

Die Lunge erhält ihre Nerven aus zwei verschiedenen Quellen, einerseits vom Nervus vagus, andererseits vom sympathischen Nervensystem. Beide bilden zusammen am Lungenhilus den Plexus pulmonalis anterior und posterior und von beiden aus ziehen die Nerven im Verein mit den Bronchien und den Vasa pulmonalia in die Lungen hinein, und sind auf diesem Wege eine Strecke weit auch präparatorisch zu verfolgen. Da es sich bei diesen Nerven vorwiegend um sympathische handelt, so sind natürlich auch Ganglienzellen in mehr oder minder reichlicher Zahl in ihre Zweige eingeschaltet, und ich will einige Beobachtungen über die Verhältnisse dieser sympathischen Ganglien bei den Säugetieren und dem menschlichen Fötus mitteilen.

Die sympathischen Ganglien in der Lunge wurden von Remak (1) im Jahre 1844 entdeckt. Krause (2), F. E. Schulze (3), Toldt (4) bestätigen die von Remak gemachte Entdeckung, ohne dieselbe jedoch zu erweitern. Koelliker (5) vervollständigt die Angaben Remaks erheblich, indem er die periphere Endigung der Ganglien führenden Bronchialnerven-äste angiebt: „Sie lassen sich bis nahe an die Enden der Bronchien verfolgen“. Die Untersuchungen von Retzius (6) erstrecken sich nur auf die Endigung der Nervenfasern, nicht auf die Ganglien der Lunge und sind mittelst der Golgi-Methode ausgeführt.

Die Untersuchungen wurden dann auf verschiedene Tier-species ausgedehnt und auch die Lokalisation der Ganglien in



Die Lunge erhält ihre Nerven aus zwei verschiedenen Quellen, einerseits vom Nervus vagus, andererseits vom sympathischen Nervensystem. Beide bilden zusammen am Lungenhilus den Plexus pulmonalis anterior und posterior und von beiden aus ziehen die Nerven im Verein mit den Bronchien und den Vasa pulmonalia in die Lungen hinein, und sind auf diesem Wege eine Strecke weit auch präparatorisch zu verfolgen. Da es sich bei diesen Nerven vorwiegend um sympathische handelt, so sind natürlich auch Ganglienzellen in mehr oder minder reichlicher Zahl in ihre Zweige eingeschaltet, und ich will einige Beobachtungen über die Verhältnisse dieser sympathischen Ganglien bei den Säugetieren und dem menschlichen Fötus mitteilen.

Die sympathischen Ganglien in der Lunge wurden von Remak (1) im Jahre 1844 entdeckt. Krause (2), F. E. Schulze (3), Toldt (4) bestätigen die von Remak gemachte Entdeckung, ohne dieselbe jedoch zu erweitern. Koelliker (5) vervollständigt die Angaben Remaks erheblich, indem er die periphere Endigung der Ganglien führenden Bronchialnerven-äste angiebt: „Sie lassen sich bis nahe an die Enden der Bronchien verfolgen“. Die Untersuchungen von Retzius (6) erstrecken sich nur auf die Endigung der Nervenfasern, nicht auf die Ganglien der Lunge und sind mittelst der Golgi-Methode ausgeführt.

Die Untersuchungen wurden dann auf verschiedene Tier-species ausgedehnt und auch die Lokalisation der Ganglien in

der Bronchialwand in Betracht gezogen. Reitz (7) sah bei Kaninchen Nervenzellen im Bindegewebe zwischen den Drüsen, besonders deutlich war ihre Ähnlichkeit mit den Nervenzellen hinter den Knorpeln. Verson (8) fand bei Hunden und Katzen Ganglienzellen hinter der Ringmuskulatur, keine solchen in der Schleimhaut. Von neueren Arbeiten in dieser Richtung ist besonders die von Kandarazki (9) zu nennen; er untersuchte Frosch, Kaninchen, Schaf, Katze, Hund und Mensch. Über die Ganglien des Bronchialbaumes des Hundes bringt er nichts Neues. Bei einem nicht vollständig ausgetragenen menschlichen Fötus fand er die Teilungsstelle der Trachea und der Bronchien 1.—3. Ordnung förmlich mit Ganglien besät. Hier will er auch Ganglien in der Schleimhaut zwischen den Drüsen gefunden haben. Kandarazki beschränkt sich in seinen Untersuchungen auf Trachea und Bronchien 1.—3. Ordnung. Hervorzuheben ist nur seine Behauptung, Ganglienzellen kommen beim menschlichen Fötus in der Schleimhaut vor.

Die neuesten Mitteilungen auf dem Gebiete der Lungeninnervation kommen von Berkley (10), auf diese möchte ich etwas näher eingehen.

Er untersuchte die Lungen der Maus, der grauen und weissen Ratte und des Kaninchens mittelst der raschen Golgi-Methode und der Pikrin-Essigsäure-Osmium-Bichromatmodifikation. Er nimmt einen reichen peribronchialen und einen subepithelialen Plexus an; beide sind an den grösseren Bronchien bis zu denen 2.—3. Ordnung ausgebildet. In den kleinsten Bronchien, in denen die Muskularis stark reduziert ist, ist nur noch ein Plexus vorhanden. In beiden Plexus hat er zahlreiche Anschwellungen und örtliche Verdickungen der Nerven gesehen, aber Ganglien in der Submukosa konnte er nicht mit Sicherheit nachweisen. Von Wichtigkeit ist ferner die von ihm in seinem Resumé aufgestellte Behauptung, dass die Hauptnervenstämme den Bronchialarterien folgten und nur wenige kleine dem Bron-

