieden, wobei sich letztere wiederum in die Zwei- und die Drei-Schrittmethod unterteilen lässt. In dieser Arbeit wurden polyklonale Antikörper verwendet und es wurde mit der indirekten Nachweismethode gearbeitet. Bei der hier verwendeten Zwei-Schrittmethod, bindet ein Primärantikörper mit der F_{AB} -Region an das Epitop des Antigens. Weiter bindet ein biotinylierter Sekundärantikörper, der in einer anderen Spezies als der Erstantikörper erzeugt wurde, an dessen F_C Bindungsstelle und die Nachweisreaktion erfolgt letztlich über die Markierung des Sekundärantikörpers. Die Antigene in der hier verwendeten Mehrschritt-Method, werden von einem Erstantikörper, danach von einem Biotin markierten Zweitantikörper gebunden, an dem wiederum Extravidin angehängt ist. Die Reaktion mit dem zunächst farblosen Chromogen Diaminobenzidintetrahydrochlorid (DAB) wird durch Zugabe von Wasserstoffperoxid katalysiert und die Antikörper-Antigenbindung wird durch die Oxidationsreaktion des DAB-Moleküls durch Farbänderung angezeigt. Die unlösliche und gleichzeitig farbige Substanz fällt an der Antikörper Bindungsstelle aus und der Antigen-Antikörper-Komplex wird dadurch sichtbar. An einem Antigen binden letztlich zwei markierte Antikörper und die Anzahl der Chromogen-Substrat-Komplexe wird verdoppelt, was sich als eine Signalverstärkung unter dem Mikroskop sichtbar macht und als Vorteil der indirekten Immunmarkierung anzusehen ist. Nachteile hingegen sind die vermehrt auftretende Hintergrundmarkierung sowie der kompliziertere Ablauf (Boenisch et al., 2003).

2.4.1 Eingesetzte Antikörper

Um die Tracer-markierten TG-Neurone histochemisch zu charakterisieren wurde ein Cocktail zweier Primärantikörper, gegen den Tracer CT-B (Ziege anti-Choleraagenoid, List Biological Laboratories/Kaninchen anti-Choleraatoxin, Sigma) bzw. WGA (Ziege anti-WGA, Axxora/Kaninchen anti-WGA, Ey-Lab) und den jeweiligen Marker, eingesetzt:

- „Kaninchen anti-Calbindin D-28k“ von Swant
- „Kaninchen anti-CGRP“ von Prof. Dr. Jürgen Unger
- „Ziege anti-Maus Osteopontin“ von R&D Systems

2.4.2 Immunperoxidase-Färbung

Mittels Immunperoxidase-Färbung wurden die WGA- sowie CT-B-positiven Neurone an jedem zehnten Schnitt der Fälle Z15294 und Z15299 nachgewiesen, um Übersichtspräparate zu erhalten, welche die Lage der Tracer-markierten Neurone innerhalb des TG zeigen (Abbildung 13).

Die Objektträger wurden zunächst für eine Stunde bei 60 °C auf die Wärmeplatte gelegt, um eine bessere Anhaftung zu gewährleisten. Im weiteren Verlauf wurden die Schnitte 10 Minuten mit 0,1M Tris-gepufferter Kochsalzlösung (TBS) pH 7,4 gewaschen, um im Anschluss endogene Peroxidasen (1% Wasserstoffperoxid (H₂O₂) in 0,1M TBS pH 7,4) zu blockieren. Es folgten drei Zwischenwaschungen (0,1M TBS pH 7,4) bevor im Anschluss die Präinkubation in 5% Normal-Kaninchen-Serum + 0,3% Triton-X-100 in 0,1 TBS pH 7,4 für eine Stunde bei Raumtemperatur durchgeführt wurde. Um unspezifische Antigen-Antikörper-Komplexe abzudecken, wurde das oben erwähnte Serum eingesetzt. Die Beigabe des Tensids Triton-X-100 hat die Aufgabe, die Permeabilität der Zellmembran zu verbessern, um dadurch den Antikörpern einen besseren Zugang zu den Antigenen zu gewährleisten. Die Antikörper Ziege anti-CT 1:20.000 (Ziege anti-Choleraagenoid = List Biological Laboratories, 703) und Ziege anti-WGA 1:2.000 (Ziege anti-WGA = AXXORA, AS-2024) in 5% Normal-Kaninchen-Serum + 0,3% Triton in 0,1 TBS pH 7,4 wurden für die eintägige Inkubationszeit bei 4°C appliziert. Es folgten drei Zwischenwaschungen mit 0,1M TBS pH 7,4 für je 10 Minuten. Nach der darauffolgenden einstündigen Inkubation bei Raumtemperatur mit dem Zweitantikörper, biotinyliertes Kaninchen anti-Ziege 1:200 (in 0,1M TBS + 2% Rinderserumalbumin TBS-RSA), folgte erneut ein Waschgang. Weiter folgte die Applikation von Extravidin-Peroxidase (1:1.000) in 0,1M TBS + 2% Rinderserumalbumin (TBS-RSA) für eine weitere Stunde bei Raumtemperatur. Letztlich erfolgte nach einem Waschgang die Enzym-Substrat-Reaktion, mit 0,025% DAB + 0,015% H₂O₂ in 0,05M TBS pH 7,6, welche die Antigen-Antikörper-Reaktion sichtbar macht. Nach einem letzten Pufferlösungwaschgang erfolgte die Trocknung der Schnitte sowie das Entfetten und Entwässern in einer aufsteigenden Alkoholreihe (70%, 90%, 96%, 100%) und Xylol.

Abschließend wurden die Objektträger mit Deckgläschen und Einbettmedium DEPEX eingedeckelt und bei Raumtemperatur aufbewahrt.

2.4.3 Fluoreszenz-Färbung

Ziel der Fluoreszenz-Färbung war es, die Schnitte gleichzeitig auf Tracer-positive Neurone und die ausgewählten Marker anzufärben. Zu Beginn wurden Objektträger mit jedem zehnten Schnitt für eine Stunde bei 60°C auf die Wärmeplatte gelegt, worauf ein erster Waschgang mit 0,1M TBS pH 7,4 erfolgte. Nach der darauffolgenden Präinkubation mit 5% Normal-Esel-Serum + 0,3% Triton-X-100 in 0,1M TBS pH 7,4, folgte die Primärantikörperapplikation Ziege anti-CT 1:5.000 (Ziege anti-Choleraagenoid (CT) = List Biological Laboratories, 703) bzw. Ziege anti-WGA 1:250/500 (Ziege anti-WGA = AXXORA, AS-2024) in 5% Normal-Kaninchen-Serum + 0,3% Triton in 0,1 TBS pH 7,4, kombiniert mit den jeweiligen Markern CB, CGRP, und OPN (siehe Tabelle 2). Nach 48 Stunden Inkubationszeit bei 4°C, wurden drei Waschgänge mit 0,1M TBS pH 7,4 für je 10 Minuten durchgeführt, woraufhin die fluoreszierenden Sekundärantikörper Esel anti-Ziege (1:200) und Esel anti-Kaninchen (1:200) in 0,1M TBS pH 7,4 + 2% Rinderserumalbumin auf die Schnitte appliziert wurden. Auf die letzten Waschgänge mit Pufferlösung, folgte die Spülung mit destilliertem Wasser, dann wurden die Schnitte getrocknet. Weiter wurden diese zunächst kurz in Xylol getaucht um dann mit DPX (DPX Mountant for histology, Sigma) und einem Deckgläschen eingedeckelt zu werden. Die Objektträger wurden, nachdem diese getrocknet sind, bei 4°C im Kühlschrank aufbewahrt, wobei zu bemerken ist, dass die Intensität der Fluoreszenzfarbstoffe nachlässt und diese daher nicht von Dauer sind.

Fall	TG	1: Tracer + CB	2: Tracer + CGRP	3: Tracer + OPN
Z15001	re	Ziege anti-WGA (1:250) + Kaninchen anti CB (1:1000)	Ziege anti-WGA (1:250) + Kaninchen anti CGRP (1:500)	Kaninchen anti-WGA (1:500) + Ziege anti OPN (1:30)
	li	Ziege anti-CT (1:5000) + Kaninchen anti CB (1:1000)	Ziege anti-CT (1:5000) + Kaninchen anti CGRP (1:500)	Kaninchen anti-CT (1:5000) + Ziege anti-OPN (1:30)
Z15294	re	Ziege anti-CT (1:5000) + Kaninchen anti CB (1:1000)	Ziege anti-CT (1:5000) + Kaninchen anti CGRP (1:500)	Kaninchen anti-CT (1:5000) + Ziege anti-OPN (1:30)
	li	Ziege anti-WGA (1:250) + Kaninchen anti CB (1:1000)	Ziege anti-WGA (1:250) + Kaninchen anti CGRP (1:500)	Kaninchen anti-WGA (1:500) + Ziege anti OPN (1:30)
Z15299	re	Ziege anti-CT (1:5000) + Kaninchen anti CB (1:1000)	Ziege anti-CT (1:5000) + Kaninchen anti CGRP (1:500)	Kaninchen anti-CT (1:5000) + Ziege anti-OPN (1:30)
	li	Ziege anti-WGA (1:250) + Kaninchen anti CB (1:1000)	Ziege anti-WGA (1:250) + Kaninchen anti CGRP (1:500)	Kaninchen anti-WGA (1:500) + Ziege anti OPN (1:30)
zu 1:	Ziege anti-Choleraagenoid (CT) = List Biological Laboratories, 703 Ziege anti-WGA = AXXORA, AS-2024 polyklonal Kaninchen anti-Calbindin = Swant, CB-38			
zu 2:	Ziege anti-Choleraagenoid (CT) = List Biological Laboratories, 703 Ziege anti-WGA = AXXORA, AS-2024 Kaninchen polyklonal antiserum to Cacitonin Gene-Related Peptide (CGRP) = Prof. J. Unger			
zu 3:	Kaninchen anti-Choleraatoxin = Sigma, C3062 Kaninchen anti-WGA = Ey-Lab, AL-2101-2 polyklonal Ziege anti-Maus Osteopontin antibody = R&D Systems AF808			

Tabelle 2: Übersicht der Tracer/Marker Kombination nach Fällen.

2.5 Auswertung

2.5.1 Auswertung der gefärbten Schnitte

Die qualitative Auswertung der Fluoreszenzfärbung erfolgte mit einem Forschungsmikroskop unter Fluoreszenzbeleuchtung (Leica DMRB Bensheim, Deutschland), welches mit geeigneten Filtern für rot fluoreszierendes Cy3 (N2.1, Anregungsfilter BP 515-560 nm, dichromatischer Spiegel 580 nm, Sperrfilter LP 590 nm) und grün fluoreszierendes Alexa Fluor 488 (I3, Anregungsfilter BP 450-490 nm, dichromatischer Spiegel 510 nm, Sperrfilter LP 515 nm) ausgestattet ist. Die Schnitte mit der Immunperoxidase-basierten Färbung wurden mit Hellfeldbeleuchtung analysiert. Über eine am Mikroskop angeschlossene Digitalkamera (Pixera Pro 600 ES; Klughammer, Markt Indersdorf, Deutschland) erfolgte die Dokumentation der Färbungsergebnisse als Mikrofotografie mittels der Software Pixera Viewfinder (Klughammer, Markt Indersdorf, Deutschland). Damit Helligkeit, Kontrast und Schärfe der Schnitte dem Blick durch das Mikroskop gleichen, wurden diese Parameter mittels Adobe Photoshop 11.0 bzw. ImageJ dahingehend verändert. Die digitalen Bilder wurden mit

PowerPoint (Microsoft 2016) arrangiert und beschriftet, Ausschnitte markiert sowie Maßstäbe eingefügt. Da die Intensität der Fluoreszenz-gefärbten Schnitte nachlässt, wurde hier auf eine zeitnahe Auswertung geachtet.

2.5.2 Quantitative Analyse

Die digitalen Bilder der Einzelfärbungen wurden mittels der Software „ImageJ“ übereinandergelegt. In der Überlagerung erschienen alle doppelt markierten Neurone gelb und grenzen sich dadurch gut von den einfach grün oder rot fluoreszierenden Neuronen ab (siehe Tabelle 2). Mit ImageJ wurden die gefärbten Neurone morphometrisch analysiert und ein Größenprofil der gefärbten Zellkörper im TG erstellt. Zunächst wurden die Bilder über die Zoomfunktion am Bildschirm vergrößert dargestellt und die Neurone mit sichtbarem Zellkern mit dem Cursor umfahren. Die gewonnenen Daten wurden letztlich in eine Excel Übersicht exportiert (siehe Anhang 5.4.). Aus den überführten Daten wurden die Parameter D_{\max} (maximaler Durchmesser) sowie D_{\min} (minimaler Durchmesser) herausgegriffen und über die Formel $(D_{\max}+D_{\min}) / 2$ wurde letztlich der mittlere Durchmesser errechnet.

Für die im nachfolgenden Ergebnisteil dargestellten Grafiken, wurden die mittleren Durchmesser mit dem Programm Excel 2016 in Histogrammen dargestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Verifizierung der Injektionsstellen

Zur Beurteilung der Tracerinjektion, welche die drei Makaken in unterschiedliche äußere Augenmuskeln sowie in den Ziliarmuskel erhielten, wurde zunächst geprüft, ob neben dem Zielmuskel, weitere umliegende sich in der Orbita befindende Strukturen von dem Tracer kontaminiert waren. Dazu wurden im ersten Schritt alle Augenmuskelkerne auf Tracer markierte Neurone analysiert, um feststellen zu können, ob weitere Muskeln den Tracer aufgenommen hatten (Tabelle 3). Hierbei wurde die bekannte topographische Lage der Motoneurone der vier Augenmuskeln (SR, MR, IO, IR), im Ncl. Oculomotorius genutzt (Abbildung 5). In einem weiteren Analyseschritt wurde anhand der bekannten Lage von MIF- und SIF-Motoneuronen für alle EOM beurteilt, ob die Injektion in den Muskelbauch oder in den Muskelsehnenübergang ging (Tabelle 3) (Büttner-Ennever, 2006). Des Weiteren wurden markierte Motoneurone des M. orbicularis oculi im Ncl. Facialis, vereinzelt Neurone im Nucleus mesencephalicus nervi trigemini (Vmes) sowie anterograd markierte Zellen im spinalen Trigeminskern entdeckt.

Die retrograd markierten Neurone in den Augenmuskelkernen im Gehirn waren im Rahmen eines anderen Projektes visualisiert worden.

Eine Übersicht in Tabelle 3 zeigt, dass sowohl die Neurone der EOM, in welche injiziert wurde markiert vorlagen, als auch weitere angrenzende Augenmuskeln in unterschiedlichem Ausmaß kontaminiert wurden.

Fall	TG	Tracer	Injektionsstelle	MR	IR	SR	LR	IO	SO	LP	OO	nIII	nIV	nVI	nVII	TG
Z15001	re	WGA	Ziliarmuskel	+	++	++	n.b.	++	-	++	n.b.	+	-	n.b.	n.b.	++
	li	CT-B	MR: MSÜ	++	-	-	n.b.	-	-	-	n.b.	+	-	n.b.	n.b.	+-
Z15294	re	CT-B	MR: MSÜ	++	-	-	-	-	-	-	+-	+	-	-	+	+
	li	WGA	IR: MSÜ + Muskelbauch	-	++	-	+-	++	-	-	++	+	-	+	+	+
Z15299	re	CT-B	SR: MSÜ	-	-	++	n.b.	-	n.b.	n.b.	n.b.	+	n.b.	n.b.	n.b.	+
	li	WGA	IO: MSÜ + Muskelbauch	-	-	-	n.b.	++	n.b.	++	n.b.	+	n.b.	n.b.	n.b.	+

Tabelle 3: Detektierte Tracer-markierte Neurone im Zielmuskel, in der angrenzenden EOM, in den Augenmuskelkernen sowie im Trigeminalganglion (TG).

Einteilung in sehr häufigem (++) , häufigem (+) , seltenem (+-) und fehlendem (-) Vorkommen im angegebenen Gebiet. n.b. = nicht beurteilbar, MSÜ = Muskelsehnenübergang, MR = Musculus rectus medialis, IR = Musculus rectus inferior, SR = Musculus rectus superior, LR = Musculus rectus lateralis, IO = Musculus obliquus inferior, SO = Musculus obliquus superior, LP = Musculus levator palpebrae, OO = Musculus orbicularis oculi, nIII = Nucleus oculomotorius, nIV = Nucleus trochlearis, nVI = Nucleus abducens, nVII = Nucleus facialis, TG = Trigeminalganglion.

Nach Injektion in den Ziliarmuskel (Z15001, rechtsseitig), fand Kontamination in relativ großem Ausmaß statt, da fast alle Augenmuskeln Tracer-markiert vorlagen (Tabelle 3). Weiter wurden bei der Analyse des entsprechenden TG sehr viele retrograd-markierte Neurone detektiert (Tabelle 3). Ein transversaler Querschnitt durch den Hirnstamm, auf Höhe der Augenmuskelkerne (Abbildung 8), zeigt die starke Kontamination der EOM, da die Gebiete der Hirnnervenkerne deutlich markiert vorlagen.

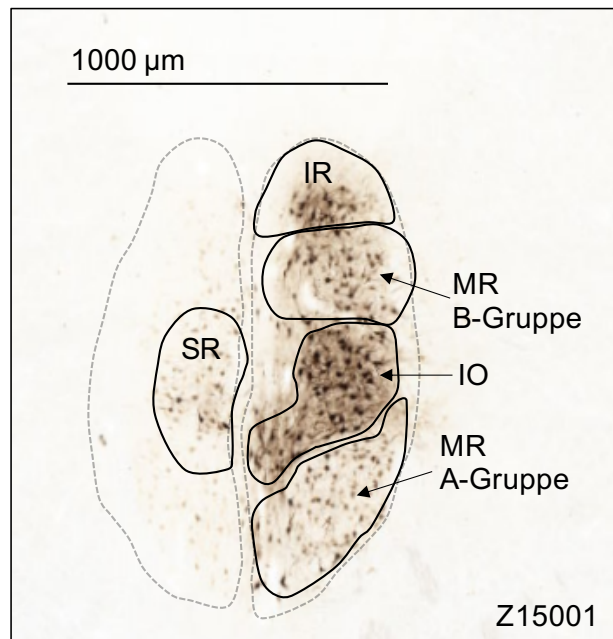


Abbildung 8: Querschnitt des Hirnstamms (Fall Z15001) auf Höhe des Ncl. oculomotorius (nIII)

mit Tracer-markierten (WGA) Neuronen in den Untergruppen des IR = Musculus rectus inferior, MR = Musculus rectus medialis, IO = Musculus obliquus inferior (rechtsseitig) und SR = Musculus rectus superior (linksseitig).

Im Fall Z15294 wurde linksseitig Tracer (WGA) von Muskelbauch und Muskelsehnenübergang des IR aufgenommen, im IO, OO sowie leichtgradig im LR wurden ebenfalls Tracer-positive Neurone entdeckt. Dies ist auch an den detektierten retrograd markierten Neuronen zu sehen, die im nIII, nVI, sowie im Kern des N. facialis (nVII) nachgewiesen wurden (Tabelle 3). Exemplarisch hierfür ist ein Hirnstammschnitt auf Höhe des Nucleus n. abducentis, welcher nur vereinzelt markiert-vorliegende Zellen aufweist (Abbildung 9).

Ergebnisse

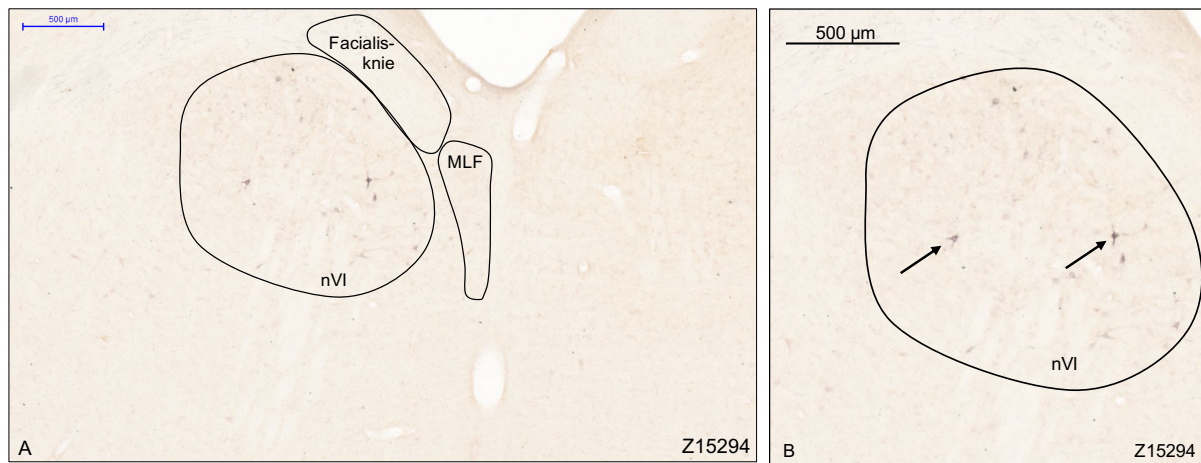


Abbildung 9: Querschnitt des Hirnstamms (Fall Z15294, linksseitig) auf Höhe des Nucleus n. abducentis (nVI),

MLF = Fasciculus longitudinalis medialis (A); Vergrößerung der mit Tracer-markierten (WGA) Neuronen (Kreis, Pfeil) (B).

Im Fall Z15294 wurde CT-B in den Muskelsehnenübergang des rechtsseitigen MR injiziert. Nur die Motoneurone des M. orbicularis oculi waren zusätzlich markiert durch Kontamination, wobei markierte Neurone im nIII sowie im nVII detektiert wurden (Tabelle 3). Beispielhaft hierfür ist der Hirnstammschnitt durch den kaudalen Pons, auf Höhe des Nucleus n. facialis, auf welchem nur vereinzelt markierte Neurone zu finden waren (Abbildung 10).

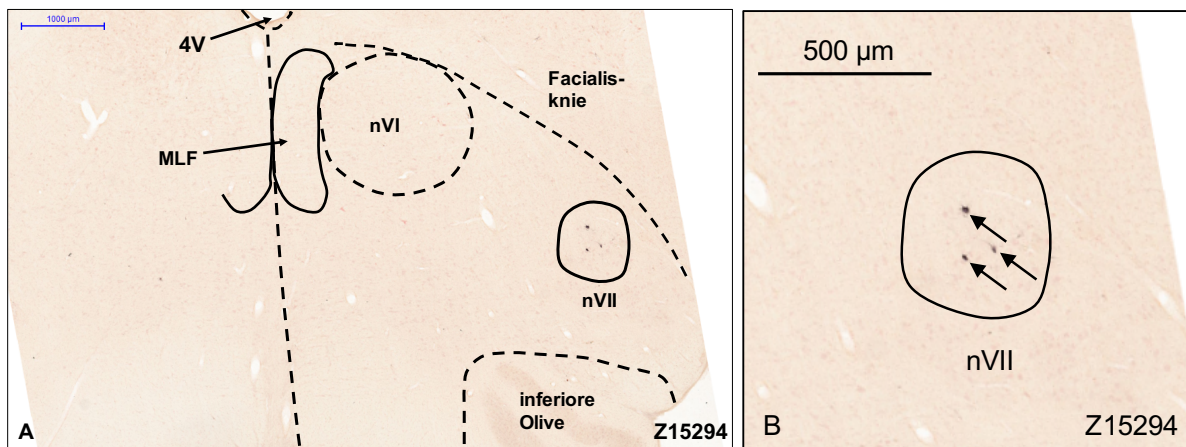


Abbildung 10: Querschnitt des Hirnstamms (Fall Z15294, rechtsseitig) auf Höhe des Nucleus n. facialis (nVII),

4V = Vierter Ventrikel, MLF = Fasciculus longitudinalis medialis, nVI = Nucleus abducens, nVII = Nucleus facialis (A); Vergrößerung der mit Tracer-markierten (CT-B) Neuronen (Kreis, Pfeil) (B).

Retrograd markierte Neurone waren in allen Fällen im ophthalmischen Bereich der ipsilateralen Trigeminalganglien und ebenso in Kerngebieten des N. trigeminus zu finden. Abbildung 11 zeigt exemplarisch einen Querschnitt des Hirnstamms (rechtsseitig), auf Höhe des Nucleus spinalis n. trigemini, mit einem Tracer-markierten Neuron. Weiter ist ein

Querschnitt durch den mittleren Pons, auf Höhe des Nucleus mesencephalicus n. trigemini, mit einem Tracer-markierten Neuron zu sehen (Abbildung 12).

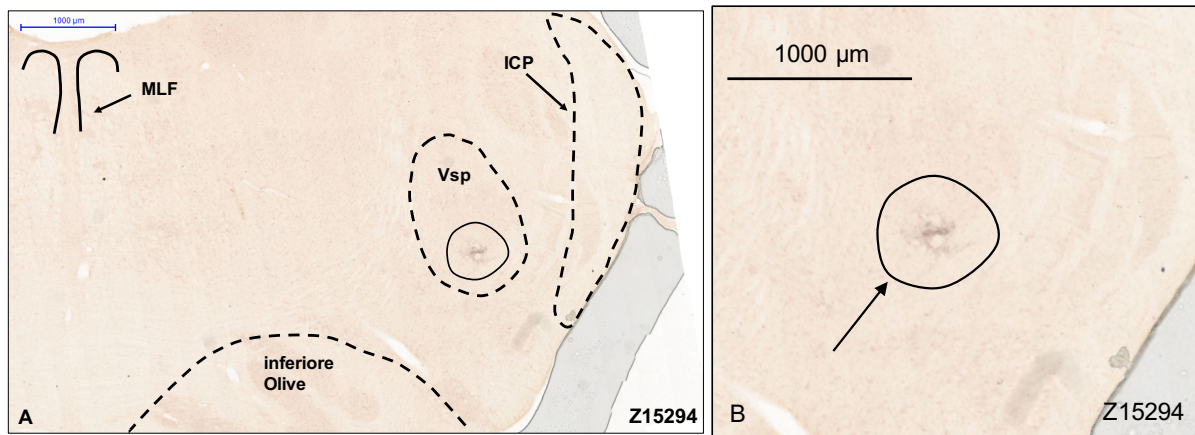


Abbildung 11: Querschnitt des Hirnstamms (Fall Z15294, rechtsseitig) auf Höhe des Nucleus spinalis n. trigemini,

MLF = Fasciculus longitudinalis medialis, ICP = Pedunculus cerebellaris inferior, Vsp = Nucleus spinalis nervi trigemini (A); Vergrößerung zeigt anterograd markierte (CT-B) Terminalen (Kreis, Pfeil) (B).

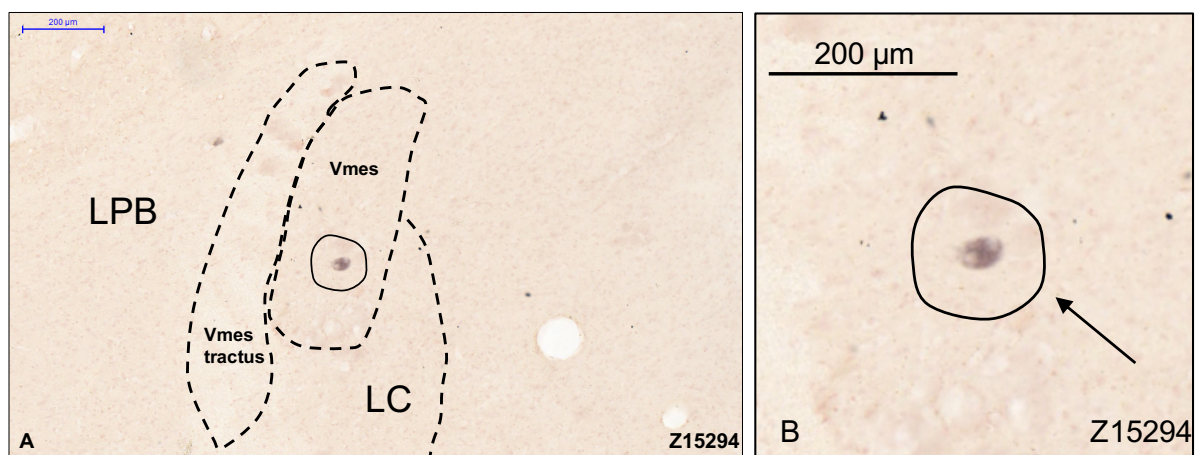


Abbildung 12: Querschnitt des Hirnstamms (Fall Z15294) auf Höhe des Nucleus mesencephalicus n. trigemini,

LPB = Lateraler parabrachialer nucleus, Vmes = Nucleus mesencephalicus nervi trigemini, LC = Locus coeruleus (A); Vergrößerung eines mit Tracer-markiertem Neuron (Kreis, Pfeil) (B).

3.2 Retrograd markierte Neurone im Trigeminalganglion

Die retrograd markierten Neurone im TG wurden zunächst an Nissl-gegengefärbten Schnitten analysiert. Die detektierten retrograd markierten Neurone im TG befanden sich immer ipsilateral zur injizierten Seite, nahezu alle im Bereich des ophthalmischen Astes (V1). Vereinzelt fanden sich markierte Neurone auch im maxillären Bereich (V2). Das Verteilungsmuster der markierten Neurone im TG war ähnlich, unabhängig davon, ob die

Ergebnisse

Injektion vom Muskelbauch und/oder Muskelsehnenübergang aufgenommen wurde und in welchen Muskel injiziert wurde.

Eine exemplarische Übersichtsaufnahme (Abbildung 13) sowie eine Ausschnittsvergrößerung (Abbildung 14) des linken TG (Fall Z15294) zeigen retrograd markierte WGA-positive Neurone im ophthalmischen Bereich.

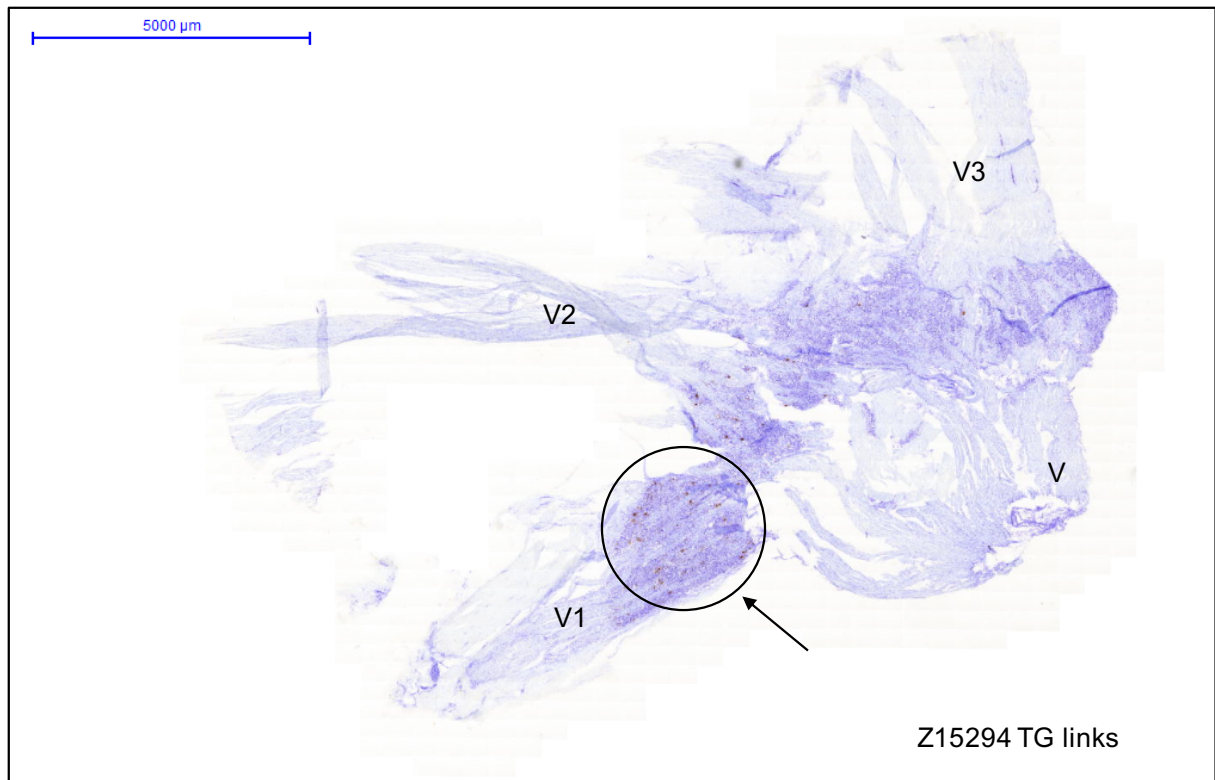


Abbildung 13: Übersichtsaufnahme eines Flachschnitts durch das TG mit retrograd markierten WGA-positiven Neuronen im ophthalmischen Bereich (Kreis, Pfeil).

V = Nervus trigeminus, V1 = Nervus ophthalmicus, V2 = Nervus maxillaris, V3 = Nervus mandibularis.

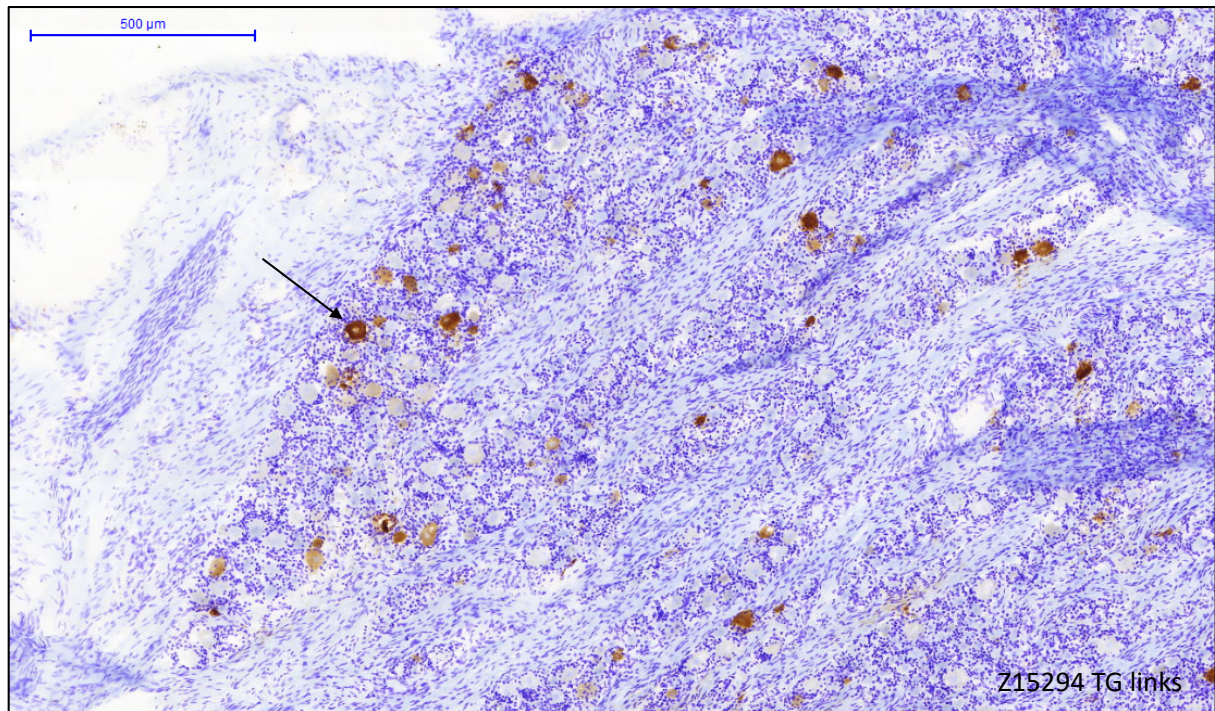


Abbildung 14: Ausschnittsvergrößerung aus Abb. 13.

