Klinische und experimentelle Beiträge zur Kenntnis der akuten Lungenatelektase durch obturierenden Fremdkörperverschluß der Bronchien.

Von

Privatdozent Dr. Heller,

Oberarzt an der chirurgischen Universitätsklinik zu Leipzig¹⁾.

Mit 3 Textfiguren.

(Eingegangen am 29. November 1913.)

Die Veranlassung zu nachfolgenden experimentellen Untersuchungen über die akute Lungenatelektase durch obturierenden Fremdkörperverschluß war eine gelungene Fremdkörperextraktion, welche ich im März 1910 in der Greifswalder chirurgischen Klinik ausgeführt habe.

Anamnese: Die Daten der Krankengeschichte sind folgende:

Ein dreijähriger Knabe hatte 24 Stunden vor der Aufnahme in die Klinik eine Bohne aspiriert. Die Aspiration äußerte sich in heftigem Hustenreiz, Atemnot und Cyanose des Kindes.

Befund: Bei der Aufnahme bestand eine hochgradige Cyanose und Kurzatmigkeit. Die rechte Brustseite schleppte bei der Atmung nach und war stark eingesunken. Die ganze rechte Seite des Thorax ergab gedämpften Klopfeschall. Eine Herzdämpfung war links vom Sternum nicht nachweisbar, die linke Lunge dagegen ergab laut sonoren Schall, mit Tiefstand der unteren Lungengrenzen und Erweiterung der Lungengrenze nach rechts bis etwas über die rechte Parasternallinie hinaus. Auskultatorisch war das Atmungsgerausch rechts aufgehoben, links normal. Bei der Röntgendurchleuchtung sah man das überraschend schöne Bild einer völligen Verdunklung des ganzen rechten Lungenfeldes, in welches das Herz fast ganz auf die rechte Brustseite als dunklerer Schatten sichtbar herüber verlagert war. Die linke Lunge erschien stark gebläht und das Zwerchfell zeigte deutlichen Tiefstand (siehe Fig. 1).

Wegen der hochgradigen Cyanose wurde in Lokalanästhesie die Tracheotomia inferior ausgeführt. Im Bronchioskop sah man die Bohne fest im rechten Bronchus eingeklemt, so daß die Kuppe noch die Bifurkation überragte. Die Extraktion stieß auf keine Schwierigkeiten.

Verlauf: Nach 5 Stunden wurde eine Nachuntersuchung vorgenommen. Die rechte Lunge atmete in normaler Weise und im Röntgenbilde sieht man vollkommen normale Luftfüllung derselben, Rückverlagerung des Herzens an normale Stelle und beiderseits gleichen Zwerchfellohochstand (Fig. 2). Nach 5 Stunden war also eine vollkommene Restitution der Lungenatelektase eingetreten.

¹⁾ Die Versuche wurden gemeinsam mit Herrn Dr. Müller, damaligen Assistenzarzt der Greifswalder mediz. Klinik, begonnen, wegen räumlicher Trennung von mir fortgesetzt und abgeschlossen.

Fig. 1. Lungenatelektase 24^h nach Fremdkörperaspiration.

In diesem Fall hatte, abgesehen von dem eindeutigen physikalischen Atmungsphänomen der Befund einer kompletten Atelektase der ganzen rechten Lunge die sichere Diagnose eines obturierenden Verschlusses des rechten Hauptbronchus ermöglicht. In der Literatur der fast unüber-

Fig 2. Lösung derselben Atektase. Aufnahme 5^b nach Exstriktion des Fremdkörpers

sehbar zahlreichen Kasuistik der Fremdkörper in den Luftwegen fand ich drei von Lieblein¹⁾ beschriebene Fälle, die durchaus obiger Beo-

¹⁾ Bruns Beiträge z. klin. Chir. 1904.

bachtung entsprechen. Lieblein sah in 2 Fällen ebenfalls schon 24 Stunden nach der Aspiration eines Fremdkörpers eine komplette Atelektase des ganzen Lungenflügels. In einem dritten Fall beobachtete er eine isolierte Atelektase des rechten Unterlappens nach dreitägiger Obturation in den unteren Bronchus. Einen früheren Termin der Ausbildung einer Lungenatelektase durch Fremdkörperverschluß brachten also auch diese Fälle nicht und vollends fehlt in der kasuistischen Literatur jede Angabe über den Zeitpunkt der Rückbildung der Atelektase nach gelungener Extraktion. Lieblein berichtet nur in dem einen Fall, daß 2 Tage nach der Fremdkörperentfernung normaler Klopfeschall und Atemgeräusch über der atelektatisch gewesenen Lunge nachgewiesen wurde.