chus selbst zu eigen seien. Er setzt sich dadurch in Gegensatz zu den Beobachtungen von Remak (1), Krause (2), Koelliker (5), F. E. Schulze (3), Toldt (4), die alle übereinstimmend betonen, dass die Nerven mit den Bronchien verlaufen und ihnen eigen seien. Überhaupt hat Berkley nur wenige wirkliche Ganglienzellen um die Bronchien gesehen, aber häufig wieder diese örtlichen Anschwellungen in beiden Plexus. Für die wahrscheinliche Bedeutung seiner „Varicosities and enlargements“ giebt er wörtlich folgende Erklärung: That the nodal enlargements found in the paths of the nerve fibres coming from the terminal arborization in the epithelium of the smaller bronchial tubes, act the part of intermediate transmitters of sensory impressions from the epithelial surface of the air tubes, as in some of the organs of special sense, to other nerve cells in more distant localities, is possible, as they bear the same relation to the nerve termination of the bronchi as the nerves of sensation do to their intermediate ganglionic cells, but the structure of the nodes is so hidden by the dense silver precipitate, it is extremely difficult to decide, if they are simply large swellings of the nerve fibres, or actual cell-like enlargements provided with nucleus and nucleolus. Their size and smooth outline is however against the first supposition“.

Man sieht hieraus, dass Berkley seine „nodal enlargements and varicosities“ nicht befriedigend deuten kann, sodass die Annahme berechtigt erscheint, es möge sich hier wohl um in die Nervenbahn eingelagerte Ganglienzellen handeln, deren Charakter als Ganglienzellen festzustellen, ihm jedoch infolge seiner Methode unmöglich war; er hätte sich zur Entscheidung dieser Frage wohl am besten noch einer anderen Methode der Darstellung der Ganglienzellen, sei es auch nur der einfachen Doppelfärbung mit Hämalaun-Eosin bedient.

Es sind also die Angaben der Autoren recht verschieden.

Remak hat die sympathischen Ganglien in der Lunge entdeckt.

Über ihre Lage bestehen noch grosse Meinungsverschiedenheiten. Reitz sah Nervenzellen bei Kaninchen im Bindegewebe zwischen den Drüsen, Kandarazki will Ganglien in der Schleimhaut gefunden haben, Verson nur hinter der Ringmuskulatur (vergl. Reitz, Verson, Kandarazky), sogar wird die Zugehörigkeit der ganglienführenden Nerven zum Bronchus selbst in Zweifel gezogen (Berkley).

Natürlich kann man a priori annehmen, dass die Verhältnisse bei den verschiedenen Tieren schon etwas verschieden sein werden, jedoch stehen die Angaben hinsichtlich des Vorkommens und der Lage der Ganglien auch bei ein und demselben Tier nicht in Übereinstimmung. Vor allem dreht es sich bei den genannten Autoren um die Frage: „Kommen Ganglienzellen innerhalb der Schleimhaut der Bronchien vor?“, die von dem einen bejaht, von dem anderen verneint wird und andererseits darum: „Haben die Bronchien überhaupt eigene Nerven oder werden ihnen nur solche von den Nerven der begleitenden Gefässe, besonders der Arteria pulmonalis abgegeben?“ Als Grundlage zu den folgenden Untersuchungen will ich eine Einteilung der Bronchialwand in ihre Schichten geben, um jeden eventuellen Missverständnissen direkt vorzubeugen.

Als „Schleimhaut“ des Bronchus bezeichne ich nach dem Vorgange von F. E. Schulze (3) und Krause (2) den Teil der Bronchialwand vom Epithel bis zur Muskulatur, wobei die Ringmuskulatur als zur Schleimhaut gehörig, d. h. als *Muscularis mucosae* aufgefasst wird. Es folgt alsdann „die Submucosa“ die sich bis zu den Knorpelstücken erstreckt, hierauf die Knorpelzone als solche und nach aussen von ihr das peribronchiale Bindegewebe. Bei den nicht mehr knorpelhaltigen Bronchien geht natürlich die Submucosa ohne scharfe Grenze in das peribronchiale Bindegewebe über. Bei meinen Untersuchungen ging ich von folgenden Fragen aus:

1. Kommen sympathische Ganglien an den Bronchien überhaupt vor?

2. Wo liegen dieselben in der Bronchialwand? a) Kommen auch Ganglien in der Schleimhaut der Bronchien vor? b) Ist ihre Lage in der Bronchialwand bei knorpelhaltigen und knorpelfreien Bronchien verschieden?

3. Wie gross sind die Ganglien? unter Berücksichtigung der Zahl und Grösse der Ganglienzellen.

4. Wie weit erstreckt sich die periphere Verbreitung der Ganglien am Bronchialbaum bei den verschiedenen Species? Liegen auch Ganglien im Lungengewebe selbst?

5. Giebt es am Bronchialbaum gewisse Prädilektionsstellen für das Vorkommen von Ganglien?

6. Kommen Verschiedenheiten der Ganglien bei den verschiedenen Species vor?

7. Auf welchen Wegen gelangen die ganglienführenden Nerven zu den Bronchien?

8. Ist die Behauptung richtig, dass die Bronchien keine eigenen Nerven besitzen, sondern dass ihnen nur Nervenäste von den Nerven der begleitenden Gefässe, besonders der Arteria pulmonalis abgegeben werden?