Retrograd markierte WGA-positive Neurone (Pfeil) im ophthalmischen Bereich des Trigeminalganglions (TG).

3.2.1 Größenprofil der retrograd markierten Neurone im Trigeminalganglion

Um eine Aussage über das Größenprofil der Tracer-positiven Neurone im Verhältnis zu der gesamten Neuronenpopulation im TG treffen zu können, wurden jeweils 6 - 7 repräsentative Immunfluoreszenzschnitte im ophthalmischen Bereich ausgewertet.

Die Grafiken in Abbildung 15 (A-F) zeigen Größenprofile, welche die Häufigkeit der Neurone des entsprechenden Durchmessers der gesamten Zellpopulation im TG „Total“ (blau) und der retrograd markierten Neurone (orange) nach Tracerinjektion (CT-B/WGA) je Fall und Seite aufzeigen. Über alle Fälle lag der mittlere Durchmesser der Neurone in der gesamten Population in einem Größenbereich zwischen 15 - 72 μm . Im Vergleich dazu zeigte die morphometrische Analyse der Tracer-markierten Zellen im TG eine große Population kleiner und mittlerer Zellen mit einem mittleren Durchmesser zwischen 18 und 45 μm , und eine kleine Population großer Neuronen mit einem mittleren Durchmesser zwischen 48 und 63 μm . Generell spiegelte das Größenprofil der markierten Zellen die Gesamtpopulation im TG, welches aus einer großen Population kleiner und mittlerer Zellen sowie einer kleinen Population großer Neuronen besteht, wider.

Ergebnisse

Bei weiterer Betrachtung des Zellgrößenprofils fiel auf, dass nach Traceraufnahme vom gesamten Augenmuskel (Abbildung 15: B, D), im Vergleich zur distalen Injektion (Abbildung 15: A, C, F), eher mehr größere Tracer-markierte Zellen, mit bis zu 60 µm vorlagen.

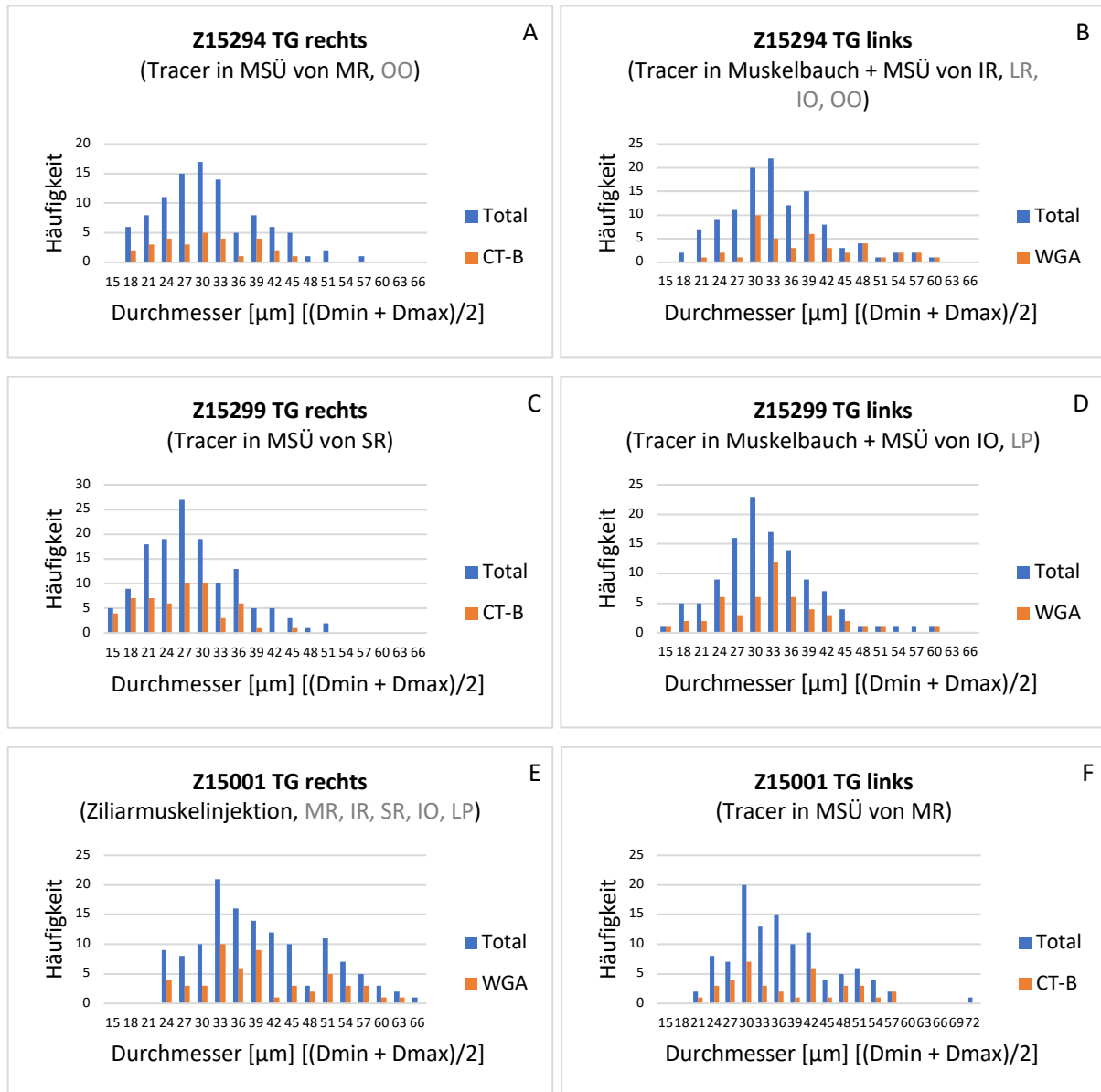


Abbildung 15: Histogramme der Fälle Z15294/Z15299/Z15001 - TG rechts/links (Total/Tracer)

Häufigkeitsverteilung der mittleren Zelldurchmesser der gesamten Neuronenpopulation im Trigeminalganglion „Total“ (blau) und der retrograd markierten Neurone (orange) nach Injektion des Tracers (CT-B/WGA) in den jeweiligen Zielmuskel sowie kontaminierte Muskeln (grau). MSÜ = Muskelsehnenübergang, MR = Musculus rectus medialis, IR = Musculus rectus inferior, SR = Musculus rectus superior, LR = Musculus rectus lateralis, IO = Musculus obliquus inferior, LP = Musculus levator palpebrae, OO = Musculus orbicularis oculi.

Eine Übersicht der quantitativen Auswertung Tracer-positiver Neurone im ophthalmischen Bereich des TG nach Fall und Tracer, ist in Tabelle 4 dargestellt.

Fall	TG	Tracer	Injektionsstelle	Neurone gesamt	Tracer-positive Neurone gesamt	Tracer-positive Neurone in %
Z15001	re	WGA	Ziliarmuskel	133	54	40,60
	li	CT-B	MR: MSÜ	109	37	33,94
Z15294	re	CT-B	MR: MSÜ	99	29	29,29
	li	WGA	IR: MSÜ + Muskelbauch	119	43	36,13
Z15299	re	CT-B	SR: MSÜ	136	55	40,44
	li	WGA	IO: MSÜ + Muskelbauch	115	50	43,48

Tabelle 4: Übersicht der quantitativen Auswertung der Tracer-positiven Neurone im Verhältnis zur gesamten Zellpopulation im ophthalmischen Teil des TG.

Der prozentuale Anteil der retrograd markierten Neurone in Bezug auf die gesamte Zellpopulation im TG variierte in geringem Ausmaß. Es zeigte sich, dass nach distaler Tracerinjektion jeweils weniger markierte Zellen, als nach zentraler Aufnahme des Tracers entdeckt wurden.

3.3 Identifizierung von Calbindin-, Calcitonin Gene-Related Peptide - und Osteopontin-positiven Tracer-markierten Neuronen im Trigeminalganglion

Um die Tracer-markierten TG-Zellen weiter zu charakterisieren, wurden zusätzliche Färbungen für die Marker Calbindin (CB), Calcitonin Gene-Related Peptide (CGRP) und Osteopontin (OPN) reagiert und analysiert. Durch die Immunfluoreszenz-Doppelfärbung konnten alle genannten Marker im TG in Kombination mit dem jeweiligen Tracer nachgewiesen werden. Die jeweiligen Populationen zeigten Zellen unterschiedlicher Größen, kleine, mittlere sowie große Neurone.

Die Analyse mit allen Fluoreszenzfiltern ergab, dass einige CB-immunreaktive Neurone auch Tracer-markiert waren und es sich hierbei vorwiegend um mittelgroße bis große sowie vereinzelt um kleine Neurone handelt. Dabei zeigten CB-positiv- sowie doppelt markierte Zellen keine spezielle Lage innerhalb des ophthalmischen Teils des TG. Auffällig für das calcium-bindende Protein Calbindin war, dass nicht nur Zellkörper, sondern ebenso einige Fasern relativ stark CB-positiv gefärbt vorlagen (Abbildung 16).

Ergebnisse

Weiter wurden in allen analysierten Fällen CGRP-positive Neurone entdeckt, die zusätzlich Tracer-markiert und hauptsächlich in kleiner und mittlerer Zellgröße zu sehen waren. Die doppelt markierten Neurone wiesen keine bevorzugte Lokalisation im untersuchten ophthalmischen Bereich des TG auf, sondern lagen gemischt mit den Tracer-positiven Zellen vor (Abbildung 17).

Ebenso lagen die detektierten OPN-immunreaktiven Neurone in großer Anzahl Tracer-markiert vor. Die doppelt markierten Zellen wiesen vorwiegend eine mittlere Größe auf. Die OPN-positiven Zellen befanden sich wie die doppelt markierten Neurone im analysierten ophthalmischen Bereich des TG, innerhalb der Tracer-markierten Neurone und wiesen keine spezielle Lage auf (Abbildung 18).

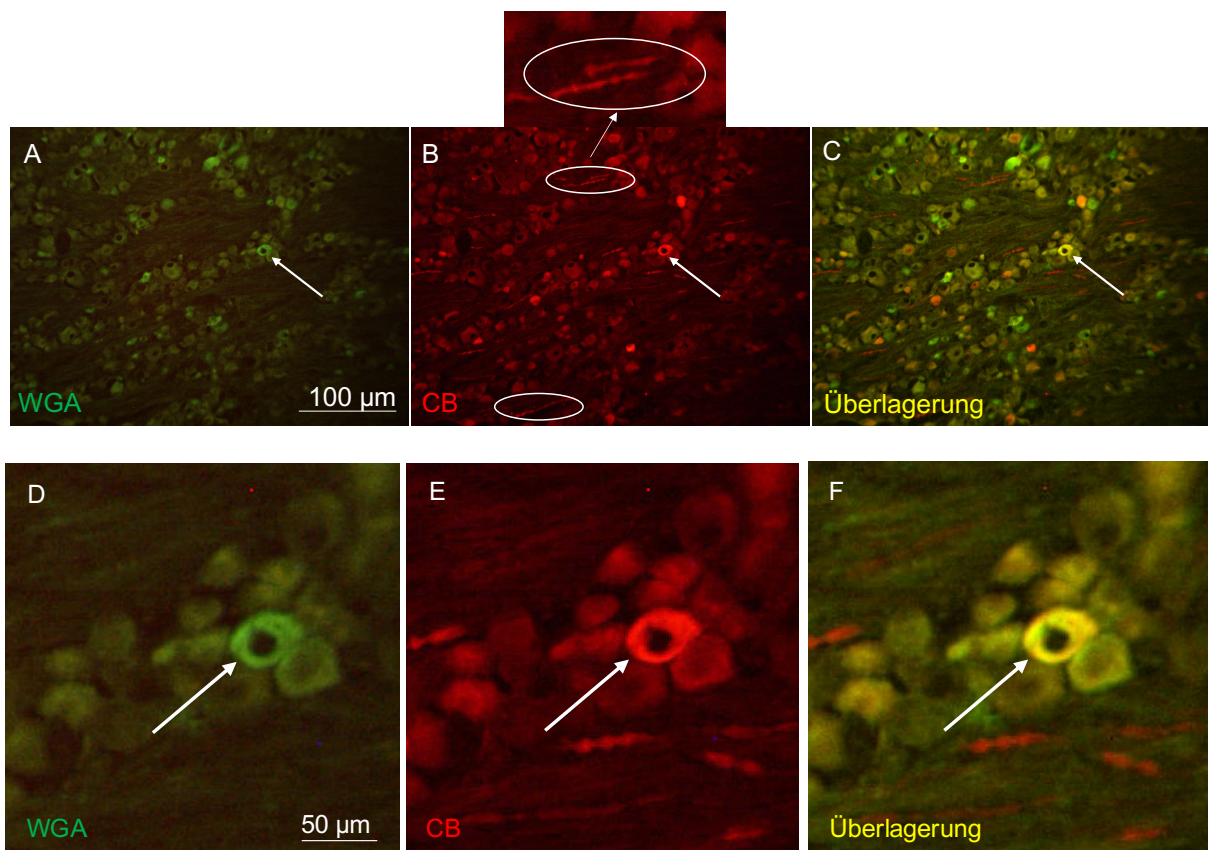


Abbildung 16: Bildserie eines Schnitts durch das TG (Z1500, rechtsseitig, OT 47)

A - C: Übersichten von Doppelimmunfluoreszenz-Färbungen auf den Tracer Weizenkeim-Agglutinin (WGA) (A, grün) und Calbindin (CB) (B, rot), wobei in der Überlagerung doppelt markierte Neurone in gelb erscheinen (C, Pfeil).
D - F: Detailansicht des doppelt markierten Neurons aus C. Beachte die CB-positiven Fasern (Oval in B).

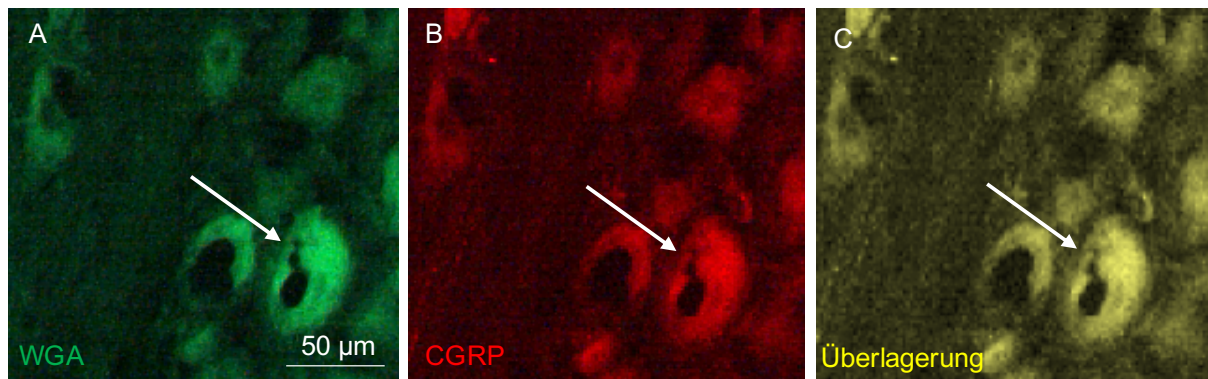


Abbildung 17: Bildserie eines Schnitts durch das TG (Z15299, linksseitig, OT 19)

A - C: Übersichten von Doppelimmunfluoreszenz-Färbungen auf den Tracer Weizenkeim-Agglutinin (WGA) (A, grün) und Calcitonin Gene-Related Peptide (CGRP) (B, rot), wobei in der Überlagerung doppelt markierte Neurone in gelb erscheinen (C, Pfeil).

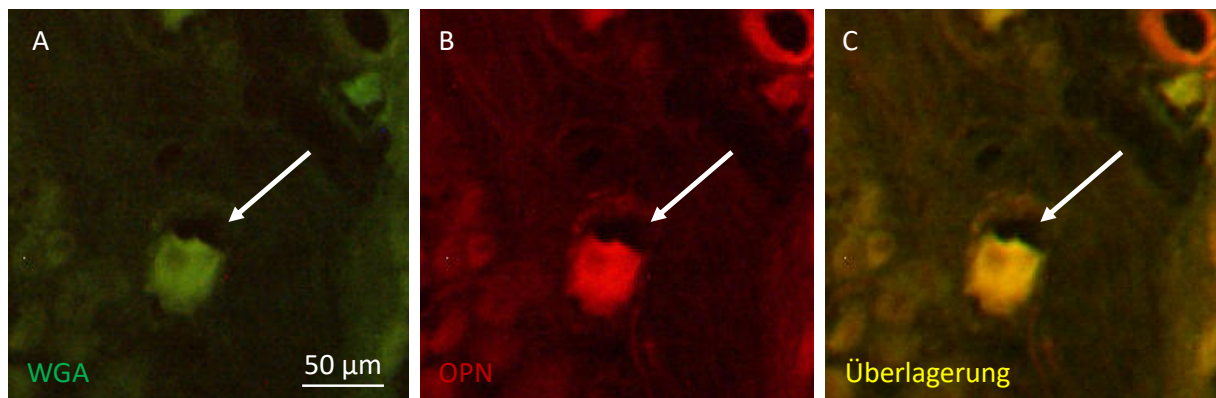


Abbildung 18: Bildserie eines Schnitts durch das TG (Z15299, linksseitig, OT 36)

A - C: Übersichten von Doppelimmunfluoreszenz-Färbungen auf den Tracer Weizenkeim-Agglutinin (WGA) (A, grün) und Osteopontin (OPN) (B, rot), wobei in der Überlagerung doppelt markierte Neurone in gelb erscheinen (C, Pfeil).

3.4 Quantifizierung der CB-, CGRP- und OPN-positiven Neurone im Trigeminalganglion

Eine Übersicht zeigt die Anzahl aller Marker-positiven Neurone nach Fall, Seite, Tracer und Injektionsstelle (Tabelle 5). Zudem ist die Menge aller Marker-positiven Zellen angegeben, die zusätzlich Tracer-markiert vorlagen sowie der jeweilige prozentuale Anteil. Die Analyse der TG-Schnitte ergab, dass alle drei verwendeten Marker in unterschiedlich großen Populationen im TG vorhanden sind.

Calbindin (CB)

Innerhalb der analysierten Schnitte waren nach Tracerinjektion (WGA) in den IR (MSÜ und Muskelbauch) im TG (Fall Z15294) 4 von insgesamt 8 CB-positiven Neuronen im

ophthalmischen Teil Tracer-markiert. Das entspricht einem Anteil von 50% der Calbindin-positiven Neurone im ophthalmischen Teil des V1. Nach Ziliarmuskelinjektion (WGA) zeigte sich eine besonders große Population doppelt markierter (WGA/CB) Neurone im TG des Falles Z15001. Dagegen lag nach Tracer-Injektion (CT-B) ausschließlich in den MSÜ des MR desselben Falles die kleinste Population doppelt markierter Neurone (CT-B/CB) vor.

Die Anzahl der doppelt markierten Neurone, die in allen untersuchten Fällen entdeckt wurden, variierte bei allen analysierten Trigeminalganglien. Der größte Anteil doppelt markierter Zellen, mit 69,23 %, wurde nach Ziliarmuskelinjektion detektiert, nach distaler Tracerinjektion lag der prozentuale Anteil bei 8,33 % - 37,50 %. Nach zentraler Injektion des Tracers hingegen, wurden 36,36 % - 50 % der CB-positiven TG-Zellen zusätzlich als Tracer-markierte detektiert (Vgl. Tabelle 5).

Calcitonin Gene-Related Peptide (CGRP)

Die CT-B Injektion in den Muskelsehnenübergang des SR (Fall Z15299) ergab die größte Population Tracer-markierter CGRP-positiver Neurone. Die kleinste Anzahl doppelt markierten Neurone wurde hingegen nach distaler Injektion (CT-B) in den MR (Fall Z15294) detektiert. Nach Ziliarmuskelinjektion erwies sich ein Anteil von 22,22 % der Marker-positiven TG-Zellen ebenso als Tracer-markiert. Nach distaler Tracerinjektion hingegen ließ sich ein prozentualer Anteil doppelt markierter Neurone von 14,29 % - 52,83 % feststellen, nach zentraler Injektion lag dieser zwischen 16,67 % - 21,43 % (Vgl. Tabelle 5).

Osteopontin (OPN)

Die größte Population doppelmarkierter Neurone ließ sich nach Ziliarmuskelinjektion (WGA), mit einem prozentualen Anteil von 38,89 %, beobachten. Nach distaler Tracerinjektion (CT-B) zeigte sich die kleinste Anzahl doppelt markierter Neurone. Der prozentuale Anteil doppelt markierter Neurone nach distaler Injektion lag zwischen 13,33 % und 36,36 %, nach zentraler Injektion befand sich dieser in einem Bereich von 15,38 % - 31,82 %.

Fall	TG	Tracer	Injektionsstelle		CB	%	CGRP	%	OPN	%
Z15001	re	WGA	Ziliarmuskel	Marker-positive Neurone	13		9		18	
				doppelt markiert	9	69,23%	2	22,22%	7	38,89%
	li	CT-B	MR MSÜ	Marker-positive Neurone	12		14		22	
				doppelt markiert	1	8,33%	6	42,86%	8	36,36%
Z15294	re	CT-B	MR MSÜ	Marker-positive Neurone	8		7		16	
				doppelt markiert	3	37,50%	1	14,29%	3	18,75%
	li	WGA	IR Muskelbauch + MSÜ	Marker-positive Neurone	8		18		26	
				doppelt markiert	4	50,00%	3	16,67%	4	15,38%
Z15299	re	CT-B	SR MSÜ	Marker-positive Neurone	12		21		15	
				doppelt markiert	2	16,67%	11	52,38%	2	13,33%
	li	WGA	IO Muskelbauch + MSÜ	Marker-positive Neurone	11		14		22	
				doppelt markiert	4	36,36%	3	21,43%	7	31,82%

Tabelle 5: Übersicht der quantitativen Auswertung aller Marker-positiven Neurone nach Fall, Seite, Tracer und Injektionsstelle

sowie die Anzahl aller Marker-positiven Zellen, die zusätzlich Tracer-markiert vorlagen und der jeweilige prozentuale Anteil doppelt markierter Neurone.

3.4.1 Größenprofil Calbindin-positiver Neurone

Die Histogramme in Abbildung 19 stellen das Zellgrößenprofil der Marker-, Tracer-positiven - sowie doppelt markierten Zellen für alle drei analysierten Fälle dar. Die Häufigkeitsverteilung der mittleren Durchmesser der retrograd markierten Tracer-positiven Neurone ist im Säulendiagramm blau, der CB-positiven Zellen orange und der doppelt markierten Neurone grau dargestellt (Abbildung 19).

Die morphometrische Untersuchung zeigte, dass es sich bei CB-positiven Zellen um eher mittelgroße bis große sowie vereinzelt um kleine Neurone handelt, wobei bei Muskelinjektion mehr mittelgroße Tracer-markiert vorlagen (Abbildung 19: A-D, F). Nach Ziliarmuskelinjektion wurden zusätzlich auch große Tracer-markierte Neurone als CB-positiv detektiert (Abbildung 19: E). Bei Tracerinjektion in den Muskelbauch und MSÜ wurden doppelt markierte mittelgroße Neurone, mit einer Zellgröße von 27-39 µm, entdeckt (Abbildung 19: B, D). Nach distaler Tracer-Injektion hingegen wurden mittel- bis große CB-positive Neurone, mit einem Zelldurchmesser von 36-57 µm, als doppelt markiert detektiert (Abbildung 19: A, C, F).

Insgesamt befanden sich die Calbindin-positiven Zellen in einer Größenordnung zwischen 21-66 µm, der Durchschnitt der doppelt markierten Zellen lag bei einer Größe von 41 µm, was

Ergebnisse

einer mittleren Zellgröße entspricht und etwas über dem Schnitt der gesamten TG-Zellpopulation von ca. 31,5 μm liegt.

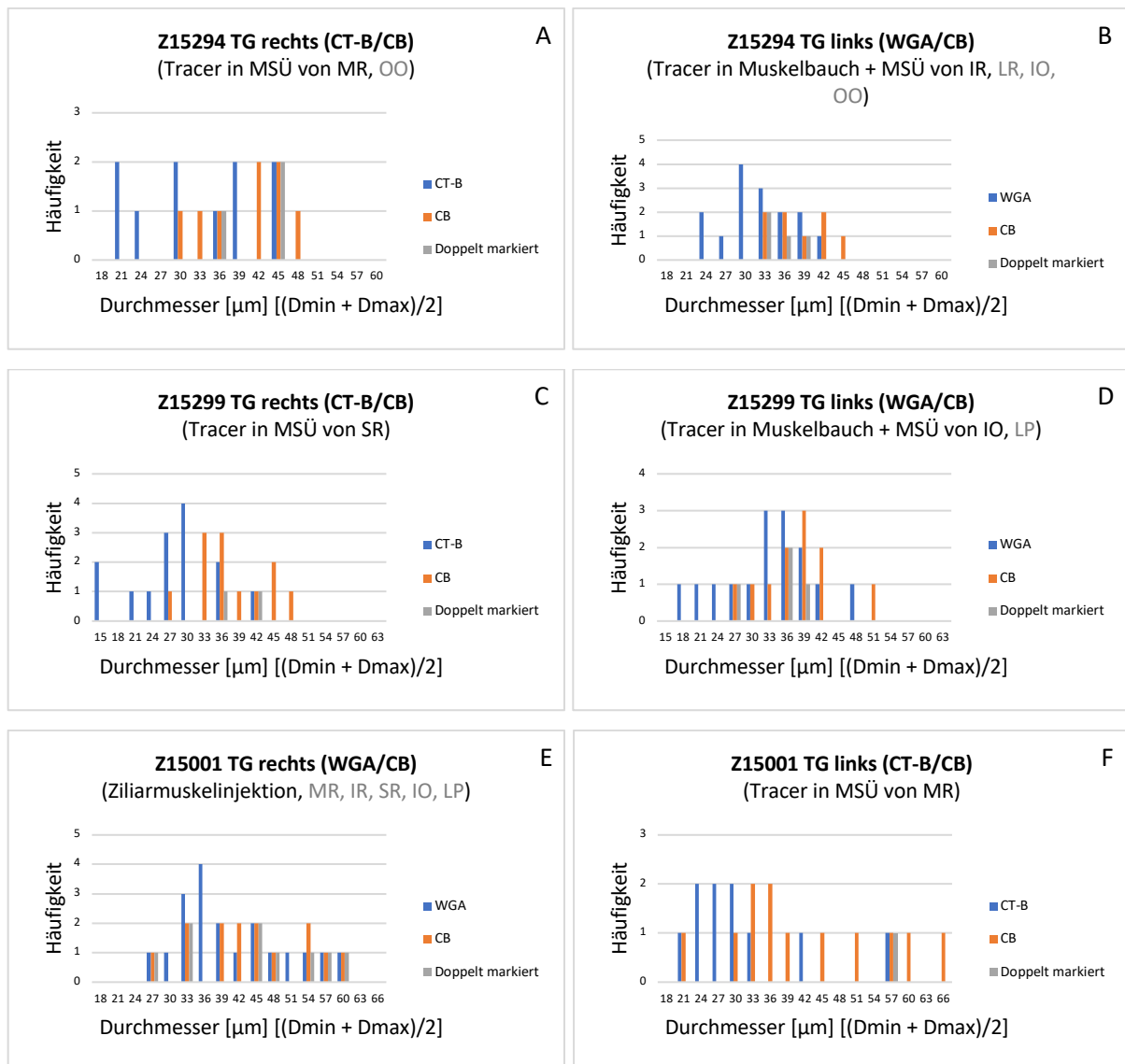


Abbildung 19: Histogramme der Fälle Z15294/Z15299/Z15001 - TG rechts/links (Tracer (CT-B/WGA)/Marker CB)

Häufigkeitsverteilung der mittleren Zelldurchmesser der retrograd markierten Tracer-positiven- (blau), der CB-positiven- (orange) sowie der doppelt markierten (grau) Neurone nach Tracerinjektion in verschiedene äußere Augenmuskeln/Ziliarmuskel sowie kontaminierte Muskeln in grau aufgeführt. MSÜ = Muskelsehnenübergang, MR = Musculus rectus medialis, IR = Musculus rectus inferior, SR = Musculus rectus superior, LR = Musculus rectus lateralis, IO = Musculus obliquus inferior, LP = Musculus levator palpebrae, OO = Musculus orbicularis oculi.

3.4.2 Größenprofil CGRP-positiver Neurone

Die dargestellten Säulendiagramme in Abbildung 20 zeigen Zellgrößenprofile von CGRP-, Tracer-positiver- sowie doppelt markierter Neurone nach Tracerinjektion in verschiedene äußere Augenmuskeln bzw. nach Ziliarmuskelinjektion.

Die detektierten CGRP-positiven Neurone lagen mit einem Durchmesser von 18-42 μm vor (Abbildung 20: A-D, F), demnach handelt es sich hierbei hauptsächlich um kleine und mittelgroße Zellen. Lediglich nach Ziliarmuskelinjektion (Abbildung 20: E), wurden einzelne Neurone mit einem Durchmesser von bis zu 51 μm entdeckt. Es zeigen sich nach zentraler Muskulinjektion eher mittelgroße CGRP-positive Neurone, mit einem Zelldurchmesser von 30-39 μm , die ebenso Tracer-markiert vorlagen (Abbildung 20: B, D). Nach distaler Tracerinjektion wurden eher kleine bis mittelgroße CGRP-positive Neurone, mit einer Größe von 18-33 μm , als zusätzlich Tracer-markiert detektiert (Abbildung 20: A,C,F). Die größten doppelt markierten, der zur Orbita projizierenden Neurone, wurden nach Ziliarmuskulinjektion festgestellt (Abbildung 20: E). Letztlich wurden nach distaler Traceraufnahme die kleinsten CGRP-positiven Neurone, die ebenso Tracer-markiert waren entdeckt, gefolgt von doppelt markierten Neuronen nach zentraler Traceraufnahme.

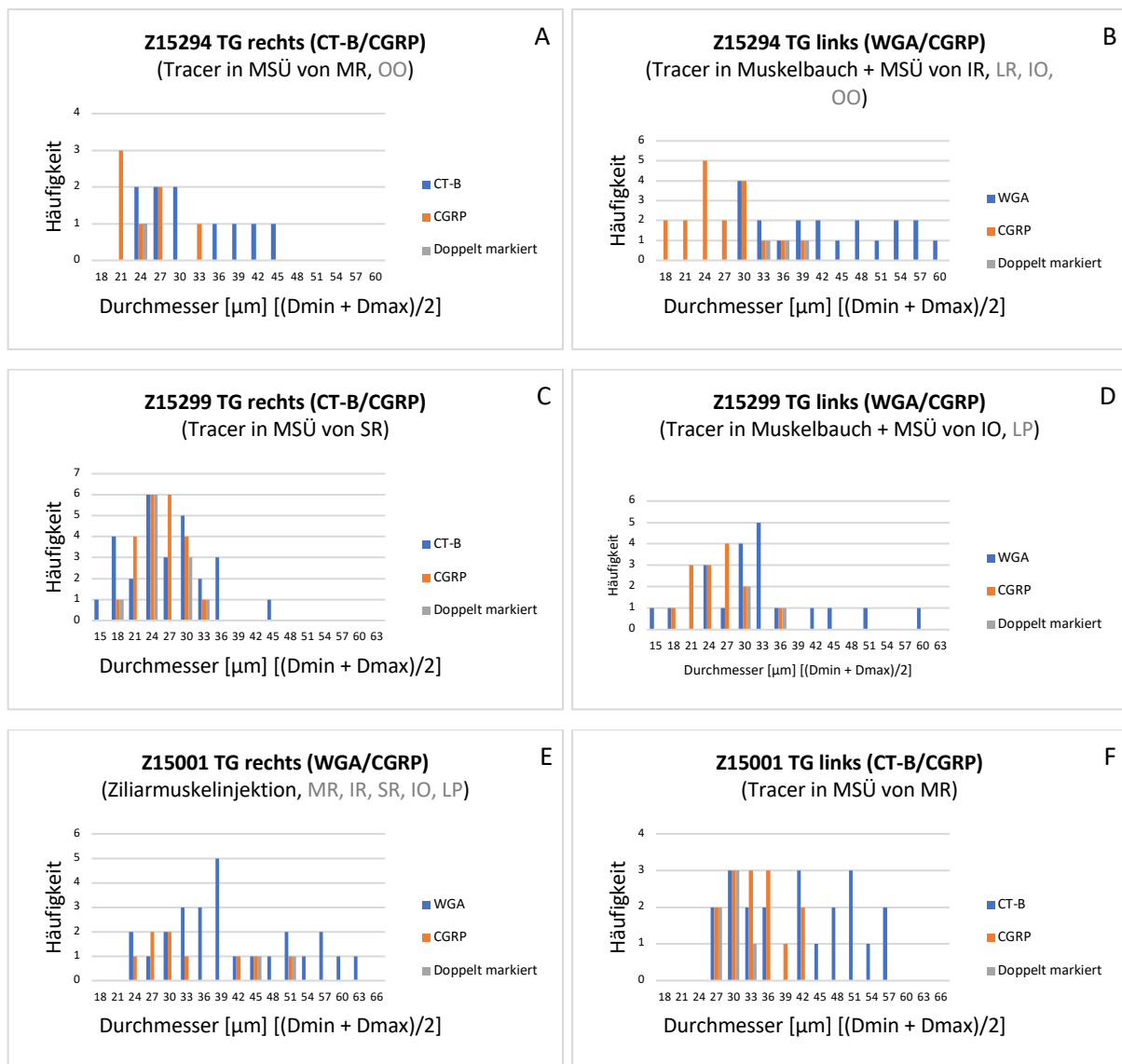


Abbildung 20: Histogramme der Fälle Z15294/Z15299/Z15001 - TG rechts/links (Tracer (CT-B/WGA)/Marker CGRP)

Häufigkeitsverteilung der mittleren Zelldurchmesser der retrograd markierten Tracer-positiven- (blau), der CGRP-positiven- (orange) sowie der doppelt markierten (grau) Neurone nach Tracerinjektion in verschiedene äußere Augenmuskeln/Ziliarmuskel sowie kontaminierte Muskeln in grau aufgeführt. MSÜ = Muskelsehnenübergang, MR = Musculus rectus medialis, IR = Musculus rectus inferior, SR = Musculus rectus superior, LR = Musculus rectus lateralis, IO = Musculus obliquus inferior, LP = Musculus levator palpebrae, OO = Musculus orbicularis oculi.

