
IV.2. Elektronenmikroskopische Untersuchungen: Morphologie der Riechnervenhüllen bei Säuger und Vogel

Die Ergebnisse der Elektronenmikroskopie sind bei Ratte, Katze, Huhn und Taube weitgehend übereinstimmend. Es werden daher erst die Verhältnisse bei den beiden Säugern, dann die Unterschiede bei den Vögeln beschrieben; die Abbildungen folgen gesondert in einem dritten Teil, um die tierartlichen Unterschiede und Gemeinsamkeiten übersichtlicher darstellen zu können.

IV.2.1. Ratte und Katze

Im Bereich der Siebbeinplatte endet das Cavum leptomeningicum kurz vor dem Austritt aus der Schädelhöhle. Pia und Arachnoidea verschmelzen und bilden das Endoneurium der Riechnerven. Das Neurothel legt sich dicht an die Nerven an und geht kontinuierlich in das Perineuralepithel über. In diesem Bereich können artefizielle Spalträume entstehen, die bei oberflächlicher Betrachtung den Eindruck erwecken, das Cavum leptomeningicum würde sich über die Siebbeinplatte hinaus fortsetzen. Die Dura mater schlägt sich rostral der Lamina cribrosa auf das Periost derselben um bzw. verliert sich im Bindegewebe der Riechschleimhaut; ein bindegewebiges Perineurium ist um die Riechnerven herum bestenfalls auf den ersten Millimetern ausgeprägt.

Das Perineuralepithel hat zunächst noch eine Stärke von mehreren Zelllagen, wird aber mit der Aufzweigung der Riechnerven immer dünner, bis schließlich nur noch eine Zelllage übrigbleibt. Diese kann kurz vor dem Eintritt der Nerven in das Riechepithel diskontinuierlich werden oder völlig verschwinden. In der Nähe solcher kleiner Nervenäste finden sich häufig Lymphgefäße, die z.T. engen Kontakt mit dem dünnen Perineuralepithel haben.

Unterhalb des Perineuralepithels befindet sich ein Spaltraum, der bei der Ratte fast keine, bei der Katze mäßig viele Kollagenfasern enthält. Dieser Spalt ist als der eigentliche Perineuralraum zu bezeichnen. Er ist meist nur kapillär ausgeprägt, kann aber schrumpfungsbedingt geweitet sein. SCHWANNsche Zellen mit einer Vielzahl von Axonen liegen bei der Ratte dem Perineuralepithel unmittelbar an und werden untereinander von sehr zarten Bindegewebszügen des Endoneuriums getrennt.

Bei der Katze ist das Endoneurium etwas stärker und faserreicher; daher ist auch der Perineuralraum mit mäßig vielen Kollagenfasern angefüllt. Zwischen SCHWANNschen Zellen und dem Bindegewebe bzw. dem Perineuralepithel ist bei beiden Tierarten eine kontinuierliche Basalmembran ausgebildet. Somit bilden der Interzellularraum des Endoneuriums und der Perineuralraum bzw. -spalt ein Kontinuum.

Innerhalb einer Schwannschen Zelle liegt eine Vielzahl von Axonen in mehreren Taschen. Diese Taschen werden von den dünnen Ausläufern der Schwannschen Zelle gebildet. Zwischen den Axonen einer Tasche gibt es keine erkennbare Struktur, die eine Isolierung der Axone voneinander bewirken könnte.

Die Aufzweigung der Riechnerven schreitet so lange voran, bis eine einzelne Schwannsche Zelle, umgeben von einer Basalmembran und ggf. einem einschichtigen Perineuralepithel, verbleibt. Der Nervenast befindet sich nun unmittelbar vor dem Eintritt in das Riechepithel. Die Basalmembran des Nervenastes ist kontinuierlich mit der des Epithels. Sobald die Axone das Epithel erreicht haben, endet ihre Umhüllung durch Schwannsche Zellen.

IV.2.2. Huhn und Taube

Eine Lamina cribrosa fehlt beim Vogel, so dass ein paariger Nervus olfactorius als markloser Nerv die Schädelhöhle verlässt und nach einem kurzen Durchtritt durch die Orbita im Canalis nervi olfactorii bis zur Nasenhöhle verläuft, um sich erst dort entsprechend den Verhältnissen beim Säuger aufzuzweigen.