Zur Untersuchung gelangten die Lungen von Maus, Meerschweinchen, Kaninchen, Igel, Hund und einem menschlichen Fötus aus dem Ende des 7. Schwangerschaftsmonates. Dieselben wurden alle in Müller-Formol gehärtet und die Bronchien dabei mit der Härtingsflüssigkeit injiziert. Bei einem Teil der Objekte, Meerschweinchen, Kaninchen und menschlichem Fötus wurde nun später der Bronchialbaum eines Lappens herauspräpariert, als Kontrollpräparat jedoch ein anderer Lungenlappen im ganzen geschnitten. Sämtliche Objekte wurden mittelst Hämalaun im Stück gefärbt, in Paraffin eingebettet und in vollständige Schnittserien zerlegt. Die Schnittserien wurden nachher auf dem Objekt-

träger mit Eosin nachgefärbt. Die Schnitte wurden senkrecht zur Achse des Hauptbronchus geführt.

Zunächst möchte ich nun die Befunde von jeder der einzelnen Tierspecies angeben.

Bei der Maus wurde bei der Kleinheit des Objektes die ganze Lunge in Serienschnitte zerlegt und zwar eine Lunge in eine Serie von Querschnitten, eine andere in eine solche von Frontalschnitten. Von diesen Schnitten wurde der wichtigste Teil in Wachs modelliert.

Man sieht hier nun folgendes:

Sympathische Ganglien kommen bei der Maus nur an den grösseren Bronchien vor. Dieselben liegen stets ausserhalb der Ringmuskulatur, d. h. also in der Submukosa oder im peribronchialen Gewebe. Die grössten besitzen einen Hauptdurchmesser von 100  $\mu$  auf der Fläche und enthalten etwa 10—15 Ganglienzellen auf einer Schnittfläche. Die Grösse der einzelnen Ganglienzellen betrug 12—14  $\mu$ .

Neben derartigen grossen Ganglien kommen kleinere und kleinste vor, die durch einzelne in einen Nervenzweig eingelagerte Ganglienzellen dargestellt werden; hierbei bleibt die Grösse der Ganglienzelle ziemlich konstant. Was nun die periphere Verbreitung der Ganglien bei der Maus betrifft, so reichen dieselben bis zu den Bronchien 2. Ordnung herunter. Der kleinste Bronchus, an dem noch ein deutliches Ganglion gefunden wurde, besass einen Durchmesser (Lichtweite) von 0,35 mm. Zu bemerken ist nun, dass bei der Maus wie bei den meisten kleinen Tieren Knorpelstücke nur an dem in den Lungenlappen führenden Hauptbronchus zu finden sind und dass schon an den Bronchien I. Ordnung die Knorpel völlig fehlen. Es gehen also, was hier von Wichtigkeit ist, Submukosa und peribronchiales Gewebe direkt ineinander über. Da nun die den Bronchus begleitenden Gefässe Art. und Vena pulmonalis dem Bronchus direkt anliegen, so kann man sich mit Recht fragen, gehören

denn die Ganglien überhaupt dem Bronchus als solchem an oder nicht vielmehr den diesen Bronchus begleitenden Gefässen? Eine Frage, die, wenn man nur die Verhältnisse bei der Maus in Betracht zieht, auch nicht so leicht zu entscheiden wäre und zu deren Beantwortung auch noch folgende Überlegungen von Wert sein dürften. Nämlich vor allem die Frage: Giebt es Prädilektionsstellen für das Vorkommen von Ganglien am Bronchialbaum? Diese muss man mit ja beantworten. Als Prädilektionsstellen für das Vorkommen der Ganglien erweisen sich nämlich einmal die Berührungsstellen zwischen Art. pulmonalis und Bronchus, ferner zwischen Vena pulmonalis und Bronchus und die Bronchialteilungen selbst. Man findet nämlich gerade an diesen Stellen mit Vorliebe die Ganglien lokalisiert. Die grössten Ganglien kommen an den Bronchialteilungen vor, wie dies auch natürlich erscheint, da hier gleichsam eine Centrale für den Abgang der Nerven geschaffen wird.

Ferner finden sich etwas kleinere Ganglien an den Berührungsstellen zwischen Art. pulmonalis bzw. Vena pulmonalis und Bronchus; auch hier mit Vorliebe an den Stellen, wo kleine Seitenästchen vom Hauptbronchus abgehen.

Die Erklärung, warum an diesen Stellen mit Vorliebe Ganglien vorkommen, giebt uns der Weg der Nerven in die Lunge hinein. Vom Plexus pulmonalis anterior und posterior nehmen die Nerven längs der Bronchien ihren Weg und zwar die stärkeren Stämmchen zwischen Art. pulmonalis und Bronchus, die schwächeren zwischen Vena pulmonalis und Bronchus. An den Abgangsstellen von Bronchien sind nun mit Vorliebe die Ganglien eingelagert.

Hiernach könnte man leicht den Eindruck gewinnen, dass die Hauptstämmchen doch vielleicht mehr Beziehungen zu den Gefässen als zum Bronchus besitzen. Doch möchte ich hierzu bemerken, dass man bei genauerer Betrachtung doch immer noch eine Schicht lockeren Bindegewebes zwischen Gefäss und

Ganglion sieht und andererseits, dass die Ganglien dicht an der Ringmuskulatur des Bronchus zu finden sind. Zugeben will ich, dass bei der Maus bei der Kleinheit der hier bestehenden Verhältnisse, eine genaue Entscheidung der Frage auf Grund dieses Untersuchungsobjektes wohl zu schwierig wäre. Deshalb müssen hierzu noch die Befunde an anderen Species herangezogen werden.