3.4.3 Größenprofil OPN-positiver Neurone

Die Säulendiagramme in Abbildung 21 zeigen, dass es sich nach Muskelinjektion um mittelgroße sowie vereinzelt um kleine Zellen handelt, mit einer durchschnittlichen Größe der OPN-positiven Neurone von 40 µm, was einer mittleren Zellgröße im TG-Ganglion entspricht (Abbildung 21: A-D, F). Lediglich nach Ziliarmuskelinjektion wurden vereinzelt große doppelt markierte-Neurone, mit einer Größe von bis zu 63 µm entdeckt (Abbildung 21: E). Während der mittlere Zelldurchmesser OPN-positiver Neurone, die ebenso Tracer-markiert vorlagen,

Ergebnisse

nach zentraler Tracerinjektion bei einem mittleren Zelldurchmesser von 30-51 μm lag (Abbildung 21: B, D), befand sich dieser nach distaler Tracerinjektion bei 21-48 μm (Abbildung 21: A, C, F).

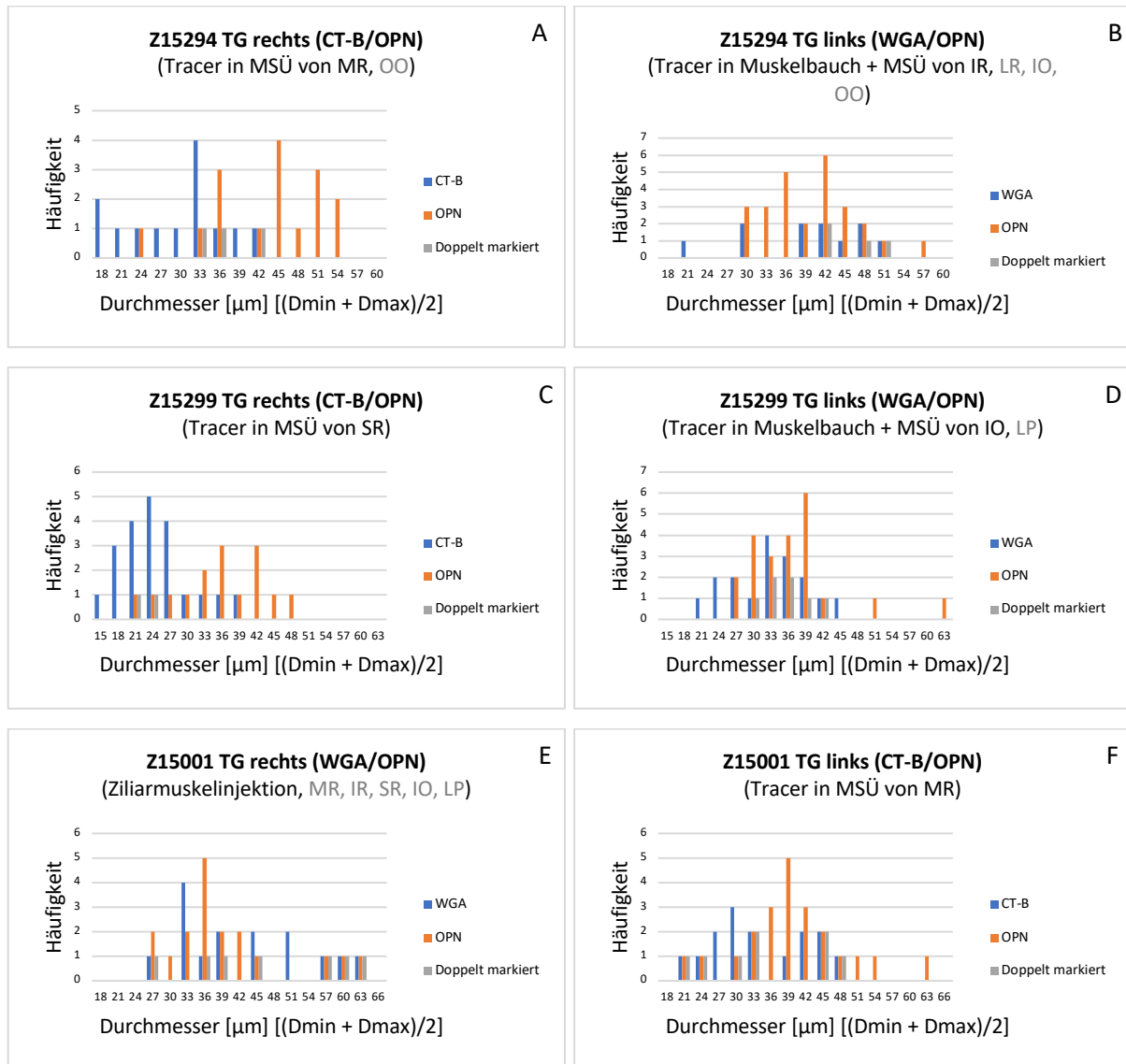


Abbildung 21: Histogramme der Fälle Z15294/Z15299/Z15001 - TG rechts links (Tracer (CT-B/WGA)/Marker OPN)

Häufigkeitsverteilung der mittleren Zelldurchmesser der retrograd markierten Tracer-positiven- (blau), der OPN-positiven- (orange) sowie der doppelt markierten (grau) Neurone nach Tracerinjektion in verschiedene äußere Augenmuskeln/Ziliarmuskel sowie kontaminierte Muskeln in grau aufgeführt. MSÜ = Muskelsehnenübergang, MR = Musculus rectus medialis, IR = Musculus rectus inferior, SR = Musculus rectus superior, LR = Musculus rectus lateralis, IO = Musculus obliquus inferior, LP = Musculus levator palpebrae, OO = Musculus orbicularis oculi.

4 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurden mit immunhistochemischen Färbungen die Neurone im Trigeminalganglion (TG) des Rhesusaffen untersucht, die innere und äußere Augenmuskeln innervieren. In allen analysierten Fällen wurden drei Subpopulationen trigeminaler Neurone gefunden, welche das calcium-bindende Protein Calbindin (CB), das Neuropeptid Calcitonin Gene-Related Peptide (CGRP) und das Knochenmatrixprotein Osteopontin (OPN) enthalten. Die OPN-positiven Neurone bildeten die größte Population trigeminaler Neurone, die tracermarkiert war, gefolgt von der CGRP-positiven und der CB-positiven Neuronengruppe. Während die CGRP-positiven Neurone eine Gruppe von eher kleinen Neuronen bildete, so zeigten die CB- und OPN-positiven Neurone ein größeres Größenprofilspektrum.

4.1 Tracerinjektion der extraokulären Muskulatur sowie Kontamination angrenzender Strukturen

Bei allen sechs, die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Trigeminalganglien, konnten nach vorausgegangener Tracerinjektion in verschiedene äußere Augenmuskeln sowie einmalig in den Ziliarmuskel, in Übereinstimmung mit anderen Arbeiten retrograd markierte Neurone im ipsilateralen TG festgestellt werden. Allerdings wurden bei den meisten Tracerinjektionen zusätzliche Muskeln kontaminiert, die auch zu den Populationen der retrograd markierten Neurone im TG beitragen könnten (Porter, 1986; Lienbacher, 2012; Fackelmann, 2008; Nouriani, 2008). Aufgrund der bekannten Lokalisation und gut etablierten Topographie der Motoneurone individueller Augenmuskeln im Nucleus oculomotorius konnten anhand der retrograd markierten Zellen die Muskeln identifiziert werden, die zusätzlich Tracer aufgenommen hatten. Da davon ausgegangen wird, dass prinzipiell alle Augenmuskeln eine ähnliche sensible Versorgung erhalten, war es für die Charakterisierung der TG-Neurone nicht so wichtig, welche EOM letztlich Tracer aufgenommen hatten (Porter et al., 1983).

Die Anfärbung der Motoneurone des M. orbicularis oculi im Ncl. N. facialis zeigte, dass Tracer vermutlich von den geschlossenen Augenlidern vom M. orbicularis oculi (OO) aufgenommen worden war (Porter et al., 1989), der auch eine sensible Versorgung über den Trigeminius-Nerven erhält (May und Porter, 1998). Während der Ziliarmuskel selbst wohl eher nur eine geringe trigeminale Versorgung aufweist, so erhalten angrenzende Bereiche der Sklera (scleral spur) eine ausgeprägte trigeminale Innervation, gezeigt durch degenerierende Terminalen nach Durchtrennung des N. ophthalmicus bei Rhesusaffen (Ruskell, 1994). In allen hier

vorliegenden Fällen kann zwar eine Traceraufnahme über die Cornea, die ebenfalls sehr starke trigeminale Eingänge erhält (Marfurt et al., 2010), nicht ausgeschlossen werden, ist aber unwahrscheinlich, da die Cornea dazu verletzt sein muss (Marfurt et al., 2010). Die Conjunktiva, die den vorderen Bindehautsack auskleidet, wird ebenfalls von trigeminalen Afferenzen über den N. ophthalmicus im oberen Bereich und den N. maxillaris im unteren Bereich innerviert (Panneton et al., 2010) und könnte zu den retrograd markierten Populationen im TG beitragen.

Allgemein zeigte sich, dass die Injektionen mit CT-B, vergleichsweise zu WGA, eher begrenzt auf die Injektionsstelle blieben. Unterschiede in der Effizienz der Aufnahme von WGA und CT-B begründen sich dadurch, dass diese über unterschiedliche Rezeptoren gebunden werden, welche sich in ihrer Verfügbarkeit unterscheiden. Möglicherweise könnten die jeweiligen Rezeptoren unterschiedlich stark im peripheren Nervensystem, an den sensiblen Nervenendigungen in der EOM, exprimiert sein. Eine präferierte Aufnahme durch kleine primäre sensorische Neuronen erfolgt beispielsweise für WGA, für CT-B hingegen durch große primäre sensorische Neuronen (Johansen-Berg et al., 2009).

Bei der rezeptorvermittelten Tracer-Aufnahme handelt es sich um die adsorptive Endocytose, bei der bestimmte Strukturen an Rezeptoren der Plasmamembran gebunden werden. Die beiden Tracer unterscheiden sich in ihren Komponenten der Bindestellen. Hier handelt es sich beispielsweise um Ganglioside, an die CT-B bindet oder um N-Acetyl-D-Glukosamine, für die WGA eine hohe Affinität aufweist (Liu et al., 1994; Johansen-Berg et al., 2009; Johansen-Berg et al., 2009 (Second Edition)).

4.2 Lokalisation der Tracer-positiven Neurone im Trigeminusganglion

Die Tracerinjektion in die EOM bzw. in den Ziliarmuskel führte zu selektiv markierten Neuronen im ophthalmischen Bereich des TG. Dieses Ergebnis findet Übereinstimmung mit früheren Studien, die ebenso retrograd markierte Ganglienzellen in regelmäßiger Verteilung des ipsilateralen TG vorfanden (Lazarov, 2002; Nouriani, 2008; Lienbacher, 2012). Unabhängig davon, in welchen EOM injiziert wurde oder ob die Injektion vom Muskelbauch und/oder Muskelsehnenübergang aufgenommen wurde, ließ sich bei den Makaken keine offensichtliche somatotopie Anordnung der Neurone im ophthalmischen Bereich des TG beobachten, was wiederum das Untersuchungsergebnis von Porter am Affen und an der Katze bekräftigt (Porter und Spencer, 1982; Porter et al., 1983). Eine mögliche somatotopie

Anordnung innerhalb des TG von Neuronen, die individuelle Augenmuskeln innervieren, wurde bisher nur beim Meerschweinchen entdeckt (Aigner et al., 2000).

Ebenso wurden in der maxillären Abteilung des linksseitigen TG (Fall Z15294), hauptsächlich an der Grenze zum ophthalmischen Gebiet, vereinzelt vorliegende retrograd markierte Tracer-positive Zellen im TG gefunden. Diese stellen möglicherweise displazierte Neurone dar, deren Axone dennoch innerhalb des ophthalmischen Astes verlaufen, wie es zuvor beim menschlichen TG beobachtet wurde (Hüfner et al., 2009; Lienbacher, 2012) oder über die Kontamination der Conjunktiva angefärbt wurden, wie es bereits bei einer Injektion in die unteren Augenmuskeln beschrieben wurde (May und Porter, 1998).

Versuche am Rhesusaffen, bei welchen der maxilläre Ast des Trigeminusnerven durchtrennt und auf degenerierte Terminalen untersucht wurde, zeigten, dass es ausgehend vom Nervus maxillaris (V2) einen orbitociliären Ast gibt. Es wurde beschrieben, dass es trigeminale Nervenfasern über den N. maxillaris gibt, der über das Foramen rotundum und die Fissura infraorbitalis in die Orbita zieht und von dort orbitales Gewebe innerviert (Ruskell, 1974).

4.3 Größenprofil retrograd markierter Neurone im Trigeminusganglion

Wie bei Lienbacher umfassten die retrograd markierten, Tracer-positiven Zellen eine große Population kleiner und mittlerer Zellen sowie eine kleine Gruppe großer Neurone (Lienbacher, 2012). Die untersuchte Gesamtpopulation der Neurone lag in einer Größenordnung zwischen 15 - 72 μm vor.

Die detektierte Population nach Muskelbauchinjektion (WGA) unterschied sich von den retrograd markierten Neuronen nach distaler Injektion (CT-B). Letztere lagen mit einem kleinen bis mittelgroßen Zelldurchmesser vor, die Neurone nach zentraler Tracerinjektion umfassten zudem vereinzelt große Neurone. Dieses Erkenntnis deckt sich mit Untersuchungen an der Ratte, bei welchen nach Tracerinjektionen in das obere Augenlid retrograd markierte Zellen im TG mit einer mittleren Zellgröße von 36,1 μm vorlagen (Nakamura et al., 2007). Die größten Neurone wurden nach Ziliarmuskelinjektion detektiert und lagen mit einem Zelldurchmesser von bis zu 63 μm vor.

Der prozentuale Anteil der retrograd markierten Neurone in Bezug auf die gesamte Zellpopulation im TG lag nach distaler Tracerinjektion (CT-B) bei 29,29 – 40,44 %, nach zentraler Injektion bei 36,13 % bzw. bei 43,48 % (WGA) und nach Ziliarmuskelinjektion (WGA) lag dieser bei 40,60 %. Somit lässt sich ein nicht allzu signifikanter Unterschied der jeweiligen

Injektionsorte des Tracers festhalten. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass es vermutlich gar nicht so viele trigeminale Endigungen im Muskelbauch gibt, mit Ausnahme des Musculus orbicularis oculi (OO), der viele trigeminale Endigungen aufweist (May und Porter, 1998).

4.4 Histochemische Charakterisierung der trigeminalen Projektionsneurone

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Marker (CB, CGRP, OPN) konnten alle, mit Hilfe von Immunfluoreszenz-Doppelfärbungen, in verschiedenen großen Populationen mit unterschiedlichen Zellgrößen, im TG des Affen nachgewiesen werden. Dies findet Übereinstimmung, mit der in der Literatur bereits berichteten, Immunreaktivität gegenüber den hier verwendeten Markern OPN sowie CGRP im TG, jedoch wurden die Versuche an anderen Tierspezies durchgeführt (Luhtala et al., 1991; Ichikawa et al., 2000; Ichikawa et al., 2001).

4.4.1 Calbindin (CB) - positive Neurone

In allen mit Immunfluoreszenz-Doppelfärbung untersuchten Ganglien fanden sich CB-markierte Zellen, eine Subpopulation, die gleichermaßen über das ganze TG verteilt vorlag. Untersuchungen an sensorischen Ganglien am Meerschweinchen beschreiben feine Calbindin-immunreaktive Nervenfasern, die die Zellkörper, wovon nur ein kleiner Teil ebenfalls reaktiv vorlag, umgeben (Kuramoto et al., 1990). Dies findet Übereinstimmung mit in dieser Arbeit detektierten CB-immunreaktiven Fasern in den peripheren Nervenästen im Ganglion trigeminale des Affen. Eine Beobachtung, die bei den beiden weiteren verwendeten Markern CGRP und Osteopontin nicht gemacht werden konnte.

In dieser Arbeit zeigen sich die Tracer-markierten CB-positiven Neurone als mittelgroße bis große Neurone, wobei nach Ziliarmuskelinjektion die größten Neurone detektiert wurden. Somit liegt eine Übereinstimmung mit Untersuchungen an der Ratte vor, die CB-immunreaktive Neurone im TG als eine Population von mittleren bis großen Neuronen und nur vereinzelt kleinere beschreibt (Ichikawa et al., 1996). Weitere Untersuchungen an Spinalganglien der Ratte zeigten ebenso, dass Calbindin-Immunreaktivitäten durch Subpopulationen von großen und kleinen primären sensorischen Neuronen exprimiert wurden (Duc et al., 1994).

Bei der detektierten Subpopulation handelt es sich vergleichsweise um die kleinste aller detektierten Populationen. Nach Tracer-Injektionen in den Ziliarmuskel fand sich die größte Population CB-positiver Tracer-markierter Neurone, wobei viele weitere Muskeln kontaminiert waren. Daher kann diese große Population CB-positiver TG-Neurone möglicherweise durch ein zusätzliches Uptake von anderen Augenmuskeln erklärt werden.

Als Calcium-bindende Proteine sind Calbindin wie auch Calretinin der EF-Hand-Familie zugehörig und werden von Subpopulationen primär sensorischer Neurone exprimiert. Weiter wird Calbindin im Zusammenhang mit Mechanorezeption und nozizeptiven Neuronen beschrieben. Das in bestimmten Nervenzellen vorkommende Protein kommt im gesamten Axon, Soma und Dendriten der Purkinje-Zellen vor. Strukturell liegt bei dieser Art von Proteinen eine variable Anzahl von Helix-Loop-Helix-Motiven vor, welche die Ca^{2+} -Ionen mit hoher Affinität binden (Duc et al., 1994; Schwaller et al., 2002; Bae et al., 2018). Die zu den Calbindin-markierten Neuronen gehörenden Axone, innervieren unter anderem Muskelspindeln und Pacini-Körperchen. Da diese Afferenzen hauptsächlich schnell-adaptierende Mechanorezeptoren darstellen, wird davon ausgegangen, dass Calbindin-positive Zellen Mechanorezeptoren innervieren, welche einer schneller Reizanpassung unterliegen. Ebenso zeigte sich, dass in dem sich ebenfalls schnell anpassenden sensorischen vestibulären System, CB und Calretinin (CR) in Haarzellen und afferenten Axonen exprimiert wird. Das selektive Vorhandensein dieser Proteine in Axonen, welche schnell anpassende Mechanorezeptoren von Vögeln und Säugetieren innervieren, deutet darauf hin, dass diese an der Physiologie dieser Rezeptoren beteiligt sind (Duc et al., 1994). Weiter wurde das Calcium-bindende Protein Calbindin neben Parvalbumin und Calretinin in Muskelafferenzen nachgewiesen (Ichikawa et al., 1996). Neben dem Vorkommen von Calbindin im peripheren Nervensystem und in vielen Subpopulationen von Nervenzellen im Gehirn, kommt das Protein auch in Epithelzellen von Darm, Niere oder auch in endokrinen Zellen der Bauchspeicheldrüse vor. Dort ist Calbindin an der Sekretionsregulierung von Insulin beteiligt. Lange wurde dem Protein einzig die essentielle Aufgabe als Ca^{2+} -Puffer, unter anderem in Neuronen und der Niere, zugeschrieben. Neuere Erkenntnisse deuten jedoch darauf hin, dass CB eine zusätzliche Ca^{2+} -Sensorfunktion hat, zudem wurden direkte CB-Wechselwirkungen mit mehreren Zielproteinen nachgewiesen (Schmidt, 2012). Durch Veränderung der dreidimensionalen Struktur der Calciumsensoren bei Calciumbindung, kommt es zu Interaktion mit verschiedenen Targetproteinen (Floriani, 2018). Calciumionen sind an diversen Zellfunktionen

des sensorischen Nervensystems beteiligt, wie beispielsweise bei der Neurotransmitterfreisetzung oder der schnellen Anpassung und Regulation des intrazellulären Energiestoffwechsels. Calcium-bindende Proteine können das intrazytoplasmatische Ca^{2+} -Niveau kontrollieren und Einfluss auf die funktionelle Aktivität der Neurone nehmen. Obwohl CB durch Subpopulationen von primären sensorischen Neuronen, unter anderem bei Säugetieren, exprimiert wird, ist die Aufgabe, welche sie im sensorischen Nervensystem spielen, noch nicht abschließend geklärt (Duc et al., 1994). Untersuchungen am TG der Ratte gehen davon aus, dass Calbindin unter anderem von mechanorezeptiven und nozizeptiven Neuronen exprimiert wird (Bae et al., 2018).

Zusammenfassend handelt es sich bei Calbindin um ein Protein, welches viele Funktionen aufweist. Letztlich ist Calbindin als Ca^{2+} -Puffer an der Regulation von Zellmechanismen beteiligt. Weiter kann die Transporter- sowie die Sensor-ähnliche Funktion festgehalten werden (Celio, 1990; Schwaller et al., 2002; Schwaller, 2009; Schmidt, 2012; Floriani, 2018).
vor.

Inwiefern die CB-positiven Neurone im TG im Zusammenhang mit Mechanorezeption und Nozizeption der EOM stehen, müsste in weiteren Experimenten untersucht werden.

4.4.2 Calcitonin Gene-Related Peptide (CGRP) - positive Neurone

In der Literatur beschriebene Untersuchungen am TG der Ratte ergaben, dass in etwa 40% der Ganglienzellen immunreaktiv gegen CGRP vorlagen (Luhtala et al., 1991). Dies findet Übereinstimmung mit den in dieser Arbeit detektierten CGRP-positiven Neuronen. Andere Versuche am Menschen zeigten, dass im Ganglion trigeminale fast 50% der primären sensorischen Neuronen CGRP-positiv sind mit heterogenen Zellgrößen (Quartu et al., 1992). In der vorliegenden Arbeit repräsentierten die Tracer-markierten CGRP-positiven Neurone durchgängig eher kleine Neurone mit Ausnahme der Ziliarmuskelinjektion, die auch größere CGRP-positive Neurone markierte. Damit stehen die Daten im Einklang zu Untersuchungen an verschiedenen Spezies, wie beispielsweise der Ratte einschließlich Affen (Luhtala et al., 1991; Terenghi et al. 1985), die hauptsächlich kleine CGRP-positive Neurone im TG fanden.

Die größte Population CGRP-positiver Tracer-markierter Neurone fand sich nach Tracer-Injektionen in den Muskelsehnenübergang, wo auch wenig andere Muskeln kontaminiert waren. Deshalb kann diese große Population CGRP-positiver TG-Neurone nicht durch den zusätzlichen Uptake von anderen Augenmuskeln erklärt werden. Es könnte aber darauf

hinweisen, dass sich besonders viele CRPG-positive trigeminale Endigungen im MSÜ befinden. Die eher größeren Tracer-markierten CGRP-positiven Neurone bei den Injektionen in den Muskelbauch oder den Ziliarmuskel könnte hier andere CGRP-positive Populationen markiert haben. Vermutlich erfolgte aber keine Traceraufnahme über die Cornea, denn diese wird vornehmlich durch dünne Schmerzafferenzen von kleinen trigeminalen Neuronen versorgt (Marfurt und Echtenkamp, 1988). Die größeren Tracer-markierten CGRP-markierten Neurone könnten über trigeminale Afferenzen im Muskelbauch der Augenmuskeln (Porter et al., 1983), im M. orbicularis oculi (May und Porter, 1998), über die Conjunktiva (Panneton et al., 2010) oder über den Ciliarmuskel erfolgt sein, der eine CGRP-positive Innervation aufweist (May et al., 2005).

Im Ganglion cervicalis superior beispielsweise wurden vereinzelt CGRP-positive Fasern beobachtet, die Neurone hingegen waren negativ. Nach Denervierung des N. trigeminus konnten keine epithelialen und kaum noch stromale CGRP-markierte Nervenfasern detektiert werden. Diese Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, dass die meisten CGRP-positiven Nervenfasern in der Rattenbindehaut sensorische Nerven sind, deren Ursprung im Ganglion trigeminale liegt (Luhtala et al., 1991). CGRP wird mit „Schmerzafferenzen“ in Verbindung gebracht und wurde in der Literatur bereits als ein in nozizeptiven Bahnen im peripheren und zentralen Nervensystem des Menschen weit verbreitetes Peptid, welches seine Rezeptoren in Schmerzbahnen exprimiert, beschrieben (Schou et al., 2017). Es handelt sich um ein Neuropeptid mit 37 Aminosäuren, welches vorwiegend in C- sowie in A δ -Fasern lokalisiert ist und in zwei Hauptformen (α und β) auftritt (Russell et al., 2014). Die nicht-myelinisierten C-Fasern leiten den späten, eher dumpfen und lange anhaltenden Schmerz langsam weiter und sind vorwiegend für die Nozizeption verantwortlich. Die A δ -Fasern hingegen, welche myelinisiert vorliegen, dienen einer raschen Schmerzweiterleitung sowie der Temperaturwahrnehmung. Bei der vorwiegend in TG-Neuronen exprimierten α -Form, dem sogenannten α -CGRP, handelt es sich um ein Schlüsselneuropeptid, welches an vaskulären sowie an neuralen Reaktionen beteiligt ist. Die TG-Neurone sind somit die Verbindung der Peripherie, den primären afferenten Fasern des TG, dem meningealen Gefäßsystem sowie den zentralen Nervenenden in den Kerngebieten des 5. Hirnnervs (Goto et al., 2017; Iyengar et al., 2019). CGRP gilt dadurch als Transmitter im peripheren und zentralen Nervensystem und übermittelt letztlich sensorische Informationen von peripher nach zentral. Ebenso wurde eine enge Wechselwirkung mit dem sympathischen Nervensystem in der Peripherie festgestellt.

Die Freisetzung des Neuropeptids in den Neuronen des TG hängt mit der Kontrolle des zerebralen Gefäßtonus zusammen und hat eine vasodilatorische sowie blutdrucksenkende Wirkung. Das Peptid wirkt auf verschiedene Herz-Kreislauf-Erkrankungen schützend, spielt eine Rolle bei Migräne und wird mit Schmerz assoziiert (Russell et al., 2014; Kee et al., 2018). Der CGRP-Spiegel ist im kranialen Kreislauf bei schmerzhaften Migräneanfällen erhöht, was auf eine Bedeutung dieses Peptids in der Pathophysiologie der Migräne schließen lässt (Quartu et al., 1992).

Inwieweit die CGRP-positiven Neurone zur Vasodilatation beitragen oder Schmerzafferenzen darstellen müsste in weiterführenden Experimenten untersucht werden, z.B. über Doppelmarkierungen auf SP.

4.4.3 Osteopontin (OPN) - positive Neurone

In Einklang mit bereits Beschriebenem, dass OPN in primären sensorischen Neuronen des spinalen sowie trigeminalen Nervensystems entdeckt wurde, konnte in allen Trigeminalganglien, eine Population OPN-immunreaktiver Neurone festgestellt werden (Ichikawa et al., 2001). Die Tracer-markierten OPN-positiven Neurone repräsentierten in der vorliegenden Arbeit durchgängig eher mittelgroße Neurone, mit Ausnahme der Ziliarmuskelinjektion, die mitunter größere OPN-positive Neurone markierte. Die Daten liegen damit in Übereinstimmung zu Untersuchungen an der Ratte vor, die vorwiegend immunreaktive Zellen mit mittelgroßer, großer sowie vereinzelt kleiner Neurone beschreibt (Ichikawa et al., 2001).

Ichikawa berichtete von reichlichem Vorhandensein OPN-positiver Neurone im TG der Ratte, was in Einklang mit der hier detektierten, vergleichsweise größten, Subpopulation steht (Ichikawa et al., 2000; Ichikawa et al., 2001). Die größte Population OPN-positiver Tracer-markierter Neurone zeigte sich nach Tracer-Injektionen in den Muskelsehnenübergang, wo auch wenig andere Muskeln kontaminiert waren. Aus diesem Grund kann diese große Population OPN-positiver TG-Neurone nicht durch eine zusätzliche Aufnahme von anderen Augenmuskeln begründet werden. Möglicherweise ist es ein Hinweis auf besonders viele OPN-positive trigeminale Endigungen im MSÜ. Die eher größeren Tracer-markierten OPN-positiven Neurone bei den Injektionen in den Ziliarmuskel oder in den Muskelbauch könnten eine andere OPN-positive Populationen markiert haben.

Osteopontin wird als eines der wichtigsten nichtkollagenen Knochenmatrixproteine sowohl von Osteoblasten als auch von Osteoklasten produziert, um dadurch die Knochenmineralisation sowie die Resorption durch Osteoklasten zu regulieren (Yoshitake et al., 1999; Kiefer et al., 2009). Das erstmals in Osteoblasten entdeckte Protein wird neben seinem Vorkommen im Knochen in vielen weiteren Geweben exprimiert und ist im zentralen und peripheren Nervensystem verbreitet. Weiter ist OPN in primären sensorischen Neuronen im spinalen und trigeminalen Nervensystem lokalisiert und wurde als ein Marker für primäre Propriozeptoren im trigeminalen und spinalen Nervensystem beschrieben (Ichikawa et al., 2000; Ichikawa et al., 2001; Reza et al., 2013). Eine Form von Osteopontin, OPN-R, ist beispielsweise an der Immunantwort beteiligt. Intrazelluläres OPN hingegen ist an Migration, Fusion und Motilität beteiligt (Reza et al., 2013). Weiter wurden im Trigemini- sowie im Spinalganglion zahlreiche immunreaktive Axone und Somata nachgewiesen. Da Osteopontin als Zytokin die Adhäsion und Migration entzündlicher Zellen steuert, hat dieses eine zentrale Rolle bei inflammatorischen Prozessen im Körper. Zudem wird die Expression diverser inflammatorischer Moleküle durch das Protein induziert sowie die Apoptose gehemmt, daher wird OPN auch eine pathogene Rolle zugeschrieben (Kiefer et al., 2009; Marsh et al., 2007). Das Glykoprotein hat verschiedene biologische Funktionen, es ist an physiologischen Prozessen und an der Pathogenese einer Vielzahl von Krankheitszuständen beteiligt (Lund et al., 2009).

Inwiefern die OPN-positiven Neurone propriozeptive Information aus der EOM übermitteln und um die Funktion bei inflammatorischen Prozessen näher beschreiben zu können, müssten weiterführende Experimente durchgeführt werden.

5 Zusammenfassung

Das menschliche Auge gilt als wichtigstes Sinnesorgan. Damit äußere Eindrücke als scharfes Bild wahrgenommen werden können, ist ein perfekt abgestimmtes Zusammenspiel des gesamten visuellen Systems sowie der extraokulären Muskulatur zwingend notwendig. Trotz der Tatsache, dass dem Auge visuelle Eindrücke zur Verfügung stehen, scheint sich dieses dennoch Propriozeption zunutze zu machen. Die motorische Innervation der EOM ist ausreichend geklärt, diese findet über en plaque-Endigungen an Twitch-Muskelfasern (SIF) sowie über multiple en grappe-Endigungen an Non-twitch-Muskelfasern (MIF) statt. Um jedoch weitere Informationen über die sensible Versorgung der äußeren Augenmuskeln zu bekommen, fand für diese Arbeit die Immunhistochemische Untersuchung von Neuronen im Trigeminalganglion des Rhesusaffen, welche zu den äußeren Augenmuskeln projizieren, statt. Zunächst wurden vorab die Tracer CT-B in den Muskelsehnenübergang (MSÜ) sowie WGA in den Muskelbauch und in den MSÜ jeweils in verschiedene äußere Augenmuskeln und einmalig in den Ziliarmuskel injiziert. Weiter wurden vereinzelte Schnitte des TG mittels Hellfeld-Färbungen auf die Tracer-Immunreaktivität überprüft. Das Verteilungsmuster der markierten Neurone im TG war ähnlich und der prozentuale Anteil der retrograd markierten Neurone in Bezug auf die gesamte Zellpopulation im TG ergab einen nicht allzu signifikanten Unterschied der jeweiligen Injektionsorte des Tracers. Im Folgenden wurden die retrograd markierten sensiblen Zellen im Ganglion trigeminale mittels Immunfluoreszenz-Doppelfärbungen gegen die oben genannten Tracer und Marker Calbindin, Calcitonin Gene- Related Peptide sowie Osteopontin immunmarkiert und analysiert. Um eine Aussage über potenzielle Kontamination bei Tracerinjektion in den Zielmuskel treffen zu können, wurden die im Rahmen eines anderen Projektes gefärbten Hirnschnitte betrachtet. In allen untersuchten Fällen konnte Kontamination in unterschiedlichem Ausmaß auf die umliegenden Strukturen der Orbita beobachtet werden.

Weiter wurde anhand der untersuchten Schnitte des TG in allen Fällen eine CB-, CGRP-, und OPN-positive Subpopulation detektiert. OPN-markierte Neurone wiesen den größten mittleren Zelldurchmesser mit ca. 40 µm auf, gefolgt von CB-immunreaktiven Zellen, welche mit einer durchschnittlichen Zellgröße von 39 µm entdeckt wurden. CGRP-positive Zellen lagen etwas kleiner, mit einer mittleren Zellgröße von 30 µm, vor. Die Anzahl der Marker-positiven Neurone im Verhältnis zur Gesamtpopulation im TG unterschied sich deutlich. So lag eine relativ hohe Anzahl der Zellen immunreaktiv gegen OPN vor. CB-positive Neurone lagen

in geringster Anzahl vor, zudem lagen hier, einmalig für den Marker Calbindin, zusätzlich markierte Fasern vor. Über dies hinaus wurden CGRP-positive Neurone in mittlerer Anzahl detektiert. Eine spezifische Lage im TG ließ sich den Marker-positiven Neuronen innerhalb des ophthalmischen Bereichs nicht zuordnen. Ergänzend gilt es zu erwähnen, dass ebenso in allen untersuchten Ganglien Neurone entdeckt wurden, die sowohl Tracer- als auch Marker-positiv vorlagen, sogenannte doppelt markierte Neurone. Die Expression von Tracer und Marker in einigen Neuronen zeigte an, dass die Marker-positiven TG-Neuron die EOM innervieren. Es scheinen somit fast alle sensorischen Zellkörper, die das Auge sowie das ganze Gesicht innervieren, im TG lokalisiert zu sein.