Die Dura mater setzt sich bei den untersuchten Vogelarten als fibröses Perineurium bis zum Eintritt in die Nasenhöhle fort. Im Canalis nervi olfactorii ist das Perineurium mit dem Endost verschmolzen. Das Perineuralepithel, das auch bei Huhn und Taube aus dem Neurothel hervorgeht, ist mehrschichtig und in der Dicke einheitlich bis zum Erreichen der Nasenhöhle.

Der Perineuralraum enthält deutlich mehr kollagene Fasern als bei der Ratte und erscheint dadurch weiter. Auch das von Arachnoidea und Pia mater gebildete Endoneurium ist faserreicher als bei Ratte und Katze, so dass eine deutlichere Bündelung der Fila olfactoria

erkennbar wird. Ein einzelnes Filum enthält nicht so viele Axone wie bei den beiden Säugern. Von der Taube stand nur die Riechschleimhaut zur Verfügung; in diesem Bereich schienen bei den durch Schlachtung getöteten Hühnern aufgrund von Materialschwächen die Befunde unsicher, konnten aber durch das perfusionsfixierte Material der Taube verifiziert werden.

Damit erscheint der ultrastrukturelle Aufbau der meningealen Hüllen der Riechnerven und der Riechschleimhaut bei Säuger und Vogel sehr ähnlich, nur dass beim Vogel stärkere Kollagenfaserbildung auftritt und ein in seinen Hüllen den Spinalnerven ähnlicher, paariger Nervus olfactorius „zischengeschaltet“ ist, während beim Säuger eine Vielzahl von Nervi olfactorii durch die Lamina cribrosa direkt in die Lamina propria der Riechschleimhaut gelangt.

IV.2.3. Abbildungen

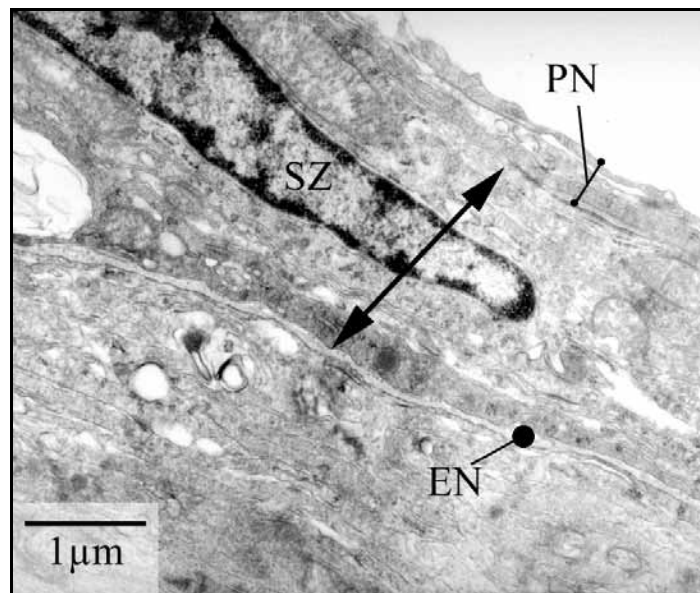


Abb. 42: Längsschnitt durch einen Riechnervenast in der Riechschleimhaut der Ratte. Der große *Doppelpfeil* durchmisst eine Riechnervenfaser. *EN* Endoneurium, *PN* Perineuralepithel, *SZ* Kern einer SCHWANNschen Zelle.