Wenden wir uns nun einem anderen Nager, dem Meerschweinchen zu. Da die Lungen dieses Tieres viel grössere Dimensionen aufweisen, so wurde einmal der Bronchialbaum eines Lungenlappens und als Kontrollobjekt ein anderer Lungenlappen im ganzen in eine senkrecht zur Achse des Hauptbronchus geführte, vollständige Schnittserie zerlegt. Auffallend war hier von vornherein der Mangel an Ganglien, selbst an den grösseren Bronchien. In der vollständigen, sich über einen ganzen Lungenlappen erstreckenden Schnittserie wurde nur zweimal ein Ganglion gefunden. Das eine lag an der Berührungsstelle zwischen Arteria pulmonalis und Bronchus, das andere fand sich an einer Bronchialteilung bei einem Bronchus 1. Ordnung. Mithin also auch hier wieder an den oben genannten Prädilektionsstellen für das Vorkommen von Ganglien. Beide waren ausserhalb der Knorpelstücke, also im peribronchialen Gewebe gelegen. Sie zeigten eine Grösse von 60—70  $\mu$ , enthielten auf der Schnittfläche etwa 5—6 deutlich multipolare Ganglienzellen, deren jede etwa 14  $\mu$  gross war. Der Durchmesser des Bronchus (Lichtweite) betrug 0,7 mm.

Zu bemerken ist noch, dass die Ganglien dicht hinter den Knorpeln lagen und von der Arteria pulmonalis etwa 0,3 mm entfernt waren. Ein Zweifel über ihre Zugehörigkeit zum Bronchus kann in diesem Falle also nicht bestehen. Von einem Vorhandensein selbst vereinzelter Ganglienzellen nach innen von den Knorpelstücken, zwischen ihnen und Ringmuskulatur, also in der Submukosa, oder gar in der Schleimhaut, war nichts zu be-

merken. Wohl fanden sich zahlreiche Nervenfasern in der Submukosa in Begleitung kleiner Blutgefässe laufend, aber stets ohne eingelagerte Ganglienzellen. Die Untersuchung der nicht mehr knorpelführenden Bronchien auf Ganglien war ebenfalls negativ. Der Weg der Nerven längs des Bronchialbaumes war derselbe wie bei der Maus.

Ganz ähnlich wie beim Meerschweinchen stellen sich die Befunde beim 3. Vertreter der Nager, dem Kaninchen, dar, wenn auch die Zahl der Ganglien etwas grösser ist wie beim Meerschweinchen. Wie dort sind auch hier die Ganglien ebenfalls nur an den grösseren, noch knorpelhaltigen Bronchien zu finden, und zwar sind sie gewöhnlich im peribronchialen Gewebe gelegen, jedoch muss erwähnt werden, dass auch Ganglienzellen zwischen den Knorpeln, sowie auch an ihrer Innenseite gefunden wurden, jedoch immer deutlich ausserhalb der Ringmuskulatur d. h. also in der Submukosa. Ganglien in der Schleimhaut vermochte ich nicht zu entdecken. Die Ganglien liessen auf dem Durchschnitt gewöhnlich 2—3 Ganglienzellen erkennen. Das grösste Ganglion enthält 8—10 Ganglienzellen auf dem Durchschnitt und hatte einen Durchmesser von etwa  $70 \mu$ ; die einzelne Ganglienzelle einen solchen von  $16-20 \mu$ . Auch waren die Bronchialteilungen sowie die Berührungsstellen zwischen Art. pulmonalis bezw. Vena pulmonalis und Bronchus wieder die Prädilektionsstellen für das Vorkommen der Ganglien. An den kleinen nicht mehr knorpelhaltigen Bronchien war kein Ganglion vorhanden. Der Durchmesser des kleinsten Bronchus (Lichtweite), an dem noch ein deutliches Ganglion gefunden wurde, betrug 2 mm.

Diesen Nagern mit einer relativ geringen Zahl von Ganglien am Bronchialbaum stehen nun Vertreter anderer Ordnungen mit zahlreichen Ganglien gegenüber und möchte ich die Verhältnisse bei einem Insektivoren, dem Igel, näher besprechen. Das die grösseren knorpelhaltigen Bronchien umspinnende starke Nervengeflecht enthält beim Igel zahlreiche Ganglien, die ein-

zeln oder in Gruppen in die Nervenstämme eingelagert sind und die grösseren Bronchien in ziemlich gleichmässiger Verteilung rings umgeben. An diesen Bronchien sind auf einem Querschnitt fast stets 3—4 Ganglien zu finden. Die grösste Anzahl der Ganglien haben ihre Lage im peribronchialen Gewebe, doch werden auch Ganglien in den Lücken zwischen den Knorpelstücken und ebenfalls solche in der Submukosa, wenn auch den erstgenannten gegenüber in geringerer Zahl, gefunden. Ganglienzellen in der Schleimhaut, d. h. nach innen von der Ringmuskulatur nachzuweisen, gelang mir nicht. Wohl kommen Ganglienzellen zwischen den Drüsen vor, besonders in der Nähe des Fundus, doch liegen diese Drüsen nicht mehr in der Mukosa, sondern haben die Ringmuskulatur durchbrochen und sich in der Submukosa ausgebreitet. Man trifft die submukösen Ganglien stets neben kleinen Vasa bronchialia gelegen, sie enthalten meist 2—3 Ganglienzellen, doch kommen auch etwas grössere vor. Auch die Grösse der peribronchialen Ganglien ist recht verschieden, gewöhnlich finden sich auf einer Schnittfläche eines peribronchialen Ganglions etwa 3—4 Ganglienzellen, grössere peribronchiale Ganglien, die bis zu 10 Ganglienzellen auf der Schnittfläche zeigen, findet man an den Berührungsstellen zwischen Arteria pulmonalis und Bronchus, etwas kleinere aus 4 bis 6 Ganglienzellen bestehend, an denen zwischen Vena pulmonalis und Bronchus. Besonders grosse Ganglien wiesen dagegen wiederum die Bronchialteilungen auf, hier waren 12—14 Ganglienzellen auf einer Schnittfläche zu sehen. Die grössten Ganglien hatten einen Durchmesser von  $100 \mu = 0,1 \text{ mm}$ , der Durchmesser der einzelnen Ganglienzelle betrug ungefähr  $20 \mu$ . Über diese Prädilektionsstellen für das Vorkommen von Ganglien, ihr Verhältnis zueinander und den Grund, weshalb gerade an ihnen mit Vorliebe Ganglien sich finden, habe ich mich schon bei der Maus ausgelassen. Beim Igel finden sich auch in dieser Beziehung also, wie gesagt dieselben Verhältnisse. Dieselben