Zusammenfassend werden demnach Calbindin als calcium-bindendes Protein und Marker für Mechanorezeptoren sowie das Zytokin Osteopontin unter anderem mit dem sensiblen System assoziiert. Die entdeckten Neurone der OPN-positiv vorliegenden Subpopulationen übermitteln möglicherweise propriozeptive Information aus der EOM, da OPN als ein Marker für primäre Propriozeptoren im trigeminalen und spinalen Nervensystem beschrieben wurde. Es ist jedoch nicht abschließend geklärt, ob OPN im TG eine propriozeptive Funktion hat oder ob diese doch eher bei inflammatorischen Prozessen liegt. Bei den detektierten CGRP-positiven Subpopulationen hingegen, scheint es sich um Neurone zu handeln, welche eher an Nozizeption und Vasodilatation als an einer propriozeptiven Funktion beteiligt sind.

IV. Literaturverzeichnis

- Aigner, M., Lukas, J. R., Denk, M., Ziya-Ghazvini, F., Kaider, A., Mayr, R. (2000). Somatotopic organization of primary afferent perikarya of the guinea-pig extraocular muscles in the trigeminal ganglion: A post-mortem Dil-tracing study. *Exp. Eye Res.*, 70, 411-418.
- Alvarado-Mallart, R. M., Pincon Raymond, M. (1979). The palisade endings of cat extraocular muscles: a light and electron microscope study. *Tiss. Cell*, 11, 567-584.
- Andressen, C., Blumcke, I., Celio, M. R. (1993). Calcium-binding proteins: Selective markers of nerve cells. *Cell Tissue Res.*, 271: 181-208.
- Bae, J. Y., Mun, C. J., Kim, Y. S., Ahn, D. K., Bae, Y. C. (2018). Quantitative ultrastructural analysis of fibers expressing parvalbumin, calretinin, calbindin D-28k, stage specific embryonic antigen-4, and phosphorylated neurofilament 200 in the peripheral sensory root of the rat trigeminal ganglion. *J. Comp. Neurol.*, 526, 2204-2214. doi:10.1002/cne.24476.
- Blumer, R., Konakci, K. Z., Brugger, P. C., Blumer, M. J. F., Moser, D., Schoefer, C., Lukas J.-R., Streicher, J. (2003). Muscle spindles and golgi tendon organs in bovine calf extraocular muscle studied by means of double-fluorescent labeling, electron microscopy, and three-dimensional reconstruction. *Exp. Eye Res.*, 77, 447-462.
- Blumer, R., Konakci, K. Z., Pomikal, C., Wiczorek, G., Lukas, J. R., & Streicher, J. (2009). Palisade endings: cholinergic sensory organs or effector organs? *IOVS*, 50(3), 1176-1186.
- Blumer, R., Lukas, J. R., Wasicky, R., Mayr, R. (2000). Presence and morphological variability of golgi tendon organs in the distal portion of sheep extraocular muscle. *Anat. Rec.*, 258, 359-368.
- Blumer, R., Maurer-Gesek, B., Gesslbauer, B., Blumer, M., Pechriggl, E., Davis-López de Carrizosa, M. A., Horn, A. K., May P. J., Streicher, J., de la Cruz, R. R., Pastor, Á. M. (2016). Palisade endings are a constant feature in the extraocular muscles of frontal-eyed, but not lateral-eyed, animals palisade endings in extraocular muscles of mammals. *IOVS*, 57, 320-331. doi:10.1167/iovs.15-18716.
- Boenisch, T., Farmilo, A. J., Staed, R. H. (2003). *Handbuch Immunhistochemische Färbemethoden* 3. Auflage: Boenisch, Thomas.
- Büttner, U., Büttner-Ennever, J. A. (2006). Present concepts of oculomotor organization. *Prog. Brain Res.*, 151, 1-42.

- Büttner-Ennever, J. A. (2006). The extraocular motor nuclei: organization and functional neuroanatomy. *Prog. Brain Res.*, 151, 95-125.
- Büttner-Ennever, J. A., Horn, A. K., Scherberger, H., D'Ascanio, P. (2001). Motoneurons of twitch and nontwitch extraocular muscle fibers in the abducens, trochlear, and oculomotor nuclei of monkeys. *J. Comp. Neurol.*, 438, 318-335.
- Büttner-Ennever, J. A., Konakci, K. Z., Blumer, R. (2006). Sensory control of extraocular muscles. *Prog. Brain Res.*, 151, 81-93.
- Celio, M. R. (1990). Calbindin d-28k and parvalbumin in the rat nervous system. *Neuroscience*, 35(2):375-475.
- Demer, J. L. (2007). Mechanics of the orbita. *Devel. Ophthalmol.*, 40, 132-157.
doi:10.1159/000100353.
- Demer, J. L., Yeul Oh, S., Poukens, V. (2000). Evidence for active control of rectus extrocular muscle pulleys. *IOVS*, 41, 1280-1290.
- Dogiel, A. S. (1906). Die Endigungen der sensiblen Nerven in den Augenmuskeln und deren Sehnen beim Menschen und den Säugetieren. *Arch. für Mikroskop. Anat.*, 68, 501-526.
- Donaldson, I. M. (2000). The functions of the proprioceptors of the eye muscles. *Phil. Trans. Roy. Soc. London B*, 355, 1685-1754.
- Duc, C., Barakat-Walter, I., Droz, B. (1994). Innervation of putative rapidly adapting mechanoreceptors by calbindin- and calretinin-immunoreactive primary sensory neurons in the rat. *Eur. J. Neurosci.*, 6, 264-271.
- Paul L. Durham, P. L., Masterson, C. G. (2013). Two Mechanism Involved in Trigeminal CGRP Release: Implications fpr Migraine Treatment. *Headache*. 53(1): 67–80.
doi:10.1111/j.1526-4610.2012.02262.x.
- Fackelmann, K., Nouriani, A., Horn, A. K., Büttner-Ennever, J. A. (2008). Histochemical characterisation of trigeminal neurons that innervate monkey extraocular muscles. *Prog. Brain Res.*, 171:17-20.
- Floriani, C. (2018). Dissertation: Interaktion Calbindin D-28k-RanBPM: Konfokale Kolokalisations- und Korrelationsanalyse.
- Fujita, K., Matsuo, K., Yuzuriha, S., Kawagishi, K., Moriizumi, T. (2012). Cell bodies of the trigeminal proprioceptive neurons that transmit reflex contraction of the levator

- muscle are located in the mesencephalic trigeminal nucleus in rats. *J. Plast. Surg. Hand Surg.*, 46:383-388. doi: 10.3109/2000656X.2012.722094.
- Goto, T., Iwai, H., Kuramoto, E., Yamanaka, A. (2017). Neuropeptides and ATP signaling in the trigeminal ganglion. *Jpn. Dent. Sci. Rev.*, 53, 117-124. doi:10.1016/j.jdsr.2017.01.003.
- Hopf, H. C., Brandt, T. (2006). *Erkrankungen der Hirnnerven*. Stuttgart [u.a.]: Thieme.
- Hunt, S. P. and Rossi, J. (1985). Peptide- and non-peptide-containing unmyelinated primary afferents: the parallel processing of nociceptive information. *Phil. Trans. R. Soc. London B*, 308(1136):283-9.
- Hüfner, K., Horn, A., Derfuss, T., Glon, C., Sinicina, I., Arbusow, V., Strupp M., Brandt, T., Theil, D. (2009). Fewer latent herpes simplex virus type 1 and cytotoxic T cells occur in the ophthalmic division than in the maxillary and mandibular divisions of the human trigeminal ganglion and nerve. *J. Virol.*, 83, 3696-3703. doi:10.1128/jvi.02464-08.
- Ichikawa, H., Deguchi, T., Fujiyoshi, Y., Nakago, T., Jacobowitz, D. M., Sugimoto, T. (1996). Calbindin-D28k-immunoreactivity in the trigeminal ganglion neurons and molar tooth pulp of the rat. *Brain Res.*, 715, 71-78.
- Ichikawa, H., Itota, T., Nishitani, Y., Torii, Y., Inoue, K., Sugimoto, T. (2000). Osteopontin-immunoreactive primary sensory neurons in the rat spinal and trigeminal nervous systems. *Brain Res.*, 863, 276-281.
- Ichikawa, H., Yamashita, K., Takano-Yamamoto, T., Sugimoto, T. (2001). Osteopontin-immunoreactivity in the rat trigeminal ganglion and trigeminal sensory nuclei. *Brain Res.*, 919, 147-154. doi:10.1016/s0006-8993(01)03019-0.
- Iyengar, S., Johnson, K. W., Ossipov, M. H., Aurora, S. K. (2019). CGRP and the trigeminal system in migraine. *Headach.*, 59, 659-681. doi:10.1111/head.13529.
- Johansen-Berg, H., Behrens, T. E. J. (2009). *Diffusion MRI: From quantitative measurement to in-vivo neuroanatomy*. Academic Press, Elsevier.
- Johansen-Berg, H., Behrens, T. E. J. (2009). *Diffusion MRI: From quantitative measurement to in-vivo neuroanatomy*, Second Edition. Academic Press, Elsevier.
- Kee, Z., Kodji, X., Brain, S. D. (2018). The role of calcitonin gene related peptide (CGRP) in neurogenic vasodilation and its cardioprotective effects. *Front. Physiol.*, 9:1249. doi: 10.3389/fphys.2018.01249. eCollection 2018.

- Kiefer, F. W., Stulnig, T. M. (2009). Ein Hormon stellt sich vor: Osteopontin. *J. Clin. Endocrin. Metab.*, 25-27.
- Köbber, C., Apps, R., Bechmann, I., Lanciego, J. L., Mey, J., Thanos, S. (2000). Current concepts in neuroanatomical tracing. *Prog. Neurobiol.*, 62, 327-351.
- Konakci, K. Z., Streicher, J., Hoetzenecker, W., Blumer, M. J., Lukas, J. R., Blumer, R. 2005. Molecular characteristics suggest an effector function of palisade endings in extraocular muscles. *IOVS*, 46:155-165.
- Kuramoto, H., Furness, J. B., Gibbins, I. L. (1990). Calbindin immunoreactivity in sensory and autonomic ganglia in the guinea pig. *Neurosci. Lett.*, 115(1), 68-73.
doi:10.1016/0304-3940(90)90519-f.
- Lazarov, N. E. (2000). The mesencephalic trigeminal nucleus in the cat. *Adv. Anat. Embryol. Cell Biol.*, 153, 1-103.
- Levine, J. D., Fields, H. L., Basbaum, A. I. (1993). Peptides and the primary afferent nociceptor. *J. Neurosci.*, 13:2273-2286.
- Lienbacher, K. (2012). Dissertation: The source of innervation and function of palisade endings in the extraocular muscles of *Macaca mulatta*. LMU München.
- Lienbacher, K., Horn, A. E. (2012). Palisade endings and proprioception in extraocular muscles: a comparison with skeletal muscles. *Biol. Cybern.*, 106, 643-655.
doi:10.1007/s00422-012-0519-1.
- Lienbacher, K., Mustari, M., Ying, H. S., Büttner-Ennever, J. A., Horn, A. K. E. (2011). Do palisade endings in extraocular muscles arise from neurons in the motor nuclei? *IOVS*, 52, 2510-2519. doi:10.1167/iovs.10-6008.
- Lienbacher, K., Ono, S., Fleuriet, J., Mustari, M., Horn, A. K. E. (2018). A subset of palisade endings only in the medial and inferior rectus muscle in monkey contain calretinin. *IOVS*, 59, 2944-2954. doi:10.1167/iovs.18-24322.
- Liu, H., Llewelyn-Smith, I. J., Basbaum, A. I. (1994). CO-injection of wheat germ agglutinin-HRP and cholera toxin-HRP into the sciatic nerve of the rat blocks transganglionic transport. *J. Histochem. Cytochem.*, Vol. 43, no. 1, pp.489-495.
doi/pdf/10.1177/43.5.7730587.
- Luhtala, J., Palkama, A., Uusitalo, H. (1991). Calcitonin gene-related peptide immunoreactive nerve fibers in the rat conjunctiva. *IOVS*, 32, 640-645.

- Lukas, J. R., Aigner, M., Blumer, R., Heinzl, H., Mayr, R. (1994). Number and distribution of neuromuscular spindles in human extraocular muscles. *IOVS*, 35, 4317-4327.
- Lukas, J. R., Blumer, R., Denk, M., Baumgartner, I., Neuhuber, W., Mayr, R. (2000). Innervated myotendinous cylinders in human extraocular muscles. *IOVS*, 41, 2422-2431.
- Lund, S. A., Giachelli, C. M., Scatena, M. (2009). The role of osteopontin in inflammatory processes. *J. Cell Commun. Sig.*, 3, 311-322. doi:10.1007/s12079-009-0068-0.
- Maier, A., DeSantis, M., Eldred, E. (1974). The occurrence of muscle spindles in extraocular muscles of various vertebrates. *J. Morphol.*, 143, 397-408.
- Marfurt, C. F., Cox, J., Deek, S., Dvorscak, L. (2010). Anatomy of the human corneal innervation. *Exp. Eye Res.*, 90(4), 478-492. doi:10.1016/j.exer.2009.12.010.
- Marfurt, C. F., Echtenkamp, S. F. (1988). Central projections and trigeminal ganglion location of corneal afferent neurons in the monkey, macaca fascicularis. *J. Comp. Neurol.*, 272, 370-382.
- Marsh, B. C., Kerr, N. C., Isles, N., Denhardt, D. T., Wynick, D. (2007). Osteopontin expression and function within the dorsal root ganglion. *Neurorep.*, 18, 153-157. doi:10.1097/WNR.0b013e328010d4fa.
- May, C. A., Skorski, L. M., Lütjen-Drecoll, E. (2005). Innervation of the porcine ciliary muscle and outflow region. *J. Anat.*, 206(3), 231-236. doi:10.1111/j.1469-7580.2005.00388.x
- May, P. J., Porter, J. D. (1998). The distribution of primary afferent terminals from the eyelids of macaque monkeys. *Exp. Brain Res.*, 123, 368-381.
- Miller, J. M. (2007). Understanding and misunderstanding extraocular muscle pulleys. *J. Vision*, 7(11):10.1-15. doi: 10.1167/7.11.10. PMID: 17997665.
- Misawa, H., Hara, M., Tanabe, S., Niikura, M., Moriwaki, Y., Okuda, T. (2012). Osteopontin is an alpha motor neuron marker in the mouse spinal cord. *J. Neurosci. Res.*, 90, 732-742. doi:10.1002/jnr.22813.
- Morgan, D. L., Proske, U. 1984. Vertebrate slow muscle: its structure, pattern of innervation, and mechanical properties. *Physiol. Rev.*, 64:103-138.
- Nakamura, A., Hayakawa, T., Kuwahara, S., Maeda, S., Tanaka, K., Seki, M., Mimura, O. (2007). Morphological and immunohistochemical characterization of the trigeminal ganglion neurons innervating the cornea and upper eyelid of the rat. *J. Chem. Neuroanat.*, 34(3-4), 95-101. doi:10.1016/j.jchemneu.2007.05.005.

- Nouriani, A. (2008). Dissertation: Neuroanatomische Charakterisierung von Neuronen im Trigemini-Ganglion, die den extraoculären Augenmuskel des Primaten innervieren.
- Panneton, W. M., Hsu, H., Gan, Q. (2010). Distinct central representations for sensory fibers innervating either the conjunctiva or cornea of the rat. *Exp. Eye Res.*, 90(3): 388–396. doi: 10.1016/j.exer.2009.11.018.
- Porter, J. D. (1986). Brainstem terminations of extraocular muscle primary afferent neurons in the monkey. *J. Comp. Neurol.*, 247, 133-143.
- Porter, J. D., Burns, L. A., May, P. J. (1989). Morphological substrate for eyelid movements: innervation and structure of primate levator palpebrae superioris and orbicularis oculi muscles. *J. Comp. Neurol.*, 287:64-81.
- Porter, J. D., Donaldson, I. M. L. (1991). The anatomical substrate for cat extraocular muscle proprioception. *Neuroscience*, 43, 473-481.
- Porter, J. D., Guthrie, B. L., Sparks, D. L. (1983). Innervation of monkey extraocular muscles: localization of sensory and motor neurons by retrograde transport of horseradish peroxidase. *J. Comp. Neurol.*, 218, 208-219.
- Porter, J. D., Spencer, R. F. (1982). Localization of morphology of cat extraocular muscle afferent neurones identified by retrograde transport of horseradish peroxidase. *J. Comp. Neurol.*, 204, 56-64.
- Quartu, M., Diaz, G., Floris, A., Lai, M. L., Priestley, J. V., Del Fiacco, M. (1992). Calcitonin gene-related peptide in the human trigeminal sensory system at developmental and adult life stages: immunohistochemistry, neuronal morphometry and coexistence with substance P. *J. Chem. Neuroanat.*, 5, 143-157.
- Reza, S., Shaukat, A., Arain, T. M., Riaz, Q. S., Mahmud, M. (2013). Expression of osteopontin in patients with thyroid dysfunction. *PLOS ONE*, 8(2).
- Ruskell, G. L. (1974). Ocular fibres of the maxillary nerve in monkeys. *J. Anat.*, 118, 195-203.
- Ruskell, G. L. (1994). Trigeminal innervation of the scleral spur in cynomolgus monkeys. *J. Anat.*, 184, 511–518.
- Russell, F. A., King, R., Smillie, S. J., Kodji, X., Brain, S. D. (2014). Calcitonin gene-related peptide: physiology and pathophysiology. *Physiol. Rev.*, 94, 1099-1142. doi:10.1152/physrev.00034.2013.
- Schmidt, H. (2012). Three functional facets of calbindin D-28k. *Front. Mol. Neurosci.*, 5:25. doi: 10.3389/fnmol.2012.00025. eCollection 2012.

- Schou, W. S., Ashina, S., Amin, F. M., Goadsby, P. J., Ashina, M. (2017). Calcitonin gene-related peptide and pain: a systematic review. *J. Headache Pain*, 18(1), 34. doi:10.1186/s10194-017-0741-2.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U. (2015). *Prometheus - Lernatlas der Anatomie*. Stuttgart [u.a.]: Thieme.
- Schwaller, B., Meyer, M., Schiffmann, S. (2002). 'New' functions for 'old' proteins: the role of the calcium-binding proteins calbindin D-28k, calretinin and parvalbumin, in cerebellar physiology. Studies with knockout mice. *Cereb.*, 1, 241-258.
- Schwaller, B. (2009). The continuing disappearance of "pure" Ca²⁺ buffers. *Cell. Mol. Life Sci.*, 66(2):275–300.
- Sekiya, H., Kojima, Y., Hiramoto, D., Mukuno, K., Ishikawa, S. (1992). Bilateral innervation of the musculus levator palpebrae superioris by single motoneurons in the monkey. *Neurosci. Lett.*, 146, 10-12.
- Straube, A., Büttner, U. (2007) (eds): *Neuro-Ophthalmology*. Dev. Ophthalmol. Basel, Karger, vol 40, pp 132-157. doi: 10.1159/000100353.
- Terenghi, G., Gibson, S. J., McGregor, G. P., Ghatei, M. A., Mulderry, P. K., Blook, S. R., & Polak, J. M. (1985). Substance P and calcitonin gene-related peptide (CGRP) immunoreactivity are co-localised in primary sensory neurons. In C. C. Jordan & P. Oehme (Eds.), (pp. 208-). London; Philadelphia: Taylor & Francis.
- Wait, P. M. E., Ashwell, K. W. S. (2004). Trigeminal sensory system. In: Paxinos G, Mai JK, editors. Amsterdam: Elsevier Academic Press. p 1093-1124.
- Wang, N., May, P. J. (2008). Peripheral muscle targets and central projections of the mesencephalic trigeminal nucleus in macaque monkeys. *J. Comp. Neurol.*, 291, 974-987.
- Waschke, J., Böckers, T. M., Paulsen, F., Sobotta Anatomie. Das Lehrbuch, 1. Auflage 2015 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München.
- Yoshitake, H., Rittling, S. R., Denhardt, D. T., Noda, M. (1999). Osteopontin-deficient mice are resistant to ovariectomy-induced bone resorption. *Proc. Natl Acad. Sci. U S A*, 96, 8156-8160.
- Zeeh, C., Hess, B. J., Horn, A. K. E. (2013). Calretinin inputs are confined to motoneurons for upward eye movements in monkey. *J. Comp. Neurol.*, 521, 3154-3166. doi:10.1002/cne.23337.

Zimmermann, L., May, P. J., Pastor, A. M., Streicher, J., Blumer, R. (2011). Evidence that the extraocular motor nuclei innervate monkey palisade endings. *Neurosci. Lett.*, 489:89-93.

V. Anhang

5.1 Verwendete Trigeminalganglion Schnitte

Fall Z15001			
TG rechts, OT	Färbung	TG links, OT	Färbung
37	Ziege anti WGA (1:250) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)	37	Ziege anti CT (1:5000) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)
47	Ziege anti WGA (1:250) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)	47	Ziege anti CT (1:5000) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)
19	Ziege anti-WGA 1:250 + Kaninchen anti-CGRP 1:500	29	Ziege anti-CT 1:5000 + Kaninchen anti-CGRP 1:500
39	Ziege anti-WGA 1:250 + Kaninchen anti-CGRP 1:500	49	Ziege anti-CT 1:5000 + Kaninchen anti-CGRP 1:500
59	Ziege anti-WGA 1:250 + Kaninchen anti-CGRP 1:500	69	Ziege anti-CT 1:5000 + Kaninchen anti-CGRP 1:500
36	Kaninchen anti WGA (1:500) + Ziege anti Osteopontin (1:30)	36	Kaninchen anti CT (1:5000) + Ziege anti Osteopontin (1:30)
46	Kaninchen anti WGA (1:500) + Ziege anti Osteopontin (1:30)	46	Kaninchen anti CT (1:5000) + Ziege anti Osteopontin (1:30)

Tabelle 6: Verwendete TG-Schnitte, Fall Z15001

Immunfluoreszenzfärbungen sind jeweils in rot/grün -, Hellfeldfärbungen sind in schwarz dargestellt.

Fall Z15294			
TG rechts, OT	Färbung	TG links, OT	Färbung
37	Ziege anti CT (1:5000) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)	37	Ziege anti WGA (1:250) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)
47	Ziege anti CT (1:5000) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)	47	Ziege anti WGA (1:250) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)
38	Ziege anti CT 1:5000 + Kaninchen anti CGRP 1:500	28	Ziege anti WGA 1:250 + Kaninchen anti CGRP 1:500
48	Ziege anti CT 1:5000 + Kaninchen anti CGRP 1:500	48	Ziege anti WGA 1:250 + Kaninchen anti CGRP 1:500
58	Ziege anti CT 1:5000 + Kaninchen anti CGRP 1:500	58	Ziege anti WGA 1:250 + Kaninchen anti CGRP 1:500
36	Kaninchen anti CT (1:5000) + Ziege anti Osteopontin (1:30)	36	Kaninchen anti WGA (1:500) + Ziege anti Osteopontin (1:30)
46	Kaninchen anti CT (1:5000) + Ziege anti Osteopontin (1:30)	46	Kaninchen anti WGA (1:500) + Ziege anti Osteopontin (1:30)
20	CT 1:20000 + Nissl	20	CT 1:20000 + Nissl
21	WGA 1:2000 +Nissl	21	WGA 1:2000 +Nissl
40	CT 1:20000 + Nissl	40	CT 1:20000 + Nissl
41	WGA 1:2000 +Nissl	41	WGA 1:2000 +Nissl
60	CT 1:20000 + Nissl	60	CT 1:20000 + Nissl
61	WGA 1:2000 +Nissl	61	WGA 1:2000 +Nissl
80	CT 1:20000 + Nissl	80	CT 1:20000 + Nissl
81	WGA 1:2000 +Nissl	81	WGA 1:2000 +Nissl

Anhang

Tabelle 7: Verwendete TG-Schnitte, Fall Z15294

Immunfluoreszenzfärbungen sind jeweils in rot/grün -, Hellfeldfärbungen sind in schwarz dargestellt.

Fall Z15299			
TG rechts, OT	Färbung	TG links, OT	Färbung
37	Ziege anti CT (1:5000) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)	37	Ziege anti WGA (1:250) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)
48	Ziege anti CT (1:5000) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)	48	Ziege anti WGA (1:250) + Kaninchen anti Calbindin (1:1000)
19	Ziege anti CT 1:5000 + Kaninchen anti CGRP 1:500	49	Ziege anti WGA 1:250 + Kaninchen anti CGRP 1:500
39	Ziege anti CT 1:5000 + Kaninchen anti CGRP 1:500	59	Ziege anti WGA 1:250 + Kaninchen anti CGRP 1:500
59	Ziege anti CT 1:5000 + Kaninchen anti CGRP 1:500		
36	Kaninchen anti CT (1:5000) + Ziege anti Osteopontin (1:30)	36	Kaninchen anti WGA (1:500) + Ziege anti Osteopontin (1:30)
47	Kaninchen anti CT (1:5000) + Ziege anti Osteopontin (1:30)	46	Kaninchen anti WGA (1:500) + Ziege anti Osteopontin (1:30)
10	WGA 1:2000 +Nissl	10	WGA 1:2000 +Nissl
11	CT 1:20000 + Nissl	11	CT 1:20000 + Nissl
20	WGA 1:2000 +Nissl	20	WGA 1:2000 +Nissl
21	CT 1:20000 + Nissl	21	CT 1:20000 + Nissl
30	WGA 1:2000 +Nissl	30	WGA 1:2000 +Nissl
31	CT 1:20000 + Nissl	31	CT 1:20000 + Nissl
40	WGA 1:2000 +Nissl	40	WGA 1:2000 +Nissl
41	CT 1:20000 + Nissl	41	CT 1:20000 + Nissl
50	WGA 1:2000 +Nissl	50	WGA 1:2000 +Nissl
51	CT 1:20000 + Nissl	51	CT 1:20000 + Nissl
60	WGA 1:2000 +Nissl	60	WGA 1:2000 +Nissl
61	CT 1:20000 + Nissl	61	CT 1:20000 + Nissl
70	WGA 1:2000 +Nissl	70	WGA 1:2000 +Nissl
71	CT 1:20000 + Nissl	71	CT 1:20000 + Nissl
80	WGA 1:2000 +Nissl		
81	CT 1:20000 + Nissl		

Tabelle 8: Verwendete TG-Schnitte, Fall Z15299

Immunfluoreszenzfärbungen sind jeweils in rot/grün -, Hellfeldfärbungen sind in schwarz dargestellt.

5.2 Verwendete Antikörper

Primäre Antikörper			
Antikörper	Nr.	Hersteller	Verdünnung
Ziege anti-WGA	AS-2024	Axxora	1:250
Kaninchen anti-WGA	AL-2101-2	Ey-Lab	1:500
Ziege anti-Choleragenoid (CT)	703	List Biological Laboratories	1:5000
Kaninchen anti-Choleratoxin (CT)	C3062	Sigma	1:5000
polyklonal Kaninchen anti-Calbindin	CB-38	Swant	1:1000
polyklonal Kaninchen anti-Calbindin	CB-38	Swant	1:2000
Kaninchen polyklonal antiserum to Calcitonin Gene-Related Peptide (CGRP)	nicht vorhanden	Prof. J. Unger	1:500
polyklonal Ziege anti-Maus Osteopontin	AF808	R&D Systems	1:30
polyklonal Ziege anti-Maus Osteopontin	AF808	R&D Systems	1:100

Tabelle 9: Übersicht der verwendeten primären Antikörper.

Es finden sich unterschiedliche Verdünnungen bei der Verwendung für Fluoreszenzschnitte (F) und Hellfeldschnitte (H).

Sekundäre Antikörper				
Antikörper	Marker	Nr.	Hersteller	Verdünnung
Esel anti-Ziege	Alexa-Grün	A-11055	Molecular Probes	1:200
Esel anti-Kaninchen	Cy ³ -Rot	711-165-152	Dianova	1:200
Esel anti-Ziege	Cy ³ -Rot	705-165-147	Dianova	1:200
Esel anti-Kaninchen	Alexa-Grün	A-21206	Molecular Probes	1:200
Biot. Kaninchen anti-Ziege	Biotin	BA-5000	Vector, USA	1:200
Biot. Ziege anti-Kaninchen	Biotin	BA-1000	Vector, USA	1:200

Tabelle 10: Übersicht der verwendeten sekundären Antikörper.

5.3 Färbeprotokolle

5.3.1 Immunperoxidase-Färbung

Antikörper:

(1) Ziege anti-Choleraagenoid (CT) = List Biological Laboratories, 703 (4°C)

(2) Ziege anti-WGA = AXXORA, AS-2024 (4°C)

Fall: Z15-294, Z15-299 (TG)

Anleitung:

1. Tag

* 0,1M TBS pH 7,4.....10 min

* Peroxidaseblockierung:.....30 min

1% H₂O₂ in 0,1M TBS pH 7,4

* 3x 0,1M TBS pH 7,4.....je 10 min

* Präinkubation:.....1h bei RT

5% Normal Kaninchen Serum + 0,3% Triton in 0,1M TBS pH 7,4

* 1. Antikörper:.....über 1 Woche bei 4°C

(1) Ziege anti-CT (1:20000)

(2) Ziege anti-WGA (1:2000)

(in 5% Normal Kaninchen Serum + 0,3% Triton in 0,1M TBS pH 7,4)

2. Tag

* 3x 0,1M TBS pH 7,4.....je 10 min

* Biotinlierter 2. Antikörper: 1h bei RT

biot. Kaninchen anti-Ziege (1:200)

(in 0,1M TBS + 2% Rinderserumalbumin (TBS-RSA))

* 3x 0,1M TBS pH 7,4.....je 10 min

* EAP.....30 min vorher ansetzen.....1h bei RT

EAP = Extravidin-Peroxidase (1:1000)

(in 0,1M TBS + 2% Rinderserumalbumin (TBS-RSA))

* 3x 0,1M TBS pH 7,4.....je 10 min

* DAB-Nickel-Reaktion:.....10 min

0,025% DAB + 0,015% H₂O₂ in 0,05M TBS pH 7,6

Anhang

Lösung A = 20 ml 0,05M TBS pH 7,6 + 40 mg Ammonium Nickel → **bitte filtrieren**

Lösung B = 0,5 ml von 1% DAB-Stocklösung

Lösung C = Lösung A + Lösung B

Endlösung = Lösung C + 10 µl 30% H₂O₂

* 3x 0,1M TBS pH 7,4.....je 10 min

* Trocknen lassen

* In Alkoholreihe 70, 90, 96, 100%.....je 5 min

* 2x Xylol.....5 min und 15 min

* Eindeckeln und bei RT aufbewahren

5.3.2 Immunfluoreszenz-Färbung

5.3.2.1 Calbindin

Antikörper:

(1) Ziege anti-Choleragenoid (CT) = List Biological Laboratories, 703 (4°C)

(2) Ziege anti-WGA = AXXORA, AS-2024 (4°C)

polyklonal Kaninchen anti-Calretinin = Swant, CB-38 (-20°C)

Fall: Z15-001, Z15-294, Z15-299 (TG)

Anleitung:

1. Tag

* 0,1M TBS pH 7,4.....10 min

* Präinkubation:.....1h bei RT

5% Normal Esel Serum + 0,3% Triton in 0,1M TBS pH 7,4

* 1. Antikörper:.....Cocktail.....48 h bei 4°C

(1) Ziege anti-CT (1:5000) + Kaninchen anti-CB (1:1000)

(2) Ziege anti-WGA (1:250) + Kaninchen anti-CB (1:1000)

(in 5% Normal Esel Serum + 0,3% Triton in 0,1M TBS pH 7,4)

2. Tag

* 3x 0,1M TBS pH 7,4.....je 10 min

* 2. fluoreszenzmarkierter Antikörper:.....Cocktail.....2 h bei RT

Alexa-Grün: **Esel anti-Ziege (1:200)** + Cy³-Rot: **Esel anti-Kaninchen (1:200)**

(0,1M TBS pH 7,4 + 2% Rinderserumalbumin)

* 3x 0,1M TBS pH 7,4.....je 10 min

* Aqua dest.....5 min

* Trocknen lassen

* Eindeckeln mit DPX und bei 4°C aufbewahren

5.3.2.2 CGRP

Antikörper:

(1) Ziege anti-Choleraagenoid (CT) = List Biological Laboratories, 703 (4°C)

(2) Ziege anti-WGA = AXXORA, AS-2024 (4°C)

Kaninchen polyklonal antiserum zu Calcitonin Gene-Related Peptide (CGRP) = Prof. Jürgen Unger (4°C)

Fall: Z15-001, Z15-294, Z15-299 (TG)

Anleitung:

1. Tag

* 0,1M TBS pH 7,4.....10 min

* Präinkubation:.....1h bei RT

5% Normal Esel Serum + 0,3% Triton in 0,1M TBS pH 7,4

* 1. Antikörper:.....Cocktail.....48 h bei 4°C

(1) Ziege anti-CT (1:5000) + Kaninchen anti-CGRP (1:500)

(2) Ziege anti-WGA (1:250) + Kaninchen anti-CGRP (1:500)

(in 5% Normal Esel Serum + 0,3% Triton in 0,1M TBS pH 7,4)

2. Tag

* 3x 0,1M TBS pH 7,4.....je 10 min

* 2. fluoreszenzmarkierter Antikörper:.....Cocktail.....2 h bei RT

Z15-001 + Z15-299: Alexa-Grün: **Esel anti-Ziege (1:200)** + Cy³-Rot: **Esel anti-Kaninchen (1:200)**

Z15-294: Alexa-Grün: **Esel anti-Ziege (1:200)** + Cy³-Rot: **Esel anti-Kaninchen (1:200)**

(0,1M TBS pH 7,4 + 2% Rinderserumalbumin)

* 3x 0,1M TBS pH 7,4.....je 10 min

* Aqua dest.....5 min

* Trocknen lassen

* Eindeckeln mit DPX und bei 4°C aufbewahren

5.3.2.3 Osteopontin

Antikörper:

(1) Kaninchen anti-Choleratoxin = Sigma, C3062 (-20°C)

(2) Kaninchen anti-WGA = EY-Lab, AL-2101-2 (-20°C)

polyklonal Ziege anti-Maus Osteopontin antibody = R&D Systems AF808 (-20°C)