In der neusten umfassenden Bearbeitung der Bronchoskopie von Mann im Handbuch der speziellen Chirurgie des Ohres und der oberen Luftwege, Bd. IV, 1913, findet sich in der Zusammenstellung der bronchoskopisch extrahierten Fremdkörper, S. 544—559, mehrfach bei obturierenden Fremdkörpern die Angabe: „Verdunkelung des Lungenfeldes“, „Aufgehobenes Atemgeräusch“, u. dgl., ohne die ätiologische Deutung dieser Phänomene als Lungenatelektase.

Über den zeitlichen Eintritt der Lungenatelektase bei Fremdkörperverschluß der Bronchien liegen also klinische Beobachtungen beim Menschen nicht vor, ebensowenig über die Zeit, innerhalb deren nach Beseitigung des Atmungshindernisses die Atelektase zur Rückbildung kommt. Klinisch wurde eben nur der fertige Zustand gesehen. In der experimentellen Literatur finden sich jedoch wenigstens über den zeitlichen Eintritt der Lungenatelektase exakte Voruntersuchungen, die allerdings lange Zeit zurückliegen und wenig bekannt sind, nämlich Versuche von Lichtheim¹⁾ aus dem Jahre 1879. Lichtheims Versuche sind in der Absicht unternommen worden, den physiologischen Vorgang der Entstehung der Lungenatelektase zu erklären. Sie bewiesen zum ersten Male experimentell die bis dahin noch umstrittene Tatsache, daß die Lungenatelektase durch Resorption der in den Alveolen befindlichen atmosphärischen Luft auf dem Wege der Blutcapillaren erfolgt. Das Zustandekommen der kompletten Atelektase ist nach Lichtheim deshalb möglich, weil die Elastizität der Lunge so lange wirksam bleibt, bis die letzte Spur von Luft aus derselben verschwunden ist. Allerdings genügt die Elastizität der Lunge allein hierzu nicht. Das zeigt der Gehalt der einfach retrahierten Lunge an Residualluft. Es ist vielmehr das Zusammenwirken von Absorption und Elastizität der Lunge die Vorbedingung für die Entstehung der kompletten Lungenatelektase, indem die Lungenelastizität die Differenz des Gasdruckes zwischen der

¹⁾ Lichtheim, Versuche über Lungenatelektase. Archiv f. experim. Pathol. u. Pharmacol., 10, 54. 1879.

Alveolarluft und dem Blut der Lungencapillaren stets von neuem wiederherstellt. Lichtheim fand an seinen an Kaninchen ausgeführten Experimenten als 1. frühesten Termin des Eintritts kompletter Lungenatelektase 2 Stunden; 2. als Durchschnittsdauer 3 Stunden; 3. als spätesten Termin 4 Stunden. Diese Verhältnisse deckten sich im wesentlichen mit früheren bei Lichtheim zitierten Versuchen von Traube aus den Jahren 1846 und 1871, welche bei offener Pleurahöhle, also bei Pneumothorax, nach 2 Stunden komplette Lungenatelektase bei seinen Versuchstieren sah.

Die Versuche von Lichtheim wurden mit Rippenresektion und Bronchusunterbindung ausgeführt, also immerhin ein Modus, der andere Resultate ergeben konnte, als die einfache Obturation eines Bronchus, und Lichtheim hebt auch besonders hervor, daß es ihm bei seinen Versuchen nicht so auf die exakte Feststellung der wirklichen Werte als vielmehr um die Gewinnung von exakten Vergleichswerten für die Resorption zwischen der gemischten atmosphärischen Luft einerseits und je von Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff allein angekommen war, da er auf den Unterschied der Resorptionsgeschwindigkeit der verschiedenen Gasarten seine Theorie über die Atelektasenentstehung durch Resorption auf dem Wege der Blutcapillaren aufbaut.

Die Beobachtungen Traubes wurden, wie erwähnt, bei offenem Pneumothorax angestellt, also ebenfalls ein wesentlich anderer physikalischer Vorgang als eine einfache Bronchusverstopfung.