sind hier aber wegen der grösseren Zahl und Mächtigkeit der nervösen Elemente deutlich in die Augen springend und waren mir deshalb als Kontrolle für die bei der Maus gemachten Angaben sehr wertvoll. Nur möchte ich hier an dieser Stelle noch auf den Einwurf eingehen, dass die von mir als peribronchiale bezeichneten Ganglien überhaupt nicht den Bronchien, sondern vielmehr den Gefässen angehören, eine Frage, von der ich erwähnte, dass ihre definitive Entscheidung bei der Maus sehr schwer sei. Bei den grösseren Tieren, schon beim Meer-schweinchen und Kaninchen trat der Abstand zwischen Gefäss und peribronchialen Ganglien deutlich hervor, und hier beim Igel sieht man auch, dass die peribronchialen Ganglien einerseits deutlich durch eine starke Bindegewebsschicht von den Gefässen getrennt sind, und andererseits unmittelbar hinter den Knorpelstücken bzw. zwischen ihnen liegen, Tatsachen, die auch durch die Befunde am Hunde und Menschen bestätigt werden. Für die submukösen Ganglien ist die Sache ja überhaupt klar. Verfolgt man nun beim Igel die periphere Ausbreitung der Ganglien, so zeigt sich hier ein deutlich anderes Verhalten wie bei den Nagern, indem die periphere Verbreitung der Ganglien am Bronchialbaum beim Igel eine viel weitgehendere ist, als bei den genannten Nagern. Beim Igel sind Ganglienzellen zu finden so lange der betreffende Bronchus noch eine wohlausgebildete, in sich geschlossene Ringmuskulatur besitzt. Auch an den knorpelfreien Bronchien treten die obengenannten Stellen wieder als bevorzugte für das Vorkommen der Ganglien hervor. Meist sieht man an den kleinen Bronchien auf dem Schnitte nur 1 Ganglienzelle, doch kommen auch 3—4 vor. Sie liegen deutlich ausserhalb der Ringmuskulatur, dicht unterhalb derselben. Der kleinste Bronchus, an dem noch ein Ganglion bemerkt wurde, besass einen Durchmesser (Lichtweite) von ungefähr 0,1 mm.

Als Vertreter der Raubtierklasse wurde nun der Hund unter-

sucht. Beim Hunde findet man an den grossen Bronchien mächtige Ganglien, die 20, 30, 40 und mehr Ganglienzellen auf einer Schnittfläche enthalten und eine Grösse von 0,2—0,5 mm erreichen, in das peribronchiale Gewebe dicht hinter den Knorpeln eingelagert. Die Grösse der einzelnen Ganglienzelle betrug etwa 20  $\mu$ . 2—3 derartige Ganglien sieht man auf der Schnittfläche des Hauptbronchus.

Auch hier treten die Bronchialteilungen wieder als Prädiaktionsstellen in den Vordergrund, sowohl für das Vorkommen als auch für die Mächtigkeit der genannten Ganglien, und ebenso behaupten die Berührungsstellen zwischen Arteria pulmonalis bzw. Vena pulmonalis und Bronchus ihren Platz an 2. bzw. 3. Stelle. Hervorzuheben ist nun beim Hunde besonders der Umstand, dass in der Submucosa der grossen Bronchien Ganglienzellen nicht gefunden wurden, auch nicht in den Lücken zwischen den Knorpelstücken, ein Verhalten, das dem beim Kaninchen sowie beim Igel und beim menschlichen Embryo vollständig entgegengesetzt ist, dem bei der Maus und dem Meer-schweinchen dagegen völlig entspricht. Die Form der Ganglien ist beim Hunde eine ausgesprochen spindelförmige und zwar läuft die Achse der Spindel dem Längendurchmesser des Bronchus parallel. Die Spindelform ist manchmal so ausgeprägt, dass man die Zellen geradezu in zwei, einander parallelen, Reihen in den Nerven eingelagert findet. Was die periphere Ausbreitung der Ganglien anbelangt, so waren sie nur an noch knorpelhaltigen Bronchien zu finden, der kleinste derselben hatte einen Durchmesser von 0,3 mm.