Fall: Z15-001, Z15-294, Z15-299 (TG)

Anleitung:

1. Tag

* 0,1M TBS pH 7,4.....10 min

* Präinkubation:.....1h bei RT

5% Normal Esel Serum + 0,3% Triton in 0,1M TBS pH 7,4

* 1. Antikörper:.....Cocktail.....48 h bei 4°C

(1) Kaninchen anti-CT (1:5000) + Ziege anti-OPN (1:30)

(2) Kaninchen anti-WGA (1:500) + Ziege anti-OPN (1:30)

(in 5% Normal Esel Serum + 0,3% Triton in 0,1M TBS pH 7,4)

2. Tag

* 3x 0,1M TBS pH 7,4.....je 10 min

* 2. fluoreszenzmarkierter Antikörper:.....Cocktail.....2 h bei RT

Alexa-Grün: **Esel anti-Kaninchen (1:200)** + Cy³-Rot: **Esel anti-Ziege (1:200)**

(0,1M TBS pH 7,4 + 2% Rinderserumalbumin)

* 3x 0,1M TBS pH 7,4.....je 10 min

* Aqua dest.....5 min

* Trocknen lassen

* Eindeckeln mit DPX und bei 4°C aufbewahren

5.4 Verwendete Excel Tabellen für die Erstellung der Größenprofile

5.4.1 Fall Z15001

Fall Z15001/CB - Seite 1/2

Z15001 - CB												
TG re Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
37	1	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0206-0702	2.177.387	55.100	50.314	155.190	59.053	604.929	165.144	136.848	52.385	52.707
	2	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0524-0447	2.074.278	54.602	48.369	3.057	57.252	373.369	464.019	170.981	49.364	51.486
	3	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0754-0629	971.487	35.895	34.460	150.118	37.877	550.181	664.166	143.673	34.106	35.178
	4	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0729-0491	1.199.456	47.379	32.233	152.815	47.898	417.347	650.703	167.005	33.394	39.806
	5	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0818-0425	576.770	32.007	22.944	63.828	32.173	376.061	748.533	59.859	24.260	27.476
	6	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0886-0555	835.350	36.735	28.953	167.632	37.406	481.969	783.536	149.744	28.721	32.844
	7	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0731-0822	1.250.205	44.326	35.911	97.457	47.365	734.173	679.424	80.181	36.992	40.119
	8	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0703-0702	686.324	31.226	27.985	174.010	33.785	613.905	635.445	16.991	28.721	29.606
	9	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0737-0686	538.909	29.076	23.599	34.377	31.349	601.339	667.756	23.629	24.149	26.338
	10	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0568-0180	1.718.227	48.208	45.381	97.521	51.402	154.374	484.662	102.095	46.176	46.795
	11	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0451-0325	2.319.163	65.771	44.896	56.570	66.785	271.051	429.913	48.814	45.736	55.334
47	1	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0335-0455	774.934	39.294	25.110	20.113	39.256	389.524	301.567	10.539	27.159	32.202
	2	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0114-0528	472.855	28.913	20.823	176.804	29.727	460.428	93.342	151.113	19.745	24.868
	3	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0264-0907	401.967	25.841	19.806	144.339	26.941	803.282	229.765	150.018	20.879	22.824
	4	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0268-0981	894.155	36.703	31.019	177.764	38.666	862.518	245.921	21.801	30.545	33.861
	5	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0675-0715	995.653	44.409	28.546	24.143	51.566	620.187	619.290	31.477	30.516	36.478
TG re Marker												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
37	1	Z15001_TGre_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0886-0555	835.350	36.735	28.953	167.632	37.406	481.969	783.536	149.744	28.721	32.844
	2	Z15001_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0864-0444	1.078.624	46.333	29.641	18.054	46.852	380.549	789.819	36.431	29.387	37.987
	3	Z15001_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0908-0518	847.433	35.096	30.744	5.941	38.967	446.068	807.769	172.057	31.270	32.920
	4	Z15001_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0765-0934	1.149.512	42.984	34.050	27.495	46.011	816.745	692.887	20.556	34.905	38.517
	5	Z15001_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0719-1270	1.296.121	44.645	36.964	78.104	47.118	1.138.057	667.756	72.255	39.356	40.805
47	1	Z15001_TGre_OT37_rCBrot_Bild1_10x.JPG:0470-0804	1.807.642	53.485	43.032	32.433	57.672	694.682	428.118	20.973	44.829	48.259
	2	Z15001_TGre_OT37_rCBrot_Bild1_10x.JPG:0898-0702	2.177.387	52.963	52.345	111.466	59.025	615.700	777.254	98.746	52.490	52.654
	3	Z15001_TGre_OT37_rCBrot_Bild1_10x.JPG:0727-0125	1.340.426	46.986	36.323	16.999	51.410	87.957	655.191	16.220	37.459	41.655
	4	Z15001_TGre_OT37_rCBrot_Bild1_10x.JPG:0654-0571	2.307.080	59.689	49.213	38.997	61.400	499.919	612.110	52.125	51.498	54.451
TG re doppelmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
37	1	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0122-0982	2.406.162	58.633	52.250	94.524	61.058	871.493	82.572	114.305	50.261	55.442
	2	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0827-0871	2.432.745	69.140	44.800	170.217	68.034	748.533	739.558	171.656	44.876	56.970
	3	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0728-0877	1.592.562	50.424	40.213	159.623	51.598	770.073	632.753	139.939	40.310	45.319
	4	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0628-0622	511.521	30.018	21.697	98.959	31.349	554.668	549.283	113.629	20.643	25.858
	5	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0451-0326	2.794.435	62.770	56.683	64.855	74.012	263.871	432.605	39.094	57.273	59.727
	6	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0566-0179	1.772.198	52.509	42.972	3.356	53.709	134.628	511.587	9.620	43.081	47.741
47	1	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0426-0889	1.539.396	52.613	37.254	9.244	54.778	771.868	392.217	18.138	39.491	44.934
	2	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0381-1111	905.432	36.950	31.199	0.227	38.666	979.196	347.341	21.801	30.516	34.075
	3	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0226-0800	875.627	35.765	31.172	140.906	38.936	700.067	199.250	154.026	31.688	33.469
TG re unmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
37	1	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0480-0815	658.130	40.953	20.461	3.559	41.578	711.734	435.298	13.736	22.133	30.707
	2	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0529-0917	1.307.399	50.486	32.972	13.478	51.056	797.897	471.199	10.125	33.792	41.729
	3	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0732-0877	1.594.173	52.053	38.994	10.597	55.042	761.996	671.346	24.057	39.491	45.524
	4	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0826-0870	2.579.354	70.833	46.364	165.379	71.137	750.328	724.300	150.524	46.112	58.599
	5	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0714-0643	978.737	37.138	33.555	164.318	37.877	560.951	630.060	143.673	33.208	35.347
	6	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0626-0621	806.350	35.742	28.725	97.767	37.492	553.771	580.696	78.959	29.618	32.234
	7	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0636-1114	816.017	40.378	25.732	161.366	41.012	980.991	560.951	156.801	26.926	33.055
	8	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0783-0788	1.681.172	52.008	41.158	163.674	56.230	683.911	686.604	151.390	43.081	46.583
	9	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0780-0990	1.117.291	41.149	34.571	106.235	44.669	879.571	679.424	112.443	35.856	37.860
	10	Z15001_TGre_OT37_match_10x.jpg:0788-1028	1.554.701	48.598	40.732	73.494	49.762	909.189	723.402	50.856	40.716	44.665
47	1	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0788-0501	1.864.030	58.715	40.422	38.316	61.137	430.810	726.992	40.236	41.874	49.569
	2	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0726-0204	2.220.081	59.079	47.846	39.137	62.312	163.349	676.731	41.496	47.308	53.463
	3	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0866-0022	1.145.485	44.506	32.771	44.050	45.809	3.590	796.102	55.376	34.271	38.639
	4	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0947-0261	914.293	48.986	23.764	4.229	49.461	210.020	858.928	11.514	23.336	36.375
	5	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0631-0533	1.009.348	44.965	28.581	6.897	45.765	455.941	571.721	11.310	29.270	36.773
	6	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0549-0569	546.965	34.404	20.242	36.282	35.901	495.432	503.510	36.870	21.424	27.323
	7	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0557-0305	987.598	43.469	28.928	35.751	45.073	256.691	515.177	35.272	29.803	36.199
	8	Z15001_TGre_OT47_match_10x.jpg:0974-0574	856.294	38.525	28.300	20.017	39.338	499.022	884.956	34.778	28.721	33.413
TG li Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
37	1	Z15001_TGli_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0169-0287	911.071	35.995	32.227	150.507	38.184	241.433	137.321	150.422	33.242	34.111
	2	Z15001_TGli_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0204-0676	1.296.121	52.959	31.161	87.778	54.837	592.364	210.020	68.895	33.126	42.060
	3	Z15001_TGli_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0403-0856	318.190	24.110	16.804	128.813	26.941	762.893	350.033	119.982	17.770	20.457
	4	Z15001_TGli_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0713-1129	370.551	29.019	16.258	130.724	33.111	1.007.019	625.572	122.829	18.574	22.639
	5	Z15001_TGli_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0875-0869	496.216	30.150	20.955	58.991	32.136	770.073	798.794	54.090	22.672	25.553
	6	Z15001_TGli_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0674-0600	426.133	29.891	18.152	152.554	32.522	525.948	595.057	140.599	19.553	24.022
47	1	Z15001_TGli_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0410-0601	756.406	36.679	26.257	49.208	38.541	522.357	375.164	27.759	28.099	31.468
	2	Z15001_TGli_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0447-0825	547.770	29.043	24.014	112.182	31.413	731.480	389.524	126.870	25.131	26.529
	3	Z15001_TGli_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0792-0030	683.907	32.084	27.140	138.420	34.853	19.745	696.477	124.509	28.559	29.612
TG li Marker												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
37	1	Z15001_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0210-0240	2.040.445	54.259	47.881	88.423	56.515	205.532	162.451	110.450	47.495	51.070

	2	Z15001_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0346-0238	3.350.261	69.063	61.765	22.021	70.768	179.504	314.133	15.446	61.031	65.414
	3	Z15001_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0232-1033	335.912	27.885	15.338	142.236	29.889	918.164	196.557	131.348	17.107	21.612
	4	Z15001_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0048-0771	640.408	35.128	23.212	115.460	38.833	681.219	28.721	123.690	25.906	29.170
	5	Z15001_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0802-1289	828.906	43.851	24.068	104.392	46.203	1.149.725	699.169	114.075	24.700	33.960
	6	Z15001_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0913-0822	744.323	41.715	22.718	76.301	42.668	729.685	840.080	75.379	23.730	32.217
	7	Z15001_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0737-0546	1.635.256	53.428	38.969	124.402	58.800	474.789	637.240	121.264	42.497	46.199
47	1	Z15001_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0690-1086	2.876.600	69.421	52.760	90.955	69.943	972.913	585.184	98.858	53.423	61.091
	2	Z15001_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0925-0684	952.959	37.140	32.670	175.499	38.342	597.749	819.437	147.426	32.311	34.905
	3	Z15001_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0923-0165	1.105.207	49.204	28.599	86.421	50.020	148.091	853.543	80.707	28.721	38.902
	4	Z15001_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0226-0529	1.062.513	37.651	35.931	39.958	39.735	455.941	207.327	18.435	36.174	36.791
TG li doppelmarkiert												
		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1	Z15001_TGli_OT37_match_10x-1.jpg:0260-0715	2.470.606	61.657	51.019	79.774	64.721	621.982	260.281	56.310	49.653	56.338
47	nein											
TG li unmarkiert												
		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1	Z15001_TGli_OT37_match_10x-1.jpg:0354-0689	773.323	35.375	27.834	92.772	37.190	613.905	336.571	81.674	27.823	31.605
	2	Z15001_TGli_OT37_match_10x-1.jpg:0412-0601	1.779.448	72.896	31.081	129.772	70.517	516.972	341.058	132.421	31.331	51.989
	3	Z15001_TGli_OT37_match_10x-1.jpg:0529-0796	1.154.346	47.598	30.878	145.689	50.237	697.374	456.838	138.621	31.391	39.238
	4	Z15001_TGli_OT37_match_10x-1.jpg:0306-0739	1.319.482	45.860	36.634	152.217	48.333	643.523	262.076	148.671	38.279	41.247
	5	Z15001_TGli_OT37_match_10x-1.jpg:0337-0840	1.188.984	50.919	29.731	79.105	49.851	745.840	326.698	76.464	30.491	40.325
	6	Z15001_TGli_OT37_match_10x-1.jpg:0158-0760	994.848	42.372	29.894	109.887	46.203	669.551	122.063	119.055	31.413	36.133
	7	Z15001_TGli_OT37_match_10x-1.jpg:0121-0877	1.164.012	42.346	34.999	94.417	44.425	787.126	87.060	98.130	35.901	38.673
	8	Z15001_TGli_OT37_match_10x-1.jpg:0349-0733	1.358.148	54.834	31.536	143.937	57.840	636.343	295.285	138.145	32.727	43.185
	9	Z15001_TGli_OT37_match_10x-1.jpg:0372-0785	914.293	37.328	31.186	155.437	38.760	691.989	319.518	132.184	32.311	34.257
47	1	Z15001_TGli_OT47_match_10x.jpg:0367-0597	828.100	39.864	26.449	89.733	41.800	528.640	350.033	75.069	26.926	33.157
	2	Z15001_TGli_OT47_match_10x.jpg:0361-0844	1.104.402	40.198	34.981	137.618	43.869	752.123	306.055	120.763	36.685	37.590
	3	Z15001_TGli_OT47_match_10x.jpg:0538-0710	990.014	37.598	33.527	106.511	39.735	631.855	464.019	108.435	34.525	35.563
	4	Z15001_TGli_OT47_match_10x.jpg:0359-0625	1.426.620	44.154	41.139	98.022	46.852	545.693	302.465	126.431	40.388	42.647
	5	Z15001_TGli_OT47_match_10x.jpg:0234-0714	1.558.729	47.311	41.949	130.508	49.875	628.265	187.582	120.256	42.332	44.630
	6	Z15001_TGli_OT47_match_10x.jpg:0244-0757	1.322.704	43.329	38.868	92.109	46.368	678.526	196.557	104.574	40.388	41.099
	7	Z15001_TGli_OT47_match_10x.jpg:0218-0497	1.009.348	36.900	34.828	94.582	38.100	441.581	177.709	105.018	35.003	35.864
	8	Z15001_TGli_OT47_match_10x.jpg:0161-0719	617.047	29.294	26.820	71.700	31.311	631.855	148.091	27.300	27.114	28.057
	9	Z15001_TGli_OT47_match_10x.jpg:0310-0633	917.515	39.089	29.886	87.528	38.635	560.053	295.285	59.265	27.823	34.488

Tabelle 11: Fall Z15001, TG: rechts/links, Marker: CB

Die oben abgebildeten Excel Tabellen, wurden aus ImageJ importiert und für die Erstellung der Zellgrößenprofile verwendet. Die Zeilen sind gegliedert nach Seite des TG, Tracer-positiver-, Marker-positiver-, doppelt markierter- sowie unmarkierter Neurone. In den Spalten befinden sich unter anderem die tatsächlich verwendeten Parameter „Major“ und „Minor“ sowie die daraus errechnete Zellgröße über die Formel $(dmin+dmax) / 2$ (dunkelgrau) und die ebenfalls interessante Größe „Area“ (hellgrau).

Z15001-CGRP												
TG re Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
19	1	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0226-0330:Red	1.125.415	41.375	34.633	35.937	45.360	275.548	210.924	27.072	35.902	38.004
	2	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0513-0307:Red	1.448.458	46.387	39.757	153.992	49.690	252.211	449.672	163.202	39.846	43.072
	3	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0669-0265:Red	2.138.047	56.104	48.521	97.793	58.836	227.080	627.387	68.523	48.903	52.313
	4	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0759-0450:Red	1.110.914	44.534	31.761	147.661	46.810	383.253	668.674	147.529	32.517	38.148
	5	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0672-0351:Red	957.851	35.301	34.548	176.952	39.837	296.191	602.255	14.349	35.004	34.925
	6	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0829-0699:Red	1.021.493	50.858	25.573	34.824	52.181	604.050	755.736	26.565	27.477	38.216
	7	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0599-0287:Red	2.437.728	59.806	51.898	69.602	62.404	238.748	565.456	49.667	51.096	55.852
	8	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0853-0649:Red	789.482	39.135	25.685	172.514	40.747	562.763	767.404	7.595	26.029	32.410
	9	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0196-0478:Red	431.798	24.512	22.429	105.362	27.401	421.848	164.251	121.608	21.541	23.471
	10	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0397-0563:Red	802.372	33.805	30.221	140.680	35.868	490.062	346.454	148.299	30.875	32.013
39-2	1	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0321-0638:Red	2.453.839	65.779	47.498	56.675	68.355	559.173	321.323	66.801	49.397	56.639
	2	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0292-0247:Red	3.151.484	72.601	55.269	48.313	72.207	192.075	283.625	34.875	56.303	63.935
	3	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0873-0136:Red	1.666.774	50.315	42.178	12.113	52.773	104.116	762.917	138.447	41.287	46.247
	4	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0724-0269:Red	1.913.286	52.458	46.439	90.417	55.510	231.568	675.854	67.166	46.639	49.449
	5	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0806-0309:Red	2.140.463	66.196	41.170	95.635	69.059	274.650	689.318	98.973	42.923	53.683
	6	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0705-0163:Red	1.084.330	47.092	29.317	138.698	49.650	129.247	613.923	130.601	30.794	38.205
59	1	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0465-0735:Red	2.135.630	55.150	49.305	147.513	57.758	635.465	402.999	147.051	50.263	52.228
	2	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0622-0716:Red	2.918.667	66.368	55.993	45.116	69.669	614.821	579.817	38.199	57.666	61.181
	3	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0945-0768:Red	1.025.328	40.550	33.136	70.407	42.060	674.059	863.442	50.194	32.933	36.843
	4	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0799-0514:Red	845.874	33.702	31.957	133.668	35.598	446.979	707.269	146.310	32.312	32.830
	5	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0846-0804:Red	711.340	35.751	25.333	22.527	38.133	704.576	769.199	26.565	27.301	30.542
	6	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-1020-0813:Red	502.691	28.576	22.398	5.100	29.236	716.244	922.680	17.879	21.541	25.487
	7	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0547-1005:Red	1.166.500	43.694	33.992	9.113	45.173	880.495	495.447	20.956	34.107	38.843
	8	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0381-0880:Red	542.970	35.238	19.619	155.293	36.126	773.687	332.991	153.435	20.281	27.429
	9	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0406-0828:Red	923.211	38.370	30.635	60.477	39.533	730.605	378.766	50.528	31.018	34.503
	10	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0353-0994:Red	661.393	30.393	27.707	40.321	31.872	879.598	326.708	32.347	27.824	29.050
TG re Marker												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
19	1	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0180-0416:Red	638.836	29.934	27.173	160.380	31.809	358.122	163.354	16.390	27.480	28.554
	2	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0522-0831:Red	679.921	37.784	22.912	85.504	39.989	747.658	488.267	80.961	22.439	30.348
	3	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0188-0733:Red	918.377	36.149	32.347	113.642	38.343	652.518	150.788	106.314	31.825	34.248
39-2	1	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0111-0793:Red	575.194	30.123	24.313	20.733	32.868	699.191	109.501	34.992	24.234	27.218
	2	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0975-1164:Red	1.230.948	50.612	30.967	76.137	50.725	1.039.362	900.242	76.701	31.509	40.790
59	1	Z15001_TGre_CGRProt_OT59_1_10x_Leica.TIF:0777-0583	625.947	32.136	24.800	8.984	34.354	507.115	703.678	19.855	25.131	28.468
	2	Z15001_TGre_CGRProt_OT59_1_10x_Leica.TIF:0366-0955	486.579	26.747	23.163	8.047	29.001	844.594	320.425	158.199	22.439	24.955
TG re doppelmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
19	1	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0721-0282:Red	1.582.187	52.000	38.740	177.547	51.810	227.977	653.416	14.036	36.800	45.370
	2	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0041-0762:Red	1.955.982	60.268	41.322	20.476	60.002	655.211	51.160	21.961	43.894	50.795
39-2	nein											
59	nein											
TG re unmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
19	1	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0196-0477:Red	476.912	30.058	20.202	153.192	31.401	415.565	167.842	149.036	21.289	25.130
	2	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0181-0418:Red	755.647	32.309	29.778	30.238	35.004	359.020	169.637	22.620	30.095	31.044
	3	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0395-0563:Red	831.373	34.945	30.292	122.149	36.226	493.652	341.069	131.987	30.464	32.619
	4	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0351-0471:Red	713.756	42.582	21.342	156.322	42.366	405.692	301.576	143.616	21.942	31.962
	5	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0241-0487:Red	563.916	35.896	20.002	110.799	37.191	432.619	199.256	109.747	21.930	27.949
	6	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0187-0731:Red	986.853	39.371	31.914	117.112	41.180	650.723	148.993	110.410	31.720	35.643
	7	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0042-0752:Red	1.964.038	58.533	42.723	9.319	59.211	646.235	44.877	14.036	44.877	50.628
	8	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0284-0792:Red	871.653	39.390	28.175	122.324	41.326	698.293	236.953	124.380	28.883	33.783
	9	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0226-0775:Red	1.226.920	42.441	36.808	114.281	46.204	683.932	182.202	114.075	37.697	39.625
	10	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0135-0788:Red	510.747	30.372	21.411	166.114	30.371	694.703	114.886	145.840	22.016	25.892
	11	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0425-0367:Red	817.678	35.498	29.328	140.586	37.878	315.937	369.790	143.673	30.436	32.413
	12	Z15001_TGre_match_OT19_1_10x_Leica.tif:0001-0481-0518:Red	1.323.591	49.004	34.390	41.980	51.286	443.389	443.389	32.856	35.947	41.697
39-2	1	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0158-0997:Red	2.324.139	60.552	48.870	45.676	64.804	867.032	157.969	30.828	48.520	54.711
	2	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0211-1061:Red	3.202.236	64.472	63.240	45.167	67.454	922.680	200.153	25.201	62.711	63.856
	3	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0365-0872:Red	1.950.343	53.712	46.233	51.443	55.510	762.917	349.147	39.094	46.865	49.973
	4	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0452-1037:Red	2.370.058	61.194	49.312	86.142	64.835	916.397	437.106	68.051	48.468	55.253
	5	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0150-1097:Red	1.537.073	56.060	34.910	119.498	60.742	965.763	109.501	124.160	36.936	45.485
	6	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0024-0767:Red	2.006.735	60.263	42.398	178.448	61.402	658.801	14.361	164.745	43.980	51.331
	7	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0147-0684:Red	1.566.075	50.274	39.663	159.655	51.435	590.587	119.374	150.751	39.843	44.969
	8	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0667-1173:Red	3.406.857	71.174	60.946	176.341	72.530	1.017.820	592.382	167.856	62.828	66.060
	9	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0748-1049:Red	1.280.089	44.322	36.773	5.352	46.012	919.988	673.162	20.556	35.004	40.548
	10	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0739-0691:Red	885.348	36.646	30.761	41.629	38.834	604.050	676.752	33.690	32.692	33.704
	11	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0598-1036:Red	1.359.843	49.365	35.074	76.971	49.030	921.783	560.071	66.251	35.055	42.220
	12	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0511-1110:Red	1.407.373	52.975	33.826	81.534	54.226	989.996	432.619	102.426	35.127	43.401
	13	Z15001_TGre_match_OT39_2_10x_Leica.tif:0001-0722-0745:Red	2.353.140	55.939	53.560	169.251	60.343	641.747	667.776	22.751	53.853	54.750
59	1	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0199-0380:Red	1.347.759	47.963	35.778	69.434	48.972	325.810	197.461	48.715	37.880	41.871
	2	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0357-0468:Red	1.417.846	49.925	36.159	66.473	50.813	405.692	342.864	54.345	34.558	43.042
	3	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0313-0642:Red	2.718.880	67.870	51.006	154.703	71.269	546.607	260.289	143.707	51.558	59.438
	4	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0259-0583:Red	1.185.834	43.724	34.531	46.693	47.119	507.115	250.416	40.365	35.735	39.128
	5	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0400-0827:Red	981.214	40.660	30.726	16.076	41.763	721.629	365.302	8.653	31.794	35.693
	6	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0423-0537:Red	2.009.152	54.071	47.310	28.663	57.925	464.033	403.897	49.399	49.460	50.691
	7	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0351-0995:Red	762.092	35.621	27.240	175.474	36.800	875.110	322.220	12.680	28.722	3

OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
8	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0760-0500:Red	449.521	27.196	21.046	18.533	29.305	436.209	690.215	27.350	21.541	24.121
9	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0781-0584:Red	680.727	41.517	20.876	0.536	40.310	504.422	704.576	11.560	20.644	31.197
10	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0921-0451:Red	714.562	31.128	29.228	18.562	32.868	389.536	833.823	34.992	29.619	30.178
11	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0851-0373:Red	490.607	32.869	19.005	28.096	35.745	319.527	771.892	28.496	20.072	25.937
12	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0800-0511:Red	1.040.828	42.666	31.061	57.695	42.904	444.287	735.990	52.651	31.188	36.864
13	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0612-0120:Red	816.872	36.574	28.438	18.245	38.343	89.755	557.378	20.556	28.722	32.506
14	Z15001_TGre_match_OT59_1_10x_Leica.tif:0001-0623-0320:Red	863.597	40.623	27.068	176.762	40.499	267.470	551.993	167.196	26.926	33.846
TG II Tracer											
29	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0340-0654:Red	1.851.255	55.924	42.148	76.865	57.904	576.226	332.991	71.003	43.980	49.036
2	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0119-0366:Red	1.077.885	41.228	33.288	112.258	42.820	317.732	89.755	123.024	33.725	37.258
3	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0508-0808:Red	1.711.887	53.138	41.019	116.932	58.341	705.473	430.823	120.510	42.663	47.079
4	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0808-0963:Red	1.779.557	52.228	43.382	81.698	53.681	851.774	700.088	110.556	43.435	47.805
5	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0830-0623:Red	2.144.491	55.962	48.792	14.576	58.616	530.451	750.351	11.482	49.365	52.377
6	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0896-0297:Red	2.325.750	58.117	50.953	132.435	61.257	246.826	781.765	129.053	52.955	54.535
7	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0612-0262:Red	895.821	34.398	33.159	18.390	36.181	218.104	542.120	156.615	33.682	33.779
8	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0492-0127:Red	1.507.266	45.666	42.025	154.169	49.071	95.140	428.131	140.194	40.390	43.846
49	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0301-0303:Red	2.126.768	54.034	50.114	129.608	54.949	250.416	254.006	141.633	50.273	52.074
2	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0371-0120:Red	1.437.180	45.898	39.868	82.870	49.202	95.140	352.737	51.667	40.390	42.883
3	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0522-0285:Red	1.350.981	48.189	35.695	83.129	49.690	253.109	492.754	73.202	35.902	41.942
4	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0278-0463:Red	944.962	41.515	28.982	120.823	43.824	402.102	232.465	124.992	31.771	35.249
5	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0540-0680:Red	646.086	30.397	27.063	80.034	32.671	604.050	499.935	69.075	28.507	28.730
69	Z15001_TGII_match_OT69_1_10X_2Leica.tif:0001-0978-0456:Red	2.568.234	65.318	50.062	139.569	67.573	389.536	851.774	129.611	50.820	57.690
2	Z15001_TGII_match_OT69_1_10X_2Leica.tif:0001-0657-0360:Red	898.237	37.039	30.878	83.855	38.605	322.220	608.538	72.408	31.414	33.959
3	Z15001_TGII_match_OT69_1_10X_2Leica.tif:0001-0620-0261:Red	585.667	38.073	19.586	114.257	39.736	231.568	537.632	108.435	23.682	28.830
4	Z15001_TGII_match_OT69_1_10X_2Leica.tif:0001-0567-0244:Red	1.255.921	51.977	30.765	107.417	52.528	211.822	483.779	109.983	32.116	41.371
5	Z15001_TGII_match_OT69_1_10X_2Leica.tif:0001-0435-0416:Red	2.524.732	69.737	46.096	131.622	72.751	343.761	361.712	141.009	49.084	57.917
TG II Marker											
29	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0206-0498:Red	1.091.580	41.819	33.235	27.162	43.870	427.233	196.563	30.763	34.364	37.527
2	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0528-1062:Red	862.791	38.527	28.514	158.967	39.533	942.426	458.647	129.472	29.104	33.521
3	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0602-0374:Red	1.423.485	52.362	34.614	88.198	53.160	335.683	514.296	101.689	35.902	43.488
49	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0338-0999:Red	1.002.965	43.671	29.242	131.473	46.552	878.700	284.523	123.996	31.098	36.457
3	Z15001_TGII_rCGRProt_OT49_1_10X_2Leica.TIF:0334-1000	932.878	49.338	24.074	130.611	49.909	881.393	280.035	127.694	24.269	36.706
4	Z15001_TGII_rCGRProt_OT49_1_10X_2Leica.TIF:0413-0637	751.619	42.929	22.292	132.555	46.543	559.173	352.737	129.523	24.537	32.611
69	Z15001_TGII_match_OT69_1_10X_2Leica.tif:0001-0210-0493:Red	918.377	42.953	27.223	141.381	44.445	427.233	172.329	133.363	27.925	35.088
2	Z15001_TGII_match_OT69_1_10X_2Leica.tif:0001-0988-0068:Red	1.382.399	45.876	38.367	1.509	47.899	37.697	880.495	167.005	39.492	42.122
3	Z15001_TGII_match_OT69_1_10X_2Leica.tif:0001-0571-0098:Red	814.456	35.579	29.147	119.698	41.375	73.599	493.652	139.399	33.400	32.363
TG II doppelmarkiert											
29	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0178-0908:Red	841.404	37.708	28.398	77.605	38.375	810.487	178.612	79.216	29.304	33.053
2	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0319-0993:Red	747.591	32.659	29.146	58.601	34.483	879.598	299.781	51.340	29.508	30.903
3	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0074-0792:Red	533.303	27.216	24.949	30.502	29.401	699.191	76.292	31.264	25.131	26.083
4	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0061-0906:Red	693.616	34.287	25.757	18.176	35.767	796.126	61.033	17.526	26.672	30.022
49	nein										
69	Z15001_TGII_match_OT69_1_10X_2Leica.tif:0001-0755-0911:Red	585.667	29.964	24.887	113.566	32.174	809.589	664.186	120.141	25.977	27.426
2	Z15001_TGII_match_OT69_1_10X_2Leica.tif:0001-0649-0876:Red	709.728	32.391	27.898	108.058	34.366	772.790	571.739	139.236	28.400	30.145
TG II unmarkiert											
29	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0334-0650:Red	1.524.184	47.401	40.941	37.840	50.086	566.353	319.527	53.746	40.890	44.171
2	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0434-0709:Red	921.600	40.648	28.868	82.126	41.375	626.489	369.790	102.529	29.244	34.758
3	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0572-0751:Red	778.204	34.946	28.354	113.058	38.636	661.494	497.242	120.735	28.722	31.650
4	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0443-0997:Red	953.018	41.278	29.396	44.658	44.589	878.700	411.077	40.101	31.399	35.337
5	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0371-0994:Red	1.304.257	44.142	37.620	73.555	46.161	883.188	353.634	63.435	37.697	40.881
6	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0321-0991:Red	981.214	37.023	33.744	56.444	38.164	876.905	301.576	41.186	34.344	35.384
7	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0305-1117:Red	1.072.246	48.229	28.707	176.781	47.899	979.226	271.060	167.005	27.824	38.268
8	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0176-0913:Red	725.035	35.246	26.192	69.615	36.348	809.589	174.124	57.095	28.722	30.719
9	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0073-0796:Red	392.324	25.719	19.422	80.544	26.941	706.371	77.189	60.018	20.364	22.571
10	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0194-0706:Red	1.695.775	48.713	44.324	129.829	52.181	623.796	350.788	116.565	45.604	46.519
11	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0305-0864:Red	2.131.602	57.541	47.167	60.919	59.272	762.019	299.781	57.995	48.728	52.354
12	Z15001_TGII_match_OT29_1_10X_2Leica.tif:0001-0160-0965:Red	1.030.355	45.881	28.593	134.478	48.906	849.979	125.657	132.769	30.521	37.237
49	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0718-0658:Red	802.372	44.378	23.021	143.271	47.638	574.431	628.284	137.291	24.786	33.700
2	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0474-0479:Red	680.727	33.681	25.734	68.086	35.632	420.053	441.594	49.086	25.551	29.708
3	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0539-0679:Red	510.747	26.419	24.615	165.881	29.633	599.563	494.549	54.866	26.025	25.517
4	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0574-0598:Red	1.201.141	44.796	34.140	118.822	45.101	522.373	496.345	132.580	33.632	39.468
5	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0500-0610:Red	790.288	37.358	26.935	131.539	38.969	531.349	436.209	141.546	27.395	32.147
6	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0374-0562:Red	948.990	43.099	28.036	93.244	44.426	499.935	314.142	98.130	27.824	35.568
7	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0569-0665:Red	452.744	27.416	21.026	145.402	28.736	586.997	499.935	128.660	22.439	24.221
8	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0773-1080:Red	1.357.426	45.448	38.029	145.598	50.175	952.299	675.854	132.825	37.697	41.739
9	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0767-0931:Red	619.502	38.258	20.617	97.731	41.375	826.643	669.571	114.341	21.301	29.438
10	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0751-0840:Red	736.313	30.885	30.355	113.829	34.634	744.068	660.596	121.218	29.619	30.620
11	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0628-0828:Red	634.808	39.551	20.436	167.231	43.017	723.424	552.890	156.644	24.105	29.994
12	Z15001_TGII_match_OT49_1_10X_2Leica.tif:0001-0944-0937:Red	494.635	29.577	21.294	166.597	30.675	826.643	841.901	159.441	21.541	25.436
69	Z15001_TGII_match_OT69_1_10X_2Leica.tif:0001-0268-0781:Red	637.225	31.821	25.497	82.401	32.671	695.600	225.285	110.925	25.131</	

Anhang

die daraus errechnete Zellgröße über die Formel $(dmin+dmax) / 2$ (dunkelgrau) und die ebenfalls interessante Größe „Area“ (hellgrau).