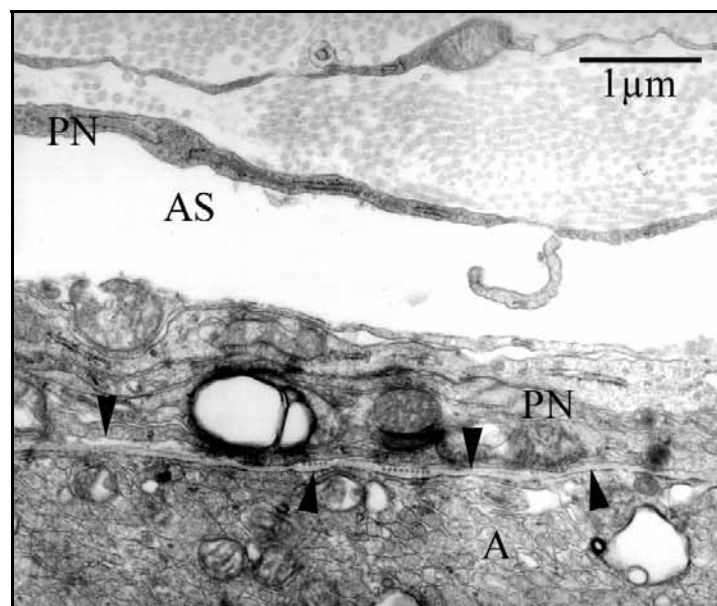


Abb. 43: Hüllen eines Riechnervenastes in der Riechschleimhaut der Ratte. *A* Axone des Nerven, *AS* artifizieller Spaltraum, entstanden durch Zerreibungen innerhalb des Perineuralepithels *PN*. Dieser große Spaltraum ist nicht mit dem unterhalb des Perineuralepithels gelegenen, engen und mit nur wenigen Kollagenfasern gefüllten Perineuralspalt zu verwechseln (*Pfeilköpfe*), welcher allein die funktionelle Fortsetzung des Cavum leptomeningicum darstellt.

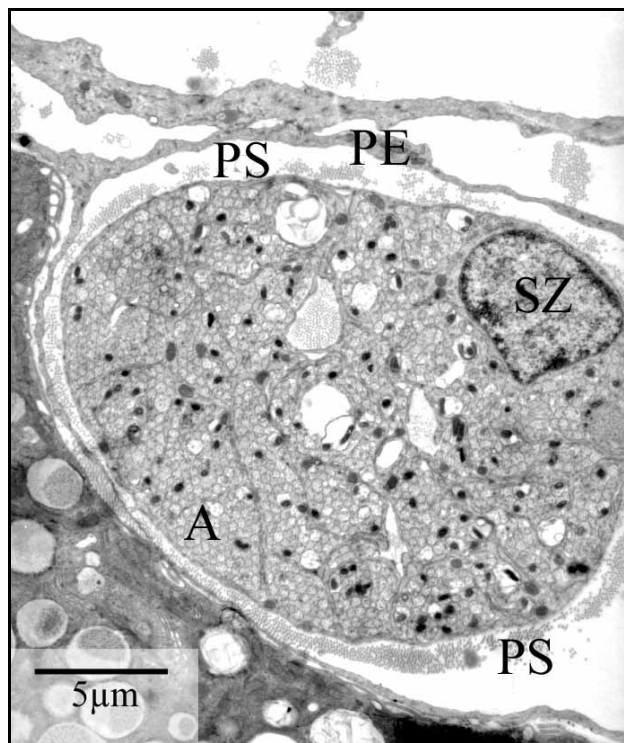


Abb. 44: Querschnitt eines Nervus olfactorius in der Riechschleimhaut der Katze. Die Ausläufer der SCHWANNschen Zelle (Kern: SZ) sind als dunkelgraue Linien um die Bündel aus Axonen (A) deutlich zu erkennen. Zur Peripherie hin bezeichnet PE das Perineuralepithel, PS den darunter gelegenen Perineuralspalt, in dem sich die Basalmembran befindet. Er ist bei der Katze etwas weiter als bei der Ratte. Die ihn anfüllenden Kollagenfibrillen sind als feine Punkte zu erkennen und machen seine Zugehörigkeit zum Endoneurium deutlich.