Über die Verhältnisse beim Menschen gab die Untersuchung der Lunge eines Fötus aus dem 7. Monate der Schwangerschaft Aufschluss. Die Schnittserie des Bronchialbaumes zeigt, dass die nervösen Elemente in grosser Masse vorhanden sind. In die mächtig entwickelten Nerven sind zahlreiche, grosse Ganglien eingelagert. Diese grossen Ganglien sind peribronchiale, liegen

um die Hauptbronchen, teilweise in Abständen von nur 0,35 bis 0,5 mm. Die peribronchialen Ganglien zeichnen sich durch ihre mächtige Grösse aus, sie enthalten 10, 20 und mehr Ganglienzellen auf der Schnittfläche und betrug ihr längster Durchmesser bis zu 0,16 mm. Die Teilungsstellen der Bronchien 1.—3. Ordnung findet man stets mit diesen grossen peribronchialen Ganglien reichlich besetzt. Jedoch muss ich bemerken, dass die Berührungsstellen zwischen Arteria pulmonalis bezw. Vena pulmonalis und Bronchus nicht in dem Masse wie bei den Tieren als Prädilektionsstellen für das Vorkommen von Ganglien hervortreten. Die Form der peribronchialen Ganglien ist eine ovale. Diesen peribronchialen Ganglien schliesst sich nun noch eine 2. Gruppe von Ganglien, die submukösen Ganglien, an. Dieselben stellen grosse, wohlausgebildete Ganglien dar, die in den Lücken zwischen den Knorpelstücken sowie nach innen von denselben liegen. Die Schnittserie zeigt, dass diese Ganglien mit den grossen ausserhalb der Knorpel gelegenen Ganglien durch Nervenfasern zusammenhängen, wie ja auch zu erwarten war. Sie sind kleiner als die peribronchialen Ganglien, doch beträgt ihr längster Durchmesser bis zu 80  $\mu$ . Die Ganglienzellen sind ungefähr 16  $\mu$  gross im Durchmesser. Die submukösen Ganglien finden sich also stets ausserhalb der Ringmuskulatur. Sie liegen mitunter ganz nahe dem Fundus der Trachealdrüsen oder zwischen diesen sogar. Doch kann ich mich der Behauptung Kandarazkis (3), dass Ganglien beim menschlichen Fötus in der Schleimhaut der Bronchien zu finden seien, nicht anschliessen. Bemerken will ich noch dazu, dass Kandarazki den Begriff dessen, was er unter „Schleimhaut“ versteht, in seinen Arbeiten nicht scharf definiert. Ausserdem hat er hauptsächlich an Zupfpräparaten untersucht, an denen eine genaue Lokalisierung der gefundenen Ganglien nicht ausführbar ist. Dass Ganglien zwischen den Drüsen vorkommen, habe ich kurz vorher erwähnt, aber diese Drüsen liegen gar nicht mehr

in der Schleimhaut, sondern haben die Ringmuskulatur durchbrochen und sich in der Submukosa ausgebreitet, wo sie sogar manchmal bis zwischen die Knorpelspangen sich erstrecken. Doch möchte ich an dieser Stelle noch einen Befund erwähnen, der den Untersucher auf den ersten Blick doch zu der Annahme verleiten könnte, dass Ganglien in der Schleimhaut doch vorkämen. Es fand sich nämlich an einem grossen Bronchus ein starkes Ganglion dicht unterhalb des „Bronchialepithels“ (wie es schien), nur 40  $\mu$  von demselben entfernt, gelegen. Zwischen dem genannten Ganglion und dem „Epithel“ fanden sich nur wenige Bindegewebsfasern und keine Ringmuskulatur. Man würde also auf den ersten Blick hin sagen: „das Ganglion liegt zweifelsohne in der „Schleimhaut“, besonders mit Rücksicht auf die im Anfang gegebene Definition „Schleimhaut“, nach der alles Gewebe zwischen Bronchialepithel und Ringmuskulatur als Schleimhaut zu bezeichnen ist. Nun stellen sich bei der Durchforschung der folgenden Schnitte der Serie doch einige begründete Bedenken gegen diese Annahme ein. Man sieht nämlich, dass einerseits die Ringmuskulatur an beiden Enden sich doch noch ein kleines Stück zwischen Ganglion und „Epithel“ einschleibt und andererseits erkennt man bald, dass es sich an der genannten Stelle nicht direkt um das Bronchialepithel selbst, sondern um den Ausführungsgang einer Bronchialdrüse handelt, der hier seitlich angeschnitten wurde, und dessen Verbindung mit der zugehörigen Bronchialdrüse sich auf der Schnittserie ergibt. Da nun wie bekannt, die Bronchialdrüsen die Ringmuskulatur durchbrechen und sich in der Submukosa ausbreiten, so ist das Bild leicht erklärt. Das Ganglion liegt auch hier wieder in der Submukosa und es erscheint uns nur, einerseits wegen seiner Lage dicht unterhalb des vermeintlichen Bronchialepithels, (das sich aber in Wirklichkeit als Drüsenausführungsgang erwies,) andererseits wegen des Fehlens der Ringmuskulatur an dieser Stelle, (das eben durch den Durchbruch der Drüse die Ring-

muskulatur hervorgerufen wurde), in der Schleimhaut zu liegen. In Wirklichkeit liegt es in der Submukosa. Was nun die periphere Ausbreitung der Ganglien betrifft, so fanden sich nur an den noch knorpelhaltigen Bronchien, fehlten dagegen den nicht mehr knorpelhaltigen. Das am weitesten peripherwärts gefundene Ganglion befand sich an der Abgangsstelle eines nicht mehr knorpelführenden von einem noch knorpelhaltigen Bronchus und lag ausserhalb des an der Teilungsstelle gelegenen Knorpelstückes, war also ein peribronchiales Ganglion. Der Durchmesser dieses Bronchus betrug 0,3 mm. Überhaupt liegen an den kleinsten knorpelhaltigen Bronchien die Ganglien stets ausserhalb der Knorpel, sind also peribronchial, submuköse Ganglien waren nicht mehr wahrzunehmen, wohl aber noch Nervenfasern in der Submukosa. Die submukösen Ganglien reichen also nie soweit peripherwärts wie die peribronchialen, der kleinste ein submuköses Ganglion enthaltende Bronchus hatte einen Durchmesser von 0,7 mm. Das Ganglion enthielt zwei Ganglienzellen. Die an den kleinsten Bronchien noch vorkommenden peribronchialen Ganglien enthielten immer noch 4—6 Zellen auf der Schnittfläche, hatten eine grösste Ausdehnung von ungefähr 60  $\mu$ , das peripherwärts am weitesten vorgeschobene Ganglion bestand aus vier Ganglienzellen und besass einen Durchmesser von 40  $\mu$ . Hinsichtlich des Verlaufes der Nervenstämmchen, die die submukösen Ganglien enthalten, ist noch zu bemerken, dass man sie stets in Begleitung kleiner Vasa bronchialia trifft, während die stärkeren Stämme im peribronchialen Gewebe genau denselben Weg längs der Bronchien nehmen, wie es bei den Tieren der Fall ist. An den knorpelfreien Bronchien finden sich noch Nerven vor. Dieselben begleiten diese Bronchien, meist zwei oder drei auf einem Querschnitt, ausserhalb der Ringmuskulatur ziehend und lassen sich bis zum Anfang der Bronchioli verfolgen. Um sie weiter peripherwärts zu verfolgen, bedarf es jedoch feinerer Methoden wie der von mir angewandten Hämalaun-Eosinfärbung.