Fall Z15001/OPN - Seite 1/2

Z15001-OPN												
TG re Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
36	1	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0245-0356	2.010.724	60.175	42.545	50.209	61.156	297.623	240.076	41.424	45.332	51.360
	2	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0456-0827	924.917	35.204	33.452	57.139	38.789	728.322	424.405	44.061	33.269	34.328
	3	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0034-0708	1.038.914	48.271	27.403	57.309	53.785	620.422	50.353	51.789	29.985	37.837
	4	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0285-1036	867.514	37.525	29.435	153.458	38.412	913.549	254.463	159.444	29.938	33.480
	5	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0592-0746	1.500.564	49.712	38.433	71.965	51.126	662.683	556.582	66.140	37.765	44.073
	6	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0599-0500	992.022	45.073	28.023	18.479	45.254	428.901	549.388	20.956	27.994	36.548
46	1	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0446-1007	2.660.753	63.752	53.140	42.783	66.623	896.465	432.497	68.629	54.232	58.446
	2	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0081-0604	1.944.427	55.105	44.928	40.158	59.372	521.514	90.815	35.134	46.756	50.017
	3	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0209-0316	1.124.615	45.612	31.393	62.406	45.361	270.648	206.807	50.631	31.773	38.503
	4	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0474-0698	754.325	38.531	24.926	17.307	41.254	608.733	436.993	20.410	27.874	31.729
	5	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0312-1007	1.488.437	51.377	36.887	165.416	52.622	880.280	271.547	160.017	36.866	44.132
	6	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0323-1106	888.535	41.988	26.944	167.979	44.415	973.793	278.740	158.629	26.975	34.466
TG re Marker												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
36	1	Z15001_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0590-0745	1.400.311	50.122	35.572	68.279	52.430	656.389	553.884	59.036	36.643	42.847
	2	Z15001_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0276-0408	592.626	31.508	23.948	179.512	32.420	351.573	253.564	19.440	24.144	27.728
	3	Z15001_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0622-0831	946.746	38.870	31.012	23.203	42.270	729.221	569.170	29.291	30.572	34.941
	4	Z15001_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0589-0584	1.025.170	42.911	30.418	159.549	43.533	509.825	515.220	141.710	31.193	36.665
	5	Z15001_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:1005-0538	1.017.894	41.267	31.406	2.780	43.912	462.170	898.264	169.380	34.168	36.337
	6	Z15001_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0837-0419	1.009.809	38.983	32.981	29.863	40.141	357.867	760.692	15.593	34.168	35.982
	7	Z15001_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0775-0467	823.855	36.829	28.482	53.785	38.914	406.422	712.137	40.314	30.049	32.656
	8	Z15001_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0295-1153	829.515	35.905	29.416	118.557	39.939	1.030.441	247.270	121.185	30.232	32.661
	9	Z15001_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0295-0615	710.666	35.829	25.255	72.040	36.112	546.691	282.337	71.114	25.897	30.542
46	1	Z15001_TGre_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0629-0840	1.085.807	43.180	32.017	178.396	44.715	733.717	557.481	164.846	32.370	37.599
	2	Z15001_TGre_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0463-1222	1.469.842	44.622	41.941	142.450	46.765	1.079.895	401.926	142.028	42.261	43.282
	3	Z15001_TGre_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0778-0196	917.640	45.871	25.471	138.762	48.961	160.051	681.565	134.256	27.868	35.671
	4	Z15001_TGre_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0960-0224	526.329	30.109	22.257	175.168	30.532	187.026	861.398	166.373	21.580	26.183
	5	Z15001_TGre_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0499-0651	1.235.378	44.713	35.178	20.829	46.731	564.674	462.170	30.018	37.296	39.946
TG re doppelmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
36	1	Z15001_TGre_OT36_match_10x.jpg:0457-0827	987.979	36.323	34.632	47.668	41.185	728.322	427.102	53.881	34.542	35.478
	2	Z15001_TGre_OT36_match_10x.jpg:0600-0499	1.052.659	48.143	27.840	12.429	49.192	425.304	547.590	18.104	28.416	37.992
	3	Z15001_TGre_OT36_match_10x.jpg:0591-0745	1.479.543	49.873	37.772	61.039	51.528	659.985	555.683	60.751	38.921	43.823
46	1	Z15001_TGre_OT46_match_10x.jpg:0121-0298	2.991.427	64.054	59.462	41.049	66.471	251.766	136.673	59.967	61.096	61.758
	2	Z15001_TGre_OT46_match_10x.jpg:0272-0644	2.617.094	77.769	42.847	2.951	78.947	540.397	226.589	165.849	44.958	60.308
	3	Z15001_TGre_OT46_match_10x.jpg:0086-0601	2.600.116	58.669	56.428	69.909	60.351	525.111	51.252	114.656	56.304	57.549
	4	Z15001_TGre_OT46_match_10x.jpg:0963-0224	587.775	27.960	26.766	81.554	29.781	196.917	852.406	118.887	26.975	27.363
TG re unmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
36	1	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0624-0834	1.087.424	42.251	32.770	176.982	43.253	730.120	572.767	20.695	32.370	37.511
	2	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0475-0987	2.321.994	72.021	41.050	6.034	72.610	851.507	430.699	7.829	41.361	56.536
	3	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0299-1154	671.858	31.198	27.420	4.474	33.062	1.022.348	275.144	22.380	26.975	29.309
	4	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0284-1036	691.262	32.988	26.681	155.070	35.021	920.743	244.572	138.122	28.276	29.835
	5	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0303-0812	1.962.214	62.301	40.101	21.892	63.555	702.246	288.631	25.115	40.615	51.201
	6	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0518-0903	473.777	32.142	18.768	176.661	32.094	796.658	462.170	168.690	17.983	25.455
	7	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:1004-0538	1.591.116	52.977	38.241	172.194	53.256	457.674	893.768	168.311	38.413	45.609
	8	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0838-0417	1.053.467	42.192	31.791	64.012	44.651	365.060	773.280	64.983	33.380	36.992
	9	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0973-0200	512.585	30.472	21.418	153.817	33.013	165.446	869.490	150.642	22.522	25.945
	10	Z15001_TGre_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0712-0283	445.480	28.633	19.809	55.836	28.787	243.673	649.196	38.660	19.959	24.221
46	1	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0312-1008	1.383.333	50.383	34.959	170.791	51.315	881.180	275.144	168.887	35.067	42.671
	2	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0211-1018	1.433.459	49.084	37.184	10.931	50.769	891.969	199.614	22.932	37.765	43.134
	3	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0282-0719	1.317.845	43.051	38.975	177.063	45.848	625.817	239.177	154.440	38.515	41.013
	4	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0318-0501	440.629	25.122	22.332	135.809	26.990	441.489	275.144	119.982	23.378	23.727
	5	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0503-0646	1.432.651	45.010	40.527	37.996	46.418	561.078	463.968	31.535	41.361	42.769
	6	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0501-0737	1.510.266	48.203	39.892	2.136	49.478	640.204	456.775	19.093	37.765	44.048
	7	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0631-0842	992.830	39.371	32.107	153.426	41.566	739.112	554.783	141.147	32.370	35.739
	8	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0512-1049	2.454.587	63.814	48.975	159.598	67.389	913.549	446.884	148.643	49.902	56.395
	9	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0637-0926	1.511.075	47.328	40.651	16.015	48.338	810.146	584.456	18.435	40.667	43.990
	10	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0322-1105	896.620	38.283	29.820	2.122	38.412	976.491	296.724	20.556	28.773	34.052
	11	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0532-0498	3.709.369	73.341	64.397	14.361	76.513	411.817	491.842	19.926	64.740	68.869
	12	Z15001_TGre_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0476-0695	979.894	41.429	30.115	28.046	43.653	606.935	435.195	32.381	30.565	35.772
TG li Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
36	1	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0500-0717	536.031	35.091	19.449	102.314	36.413	639.305	432.497	110.225	19.782	27.270
	2	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0701-1061	1.356.652	53.401	32.347	131.169	55.048	940.524	606.935	128.367	33.698	42.874
	3	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0490-0754	464.075	25.568	23.110	72.502	27.050	675.271	428.001	111.448	23.378	24.339
	4	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0851-0182	1.682.475	54.979	38.964	12.567	59.106	134.874	775.977	13.191	41.747	46.972
	5	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0963-0097	1.353.418	45.776	37.645	21.785	47.477	66.538	877.583	24.624	38.664	41.711
	6	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0406-0733	658.114	31.842	26.315	70.524	34.463	651.893	382.144	74.876	26.975	29.079
46	1	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0277-0428	713.091	32.836	27.650	78.357	35.423	377.648	232.883	113.962	26.934	30.243
	2	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0152-0595	533.606	30.869	22.010	87.490	32.094	527.809	121.387	101.310	21.580	26.440
	3	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0779-0647	661.348	30.422	27.679	169.793	31.624	566.473	697.750	165.174	27.874	29.051

	4	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0843-0242	1.096.317	41.771	33.417	133.581	42.831	203.211	741.809	140.964	33.587	37.594
TG li Marker												
OT		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
36	1	Z15001_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0582-0781	1.681.667	58.801	36.414	97.653	59.894	701.347	493.640	97.765	38.097	47.608
	2	Z15001_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0282-0977	1.034.063	38.818	33.918	80.251	41.185	869.490	270.648	53.881	33.262	36.368
	3	Z15001_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0261-0763	1.418.906	46.682	38.701	58.307	49.739	672.574	255.362	49.399	41.372	42.692
	4	Z15001_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0475-0397	1.329.972	46.845	36.148	6.387	47.985	333.589	418.111	167.005	35.967	41.497
	5	Z15001_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0152-0637	1.134.317	45.495	31.745	94.398	46.731	568.271	114.194	101.094	34.168	38.620
	6	Z15001_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0440-1201	1.189.294	40.426	37.458	139.413	42.270	1.065.508	382.144	141.911	38.615	38.942
	7	Z15001_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0255-0939	855.386	34.354	31.702	80.358	36.613	841.616	212.202	114.677	32.040	33.028
46	1	Z15001_TGli_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0113-0990	2.048.723	66.402	39.284	82.418	68.443	884.776	135.774	80.166	40.482	52.843
	2	Z15001_TGli_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0093-0914	1.227.293	45.326	34.475	33.479	46.627	806.549	102.505	39.523	35.379	39.901
	3	Z15001_TGli_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0483-1101	3.237.209	67.710	60.873	0.355	70.629	957.608	423.506	158.334	60.784	64.292
	4	Z15001_TGli_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0571-0910	1.815.068	62.117	37.204	94.967	63.992	808.347	482.850	107.162	38.664	49.661
	5	Z15001_TGli_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0579-1099	975.043	43.579	28.487	138.841	45.388	970.197	506.229	146.310	28.611	36.033
	6	Z15001_TGli_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0910-0808	1.577.371	47.132	42.612	117.262	50.713	713.036	799.356	127.073	42.809	44.872
	7	Z15001_TGli_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0939-0662	1.351.801	46.899	36.699	97.987	50.305	578.162	821.835	114.274	36.866	41.799
	8	Z15001_TGli_OT46_gOPNrot_10x.JPG:1017-0288	1.282.271	42.982	37.984	51.842	45.156	246.371	934.230	54.728	39.154	40.483
	9	Z15001_TGli_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0618-0218	928.151	41.783	28.283	104.726	42.642	187.026	536.800	114.944	28.773	35.033
	10	Z15001_TGli_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0390-0354	1.173.124	44.984	33.205	72.734	45.066	311.110	371.354	61.390	32.824	39.095
TG li doppelmarkiert												
OT		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
36	1	Z15001_TGli_OT36_match_10x.jpg:0245-0658	375.950	23.338	20.510	107.125	24.559	587.153	209.505	113.749	19.608	21.924
	2	Z15001_TGli_OT36_match_10x.jpg:0624-0948	479.437	30.680	19.897	118.952	31.816	840.717	548.489	137.291	20.100	25.289
	3	Z15001_TGli_OT36_match_10x.jpg:0299-0787	845.684	37.853	28.446	137.046	42.146	690.557	261.656	146.310	31.677	33.150
46	1	Z15001_TGli_OT46_match_10x.jpg:0360-0405	1.673.582	48.807	43.659	54.103	49.942	341.682	335.388	23.334	43.237	46.233
	2	Z15001_TGli_OT46_match_10x.jpg:0546-0760	1.578.180	52.660	38.158	92.787	55.465	677.070	464.867	106.966	36.866	45.409
	3	Z15001_TGli_OT46_match_10x.jpg:0419-0702	809.302	32.919	31.302	113.661	37.818	615.027	371.354	151.607	30.791	32.111
	4	Z15001_TGli_OT46_match_10x.jpg:0571-0915	1.785.963	59.644	38.126	100.832	62.088	811.045	482.850	100.008	39.563	48.885
	5	Z15001_TGli_OT46_match_10x.jpg:0404-1018	734.112	31.806	29.388	32.445	34.427	903.659	377.648	40.764	30.572	30.597
TG li unmarkiert												
OT		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
36	1	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0258-0942	920.874	36.169	32.417	129.398	38.106	844.314	214.001	109.290	32.865	34.293
	2	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0263-0766	1.710.773	52.137	41.779	75.493	54.099	680.666	262.556	68.552	43.377	46.958
	3	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0155-0637	1.152.912	48.780	30.093	95.441	49.380	570.968	163.648	79.509	30.572	39.437
	4	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0333-1065	603.945	30.409	25.287	119.092	32.420	947.718	285.934	123.690	25.177	27.848
	5	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0361-0970	842.450	35.578	30.149	126.004	37.475	862.297	309.312	120.256	30.569	32.864
	6	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0444-1005	3.781.325	83.530	57.638	110.557	83.079	896.465	358.766	99.972	58.980	70.584
	7	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0283-0982	1.237.804	41.617	37.870	62.307	44.669	869.490	271.547	49.899	37.765	39.744
	8	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0316-1149	389.694	23.068	21.509	15.637	24.999	1.022.348	289.530	37.694	21.580	22.289
	9	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0233-1047	1.036.489	41.039	32.157	117.972	45.937	928.835	192.421	130.236	33.269	36.598
	10	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0077-0939	1.110.062	40.569	34.839	83.301	42.328	846.112	48.555	102.265	35.967	37.704
	11	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0108-1083	2.299.356	60.644	48.276	92.022	63.898	966.600	66.538	103.841	48.555	54.460
	12	Z15001_TGli_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0435-1161	747.857	35.370	26.921	112.445	36.701	1.036.735	374.052	120.964	27.688	31.146
46	1	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0549-0765	1.540.181	55.907	35.077	92.778	55.209	690.557	521.514	83.454	35.967	45.492
	2	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0422-0703	716.325	32.249	28.281	107.041	33.571	629.414	364.161	110.376	28.290	30.265
	3	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0691-0640	475.394	26.432	22.900	127.983	30.226	568.271	608.733	120.379	23.334	24.666
	4	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0888-0650	653.263	40.908	20.333	89.459	41.264	576.363	778.675	101.310	19.782	30.621
	5	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0528-0379	443.863	26.170	21.595	103.445	28.434	338.085	461.271	108.435	21.580	23.883
	6	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0465-0403	755.942	36.724	26.209	71.781	36.866	360.564	400.127	102.680	27.299	31.467
	7	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0449-0478	594.243	37.856	19.987	83.779	39.726	425.304	383.943	95.194	19.782	28.922
	8	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0572-0911	2.225.783	64.736	43.777	98.732	66.835	810.146	482.850	107.216	45.857	54.257
	9	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0621-0218	983.128	44.290	28.262	109.067	45.468	187.026	537.699	114.538	29.672	36.276
	10	Z15001_TGli_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0435-0211	827.898	38.025	27.722	85.896	38.622	189.723	372.253	102.095	26.975	32.874

Tabelle 13: Fall Z15001, TG: rechts/links, Marker: OPN

Die oben abgebildeten Excel Tabellen, wurden aus ImageJ importiert und für die Erstellung der Zellgrößenprofile verwendet. Die Zeilen sind gegliedert nach Seite des TG, Tracer-positiver-, Marker-positiver-, doppelt markierter- sowie unmarkierter Neurone. In den Spalten befinden sich unter anderem die tatsächlich verwendeten Parameter „Major“ und „Minor“ sowie die daraus errechnete Zellgröße über die Formel $(dmin+dmax) / 2$ (dunkelgrau) und die ebenfalls interessante Größe „Area“ (hellgrau).

5.4.2 Fall Z15294

Z15294-CB											
TG re Tracer											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0387-0905	354.440	26.039	17.331	148.327	27.474	802.384	339.263	141.633	18.573	21.685
	2 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0820-0315	423.717	24.194	22.299	89.700	25.842	277.334	724.300	110.323	22.712	23.247
	3 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0898-1017	1.215.567	42.184	36.689	178.119	43.712	892.136	812.257	19.179	36.798	39.437
	4 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0891-0953	687.935	34.502	25.387	129.586	37.707	843.670	785.331	128.234	27.218	29.945
47	1 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0065-0509	597.714	35.890	21.205	147.958	37.877	441.581	49.364	143.673	22.072	28.548
	2 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0340-0845	347.190	25.099	17.612	131.194	26.397	751.225	294.387	125.311	18.501	21.356
	3 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0963-1099	1.175.290	41.597	35.975	90.036	43.323	985.479	843.670	103.173	35.901	38.786
TG re Marker											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1 Z15294_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0950-0957	946.515	42.938	28.067	159.126	46.325	840.080	840.080	144.462	28.180	35.503
	2 Z15294_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0878-0294	659.741	32.374	25.947	88.996	35.003	260.281	804.179	67.380	28.721	29.161
	3 Z15294_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0283-0321	1.681.977	50.645	42.286	61.166	55.013	269.256	277.334	61.763	44.589	46.466
	4 Z15294_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0527-0937	1.312.232	45.010	37.120	152.819	47.704	822.130	456.838	138.814	37.696	41.065
47	1 Z15294_TGre_OT47_rCBrot_10x.JPG:0437-0529	1.733.532	49.894	44.238	156.097	53.280	452.351	375.164	147.381	45.060	47.066
	2 Z15294_TGre_OT47_rCBrot_10x.JPG:0766-0795	787.017	39.105	25.625	144.778	42.336	704.554	707.247	68.875	25.131	32.365
	3 Z15294_TGre_OT47_rCBrot_10x.JPG:0379-0537	1.345.260	48.023	35.667	127.540	51.504	462.224	328.493	138.532	37.251	41.845
TG re doppelmarkiert											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1 Z15294_TGre_OT37_match_10x.jpg:0283-0324	1.530.535	47.478	41.045	63.571	53.408	272.847	278.232	65.158	43.081	44.262
	2 Z15294_TGre_OT37_match_10x.jpg:0615-0357	1.016.597	41.377	31.283	173.407	43.500	298.875	542.103	158.199	30.516	36.330
47	1 Z15294_TGre_OT47_match_10x.jpg:0439-0528	1.622.367	46.394	44.524	151.493	49.907	454.146	379.652	142.306	43.081	45.459
TG re unmarkiert											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0286-0323	1.404.064	43.497	41.100	65.908	44.876	281.822	235.151	106.260	41.923	42.299
	2 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0380-0386	888.516	35.807	31.595	135.562	37.492	332.980	328.493	137.911	32.493	33.701
	3 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0389-0317	733.851	33.970	27.506	1.292	35.267	267.461	350.033	14.744	27.823	30.738
	4 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0446-0462	1.171.262	44.097	33.819	179.531	44.198	393.114	405.680	12.907	35.003	38.958
	5 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0444-0412	658.936	30.263	27.723	147.613	31.960	360.804	387.729	128.157	28.359	28.993
	6 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0423-0710	1.334.788	46.178	36.803	144.778	48.107	618.392	366.189	143.344	38.593	41.491
	7 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0471-0722	856.294	36.058	30.237	129.326	37.104	640.830	407.475	122.152	30.166	33.148
	8 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0375-0446	787.823	33.237	30.180	174.815	35.187	386.832	324.903	142.253	31.413	31.709
	9 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0335-0628	1.476.563	48.381	38.859	127.910	50.676	554.668	277.334	112.932	39.542	43.620
	10 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0296-0595	352.829	24.040	18.687	146.493	25.888	524.153	260.281	146.310	19.572	21.364
	11 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0301-0768	1.005.320	41.522	30.828	134.602	47.704	671.346	253.101	138.814	32.009	36.175
	12 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0473-0777	733.851	30.945	30.194	34.239	33.726	682.116	432.605	25.201	30.511	30.570
	13 Z15294_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0468-0899	1.108.430	40.138	35.161	61.876	41.867	789.819	430.810	30.964	34.343	37.650
47	1 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0437-0534	1.404.870	42.986	41.612	10.608	47.602	464.019	373.369	134.236	40.388	42.299
	2 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0524-0161	1.652.978	47.162	44.626	40.468	49.461	137.321	446.068	101.514	44.747	45.894
	3 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0568-0565	437.411	25.157	22.138	125.890	27.649	499.022	498.124	125.754	22.438	23.648
	4 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0567-0422	1.104.402	40.822	34.446	125.875	45.738	374.266	487.354	105.945	35.881	37.634
	5 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0255-0639	1.764.948	50.620	44.393	101.431	52.679	566.336	203.737	103.799	43.979	47.507
	6 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0381-0824	674.241	34.662	24.767	67.356	35.187	728.787	355.418	52.253	25.178	29.715
	7 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0138-0734	368.134	23.810	19.686	107.051	25.888	652.498	112.190	123.690	18.848	21.748
	8 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0277-1087	459.966	27.978	20.933	155.898	31.259	964.836	241.433	140.826	22.096	24.456
	9 Z15294_TGre_OT47_gCTgrün_10x.JPG:0308-0638	666.991	33.431	25.403	163.067	36.314	560.053	267.461	140.013	26.477	29.417
TG li Tracer											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0087-0232	1.019.820	50.134	25.900	64.002	51.104	197.455	100.522	59.381	30.918	38.017
	2 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0449-0268	687.130	33.894	25.812	158.478	37.234	222.585	396.704	164.624	26.971	29.853
	3 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0355-0693	547.770	27.028	25.804	114.138	31.732	607.622	313.235	151.260	26.018	26.416
	4 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0866-0978	712.102	36.708	24.700	41.376	38.416	862.518	788.921	37.405	26.020	30.704
	5 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0585-0486	821.656	36.866	28.377	55.949	37.877	421.835	534.923	36.327	28.506	32.622
	6 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0809-0325	1.236.511	48.807	32.257	77.266	48.333	286.309	749.430	74.932	32.311	40.532
47	1 Z15294_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0250-0864	751.573	39.835	24.022	83.352	40.498	770.073	244.126	77.196	24.233	31.929
	2 Z15294_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0482-0936	405.995	30.969	16.692	76.823	31.732	840.080	448.761	81.870	18.248	23.831
	3 Z15294_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0681-1221	994.042	43.765	28.919	81.332	45.278	1.092.284	633.650	76.239	29.618	36.342
	4 Z15294_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0517-1237	935.237	39.176	30.395	82.794	40.339	1.105.746	483.764	69.146	32.188	34.786
	5 Z15294_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0888-1044	1.091.513	43.013	32.310	78.283	46.089	938.807	774.561	96.710	32.527	37.662
	6 Z15294_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0591-0436	476.077	25.371	23.892	45.034	28.039	379.652	538.513	39.806	24.233	24.632
	7 Z15294_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0689-0487	902.210	35.935	31.966	61.088	40.108	421.835	634.548	40.462	32.909	33.951
	8 Z15294_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0874-0610	729.018	37.573	24.704	28.214	38.342	534.025	795.204	32.574	27.720	31.139
	9 Z15294_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0611-0541	714.518	36.591	24.863	140.995	41.374	471.199	535.820	139.399	27.717	30.727
TG li Marker											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1 Z15294_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0090-0233	1.027.875	49.601	26.385	67.409	50.803	198.352	104.112	57.995	29.387	37.993
	2 Z15294_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0211-0543	1.343.649	46.557	36.746	90.704	49.567	470.301	166.939	121.675	37.368	41.652
	3 Z15294_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0852-0116	1.361.371	51.941	33.371	106.881	52.984	91.547	741.353	116.131	36.352	42.656
	4 Z15294_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0541-0654	1.481.397	52.754	35.754	151.487	52.426	562.746	473.891	141.953	36.094	44.254
47	1 Z15294_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0417-0899	1.014.986	42.306	30.547	56.012	43.823	796.102	392.217	55.008	31.657	36.427
	2 Z15294_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0303-0762	905.432	41.371	27.866	144.075	43.230	669.551	257.589	131.634	28.253	34.619
	3 Z15294_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0514-0815	902.210	37.304	30.794	59.686	40.637	726.095	441.581	96.340	32.152	34.049

TG li doppelmarkiert											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1 Z15294_TGli_OT37_match_10x.jpg:0089-0232	1.113.263	51.248	27.659	67.292	52.801	198.352	103.215	58.201	28.504	39.454
47	1 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0248-0865	808.767	41.130	25.036	92.496	41.188	769.176	243.228	78.690	26.926	33.083
	2 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0591-0437	910.266	37.318	31.057	94.816	41.723	394.012	510.690	108.825	31.760	34.188
	3 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0608-0545	961.820	39.739	30.816	151.318	47.704	469.404	532.230	138.814	33.724	35.278
TG li unmarkiert											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0361-1036	981.153	40.013	31.221	160.214	41.867	911.882	313.235	149.036	31.413	35.617
	2 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0471-0699	720.963	31.991	28.694	10.482	34.482	615.700	411.065	141.340	27.823	30.343
	3 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0409-1174	965.043	39.064	31.455	123.163	40.933	1.041.125	350.931	127.875	32.921	35.260
	4 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0297-0894	972.292	39.082	31.676	141.973	42.365	786.229	259.384	143.616	32.858	35.379
	5 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0270-0937	1.150.318	40.560	36.110	122.777	43.841	832.002	222.585	112.891	36.798	38.335
	6 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0204-0779	841.794	41.647	25.736	161.341	45.314	676.731	177.709	172.030	26.289	33.692
	7 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0333-0656	581.603	27.701	26.733	107.020	29.875	581.594	286.309	122.735	26.028	27.217
	8 Z15294_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0543-0652	1.219.595	47.153	32.932	148.313	50.811	563.643	476.584	144.345	36.030	40.043
47	1 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0643-0492	692.768	40.813	21.612	52.152	41.490	429.913	593.262	51.147	21.904	31.213
	2 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0636-0424	1.060.902	45.713	29.549	11.606	46.826	358.111	576.209	12.171	30.516	37.631
	3 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0652-0753	1.095.541	40.253	34.653	22.346	41.723	656.088	593.262	18.825	36.058	37.453
	4 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0449-0533	1.331.565	48.459	34.986	67.223	50.085	463.121	423.630	53.746	35.633	41.723
	5 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0521-0664	671.019	39.112	21.844	155.736	40.138	578.901	457.736	153.435	23.683	30.478
	6 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0485-0880	839.378	36.466	29.307	84.914	38.342	784.434	453.248	69.444	29.618	32.887
	7 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0570-0556	280.330	20.333	17.554	87.225	23.005	494.534	500.817	110.556	18.848	18.944
	8 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0416-0902	1.126.152	44.193	32.446	44.743	47.118	792.511	390.422	49.635	34.183	38.320
	9 Z15294_TGli_OT47_match_10x.jpg:0766-0798	389.884	27.154	18.282	100.736	28.679	714.427	674.039	110.136	18.848	22.718

Tabelle 14: Fall Z15294, TG: rechts/links, Marker: CB

Die oben abgebildeten Excel Tabellen, wurden aus ImageJ importiert und für die Erstellung der Zellgrößenprofile verwendet. Die Zeilen sind gegliedert nach Seite des TG, Tracer-positiver-, Marker-positiver-, doppelt markierter- sowie unmarkierter Neurone. In den Spalten befinden sich unter anderem die tatsächlich verwendeten Parameter „Major“ und „Minor“ sowie die daraus errechnete Zellgröße über die Formel $(dmin+dmax) / 2$ (dunkelgrau) und die ebenfalls interessante Größe „Area“ (hellgrau).

Z15294-CGRP												
TG re Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin +dmax/2	
58	1	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	1.163.278	41.008	36.118	107.724	47.392	215.412	166.944	114.624	37.103	38.563
	2	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	677.505	37.028	23.297	74.741	38.185	32.312	799.716	66.448	23.336	30.163
	3	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	411.659	26.914	19.475	177.057	29.070	177.715	592.382	8.881	20.644	23.195
	4	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	536.526	29.948	22.811	124.192	32.868	296.191	648.030	124.992	24.593	26.380
38	1	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:1003-0460	567.909	30.155	23.979	93.402	35.003	405.680	884.059	112.620	25.760	27.067
	2	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0474-0653	1.429.842	55.150	33.010	58.894	54.001	574.414	449.658	68.552	36.203	44.080
	3	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0558-0677	1.016.597	37.375	34.632	22.655	42.903	590.569	512.485	37.349	34.605	36.004
48	1	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0478-1077	1.298.538	47.657	34.693	22.832	49.762	945.090	443.376	39.144	37.240	41.175
	2	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0363-1228	725.796	37.287	24.784	53.612	39.132	1.086.898	337.468	36.607	26.680	31.036
	3	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0732-0401	451.911	27.558	20.879	57.426	29.835	348.238	665.063	43.781	22.673	24.219
TG re Marker												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin +dmax/2	
58	1	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	340.766	23.481	18.477	140.149	24.825	203.744	393.126	139.399	19.633	20.979
	2	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	360.906	27.995	16.414	148.283	30.569	859.852	393.126	139.764	17.395	22.205
	3	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	459.189	29.098	20.093	50.063	29.442	897.549	341.069	52.431	20.897	24.596
	4	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	542.165	31.805	21.704	90.114	33.511	753.941	561.866	110.376	21.541	26.755
	5	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	292.431	26.212	14.205	119.027	28.525	597.768	684.830	114.146	15.561	20.209
38	1	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0435-0695	540.521	30.278	22.730	43.334	33.220	614.802	403.885	51.582	24.525	26.504
48	1	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0447-0558	781.378	41.638	23.893	94.487	45.914	499.919	424.528	85.515	27.672	32.766
TG re doppeltmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin +dmax/2	
58	1	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	497.052	29.469	21.476	87.468	30.371	319.527	330.298	71.030	20.644	25.473
38	nein											
48	nein											
TG re unmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin +dmax/2	
58	1	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	520.414	33.126	20.003	5.367	34.354	239.646	110.399	19.855	21.541	26.565
	2	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	1.085.135	40.062	34.488	101.063	43.418	425.438	108.603	119.745	34.107	37.275
	3	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	439.049	27.497	20.330	67.427	28.945	419.155	177.715	60.255	21.510	23.914
	4	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	789.482	41.528	24.205	112.344	42.641	523.271	90.652	120.343	24.898	32.867
	5	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	527.664	31.268	21.486	130.794	32.523	500.832	26.926	129.401	22.213	26.377
	6	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	359.295	24.977	18.316	171.371	25.843	551.095	77.189	159.677	17.951	21.647
	7	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	584.056	33.775	22.018	95.983	34.529	605.846	73.599	81.027	23.180	27.897
	8	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	263.429	21.365	15.699	163.796	23.405	363.507	134.632	147.529	16.145	18.532
	9	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	523.636	27.975	23.833	150.609	30.490	638.157	29.619	137.386	24.547	25.904
	10	Z15294_TGre_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	703.284	41.769	21.438	137.663	43.907	448.774	23.336	130.855	24.263	31.604
38	1	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0355-1046	289.191	20.739	17.755	87.488	22.167	934.320	308.747	121.759	17.950	19.247
	2	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0493-1018	674.241	31.949	26.870	167.959	33.111	899.316	433.503	147.171	26.926	29.410
	3	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0526-1044	664.574	34.358	24.628	123.718	34.911	925.345	460.428	133.958	25.938	29.493
	4	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0606-0575	346.384	24.826	17.765	136.500	25.717	511.587	533.128	119.249	19.095	21.296
	5	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0556-0524	735.462	33.501	27.952	163.793	35.597	455.941	486.457	146.310	28.254	30.727
	6	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0532-0503	319.801	22.940	17.750	49.884	23.559	442.478	486.457	49.635	18.405	20.345
	7	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0346-1022	262.608	18.872	17.717	4.273	22.882	190.087	302.465	131.820	16.974	18.295
	8	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0413-1105	289.191	22.742	16.190	168.212	23.695	980.991	365.291	155.376	17.053	19.466
	9	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0400-0689	741.907	30.922	30.549	118.554	33.738	613.007	343.751	118.610	30.914	30.736
	10	Z15294_TGre_OT38_match_10x.jpg:0556-0730	633.158	30.586	26.357	84.820	31.808	649.806	483.764	106.390	26.368	28.472
48	1	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0701-0457	593.686	29.036	26.033	155.906	30.277	395.807	623.777	168.024	26.020	27.535
	2	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0764-0478	663.769	38.391	22.014	103.608	39.204	425.425	666.858	105.945	22.833	30.203
	3	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0603-0403	454.327	26.587	21.758	162.437	28.382	350.931	532.230	145.305	22.438	24.173
	4	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0673-0581	518.771	29.071	22.721	108.555	31.117	512.485	592.364	123.232	23.336	25.896
	5	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0647-0666	428.550	27.137	20.107	1.402	27.838	585.184	585.184	20.772	19.745	23.622
	6	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0823-0434	604.159	31.634	24.317	110.994	33.390	378.754	724.300	126.254	24.233	27.976
	7	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0335-0398	840.183	41.741	25.628	153.841	42.978	337.468	289.899	151.294	27.157	33.685
	8	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0349-0525	530.854	29.562	22.864	86.816	31.156	470.301	328.493	78.366	24.233	26.213
	9	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0242-0435	468.827	25.935	23.016	132.497	27.722	385.037	205.532	119.055	23.275	24.476
	10	Z15294_TGre_OT48_match_10x.jpg:0379-0498	529.243	28.190	23.904	96.011	31.349	437.990	325.800	113.629	23.336	26.047
TG li Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin +dmax/2	
58	1	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	2.026.875	74.163	34.798	85.566	73.779	438.004	341.069	99.806	35.902	54.481
	2	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	2.797.023	63.204	56.346	100.964	70.410	578.919	280.035	78.977	56.530	59.775
	3	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	2.484.452	66.206	47.780	120.627	66.206	686.625	164.251	105.732	46.960	56.993
	4	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	1.588.631	53.302	37.948	74.834	54.522	750.351	250.416	69.775	38.595	45.625
	5	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	833.790	45.743	23.208	159.565	46.265	415.565	704.576	161.917	27.441	34.476
48	1	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	1.136.693	42.962	33.687	82.953	44.562	188.485	165.149	71.200	33.209	38.325
	2	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	799.149	39.594	25.699	104.220	41.579	194.768	186.690	103.736	27.824	32.647
	3	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	1.793.252	52.866	43.189	12.934	55.677	746.761	154.378	20.772	45.762	48.028
	4	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	2.035.736	62.973	41.160	126.095	63.783	832.028	290.806	129.289	41.673	52.067
	5	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	2.305.610	56.446	52.007	89.724	60.243	741.375	398.512	114.656	51.847	54.227
	6	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	1.761.029	51.693	43.376	6.710	54.226	682.137	789.843	24.444	43.082	47.535
	7	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	1.416.234	49.869	36.159	100.413	52.104	326.708	683.035	100.923	36.936	43.014
	8	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	671.865	34.870	24.533	5.466	36.370	119.374	775.482	15.751	27.824	29.702
28	1	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	2.390.198	67.182	45.299	103.499	67.953	312.347	80.779	102.200	44.845	56.241

OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
2	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	1.429.929	46.584	39.083	126.891	49.877	902.934	339.273	120.256	38.545	42.834
3	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	748.397	37.041	25.725	151.714	39.134	1.186.560	540.324	143.393	26.891	31.383
4	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	696.839	36.470	24.328	119.340	38.636	1.095.907	683.932	120.735	26.231	30.399
5	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	1.187.446	45.328	33.355	130.344	48.109	829.335	605.846	126.656	35.341	39.342
6	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	682.338	33.535	25.907	81.843	35.050	796.126	604.948	103.325	26.926	29.721
7	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	934.489	40.626	29.287	57.824	42.904	2.693	572.636	52.651	31.789	34.957
TG li Marker											
58	1 Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	631.586	40.351	19.929	94.992	43.129	561.866	187.588	102.011	20.644	30.140
2	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	619.502	30.351	25.989	26.742	31.835	317.732	250.416	21.501	26.926	28.170
3	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	439.049	24.974	22.384	170.818	26.926	490.959	8.975	126.870	22.424	23.679
4	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	284.375	22.958	15.771	69.295	23.405	317.732	481.086	57.529	16.202	19.365
5	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	672.671	31.053	27.581	160.573	32.535	228.875	602.255	155.556	26.926	29.317
6	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	544.582	30.637	22.632	85.293	32.622	226.182	463.135	97.907	23.941	26.635
48	1 Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	385.880	25.793	19.048	177.671	26.398	789.843	371.585	162.181	18.849	22.421
2	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	412.464	27.018	19.437	101.463	28.169	814.974	326.708	120.651	20.153	23.228
3	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	503.496	25.864	24.786	155.484	27.650	721.629	374.278	125.754	25.131	25.325
4	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	348.822	24.416	18.190	52.949	25.671	712.654	613.923	53.531	19.273	21.303
5	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	402.797	25.301	20.270	11.993	27.001	739.580	741.375	21.448	20.644	22.786
6	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	633.197	31.936	25.245	168.606	33.786	131.042	745.863	163.009	25.131	28.591
28	1 Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	672.671	33.871	25.286	114.533	35.564	190.280	262.084	100.176	26.361	29.579
2	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	443.882	26.901	21.009	127.531	29.876	324.015	238.748	122.735	22.084	23.955
3	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	223.150	21.304	13.337	148.324	22.988	229.773	385.946	141.340	14.452	17.321
TG li doppeltmarkiert											
58	1 Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	797.538	43.333	23.434	60.868	44.163	449.672	328.503	52.431	24.700	33.384
2	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	1.191.474	42.325	35.842	23.248	44.445	587.895	405.692	43.363	35.902	39.084
3	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	889.376	44.070	25.695	152.513	45.422	418.258	702.781	142.224	28.200	34.883
48	nein										
28	nein										
TG li unmarkiert											
58	1 Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	1.172.139	41.146	36.271	131.355	43.232	555.583	659.698	138.366	35.922	38.709
2	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	805.594	34.281	29.921	142.675	37.007	510.705	728.810	140.906	30.317	32.101
3	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	836.207	35.205	30.242	108.731	36.448	633.670	831.130	127.999	31.172	32.724
4	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	847.485	36.625	29.462	32.830	37.868	632.772	743.170	31.430	31.098	33.044
5	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	682.338	37.376	23.244	89.480	38.969	826.643	560.968	82.057	24.234	30.310
6	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	654.948	35.888	23.237	97.590	37.483	797.921	867.930	106.699	23.336	29.563
7	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	860.374	38.438	28.499	124.174	39.533	909.217	640.850	140.528	28.883	33.469
8	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	787.065	36.165	27.709	74.333	38.343	596.870	201.949	69.444	29.619	31.937
9	Z15294_TGli_match_OT58_1_10x_Leica.tif:0001	467.245	27.480	21.649	174.743	28.383	724.322	156.174	18.435	22.439	24.565
1	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	501.079	29.675	21.500	9.252	30.278	682.137	102.321	11.976	22.487	25.588
2	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	1.317.146	46.170	36.323	23.207	47.502	364.405	157.969	22.203	37.362	41.247
3	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	1.329.230	43.719	38.712	55.377	45.501	345.556	155.276	67.989	39.350	41.216
4	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	343.183	22.073	19.796	118.028	25.402	595.972	366.200	122.005	19.746	20.935
5	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	267.457	18.790	18.124	109.728	20.934	667.776	240.543	120.964	17.951	18.457
6	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	378.629	25.432	18.956	97.517	27.867	419.155	87.960	104.931	19.746	22.194
7	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	398.769	23.063	22.015	24.569	24.695	408.385	404.795	19.093	22.674	22.539
8	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	320.626	27.025	15.106	168.155	26.776	792.536	371.585	166.430	16.145	21.066
9	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	523.636	35.406	18.831	147.229	37.354	717.142	376.971	144.782	20.232	27.119
10	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	617.085	34.590	22.714	102.840	36.668	650.723	193.871	111.541	23.336	28.652
11	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	813.650	33.112	31.287	105.318	35.632	781.765	84.370	139.086	30.517	32.200
12	Z15294_TGli_match_OT48_1_10x_Leica2.tif:0001	302.903	23.785	16.215	168.667	24.825	569.944	353.634	12.529	17.802	20.000
28	1 Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	1.305.868	47.504	35.001	88.744	47.975	345.556	199.256	72.582	34.107	41.253
2	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	372.184	24.507	19.337	158.081	25.291	336.581	231.568	152.526	20.028	21.922
3	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	791.093	35.401	28.453	133.037	36.963	370.688	202.846	119.055	30.418	31.927
4	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	1.202.752	51.785	29.572	112.092	56.688	328.503	330.298	113.318	32.764	40.679
5	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	1.013.437	46.750	27.601	92.214	46.828	159.764	413.770	102.171	26.926	37.176
6	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	1.531.434	44.936	43.392	177.385	46.012	153.481	143.608	159.444	43.082	44.164
7	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	547.804	31.739	21.976	1.633	34.646	703.678	473.906	16.557	24.234	26.858
8	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	1.017.465	37.085	34.933	82.149	39.010	644.440	438.004	113.025	35.004	36.009
9	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	475.300	26.220	23.081	99.180	28.169	662.391	367.995	112.479	22.439	24.651
10	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	340.766	22.543	19.247	62.245	24.151	687.522	391.331	41.987	19.214	20.895
11	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	473.689	27.673	21.795	77.819	29.401	686.625	459.545	102.339	23.336	24.734
12	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	948.184	41.161	29.330	112.569	44.985	822.155	508.013	118.610	31.320	35.246
13	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	432.604	27.772	19.833	104.442	29.001	872.418	515.193	111.801	20.644	23.803
14	Z15294_TGli_match_OT28_1_10x_Leica.tif:0001	549.415	31.393	22.283	89.388	32.224	887.676	478.394	102.875	23.336	26.838

Tabelle 15: Fall Z15294, TG: rechts/links, Marker: CGRP

Die oben abgebildeten Excel Tabellen, wurden aus ImageJ importiert und für die Erstellung der Zellgrößenprofile verwendet. Die Zeilen sind gegliedert nach Seite des TG, Tracer-positiver-, Marker-positiver-, doppelt markierter- sowie unmarkierter Neurone. In den Spalten befinden sich unter anderem die tatsächlich verwendeten Parameter „Major“ und „Minor“ sowie die daraus errechnete Zellgröße über die Formel (dmin+dmax) / 2 (dunkelgrau) und die ebenfalls interessante Größe „Area“ (hellgrau).

Z15294-OPN												
TG re Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin +dmax/2	
36	1	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0262-1005	1.339.674	41.852	40.756	43.226	43.847	895.566	214.900	105.461	41.361	41.304
	2	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0069-0815	1.212.741	45.759	33.745	127.774	47.204	719.330	44.059	130.365	34.600	39.752
	3	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0936-0968	224.761	18.159	15.759	136.255	19.965	862.297	835.322	144.162	16.185	16.959
	4	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0787-1007	369.482	25.864	18.189	14.869	29.890	891.070	709.439	15.709	19.135	22.027
	5	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0508-0526	895.811	40.861	27.914	115.596	43.579	471.161	436.993	111.801	29.621	34.388
	6	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0333-0361	556.244	27.862	25.419	149.980	29.025	311.110	296.724	163.811	26.068	26.641
	7	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0512-0988	396.970	26.303	19.216	125.954	28.955	882.079	448.682	126.158	20.519	22.760
46	1	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0374-0983	890.960	37.074	30.598	95.639	37.946	878.482	318.304	103.707	29.672	33.836
	2	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0495-0876	249.016	24.177	13.114	177.219	23.807	775.977	444.186	169.114	12.588	18.646
	3	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0657-0865	863.471	37.295	29.479	50.560	37.776	764.288	602.439	38.234	30.299	33.387
	4	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0634-0431	730.070	32.276	28.800	25.059	33.990	375.850	581.758	37.476	29.672	30.538
	5	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0904-0185	827.898	39.451	26.719	29.255	41.838	148.362	827.230	28.217	28.692	33.085
TG re Marker												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin +dmax/2	
35	1	Z15294_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0070-0423	1.834.472	59.722	39.110	70.033	59.921	368.657	89.916	64.204	40.620	49.416
	2	Z15294_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0238-0871	2.269.442	56.580	51.070	81.966	59.106	766.087	192.421	123.207	50.428	53.825
	3	Z15294_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0946-0508	1.519.160	47.836	40.435	173.347	48.920	433.396	852.406	17.103	39.503	44.136
	4	Z15294_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0366-1043	2.072.978	58.867	44.837	122.681	61.990	924.339	301.220	113.962	46.542	51.852
	5	Z15294_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0606-0862	2.124.721	56.970	47.486	75.887	59.161	766.986	571.868	65.772	48.555	52.228
	6	Z15294_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0457-1086	916.023	41.689	27.977	103.155	43.579	967.499	391.136	111.801	28.773	34.833
	7	Z15294_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0528-1135	445.480	27.025	20.988	129.834	30.212	1.010.659	463.069	126.529	22.253	24.007
	8	Z15294_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0496-1110	967.767	41.943	29.378	95.803	43.505	994.474	425.304	108.060	28.773	35.661
	9	Z15294_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0070-0817	1.370.397	48.485	35.987	103.811	50.625	727.423	39.563	109.722	35.967	42.236
	10	Z15294_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0052-0762	2.201.528	55.877	50.165	163.731	59.887	661.784	28.773	138.652	47.656	53.201
46	1	Z15294_TGre_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0455-0153	1.986.469	53.988	46.848	113.497	56.619	126.782	383.043	110.450	47.656	50.418
	2	Z15294_TGre_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0139-0228	859.429	42.154	25.959	71.855	42.117	198.715	145.664	73.887	26.831	34.057
	3	Z15294_TGre_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0366-1152	1.659.838	49.962	42.300	129.763	53.664	1.020.550	306.615	121.293	44.087	46.131
	4	Z15294_TGre_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0999-0416	1.534.521	47.581	41.063	94.978	49.290	367.758	921.642	75.203	41.049	44.322
	5	Z15294_TGre_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0777-0513	1.575.754	45.176	44.411	100.194	48.027	441.489	683.364	128.157	44.059	44.794
	6	Z15294_TGre_OT46_gOPNrot_10x.JPG:0620-0229	969.384	40.026	30.837	86.979	43.028	199.614	536.800	100.840	31.851	35.432
TG re doppelmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin +dmax/2	
36	1	Z15294_TGre_OT36_match_10x.jpg:0066-0814	1.328.355	45.196	37.421	141.077	46.895	720.229	39.563	122.471	39.215	41.309
	2	Z15294_TGre_OT36_match_10x.jpg:0510-0523	912.789	40.168	28.934	127.139	43.431	465.766	439.691	117.096	31.762	34.551
46	1	Z15294_TGre_OT46_match_10x.jpg:0656-0864	871.556	39.259	28.266	59.137	40.632	769.683	608.733	65.136	30.220	33.763
TG re unmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin +dmax/2	
36	1	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0314-0826	1.929.066	51.795	47.421	148.196	54.137	720.229	264.354	147.894	47.656	49.608
	2	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0415-0798	887.726	37.943	29.789	105.757	40.212	711.238	356.068	116.565	29.672	33.866
	3	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0238-0874	2.077.020	54.787	48.270	92.013	57.152	717.482	188.824	114.146	46.756	51.529
	4	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0260-0734	459.224	28.323	20.644	108.656	29.399	654.591	221.194	113.429	21.580	24.484
	5	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0321-0711	1.335.632	47.736	35.624	74.093	48.061	633.011	312.009	72.582	36.421	41.680
	6	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0459-1085	826.281	36.751	28.627	108.180	40.412	965.701	395.632	122.276	26.975	32.689
	7	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0796-0500	796.366	38.171	26.563	78.783	38.821	443.287	734.616	76.608	26.975	32.367
	8	Z15294_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0963-0675	603.136	29.416	26.106	32.863	31.790	592.548	873.087	28.740	26.939	27.761
46	1	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0372-1154	1.608.094	48.015	42.643	103.261	49.478	1.028.642	311.110	109.093	42.869	45.329
	2	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0478-1127	1.076.105	48.960	27.985	69.568	49.478	1.005.264	453.178	70.907	29.290	38.473
	3	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0453-1173	745.431	36.436	26.049	66.068	38.159	1.044.827	424.405	55.561	26.975	31.243
	4	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0701-0911	2.588.797	64.518	51.089	64.494	68.129	807.448	661.784	67.496	52.608	57.804
	5	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0721-1147	671.050	35.236	24.248	81.950	34.975	1.026.844	632.111	107.969	24.164	29.742
	6	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0948-0632	1.085.807	39.076	35.380	147.519	40.412	550.288	839.818	159.146	35.332	37.228
	7	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0944-0578	945.129	37.089	32.446	45.114	37.808	503.531	856.902	25.346	32.426	34.768
	8	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0457-0155	1.497.330	47.640	40.018	94.125	50.393	131.278	386.640	105.524	40.667	43.829
	9	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0078-0426	752.708	35.004	27.379	160.390	35.263	366.858	63.841	160.641	27.998	31.192
	10	Z15294_TGre_OT46_rCTgrün_10x.JPG:0140-0230	806.068	43.014	23.860	62.342	44.233	196.017	145.664	63.435	25.088	33.437
TG li Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin +dmax/2	
36	1	Z15294_TGli_OT36_rWAGrün_10x.JPG:0021-0593	725.219	35.196	26.235	96.146	36.202	526.909	1.798	104.381	27.763	30.716
	2	Z15294_TGli_OT36_rWAGrün_10x.JPG:0163-0252	1.512.692	45.679	42.164	158.357	47.477	217.597	124.984	114.624	41.425	43.922
	3	Z15294_TGli_OT36_rWAGrün_10x.JPG:0214-0633	1.283.888	41.087	39.787	141.049	43.579	563.775	172.639	111.801	39.815	40.437
	4	Z15294_TGli_OT36_rWAGrün_10x.JPG:0682-1132	693.688	32.188	27.440	153.006	32.693	1.010.659	598.842	121.504	27.915	29.814
	5	Z15294_TGli_OT36_rWAGrün_10x.JPG:0694-1040	1.817.494	52.214	44.320	85.387	54.620	927.037	598.842	110.225	44.059	48.267
46	1	Z15294_TGli_OT46_rWAGrün_10x.JPG:0185-0277	346.035	23.952	18.394	73.764	25.321	244.572	178.933	73.496	18.902	21.173
	2	Z15294_TGli_OT46_rWAGrün_10x.JPG:0231-0965	1.196.571	47.894	31.810	76.003	47.324	864.995	185.228	104.300	34.360	39.852
	3	Z15294_TGli_OT46_rWAGrün_10x.JPG:0657-0053	1.783.537	60.281	37.672	57.238	62.619	26.975	617.725	57.907	39.709	48.977
TG li Marker												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin +dmax/2	
36	1	Z15294_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0269-1080	1.312.994	48.238	34.656	151.730	49.552	946.818	241.875	168.486	35.519	41.447
	2	Z15294_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0325-1061	1.502.181	51.881	36.866	114.990	54.694	945.020	267.951	117.408	38.607	44.374
	3	Z15294_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0453-0949	1.049.425	42.711	31.284	120.081	46.653	838.919	386.640	117.553	32.426	36.998
	4	Z15294_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0214-0634	1.418.098	43.790	41.233	163.609	45.583	548.489	190.623	165.141	41.425	42.512
	5	Z15294_TGli_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0075-0831	930.576	43.101	27.490	75.635	45.822	738.213	89.916	74.055	29.081	35.296

	6	Z15294_TGII_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0717-0422	658.114	32.268	25.968	5.811	34.416	364.161	652.792	33.275	24.927	29.118
	7	Z15294_TGII_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0653-0686	631.434	31.556	25.478	46.964	34.180	607.834	601.540	54.638	26.491	28.517
	8	Z15294_TGII_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0466-0152	1.781.112	52.988	42.798	55.853	57.862	124.984	443.287	57.051	45.857	47.893
	9	Z15294_TGII_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0058-0201	862.663	45.206	24.297	87.388	44.506	179.833	74.631	81.870	25.995	34.752
	10	Z15294_TGII_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0083-0346	1.456.097	45.686	40.581	98.101	47.110	305.715	52.151	103.241	40.462	43.134
46	1	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0277-0926	772.920	36.865	26.695	30.906	39.008	815.541	258.060	25.974	28.611	31.780
	2	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0260-0760	1.359.078	43.307	39.958	109.044	47.075	669.876	214.001	118.523	39.563	41.633
	3	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0553-1021	1.038.914	41.288	32.038	61.269	42.270	911.751	516.119	60.709	33.842	36.663
	4	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0840-1195	1.346.142	44.805	38.254	156.165	46.627	1.056.516	740.910	140.477	38.097	41.530
	5	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0817-0905	1.759.282	54.119	41.390	79.055	56.081	793.961	749.902	41.100	40.474	47.755
	6	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0774-1000	1.005.766	36.328	35.251	17.514	39.818	893.768	677.969	115.408	34.893	35.790
	7	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0696-0687	1.093.892	42.356	32.883	25.928	43.616	597.044	633.910	14.323	33.189	37.620
	8	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0689-0967	818.196	36.253	28.735	167.018	37.258	851.507	611.431	160.253	27.874	32.494
	9	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:1004-0076	1.078.531	47.533	28.890	47.292	49.134	53.950	923.440	55.437	29.270	38.212
	10	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0652-0058	2.022.851	79.012	32.597	44.779	77.250	22.479	611.431	39.806	33.501	55.805
	11	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0522-0035	1.255.591	49.241	32.466	41.815	49.658	15.286	487.346	47.936	33.698	40.854
	12	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0568-0025	755.133	33.367	28.815	43.626	34.603	17.084	526.909	65.433	29.247	31.091
	13	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0372-0120	822.238	40.752	25.690	60.814	42.270	101.605	354.270	60.709	27.942	33.221
	14	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0282-0214	1.595.158	56.725	35.805	65.150	56.590	184.328	280.539	72.429	35.687	46.265
	15	Z15294_TGII_OT46_gOPNrot.JPG:0333-0189	1.522.394	47.737	40.605	87.885	51.950	157.353	276.043	113.459	40.462	44.171
TG li doppelmarkiert												
OT		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
36	1	Z15294_TGII_OT36_match_10x.jpg:0216-0634	1.390.609	43.754	40.466	110.245	45.822	561.977	216.698	74.055	39.999	42.110
	2	Z15294_TGII_OT36_match_10x.jpg:0162-0251	1.690.560	49.978	43.069	170.304	50.641	201.412	148.362	16.504	42.990	46.524
46	1	Z15294_TGII_OT46_match_10x.jpg:0656-0052	1.860.344	65.994	35.892	58.178	66.811	26.975	619.523	61.020	38.914	50.943
	2	Z15294_TGII_OT46_match_10x.jpg:0230-0964	1.357.461	52.865	32.694	71.442	53.233	852.406	226.589	52.549	35.390	42.780
TG li unmarkiert												
OT		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
36	1	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0137-0520	903.087	37.286	30.839	142.075	39.420	452.279	110.597	135	31.790	34.063
	2	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0083-0346	1.224.059	42.719	36.483	139.006	44.642	292.228	64.740	145.670	37.359	39.601
	3	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0059-0203	1.025.979	42.737	30.567	79.634	43.616	175.337	74.631	75.677	31.471	36.652
	4	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0381-0219	922.491	36.485	32.193	58.084	39.039	185.228	358.766	51.546	32.278	34.339
	5	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0255-0218	903.896	40.273	28.577	97.989	41.654	189.723	209.505	103.736	28.773	34.425
	6	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0232-0500	584.541	28.339	26.263	75.520	29.495	440.590	220.295	52.431	25.177	27.301
	7	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0341-0752	654.880	32.979	25.283	55.520	34.427	665.380	319.203	49.236	26.454	29.131
	8	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0329-0660	584.541	30.984	24.021	2.282	32.282	578.162	297.623	12.875	25.177	27.503
	9	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0355-0453	537.648	29.227	23.422	87.979	30.426	404.623	333.589	71.030	23.378	26.325
	10	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0114-0790	823.047	35.700	29.354	163.410	37.226	695.952	91.715	142.853	28.773	32.527
	11	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0074-0831	686.411	35.515	24.608	79.777	35.899	738.213	83.622	67.932	25.263	30.062
	12	Z15294_TGII_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0192-0798	859.429	37.186	29.427	92.732	39.808	712.137	191.522	71.565	30.315	33.307
46	1	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0522-0035	1.215.975	49.036	31.573	45.091	51.433	15.286	490.943	53.531	33.638	40.305
	2	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0531-0191	1.156.146	45.637	32.256	49.361	48.738	159.152	496.338	52.496	33.676	38.947
	3	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0370-0126	729.261	38.953	23.837	55.929	40.262	103.404	351.573	66.297	24.700	31.395
	4	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0536-0555	472.160	29.882	20.118	51.944	31.892	489.145	494.540	49.574	21.458	25.000
	5	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0477-0941	912.789	38.993	29.805	38.232	41.401	829.028	444.186	34.380	31.367	34.399
	6	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0698-0686	1.030.829	40.453	32.445	17.128	40.781	597.044	632.111	14.036	33.269	36.449
	7	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0601-0676	871.556	35.784	31.011	56.242	37.946	597.044	556.582	53.673	31.471	33.398
	8	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0567-0717	514.202	27.248	24.028	52.580	28.689	632.111	516.119	32.196	24.741	25.638
	9	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0324-0749	525.521	31.552	21.207	4.795	31.892	659.086	297.623	21.501	19.782	26.380
	10	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0552-1024	1.122.189	43.212	33.065	60.284	44.361	918.944	517.918	72.300	34.593	38.139
	11	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0658-1054	769.686	32.473	30.179	113.007	33.859	944.121	575.464	100.713	30.572	31.326
	12	Z15294_TGII_OT46_rWGAgrün_10x.JPG:0606-1048	821.430	43.545	24.019	76.910	43.393	940.524	566.473	84.053	24.864	33.782

Tabelle 16: Fall Z15294, TG: rechts/links, Marker: OPN

Die oben abgebildeten Excel Tabellen, wurden aus ImageJ importiert und für die Erstellung der Zellgrößenprofile verwendet. Die Zeilen sind gegliedert nach Seite des TG, Tracer-positiver-, Marker-positiver-, doppelt markierter- sowie unmarkierter Neurone. In den Spalten befinden sich unter anderem die tatsächlich verwendeten Parameter „Major“ und „Minor“ sowie die daraus errechnete Zellgröße über die Formel $(dmin+dmax) / 2$ (dunkelgrau) und die ebenfalls interessante Größe „Area“ (hellgrau).

5.4.3 Fall Z15299

Z15299-CB												
TG re Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
37	1	Z15299_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0407-0509	179.636	16.466	13.891	69.977	17.770	450.556	371.574	45	14.360	15.179
	2	Z15299_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0489-0565	573.548	29.481	24.771	91.407	32.136	500.817	425.425	125.910	27.620	27.126
	3	Z15299_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0788-0806	637.991	34.618	23.465	137.330	36.225	709.939	692.887	131.987	24.058	29.042
	4	Z15299_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0276-0174	1.001.292	43.136	29.555	88.561	43.675	148.989	226.175	99.462	32.311	36.346
	5	Z15299_TGre_OT37_gCTgrün_10x.JPG:0188-0077	758.823	36.289	26.624	83.992	37.492	64.622	150.784	101.041	26.926	31.457
48	1	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0020-0814	984.376	37.910	33.061	73.743	41.110	720.710	35.003	53.881	32.311	35.486
	2	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0181-0879	632.353	29.384	27.401	33.173	31.960	777.254	172.324	38.157	26.926	28.393
	3	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0145-0818	636.380	30.693	26.399	52.388	32.534	730.582	145.398	65.556	27.202	28.546
	4	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0496-1172	658.130	30.226	27.723	55.396	31.732	1.044.715	459.531	61.260	27.823	28.975
	5	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0611-0793	179.636	15.842	14.438	75.360	16.863	709.042	556.463	64.799	14.360	15.140
	6	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0937-0961	473.660	26.274	22.954	34.078	27.400	850.850	850.850	31.608	23.866	24.614
	7	Z15299_TGre_OT48_rCBrot_10x.JPG:0970-0123	549.382	30.454	22.969	30.190	32.670	95.137	874.186	20.925	24.536	26.712
	8	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0612-0918	319.801	27.507	14.803	79.083	27.532	820.335	562.746	70.974	15.789	21.155
TG re Marker												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
37	1	Z15299_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:1010-0560	1.600.617	49.890	40.849	124.172	52.587	493.637	883.161	117.440	43.620	45.370
	2	Z15299_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0993-0955	905.432	36.600	31.498	163.900	39.532	840.080	879.571	140.528	31.413	34.049
	3	Z15299_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0741-0566	1.154.346	43.556	33.744	69.425	45.411	499.022	686.604	71.565	35.254	38.650
	4	Z15299_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0175-0567	1.559.535	55.364	35.866	92.474	56.515	510.690	184.889	79.939	37.696	45.615
	5	Z15299_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0503-0679	1.011.764	40.442	31.853	148.260	43.453	590.569	443.376	141.710	32.976	36.148
	6	Z15299_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0890-1253	927.988	44.215	26.723	137.523	46.981	1.107.541	780.844	133.452	27.872	35.469
	7	Z15299_TGre_OT37_rCBrot_10x.JPG:0733-0910	956.182	46.275	26.309	83.684	47.024	813.154	681.219	76.759	26.926	36.292
48	1	Z15299_TGre_OT48_rCBrot_10x.JPG:0457-1077	816.822	43.617	23.844	109.875	47.399	958.553	387.729	108.778	25.857	33.731
	2	Z15299_TGre_OT48_rCBrot_10x.JPG:0329-0914	1.704.533	53.761	40.369	176.448	54.594	793.409	297.977	9.462	40.388	47.065
	3	Z15299_TGre_OT48_rCBrot_10x.JPG:0499-0641	1.292.899	42.727	38.527	100.447	43.823	563.643	430.810	124.992	37.696	40.627
	4	Z15299_TGre_OT48_rCBrot_10x.JPG:0750-0205	832.128	35.894	29.518	85.060	40.933	187.582	692.887	74.745	31.413	32.706
	5	Z15299_TGre_OT48_rCBrot_10x.JPG:0886-0274	575.964	31.098	23.582	3.083	32.073	230.663	787.126	162.072	23.336	27.340
TG re doppelmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
37	nein										0	
48	1	Z15299_TGre_OT48_match_10x.jpg:0580-0986	958.598	37.569	32.487	94.365	40.587	871.493	506.202	125.096	31.413	35.028
	2	Z15299_TGre_OT48_match_10x.jpg:0329-0916	1.350.093	47.498	36.191	164.511	46.852	803.282	281.822	143.569	35.488	41.845
TG re unmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
37	1	Z15299_TGre_OT37_match_10x.jpg:0278-0456	1.968.751	53.889	46.516	162.450	55.443	386.832	233.356	150.945	47.298	50.203
	2	Z15299_TGre_OT37_match_10x.jpg:0307-0352	504.271	27.675	23.200	87.292	28.382	313.235	262.076	108.435	24.846	25.438
	3	Z15299_TGre_OT37_match_10x.jpg:0271-0274	1.081.847	42.489	32.419	96.466	45.385	236.048	222.585	114.538	33.793	37.454
	4	Z15299_TGre_OT37_match_10x.jpg:0194-0344	961.820	39.188	31.250	83.266	40.706	306.055	193.865	75.964	31.413	35.219
	5	Z15299_TGre_OT37_match_10x.jpg:0432-0378	1.399.231	47.878	37.211	86.709	50.341	333.878	363.496	101.310	38.211	42.545
	6	Z15299_TGre_OT37_match_10x.jpg:0342-0495	788.628	38.294	26.221	164.457	38.552	427.220	297.080	155.225	26.926	32.258
	7	Z15299_TGre_OT37_match_10x.jpg:0168-0611	1.420.981	47.842	37.817	132.006	48.673	543.000	128.346	112.782	38.511	42.830
	8	Z15299_TGre_OT37_match_10x.jpg:0319-0734	311.746	21.721	18.274	92.665	23.005	654.293	275.539	110.556	17.950	19.998
	9	Z15299_TGre_OT37_match_10x.jpg:0049-0824	356.051	22.326	20.305	164.057	23.712	729.685	37.696	150.524	19.745	21.316
	10	Z15299_TGre_OT37_match_10x.jpg:0025-0804	702.435	33.766	26.487	158.239	37.492	709.042	8.975	137.911	27.534	30.127
48	1	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0293-0806	536.493	28.827	23.696	92.126	30.476	719.812	248.613	103.627	23.336	26.262
	2	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0312-0767	880.460	38.202	29.345	51.055	39.532	675.834	294.387	50.528	30.850	33.774
	3	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0231-0743	526.826	26.473	25.338	44.214	27.722	654.293	213.610	29.055	25.131	25.906
	4	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0252-0776	479.299	26.813	22.760	82.855	27.838	691.092	239.638	69.228	22.438	24.787
	5	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0180-0878	733.851	34.028	27.458	99.720	35.506	781.741	178.607	69.274	27.823	30.743
	6	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0329-0915	1.489.452	50.890	37.265	167.992	52.679	796.999	283.617	156.930	36.798	44.078
	7	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0333-0861	569.520	30.731	23.596	179.674	31.000	758.406	306.055	22.109	22.438	27.164
	8	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0332-0815	1.702.922	47.874	45.290	102.177	50.333	711.734	281.822	129.936	45.774	46.582
	9	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0265-0934	443.050	28.805	19.584	76.362	31.311	833.797	252.204	62.700	19.745	24.195
	10	Z15299_TGre_OT48_gCTgrün_10x.JPG:0227-0933	191.720	17.028	14.336	56.021	21.030	832.002	211.815	50.194	14.947	15.682
TG li Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
37	1	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0319-1140	936.849	39.994	29.825	76.703	41.374	1.018.687	305.157	65.659	29.918	34.910
	2	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0108-0617	865.961	35.940	30.679	78.357	36.612	551.078	78.982	101.310	31.413	33.310
	3	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0098-0535	954.570	40.612	29.927	82.237	40.933	477.481	68.212	105.255	30.421	35.270
	4	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0555-0397	1.319.482	42.744	39.304	136.248	44.443	341.058	484.662	133.363	39.348	41.024
	5	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0897-0864	1.099.569	40.251	34.782	25.839	43.323	754.816	805.974	13.173	36.175	37.517
47	1	Z15299_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0194-0883	826.489	38.242	27.517	75.556	39.836	788.921	193.865	75.651	28.721	32.880
	2	Z15299_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0395-0795	1.117.291	48.416	29.383	10.396	48.250	690.194	362.599	18.435	30.913	38.900
	3	Z15299_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0177-0533	1.035.125	39.015	33.781	78.452	41.374	473.891	177.709	65.659	35.003	36.398
	4	Z15299_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0299-0415	469.633	28.607	20.902	79.924	30.104	367.086	281.822	63.435	19.745	24.755
	5	Z15299_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0570-0448	659.741	34.834	24.114	5.423	36.302	384.139	506.202	171.469	25.900	29.474
	6	Z15299_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0674-0389	306.107	25.153	15.495	54.695	26.028	339.263	613.905	43.603	17.155	20.324
	7	Z15299_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0679-0515	282.746	23.208	15.512	92.268	24.167	458.633	597.749	105.068	16.155	19.360
	8	Z15299_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0803-1078	1.880.141	53.553	44.701	144.229	56.258	947.783	698.272	123.944	45.079	49.127
	9	Z15299_TGli_OT47_gWGAgrün_10x.JPG:0658-0916	894.960	41.206	27.654	93.188	44.307	821.232	569.029	96.981	29.249	34.430
TG li Marker												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	

37	1	Z15299_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0200-0489	1.963.112	54.388	45.957	5.198	57.840	418.245	197.455	41.855	43.979	50.173
	2	Z15299_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0553-0396	1.236.511	42.611	36.948	71.421	46.680	337.468	511.587	52.028	37.355	39.780
	3	Z15299_TGli_OT37_rCBrot_10x.JPG:0893-0860	1.339.621	46.651	36.562	27.353	48.673	749.430	810.462	22.782	38.079	41.607
47	1	Z15299_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0192-0883	1.010.959	44.184	29.133	75.913	45.278	788.024	194.762	76.239	30.830	36.659
	2	Z15299_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0224-0517	780.573	41.403	24.005	49.640	40.933	446.966	211.815	37.875	25.178	32.704
	3	Z15299_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0664-0994	1.377.481	46.665	37.584	31.432	48.574	869.698	606.724	27.512	39.010	42.125
	4	Z15299_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0688-0738	1.036.736	47.393	27.853	131.793	51.722	648.908	597.749	128.660	29.828	37.623
	5	Z15299_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0519-0542	660.547	36.979	22.743	56.534	39.409	478.379	482.867	59.931	24.785	29.861
	6	Z15299_TGli_OT47_rCBrot_10x.JPG:0960-0536	1.072.180	47.709	28.614	86.371	47.898	475.686	838.285	102.995	28.721	38.162
TG li doppelmarkiert												
OT		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1	Z15299_TGli_OT37_match_10x.jpg:0108-0617	1.006.125	38.479	33.292	151.089	41.110	541.205	80.777	126.119	33.004	35.886
	2	Z15299_TGli_OT37_match_10x.jpg:0098-0537	1.075.402	42.669	32.090	81.731	43.712	472.096	108.600	70.821	32.246	37.380
47	1	Z15299_TGli_OT47_match_10x.jpg:0193-0883	1.079.430	48.066	28.593	75.119	49.851	787.126	196.557	66.666	29.521	38.330
	2	Z15299_TGli_OT47_match_10x.jpg:0570-0449	545.354	27.526	25.226	104.521	34.923	394.909	496.329	115.907	26.028	26.376
TG li unmarkiert												
OT		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
37	1	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0738-0394	1.012.570	43.970	29.321	69.698	46.680	337.468	683.014	52.028	32.986	36.646
	2	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0556-0398	1.321.899	42.761	39.361	0.468	46.964	351.828	478.379	116.075	39.895	41.061
	3	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0585-0085	1.274.372	59.855	27.109	56.174	61.721	56.544	546.591	49.128	29.012	43.482
	4	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0543-0065	691.157	40.991	21.468	50.024	44.498	43.081	503.510	48.270	23.200	31.230
	5	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0060-0565	1.004.514	38.683	33.063	87.678	41.012	498.124	35.003	113.199	32.311	35.873
	6	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0110-0617	659.741	30.442	27.594	77.868	34.177	548.386	84.367	119.932	27.823	29.018
	7	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0163-0362	906.238	46.892	24.607	45.770	49.069	306.055	162.451	39.806	27.394	35.750
	8	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0099-0538	885.294	45.799	24.612	84.964	45.597	474.789	111.293	79.796	25.131	35.206
	9	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0032-0793	713.713	33.893	26.812	73.207	35.267	709.042	11.668	104.744	28.254	30.353
	10	Z15299_TGli_OT37_gWGAgrün_10x.JPG:0163-0664	681.491	33.109	26.207	92.287	35.923	586.081	129.243	102.995	27.823	29.658
47	1	Z15299_TGli_OT47_match_10x.jpg:0334-0732	911.071	37.694	30.775	110.901	38.843	645.318	283.617	130.314	31.251	34.235
	2	Z15299_TGli_OT47_match_10x.jpg:0452-0584	370.551	22.897	20.605	56.842	25.147	514.280	415.552	55.176	21.541	21.751
	3	Z15299_TGli_OT47_match_10x.jpg:0643-0456	2.178.998	54.888	50.547	134.525	57.623	391.319	555.566	127.405	50.261	52.718
	4	Z15299_TGli_OT47_match_10x.jpg:0615-0690	1.205.095	40.690	37.709	144.275	47.101	610.315	532.230	120.964	38.494	39.200
	5	Z15299_TGli_OT47_match_10x.jpg:0576-0731	2.415.023	67.014	45.885	121.534	69.481	640.830	487.354	118.551	45.631	56.450
	6	Z15299_TGli_OT47_match_10x.jpg:0212-0625	674.241	37.406	22.950	158.671	38.635	544.796	178.607	149.265	24.120	30.178
	7	Z15299_TGli_OT47_match_10x.jpg:0119-0593	704.852	35.603	25.207	156.306	37.589	517.870	97.830	146.689	25.289	30.405
	8	Z15299_TGli_OT47_match_10x.jpg:0528-0672	854.683	40.978	26.556	80.464	40.068	594.159	493.637	74.407	26.564	33.767
	9	Z15299_TGli_OT47_match_10x.jpg:0382-0571	624.297	31.840	24.965	37.637	34.177	498.124	350.033	29.932	26.655	28.403

Tabelle 17: Fall Z15299, TG: rechts/links, Marker: CB

Die oben abgebildeten Excel Tabellen, wurden aus ImageJ importiert und für die Erstellung der Zellgrößenprofile verwendet. Die Zeilen sind gegliedert nach Seite des TG, Tracer-positiver-, Marker-positiver-, doppelt markierter- sowie unmarkierter Neurone. In den Spalten befinden sich unter anderem die tatsächlich verwendeten Parameter „Major“ und „Minor“ sowie die daraus errechnete Zellgröße über die Formel $(dmin+dmax) / 2$ (dunkelgrau) und die ebenfalls interessante Größe „Area“ (hellgrau).