Aus diesem Grunde erschien es mir doch noch notwendig, den Zeitpunkt des frühesten Eintritts der Lungenatelektase bei einfacher Bronchusverstopfung ohne Thoraxeröffnung, also bei Nachahmung des natürlichen Vorganges derartiger Ereignisse, nachzuprüfen.

Ferner fehlen in der klinischen wie experimentellen Literatur Untersuchungen über die Rückbildungszeiten einer solchen Lungenatelektase, die keiner entzündlichen Komplikation ihre Entstehung verdankt, und glaubte ich, daß die Feststellung dieser Lösungszeit immerhin wenigstens einiges theoretisches Interesse und, wie wir am Schlusse sehen werden, auch einige praktische Bedeutung hat.

Bevor wir auf die Ergebnisse im einzelnen eingehen, möchte ich einige allgemeine Bemerkungen über die Versuchstechnik, die zur Anwendung kam, vorausschicken. Schon während der Vorversuche sah ich, daß wegen zahlreicher Verluste eine größere Anzahl von Tieren notwendig sein würde, und wählte ich hierzu, obgleich ich von vornherein lieber an größeren Tieren z. B. dem Hund experimentiert hätte, wie Lichtheim das Kaninchen. Ich machte jedoch schließlich nach Abschluß der Kaninchenversuchsreihe auch einige Kontrollversuche an großen Hunden, um den Verhältnissen des Menschen ähnlichere Ver-

gleichsobjekte zu haben. Wie ich vorausschicken möchte, hatte ich bei den größeren Tieren im wesentlichen die gleichen Ergebnisse, wie bei den kleineren Tieren, so daß ich glaube, die im Tierexperiment gewonnenen Resultate auf den Menschen übertragen zu dürfen. Ich hatte anfangs gehofft, speziell beim Hund durch Bronchusligaturen unter Zuhilfenahme der Sauerbruchschen Kammer den zeitlichen Eintritt der Lungenatelektase und auch ihre Rückbildung mit Hilfe des Röntgenverfahrens kontrollieren zu können, ich mußte mich jedoch davon überzeugen, daß gerade auf diesem Wege eine Anzahl Fehlerquellen schwer zu vermeiden ist. Es bleibt bei dem Schluß der Thoraxwunde auch bei Zuhilfenahme des Druckdifferenzverfahrens doch stets ein geringfügiger Pneumothorax zurück, und der Luftgehalt im Pleuraraum verdeckt, auch wenn er nur einen beschränkten Grad hat, immerhin das Bild der eintretenden Lungenverdichtung. Ferner entsteht bei dem Eingriff der Bronchusligaturen durch die unvermeidliche traumatische Reizung der Pleura regelmäßig ein geringer Pleuraerguß, der andererseits wiederum den Vorgang der Lungenentfaltung in gewissem Grade verschleiert. Beides fällt bei dem einfachen obturierenden Fremdkörperverschluß der Bronchien von der Trachea aus fort. Die Versuchsverhältnisse entsprechen bei dieser Ausführung dann genau dem natürlichen Vorgang der Fremdkörperaspiration.

Aber auch bei den Versuchen mit Kaninchen zeigte sich bald, daß die auf die Röntgendurchleuchtung gesetzte Erwartung, daß sich schnell und sicher durch dieselbe ein Aufschluß über die Zeit der Lungenverdichtung und der Lungenentfaltung gewinnen lasse, nicht in vollem Maße zutrifft. Die kleinen Verhältnisse erschweren die Beurteilung des Röntgenbildes sehr, wiederholte schnell hintereinanderfolgende Momentaufnahmen, wie sie für die Kontrolle der zunehmenden Verdichtung und Entfaltung der Lunge notwendig sind, verändern den Härtegrad der Röhre schnell, so daß die Bilder doch keinen ganz sicheren Vergleichswert haben. Besser als die Verwendung der Röntgenaufnahmen erwies sich die einfache Durchleuchtung der Tiere vor dem Röntgenschirm in schnell aufeinanderfolgenden Pausen. Hierbei kann man, wie uns nachfolgende Sektionen zeigten, überraschend gut den ersten Eintritt der Luft in die atelektatische Lunge beobachten. Schon ganz geringfügige Luftmengen verraten sich in einer deutlichen Aufhellung des Feldes dagegen ist es nicht möglich, vor dem Röntgenschirm genau den Zeitpunkt völliger Lungenentfaltung sicher zu beurteilen, da die lufthaltigen Lungenabschnitte noch restierende kleine atelektatische Herde vollkommen verdecken. Ich mußte mich bei der Sektion meist davon überzeugen, daß, wenn ich schon auf eine vollkommene Entfaltung der Lunge gerechnet hatte, doch noch meistens größere und kleinere atelektatische Herde vorhanden waren, wogegen ein Irrtum über den ersten

Anfang der Lungenentfaltung kaum vorkam. Deswegen habe ich die Entscheidung über den Zustand der Lungen ausschließlich nach den Sektionsergebnissen beurteilt und sowohl für den Eintritt der Lungenatelektase als auch für den Zeitpunkt der Entfaltung eine fortlaufende Serie von Sektionsversuchen angestellt.