Wir können also auf Grund unserer Untersuchungen feststellen, dass sympathische Ganglien am Bronchialbaum der sämtlichen untersuchten Tiere vorkommen. Doch sind sie in Bezug auf Grösse, Zahl, Lage und periphere Verbreitung bei den verschiedenen Tierspecies grossen Verschiedenheiten unterworfen. Bei den Nagern sind die Ganglien im ganzen spärlich, beim Igel, beim Hunde und dem menschlichen Fötus ihre Zahl eine verhältnismässig bedeutend grössere und schon bei oberflächlicher Untersuchung auffallend. Wir können im allgemeinen zwei Gruppen von Ganglien unterscheiden :

- a) peribronchiale Ganglien,
- b) submuköse Ganglien.

In Bezug auf das Vorkommen der letzteren treten bei den einzelnen Species starke Verschiedenheiten hervor. Submuköse Ganglien finden sich beim Kaninchen, Igel und menschlichem Fötus, besonders gut ausgebildet bei letzterem, zwischen oder am Fundus der Bronchialdrüsen liegend, beim Hunde und Meerschweinchen waren keine vorhanden. Es scheint also, dass das Vorkommen submuköser Ganglien mit der Zahl und Mächtigkeit der nervösen Elemente nicht direkt in Zusammenhang steht, da ein relativ ganglionarmes Tier wie das Kaninchen dieselben besitzt, während sie an dem ganglienreichen Bronchialbaum des Hundes nicht zu finden waren. Die Ganglien der Maus fasse ich als peribronchiale auf. Die Grösse der peribronchialen Ganglien ist verschieden.

Der Durchmesser des grössten Ganglions auf der Schnittfläche betrug:

bei der Maus	100 $\mu$
beim Meerschweinchen	70 „
beim Kaninchen	70 „
beim Igel	100 „
beim Hunde	0,5 mm
beim menschlichen Fötus	0,16 „

Der Durchmesser der einzelnen Ganglienzelle ungefähr:

bei der Maus	12—14 $\mu$
beim Meerschweinchen	14 „
beim Kaninchen	16—20 „
beim Igel	20 „
beim Hunde	20 „
beim menschlichen Fötus	16 „

Die submukösen Ganglien waren kleiner, die Grösse ihrer Ganglienzellen aber dieselbe wie bei den peribronchialen. Aus dieser Zusammenstellung ersieht man, dass die Grösse der peribronchialen Ganglien sich nicht nach der Grösse des betreffenden Tieres richtet. Die Grösse der einzelnen Ganglienzelle ist bei den untersuchten Tieren ziemlich konstant. Über die Form der Ganglien möchte ich noch anführen, dass dieselbe gewöhnlich leicht spindelförmig ist und dass die Längsachse der Spindel im allgemeinen der Längsachse des Bronchus entspricht. Am ausgesprochensten findet man die Spindelform beim Hunde, am undeutlichsten beim menschlichen Embryo.

Was nun die periphere Verbreitung der peribronchialen Ganglien am Bronchialbaum anbetrifft, so möchte ich hier die Durchmesser der kleinsten Bronchien, an denen noch Ganglien gefunden wurden, nebeneinanderstellen. Derselbe betrug (Lichtweite gemessen):

bei der Maus	0,35 mm
beim Meerschweinchen	0,7 „
beim Kaninchen	2,0 „
beim Igel	0,1 „
beim Hunde	0,3 „
beim menschlichen Fötus	0,3 „

Ein Blick auf diese Tabelle zeigt gleich wie verschieden auch in dieser Beziehung das Verhalten bei den einzelnen Tieren ist. Am weitesten peripherwärts reichen sie beim Igel, dem einzigen grösseren Tiere, bei dem sich Ganglien auch an nicht