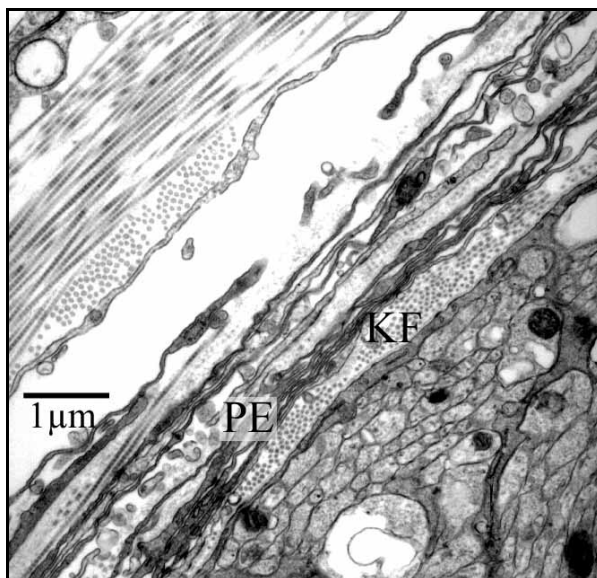


Abb. 45: Stärkere Vergrößerung der Hüllen eines ähnlichen Riechnervenabschnittes der Katze. Gut zu erkennen sind die Ausläufer der SCHWANNschen Zelle, welche die Axonbündel auch zur Peripherie hin vollständig umschließen. Die bedeckende Basalmembran ist bei dieser Vergrößerung kaum auszumachen. Im Perineuralspalt finden sich deutlich mehr Kollagenfibrillen (*KF*) als bei der Ratte, aber weniger als beim Huhn. Die Zellen des Perineuralepithels (*PE*) sind zum Teil sehr dünn ausgezogen.

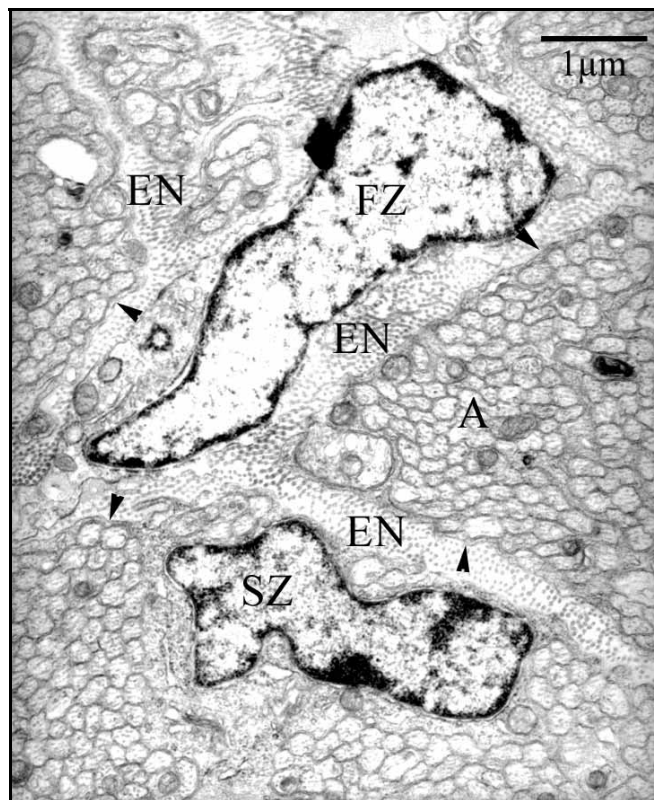


Abb. 46: Übersicht über das relativ faserreiche Endoneurium des Nervus olfactorius eines Huhns. *FZ* Fibrozyt, *A* Axone, *SZ* SCHWANNsche Zelle, *EN* Endoneurium, *Pfeilköpfe* Plasmalemm der SCHWANNschen Zelle und Basalmembran.

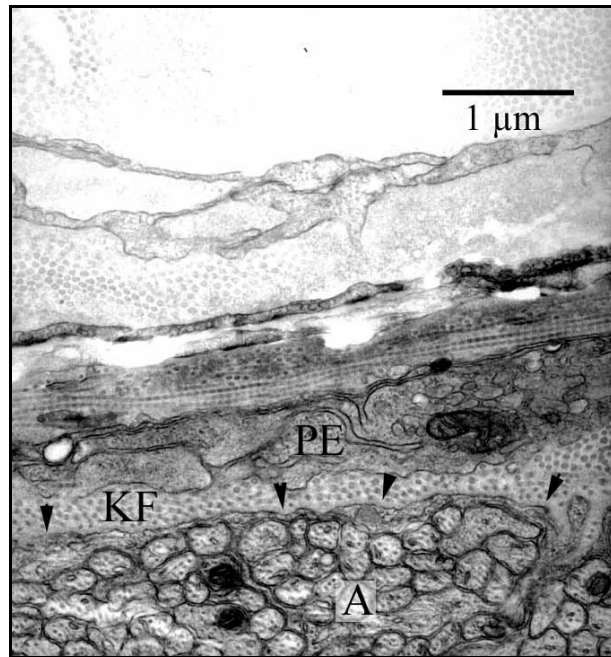


Abb. 47: Querschnitt aus dem Nervus olfactorius mit seinen Hüllen im Canalis nervi olfactorii eines Huhns. Die Axone A liegen dicht gedrängt in den SCHWANNschen Zellen; die *Pfeilköpfe* bezeichnen die Basalmembran am perineuralen Spaltraum, in dem reichlich Kollagenfasern KF liegen. Dem folgt das Perineuralepithel PE mit wenig faserigem Perineurium. Das peripher zum Knochenkanal angrenzende Bindegewebe ist präparationsbedingt zerrissen.