Z15299-CGRP												
TG re Tracer												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
19	1	Z15299_TGre	566.333	29.052	24.820	104.905	32.362	519.681	58.341	123.690	24.234	26.936
	2	Z15299_TGre	222.344	17.447	16.226	135.679	19.766	153.481	402.102	129.472	16.156	16.837
	3	Z15299_TGre	750.814	36.291	26.342	39.950	40.340	376.073	331.196	32.276	27.777	31.317
	4	Z15299_TGre	671.060	31.746	26.915	141.327	35.902	329.400	191.178	126.870	27.875	29.331
	5	Z15299_TGre	910.321	41.139	28.174	174.529	42.451	191.178	323.118	13.449	28.722	34.657
	6	Z15299_TGre	667.032	31.563	26.908	74.046	32.954	330.298	180.407	60.642	26.926	29.236
	7	Z15299_TGre	656.559	32.350	25.841	178.347	33.786	692.908	265.674	16.991	25.726	29.096
	8	Z15299_TGre	848.291	33.937	31.826	78.921	37.235	702.781	106.808	105.376	32.062	32.882
39	1	Z15299_TGre	513.163	28.641	22.812	85.286	31.350	493.652	344.659	113.629	24.234	25.727
	2	Z15299_TGre	343.183	27.954	15.631	110.480	29.001	538.529	369.790	111.801	16.733	21.793
	3	Z15299_TGre	571.166	30.748	23.651	103.093	32.757	872.418	102.321	99.462	24.175	27.200
	4	Z15299_TGre	288.403	22.429	16.372	144.055	25.387	767.404	251.314	135	17.262	19.401
	5	Z15299_TGre	242.484	22.544	13.695	49.168	24.954	1.094.112	310.552	52.306	15.867	18.120
	6	Z15299_TGre	280.347	19.949	17.893	99.329	21.410	1.200.023	332.093	123.024	17.053	18.921
	7	Z15299_TGre	204.621	18.706	13.928	136.642	21.616	875.110	832.028	131.634	15.232	16.317
	8	Z15299_TGre	323.849	22.275	18.511	107.789	23.076	57.443	869.725	103.496	19.269	20.393
59	1	Z15299_TGre	1.067.412	39.501	34.406	158.250	44.336	895.754	676.752	148.241	34.107	36.954
	2	Z15299_TGre	874.875	38.576	28.876	75.196	39.736	681.240	676.752	108.435	29.143	33.726
	3	Z15299_TGre	1.281.700	61.532	26.521	173.708	59.914	364.405	825.745	171.384	26.477	44.027
	4	Z15299_TGre	987.658	41.214	30.512	2.076	41.443	333.888	147.198	17.650	29.619	35.863
	5	Z15299_TGre	732.285	37.117	25.120	173.757	37.676	268.367	173.227	167.619	26.926	31.119
TG re Marker												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
19 m	1	Z15299_TGre	665.421	31.429	26.957	38.264	33.870	335.683	847.286	32.005	27.817	29.193
19 rd	1	Z15299_TGre	660.587	34.328	24.501	96.284	35.733	873.315	613.026	101.592	25.561	29.415
	2	Z15299_TGre	535.720	26.866	25.389	18.942	29.728	337.478	846.389	28.887	25.345	26.128
	3	Z15299_TGre	454.355	31.596	18.310	158.641	32.174	402.999	782.663	149.859	19.302	24.953
	4	Z15299_TGre	345.600	24.178	18.199	42.660	24.416	505.320	190.280	53.973	18.405	21.189
39	1	Z15299_TGre	610.640	32.664	23.802	149.574	35.632	102.321	438.004	139.086	25.405	28.233
	2	Z15299_TGre	668.643	31.260	27.234	37.987	33.391	407.487	777.277	53.746	29.389	29.247
	3	Z15299_TGre	521.219	29.544	22.462	57.350	31.118	333.888	733.297	56.768	23.483	26.003
	4	Z15299_TGre	393.935	23.841	21.039	18.017	25.003	391.331	800.614	21.038	20.644	22.440
	5	Z15299_TGre	528.470	32.022	21.013	138.648	36.448	402.102	518.783	142.001	23.716	26.518
	6	Z15299_TGre	400.380	31.640	16.112	120.804	32.362	50.263	500.832	123.690	17.069	23.876
	7	Z15299_TGre	286.791	25.613	14.256	142.447	29.222	459.545	649.825	137.490	16.866	19.935
59	1	Z15299_TGre	377.018	25.905	18.531	100.980	26.897	64.624	108.603	115.710	18.849	22.218
	2	Z15299_TGre	492.218	32.321	19.390	172.054	32.954	429.028	809.589	150.642	18.776	25.856
	3	Z15299_TGre	719.395	31.925	28.691	170.451	34.060	195.666	677.649	18.435	28.671	30.308
	4	Z15299_TGre	509.135	30.640	21.157	136.533	33.100	80.779	560.071	139.399	22.717	25.899
	5	Z15299_TGre	436.632	29.754	18.685	179.834	30.105	311.449	175.022	10.305	20.298	24.220
TG re doppeltmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
19	1	Z15299_TGre	499.468	28.828	22.060	109.904	29.606	870.622	614.821	104.036	22.713	25.444
	2	Z15299_TGre	455.161	28.327	20.458	165.176	29.001	401.204	786.253	158.199	20.644	24.393
39	1	Z15299_TGre	640.447	32.052	25.441	175.464	32.671	558.275	184.895	37.185	25.131	28.747
	2	Z15299_TGre	431.798	29.042	18.931	91.427	29.236	798.819	852.671	72.121	18.849	23.987
	3	Z15299_TGre	433.410	29.969	18.413	90.312	30.949	948.709	630.977	106.858	18.849	24.191
	4	Z15299_TGre	232.011	19.606	15.067	80.999	20.467	859.852	867.930	105.255	15.258	17.337
	5	Z15299_TGre	471.273	32.497	18.465	93.996	33.727	153.481	620.206	115.201	17.846	25.481
	6	Z15299_TGre	680.727	32.607	26.581	79.329	36.613	394.024	731.502	78.690	28.010	29.594
59	1	Z15299_TGre	441.466	27.357	20.546	174.503	29.346	183.998	420.053	23.429	19.746	23.952
	2	Z15299_TGre	621.113	36.109	21.901	134.464	38.844	231.568	345.556	130.314	26.458	29.005
	3	Z15299_TGre	750.008	40.080	23.826	102.158	41.180	166.047	96.038	106.460	26.246	31.953
TG re unmarkiert												
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2	
19	1	Z15299_TGre	613.863	30.417	25.696	125.980	33.221	480.189	383.253	128.418	27.164	28.057
	2	Z15299_TGre	481.745	31.813	19.281	53.890	32.174	481.086	347.351	67.011	21.399	25.547
	3	Z15299_TGre	774.981	36.484	27.046	44.870	37.493	379.663	332.991	42.089	28.512	31.765
	4	Z15299_TGre	567.944	29.855	24.221	122.254	30.910	700.986	248.621	115.821	24.752	27.038
	5	Z15299_TGre	1.100.441	38.861	36.055	8.879	41.190	685.727	116.681	168.690	36.557	37.458
	6	Z15299_TGre	704.089	32.881	27.264	97.010	35.325	329.400	189.383	117.216	26.926	30.073
	7	Z15299_TGre	583.250	28.949	25.652	103.276	30.371	336.581	152.583	108.970	26.029	27.301
	8	Z15299_TGre	447.910	26.572	21.463	151.436	28.736	598.665	300.679	141.340	22.439	24.018
	9	Z15299_TGre	898.237	50.755	22.533	168.624	50.335	663.289	376.073	158.009	23.774	36.644
	10	Z15299_TGre	455.966	24.413	23.781	103.515	26.686	543.017	345.556	160.346	24.234	24.097
	11	Z15299_TGre	320.626	30.677	13.308	174.656	30.477	580.714	453.262	166.373	13.463	21.993
	12	Z15299_TGre	477.717	27.170	22.387	171.395	29.236	670.469	456.852	17.879	21.541	24.779
	13	Z15299_TGre	372.990	26.078	18.211	158.547	28.945	641.747	291.703	119.745	19.271	22.145
	14	Z15299_TGre	349.628	24.558	18.127	67.998	25.339	652.518	281.830	67.068	18.849	21.343
39	1	Z15299_TGre	476.106	25.410	23.857	2.927	26.941	210.026	752.146	29.982	23.864	24.634
	2	Z15299_TGre	430.187	27.284	20.076	131.925	27.882	276.445	771.892	146.821	20.245	23.680
	3	Z15299_TGre	360.906	25.063	18.334	152.399	25.889	222.592	785.355	146.310	18.873	21.699

	4	Z15299_TGre	878.903	39.425	28.384	58.636	40.190	298.884	869.725	60.573	28.906	33.905
	5	Z15299_TGre	491.412	36.244	17.263	73.994	36.126	148.993	652.518	63.435	18.582	26.754
	6	Z15299_TGre	507.524	28.213	22.904	74.876	31.961	376.971	724.322	51.843	22.439	25.559
	7	Z15299_TGre	269.068	20.205	16.956	8.443	22.204	320.425	517.886	14.036	17.053	18.581
	8	Z15299_TGre	385.880	26.931	18.244	109.252	27.722	13.463	565.456	119.055	19.157	22.588
	9	Z15299_TGre	313.376	23.252	17.160	73.346	25.671	385.048	760.224	53.531	17.321	20.206
	10	Z15299_TGre	1.478.265	51.159	36.791	101.860	51.404	434.414	770.995	102.095	37.176	43.975
	11	Z15299_TGre	301.292	21.751	17.637	102.005	22.936	470.316	805.999	120.579	17.053	19.694
	12	Z15299_TGre	365.740	24.982	18.640	76.150	26.686	359.020	715.346	70.346	18.849	21.811
59	1	Z15299_TGre	1.138.304	41.928	34.568	33.761	43.157	346.454	355.429	16.928	35.541	38.248
	2	Z15299_TGre	389.102	28.609	17.317	8.702	30.477	388.639	331.196	13.627	18.849	22.963
	3	Z15299_TGre	700.867	39.165	22.785	171.981	40.499	268.367	175.920	167.196	23.336	30.975
	4	Z15299_TGre	1.313.118	48.104	34.756	0.777	48.008	269.265	236.055	20.807	33.010	41.430
	5	Z15299_TGre	916.766	39.501	29.550	5.158	39.462	333.888	135.530	162.801	29.350	34.526
	6	Z15299_TGre	1.180.195	39.692	37.858	27.525	41.579	423.643	423.643	166.264	38.284	38.775
	7	Z15299_TGre	1.055.328	42.443	31.659	166.098	45.386	425.438	369.790	155.462	33.209	37.051
	8	Z15299_TGre	331.099	23.488	17.948	120.334	24.250	323.118	368.893	128.991	18.448	20.718
	9	Z15299_TGre	408.436	24.374	21.336	27.162	27.925	188.485	425.438	45	20.644	22.855
	10	Z15299_TGre	580.833	29.539	25.036	69.304	31.260	260.289	606.743	39.174	25.263	27.288
	11	Z15299_TGre	585.667	34.886	21.375	100.250	36.181	243.236	607.641	113.385	22.439	28.131
	12	Z15299_TGre	1.226.114	46.315	33.707	79.580	48.832	350.044	513.398	72.897	33.209	40.011
	13	Z15299_TGre	1.298.618	42.760	38.668	46.423	45.810	543.915	512.500	34.624	40.676	40.714
TG li Tracer												
OT		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
49	1	Z15299_TGII	834.595	36.966	28.746	102.461	38.605	141.813	0	107.592	29.444	32.856
	2	Z15299_TGII	668.643	35.607	23.909	121.847	38.090	163.354	40.390	124.439	26.183	29.758
	3	Z15299_TGII	1.270.422	46.118	35.074	64.587	47.773	451.467	57.443	64.398	36.306	40.596
	4	Z15299_TGII	174.814	18.227	12.212	149.383	20.349	110.399	242.338	138.576	13.963	15.220
	5	Z15299_TGII	393.935	25.743	19.484	41.918	27.135	966.660	303.372	55.784	22.439	22.614
	6	Z15299_TGII	706.506	42.920	20.959	10.532	42.194	886.778	412.872	23.839	21.253	31.940
	7	Z15299_TGII	607.418	35.474	21.801	74.380	36.898	683.932	341.069	71.565	23.276	28.638
	8	Z15299_TGII	435.826	26.288	21.109	43.919	27.474	813.179	696.498	51.633	22.664	23.699
	9	Z15299_TGII	931.267	35.978	32.957	112.986	38.270	105.911	604.948	140.711	34.272	34.468
	10	Z15299_TGII	849.902	35.689	30.321	152.338	38.969	305.167	732.400	128.454	30.517	33.005
59	1	Z15299_TGII	700.061	30.424	29.297	62.436	32.671	251.314	295.294	127.185	28.722	29.861
	2	Z15299_TGII	1.508.072	46.605	41.200	86.641	49.030	328.503	305.167	113.749	41.287	43.903
	3	Z15299_TGII	596.945	34.364	22.118	115.503	36.635	515.193	360.815	120.964	23.683	28.241
	4	Z15299_TGII	667.837	33.830	25.135	132.412	36.624	402.102	385.946	126.027	26.021	29.483
	5	Z15299_TGII	219.122	21.300	13.098	47.265	21.912	667.776	166.047	55.008	14.597	17.199
	6	Z15299_TGII	1.962.427	52.211	47.857	92.557	54.949	468.521	558.275	128.367	47.570	50.034
	7	Z15299_TGII	2.945.252	64.342	58.283	155.890	66.206	499.037	666.879	164.268	58.341	61.313
	8	Z15299_TGII	917.572	38.358	30.458	77.993	39.462	171.432	919.090	72.801	30.696	34.408
	9	Z15299_TGII	493.024	27.475	22.847	99.832	28.679	25.131	507.115	110.136	22.439	25.161
TG li Marker												
OT		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
49	1	Z15299_TGII	321.432	21.755	18.812	134.735	23.006	478.394	814.077	110.556	20.114	20.284
	2	Z15299_TGII	314.987	21.861	18.346	46.733	24.250	674.957	789.843	38.991	19.675	20.104
	3	Z15299_TGII	559.082	34.268	20.773	52.120	36.103	717.142	554.685	34.875	22.837	27.521
	4	Z15299_TGII	239.261	18.699	16.291	97.518	20.507	711.756	802.409	113.199	17.053	17.495
	5	Z15299_TGII	337.544	27.363	15.706	163.724	28.383	89.755	466.725	161.565	16.817	21.535
59	1	Z15299_TGII	923.211	39.583	29.696	126.246	44.062	461.340	664.186	123.366	32.312	34.640
	2	Z15299_TGII	405.214	25.446	20.276	154.709	28.623	525.964	784.458	131.186	21.541	22.861
	3	Z15299_TGII	650.114	31.530	26.253	84.487	32.954	444.287	497.242	119.358	25.131	28.892
	4	Z15299_TGII	455.966	25.747	22.548	20.079	27.650	446.979	570.841	35.754	23.336	24.148
	5	Z15299_TGII	464.828	30.643	19.314	0.656	32.036	207.334	264.777	168.690	21.418	24.979
	6	Z15299_TGII	554.249	31.121	22.676	13.240	33.870	951.402	371.585	32.005	22.439	26.899
	7	Z15299_TGII	584.056	33.384	22.275	123.591	33.834	235.158	142.710	111.801	23.076	27.830
	8	Z15299_TGII	485.773	40.311	15.343	137.096	40.698	676.752	256.699	138.576	17.746	27.827
TG li doppelmarkiert												
OT		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
49	nein											
59	1	Z15299_TGII	683.144	30.070	28.926	88.781	32.671	766.507	98.730	52.815	29.619	29.498
	2	Z15299_TGII	751.619	34.401	27.819	66.398	37.590	862.545	129.247	56.689	28.668	31.110
	3	Z15299_TGII	944.962	41.875	28.732	128.276	45.572	749.453	435.311	122.125	32.318	35.304
TG li unmarkiert												
OT		Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
49	1	Z15299_TGII	445.494	24.567	23.089	3.697	28.169	631.874	317.732	30.651	23.842	23.828
	2	Z15299_TGII	663.004	35.034	24.095	82.548	37.483	683.035	341.069	73.301	24.985	29.565
	3	Z15299_TGII	521.219	30.957	21.438	98.864	33.355	547.505	464.930	113.806	21.541	26.198
	4	Z15299_TGII	678.310	34.604	24.958	133.744	38.761	611.231	574.431	132.184	26.414	29.781
	5	Z15299_TGII	363.323	24.407	18.954	134.904	25.513	605.846	427.233	129.289	19.451	21.681
	6	Z15299_TGII	1.038.411	43.148	30.642	122.947	47.102	584.304	452.365	120.964	32.878	36.895
	7	Z15299_TGII	402.797	29.266	17.524	169.832	29.524	830.233	335.683	160.463	17.053	23.395
	8	Z15299_TGII	541.359	31.949	21.574	3.367	32.362	932.553	240.543	19.440	20.644	26.762
	9	Z15299_TGII	372.184	24.177	19.601	115.804	26.504	576.226	380.561	118.301	19.746	21.889

	10	Z15299_TGli	252.957	18.532	17.379	149.090	20.467	706.371	411.077	127.875	17.053	17.956
	11	Z15299_TGli	516.386	30.796	21.349	142.707	31.260	659.698	241.441	129.174	23.225	26.073
59	1	Z15299_TGli	683.144	30.070	28.926	88.781	32.671	766.507	98.730	52.815	29.619	29.498
	2	Z15299_TGli	751.619	34.401	27.819	66.398	37.590	862.545	129.247	56.689	28.668	31.110
	3	Z15299_TGli	944.962	41.875	28.732	128.276	45.572	749.453	435.311	122.125	32.318	35.304
	4	Z15299_TGli	1.605.549	47.957	42.627	103.102	51.724	324.015	305.167	128.660	42.185	45.292
	5	Z15299_TGli	522.025	27.852	23.864	155.838	30.464	250.416	296.191	135	25.036	25.858
	6	Z15299_TGli	649.309	36.729	22.509	118.977	38.133	397.614	385.946	116.565	23.700	29.619
	7	Z15299_TGli	503.496	36.043	17.786	117.975	37.332	262.084	375.175	117.181	19.269	26.915
	8	Z15299_TGli	1.594.271	51.901	39.111	122.024	53.853	479.291	482.881	126.870	39.846	45.506
	9	Z15299_TGli	404.408	31.102	16.556	175.298	31.001	275.548	435.311	157.891	16.582	23.829
	10	Z15299_TGli	1.321.174	47.477	35.431	154.357	50.006	512.500	529.554	158.962	36.539	41.454
	11	Z15299_TGli	578.417	28.306	26.018	165.425	29.997	397.614	508.013	128.928	25.131	27.162
	12	Z15299_TGli	253.762	22.554	14.325	176.234	22.168	313.245	466.725	158.629	13.463	18.440
	13	Z15299_TGli	271.485	19.122	18.077	90.191	20.170	307.859	443.389	110.854	17.951	18.600
	14	Z15299_TGli	706.506	36.285	24.791	112.782	38.270	514.296	361.712	129.289	24.906	30.538
	15	Z15299_TGli	990.881	41.022	30.755	123.571	52.181	553.788	453.262	139.185	31.656	35.889

Tabelle 18: Fall Z15299, TG: rechts/links, Marker: CGRP

Die oben abgebildeten Excel Tabellen, wurden aus ImageJ importiert und für die Erstellung der Zellgrößenprofile verwendet. Die Zeilen sind gegliedert nach Seite des TG, Tracer-positiver-, Marker-positiver-, doppelt markierter- sowie unmarkierter Neurone. In den Spalten befinden sich unter anderem die tatsächlich verwendeten Parameter „Major“ und „Minor“ sowie die daraus errechnete Zellgröße über die Formel $(d_{min} + d_{max}) / 2$ (dunkelgrau) und die ebenfalls interessante Größe „Area“ (hellgrau).

Z15299-OPN											
TG re Tracer											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
36	1 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0251-0719	405.864	26.180	19.738	22.990	26.825	636.607	233.782	39.560	20.804	22.959
	2 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0246-0962	240.931	19.459	15.764	162.124	20.914	856.003	216.698	154.537	16.185	17.612
	3 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0449-0125	790.707	38.071	26.445	107.071	39.909	106.101	385.741	112.521	28.773	32.258
	4 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0806-0611	526.329	29.539	22.687	33.857	30.585	535.901	731.919	24.305	22.897	26.113
	5 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0834-0658	230.421	18.416	15.930	61.240	19.802	584.456	757.095	39.472	16.493	17.173
	6 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0757-0379	325.014	26.828	15.425	88.691	27.699	338.085	694.154	76.866	15.286	21.127
	7 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0831-0629	190.805	17.796	13.651	166.185	18.537	557.481	742.708	157.166	13.487	15.724
	8 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0583-0838	522.287	31.070	21.403	125.862	32.730	743.608	510.724	127.185	21.857	26.237
	9 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0624-0720	478.628	28.512	21.374	24.266	30.159	633.910	569.170	26.565	22.158	24.943
	10 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0561-1096	965.341	37.101	33.129	145.715	41.048	967.499	492.741	151.189	34.168	35.115
	11 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0656-1197	460.033	26.388	22.197	94.543	27.889	1.073.600	577.263	110.772	21.580	24.293
47	1 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0240-0080	432.544	25.599	21.513	6.309	26.215	60.244	222.093	22.166	20.681	23.556
	2 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0061-0363	323.397	22.695	18.143	167.310	23.117	315.606	57.546	13.496	19.106	20.419
	3 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0073-0711	1.139.168	43.939	33.010	88.636	48.338	635.708	89.017	71.565	35.067	38.475
	4 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0539-0866	695.305	39.039	22.677	25.913	40.622	760.692	495.439	27.699	23.044	30.858
	5 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0541-0763	542.499	30.155	22.906	66.387	31.316	677.070	498.136	50.826	22.675	26.531
	6 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0711-0587	555.435	28.123	25.146	68.556	29.178	523.313	653.691	56.310	24.832	26.635
	7 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0809-0707	348.461	24.492	18.115	80.072	24.870	634.809	715.734	102.529	18.882	21.304
	8 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0769-0440	432.544	29.711	18.536	126.067	29.454	388.438	679.767	121.264	19.103	24.124
	9 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0567-0634	221.527	20.150	13.998	55.003	20.972	563.775	518.817	59.036	14.623	17.074
	10 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0678-0162	359.780	23.652	19.368	94.088	25.748	139.370	597.943	114.775	18.882	21.510
TG re Marker											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
36	1 Z15299_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0159-0763	1.541.798	50.154	39.141	172.076	52.622	661.784	130.379	160.017	39.926	44.648
	2 Z15299_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0091-0411	1.334.015	44.129	38.490	102.962	46.756	359.665	60.244	112.620	38.664	41.310
	3 Z15299_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0217-0351	1.206.273	46.412	33.092	100.863	47.588	303.018	174.438	112.203	33.269	39.752
	4 Z15299_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0451-0176	1.410.013	47.434	37.848	127.648	49.877	144.765	385.741	123.977	39.154	42.641
	5 Z15299_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0767-0535	1.070.446	43.687	31.198	88.467	45.182	477.455	667.179	95.711	30.572	37.443
	6 Z15299_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0657-0603	775.345	46.271	21.335	75.581	46.731	541.296	614.128	78.906	23.714	33.803
	7 Z15299_TGre_OT36_gOPNrot_10x.JPG:0694-0795	1.037.297	41.403	31.900	168.148	42.717	697.750	613.229	149.657	33.269	36.652
47	1 Z15299_TGre_OT47_gOPNrot_10x.JPG:0022-0288	1.038.106	41.991	31.477	50.380	44.242	242.774	38.664	52.431	32.426	36.734
	2 Z15299_TGre_OT47_gOPNrot_10x.JPG:0343-0742	709.049	36.954	24.430	29.890	39.039	650.994	319.203	28.926	25.743	30.692
	3 Z15299_TGre_OT47_gOPNrot_10x.JPG:0488-0856	1.439.927	45.779	40.048	64.151	47.884	757.994	458.573	55.713	39.563	42.914
	4 Z15299_TGre_OT47_gOPNrot_10x.JPG:0732-0473	1.772.218	49.015	46.036	164.569	50.305	401.926	650.095	155.726	46.688	47.526
	5 Z15299_TGre_OT47_gOPNrot_10x.JPG:0622-0107	560.286	28.408	25.112	81.299	29.122	95.311	544.893	98.881	24.277	26.760
	6 Z15299_TGre_OT47_gOPNrot_10x.JPG:0581-0284	903.896	34.490	33.368	72.897	37.073	247.270	540.397	50.906	33.269	33.929
	7 Z15299_TGre_OT47_gOPNrot_10x.JPG:0485-0183	432.544	33.899	16.246	76.294	35.263	159.152	453.178	70.641	17.983	25.073
TG re doppelmarkiert											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
36	nein										
47	1 Z15299_TGre_OT47_match_10x.jpg:0486-0182	418.800	30.628	17.410	85.512	30.333	160.950	452.279	78.024	17.983	24.019
	2 Z15299_TGre_OT47_match_10x.jpg:0576-0507	349.269	22.342	19.904	69.617	23.739	447.783	526.909	52.696	20.064	21.123
TG re unmarkiert											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
36	1 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0692-0791	844.067	34.484	31.165	146.401	36.380	698.649	610.532	129.987	31.471	32.825
	2 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0866-0911	650.837	30.077	27.551	123.158	31.676	805.650	769.683	145.408	27.656	28.814
	3 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0871-0792	571.605	29.071	25.035	24.943	30.756	698.649	790.364	37.875	25.784	27.053
	4 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0744-0946	813.345	34.737	29.812	104.495	37.073	843.415	651.893	112.834	29.672	32.275
	5 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0953-0776	624.157	31.230	25.447	83.703	32.232	688.759	871.289	59.859	24.277	28.339
	6 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0926-0756	747.857	34.174	27.863	113.920	35.021	668.078	820.936	131.878	28.554	31.019
	7 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0838-0890	556.244	28.599	24.765	133.419	29.495	791.263	740.910	127.569	25.553	26.682
	8 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0853-0856	747.048	36.585	25.999	10.687	38.412	751.700	772.381	16.314	26.851	31.292
	9 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0794-0865	1.454.480	47.511	38.979	94.749	49.658	765.188	694.154	121.675	37.765	43.245
	10 Z15299_TGre_OT36_rCTgrün_10x.JPG:0824-1139	769.686	33.660	29.115	49.360	35.434	1.011.558	755.297	54.293	30.034	31.388
47	1 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0735-0473	1.947.661	56.568	43.838	176.500	57.666	397.430	666.280	10.784	44.615	50.203
	2 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0584-0284	1.057.510	42.347	31.796	87.376	43.616	249.068	504.430	104.323	31.471	37.072
	3 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0644-0431	1.149.678	43.164	33.913	83.149	44.642	381.245	600.641	71.200	35.390	38.539
	4 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0659-0487	291.866	22.873	16.247	34.029	24.194	428.901	599.742	41.987	16.699	19.560
	5 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0490-0236	743.006	34.463	27.450	103.073	35.628	209.505	423.506	100.176	26.975	30.957
	6 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0440-0159	591.817	34.704	21.713	73.494	34.987	135.774	410.917	64.093	22.094	28.209
	7 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0898-0278	447.097	25.533	22.296	155.539	26.445	243.673	796.658	125.311	22.479	23.915
	8 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0646-0129	577.265	28.197	26.066	170.630	29.454	101.605	577.263	167.661	26.704	27.132
	9 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0714-0427	896.620	36.827	30.999	90.353	39.080	376.749	624.019	113.025	30.572	33.913
	10 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0561-0255	244.974	17.714	17.609	15.511	19.369	224.791	495.439	111.801	17.084	17.662
	11 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0764-0586	593.434	28.753	26.278	75.928	30.756	515.220	696.851	52.125	26.945	27.516
	12 Z15299_TGre_OT47_rCTgrün_10x.JPG:0786-0630	485.096	28.980	21.313	91.596	29.275	566.473	721.129	79.380	20.681	25.147
TG li Tracer											
OT	Label	Area	Major	Minor	Angle	Feret	FeretX	FeretY	FeretAngle	MiniFeret	dmin+dmax/2
36	1 Z15299_TGli_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0172-0514	692.879	36.181	24.383	44.564	40.061	448.682	169.043	44.091	26.704	30.282
	2 Z15299_TGli_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0215-0459	813.345	38.262	27.066	62.981	40.622	401.926	212.202	62.301	28.226	32.664
	3 Z15299_TGli_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0464-0435	634.668	49.118	16.452	170.725	49.225	366.858	415.413	170.538	17.824	32.785
	4 Z15299_TGli_OT36_rWGAgrün_10x.JPG:0444-0616	1.009.000	41.429	31.010	148.021	44.424	535.901	389.337	144.058	31.427	36.220

VI. Danksagung

Mit dem Abschluss dieser Arbeit gilt mein Dank all jenen, die mich in jeglicher Art und Weise auf diesem Weg unterstützt haben.

Prof. Dr. Jens Waschke möchte ich für die Möglichkeit zur Anfertigung meiner Doktorarbeit an der Anatomischen Anstalt der LMU München danken.

Besonders möchte ich mich bei meinen Betreuerinnen Prof. Dr. Anja Horn-Bochtler und Dr. Karoline Lienbacher für die Überlassung des Themas, für das entgegengebrachte Vertrauen, die konstruktive Kritik und die uneingeschränkte Unterstützung bedanken. Eine bessere Betreuung in jeglicher Hinsicht hätte ich mir wahrlich nicht wünschen können – vielen Dank dafür!

Weiter möchte ich Christine Unger für Ihre theoretische und praktische Hilfe sowie Ihre Geduld im Labor danken.

Dr. Miriam Barnerßoi, Dr. Christina Zeeh und MPh. Ahmed Messoudi danke ich für die tolle Unterstützung im Labor bei allen Anliegen.

Für die herzliche Aufnahme im Team möchte ich der gesamten „Oculomotoriusgroup“ danken.

Mein tiefster Dank gilt meiner Familie und meinem Freund – ohne Ihre allgegenwärtige Unterstützung, Liebe, Kraft und Rückendeckung wäre dieser Werdegang so nicht möglich gewesen.

Besonderer Dank gilt meinen Eltern. Von ganzem Herzen danke ich Euch, dass Ihr immer an mich glaubt und es mir ermöglicht, meine Träume zu verwirklichen.

VII. Eidesstattliche Versicherung

Jennifer Carolin Kirch

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

„Trigeminale Afferenzen zu den äußeren Augenmuskeln des Rhesusaffen, die Calbindin, Osteopontin oder Calcitonin-Gene-Related Peptide enthalten“

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 03.06.2022

Jennifer Carolin Kirch