mehr knorpelführenden Bronchien auffinden liessen, während dies bei keinem anderen Tiere (natürlich aus den obengenannten Gründen von der Maus abgesehen) sonst der Fall war. Die geringste periphere Ausbreitung der Ganglien am Bronchialbaum zeigt das Kaninchen, und auch beim Hunde und dem menschlichen Fötus gehen sie nicht soweit peripherwärts wie nach ihrer mächtigen Entwicklung an den grösseren Bronchien wohl zu erwarten wäre. Die submukösen Ganglien reichen bei den Species, die solche besitzen, nie so weit peripherwärts als die peribronchialen. Dies wird schon durch den Umstand begründet, dass an den kleinen knorpelfreien Bronchien der ganze submuköse Plexus in den peribronchialen aufgenommen wird, also nur noch ein Plexus existiert, den wir als peribronchialen bezeichnen müssen (vergl. Berkley [10]). Nun sind auch die peribronchialen Ganglien nicht gleichmässig am Bronchialbaum verteilt, sondern sie liegen hauptsächlich an der Teilungsstelle der Bronchien, ebenso an den Berührungsstellen zwischen Arteria pulmonalis bezw. Vena pulmonalis und Bronchus. Dies sind die Stellen, an denen man bei ganglienarmen Tieren z. B. Maus und Meerschweinchen überhaupt nur Ganglien findet. Die Erklärung, dass und warum diese Stellen Prädilektionsstellen sind, wurde oben im Texte gegeben und liegt in dem Wege, den die Nerven bei ihrem Verlaufe in die Lunge hinein nehmen, begründet. Gegenüber dem Einwurf, dass die Hauptmasse der Nerven überhaupt nicht den Bronchien, sondern vielmehr den Gefässen angehören, wie Berkley (10) behauptet, halte ich daran fest, dass die ganglienführenden Nerven dem Bronchialbaum zu eigen sind aus den oben angeführten Gründen. Über die Zugehörigkeit der submukösen Ganglien zum Bronchus kann ein Zweifel wohl nicht bestehen. Nun zu den Angaben der genannten Autoren. Eine Bestätigung der Behauptung Kandarazkis, dass Ganglienzellen in der Schleimhaut der Bronchien vorkommen, habe ich nicht gefunden und glaube auch nicht,

dass dieselbe sich aufrecht erhalten lässt; zumal da ich annehme, dass dieselbe auf falscher Interpretation solcher Bilder, in denen man Ganglien zwischen den Drüsen liegen sieht, zurückzuführen ist. Die Angaben von Remak, Koelliker, F. E. Schulze, Toldt und Krause entsprechen den von mir erhobenen Befunden; besonders auch in Bezug auf den Verlauf der Nerven und ihrer Zugehörigkeit zum Bronchialbaum, nicht zur Arteria pulmonalis wie Berkley behauptet. Nun noch ein Wort über die „Varicosities and nodal enlargements“ des genannten Autors. Ich halte dieselben nach seiner ganzen Beschreibung für nichts anderes wie für Ganglien, die sich im submukösen und peribronchialen Plexus fanden und deren gangliöser Charakter ihm nur infolge seiner Methode (hidden by the dense silver precipitate) verborgen blieb. Über ihren wahren Charakter wäre er wohl nicht mehr lange im Zweifel geblieben, wenn er eben zur Kontrolle noch eine andere Methode angewandt hätte. Denn es ist nur aus der ausschliesslichen Anwendung der Golgi-Methode zu erklären, dass er bei Mäusen und Kaninchen Ganglienzellen hinter den Muskeln nicht gesehen hat.

Kurz zusammengefasst sind also die Resultate dieser Arbeit folgende:

1. Sympathische Ganglien kommen am Bronchialbaum der Säuger und des menschlichen Fötus vor.
2. Ihre Zahl, Grösse und Form ist bei den verschiedenen Tierspecies verschieden.
3. Der Lage nach kann man peribronchiale und submuköse Ganglien unterscheiden.
4. Bei der Maus, dem Meerschweinchen und dem Hunde kommen nur peribronchiale, beim Kaninchen, Igel und dem menschlichen Fötus peribronchiale und submuköse Ganglien vor.
5. Sympathische Ganglien kommen in der eigentlichen Schleimhaut nie vor, ebenfalls nicht im Lungengewebe selbst.

6. Die periphere Ausbreitung der peribronchialen Ganglien am Bronchialbaum ist bei den verschiedenen Tieren total verschieden.

7. Die submukösen Ganglien reichen nie soweit peripherwärts wie die peribronchialen und sind auch stets kleiner als diese.

8. Prädilektionsstellen für das Vorkommen und die Grösse der peribronchialen Ganglien sind die Bronchialteilungen und die Berührungsstellen zwischen Arteria pulmonalis bzw. Vena pulmonalis und Bronchus.

9. Die ganglienführenden Nerven gehören stets dem Bronchus selbst, nicht der Arteria pulmonalis bzw. Vena pulmonalis an. Zum Schlusse möchte ich noch die Frage aufwerfen: „Steht das Vorkommen von Ganglien vielleicht in Beziehung zu der feineren Reaktion der Bronchialmuskulatur auf verschiedene Reize?“

---

## Litteraturverzeichnis.

---

1. Remak, Neurologische Erläuterungen. Müllers Archiv 1844. S. 464.
  2. Krause, W., Allgemeine Anatomie. 1876. I. S. 204.
  3. Schulze, F. E., Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. 1871. Bd. I.
  4. Toldt, Lehrbuch der Gewebelehre 3. Aufl. 1888.
  5. Koelliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 5. Aufl. 1867.
  6. Retzius, Biologische Untersuchungen. Neue Folge V. S. 41. Kleinere Mitteilungen von dem Gebiete des Nervensystems und der Sinnesorgane.
  7. Reitz, Wiener Sitzungsberichte der mathem.-naturwissenschaftl. Klasse 1867. Bd. LV.
  8. Verson, Wiener Sitzungsbericht der mathem.-naturwissenschaftl. Klasse 1868. Bd. LVII. I. Abt.
  9. Kandarazki, M., Über die Nerven der Respirationswege. Archiv für Anatomie 1881. pag. 1—11.
  10. Berkley, Henry J. M. D., The intrinsic pulmonary nerves in mammalia in Johns Hopkins Hospital. Reports 4. 1895. S. 240.
-