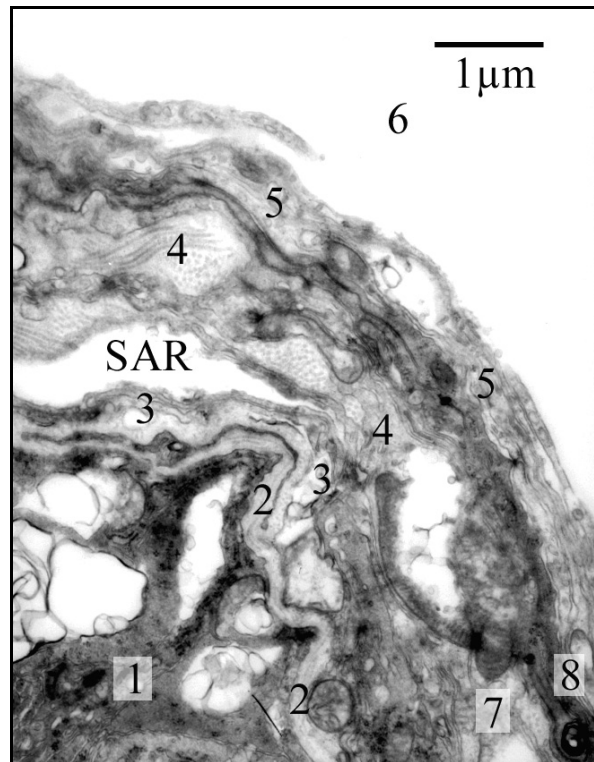


Abb. 48: Enger Ausschnitt aus der Übergangszone direkt hirnsseitig an der Lamina cribrosa einer Ratte. 1 Riechnervenast, 2 Basalmembran, 3 Pia und innere Arachnoidea, 4 retikuläre Arachnoidea, 5 Neurothel, 6 artezieller Spaltraum innerhalb des zerrissenen Neurothels („Subduralraum“), 7 Endoneurium aus Pia mater und Arachnoidea, 8 Perineuralepithel aus Barrierschicht und Neurothel. Das Cavum leptomeningicum (*CL*) konnte im Präparat als sich stetig weitender Raum nach links verfolgt werden.

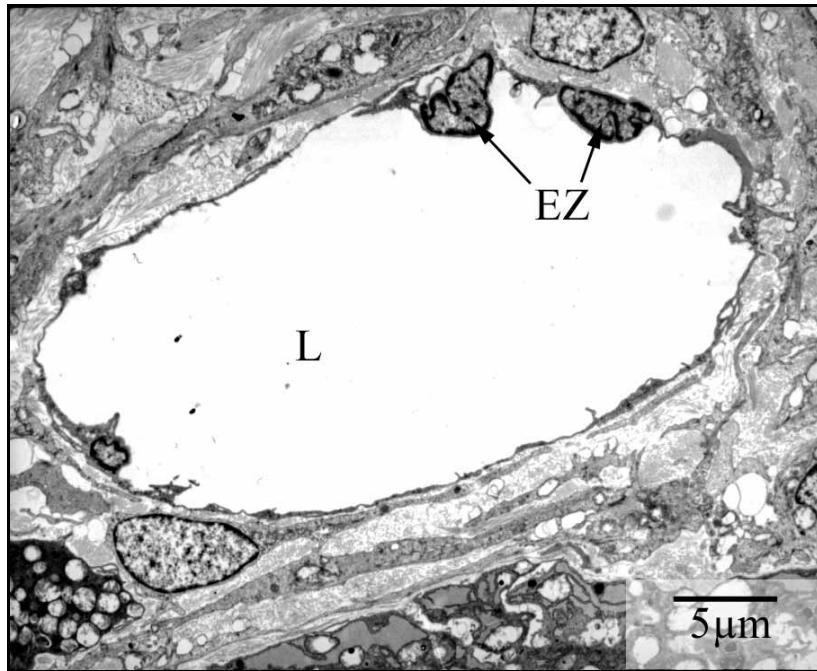


Abb. 49: Lymphgefäß in der Nasenschleimhaut einer Ratte. Derartige Lymphgefäße sind häufig nahe an Riechnervenästen zu finden, können aber auch in größerem Abstand zu ihnen vorkommen. *EZ* Kerne der Endothelzellen, *L* Lumen.

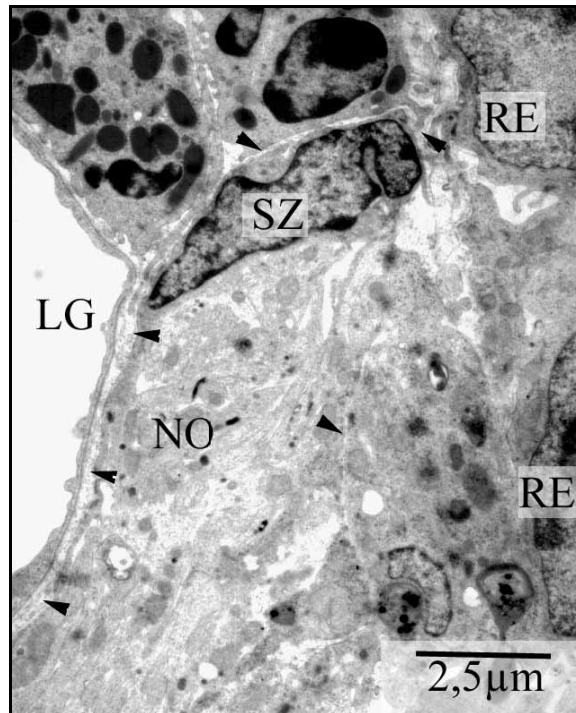


Abb. 50: Ein kleiner olfaktorischer Nervenast (*NO*) direkt unterhalb des Riechepithels (*RE*) einer Taube. Die SCHWANNsche Zelle (Kern: *SZ*) ist die einzige Umhüllung der Axone; ein Perineuralepithel fehlt. Neben dem Nervenast liegt ein Lymphgefäß (*LG*). Die Basalmembran (*Pfeilköpfe*) ist als unregelmäßiges Band zu erkennen.

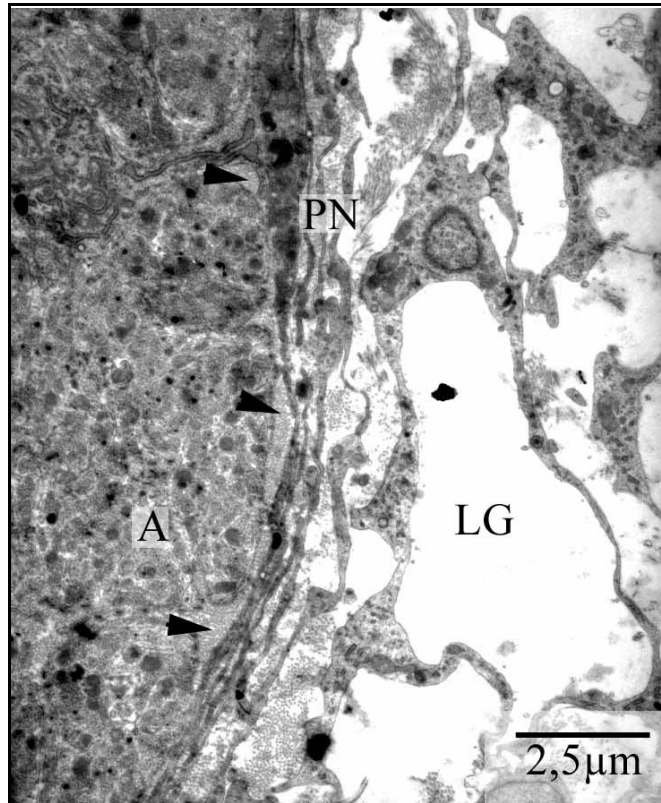


Abb. 51: Lymphgefäß (*LG*) neben einem großen Riechnervenast in der Riechschleimhaut einer Taube. Das Perineuralepithel (*PN*) ist nur 3-4 Zellagen dick. Der Perineuralspalt (*Pfeilköpfe*) ist mit reichlich Kollagenfasern angefüllt.