Lichtheim hat zu seinen Verstopfungsversuchen Laminariastifte angewendet. Er berichtet über eine Reihe von Mißerfolgen durch die Entstehung eines Pneumothorax, welcher zum Teil auf der nicht verstopften Seite entstanden ist, und zwar durch Platzen der vikariierend geblähten Lunge, zum Teil aber auch auf der verstopften Seite durch Sprengen der zarten Bronchialwand infolge zu starker Quellung der Laminariastifte. Auch ich erfuhr ein gleiches und konnte mich davon überzeugen, daß der das Lumen des Bronchus in nicht gequollenem Zustande ausfüllende Laminariastift durch die Quellung dann so großen Umfang annimmt, daß man fast eine Kompression der Hilusgefäße und dadurch entstehende Versuchsfehler befürchten muß. Ferner sitzt dabei der gequollene Stift derartig fest, daß er nicht ohne schwere Zerreißung der Bronchialwand wieder herausgezogen werden kann. Ein sofortiger Exitus letalis durch doppelseitigen Pneumothorax ist die Folge (Versuch Nr. 12). Deswegen war dies von Lichtheim bevorzugte Mittel für die Versuche über die Lösung der Atelektase nicht anwendbar. Selbst für die Versuche über den zeitlichen Eintritt der Atelektase schien mir die Verwendung der Laminariastifte nicht zweckmäßig zu sein, da, wie erwähnt, durch ihre starke Quellung möglicherweise eine Kompression der Hilusgefäße und dadurch eine Störung der Luftresorption durch das zirkulierende Blut hätte eintreten können. Nach mancherlei Versuchen kam ich schließlich zur Verwendung entsprechend dicker Gummistopfen aus einer besonders weichen Gummimasse, welche ausgekocht und unmittelbar vor dem Gebrauch an einer Flamme noch leicht angebrannt wurden. Sie werden dadurch klebrig und haften sofort in dem Moment, wo sie in einen Bronchus hineingedrückt werden, so daß der Luftverschluß dadurch temporär absolut sicher wird. Sie wurden an einem dünnen Seidenfaden befestigt, von einer Tracheotomie aus mit einem Glasstab hineingestopft und ein Zug am Befestigungsfaden kontrollierte ihren festen Sitz. Bei den Versuchen über die Rückbildung der Atelektase nach Lösung der Bronchusobturation wurden die Gummistopfen an dem Seidenfaden einfach herausgezogen. Diese Versuchstechnik ist dann ohne Änderung bei den Kaninchenversuchen durchweg beibehalten worden. Bei Hunden muß man allerdings auch die elastischen Gummistopfen noch mit ganz kurzen Widerhaken versehen, da die Hunde mit ihrer außerordentlichen Respirationskraft alle nicht mit Widerhaken versehenen Fremdkörper ausnahmslos auszuhusten vermögen.

Allerdings hat auch diese Versuchstechnik mit einem nicht quellen- den Material gewisse Nachteile, die jedoch nicht für die Resultate, sondern nur für die Arbeitsmühe in Betracht kommen. Es wird doch ein Teil dieser Gummistopfen bei längerer Dauer des Versuchs ausgehustet. Die Kaninchen bringen dieselben nicht durch die enge Stimmritze hinaus, sondern ersticken durch Einklemmen derselben im Kehlkopf oder durch Aspiration des Stopfens in die andere nicht atelektatische Lunge, ein Vorgang, auf den ich zum Schlusse noch im besonderen die Aufmerksamkeit lenken muß. Nur in einer ganz geringen Zahl hatte ich Mißerfolge dadurch, daß die Stopfen doch nicht ganz dicht schlossen. In diesen Fällen tratt jedoch keine verspätete, sondern überhaupt keine Atelektase ein, so daß sich diese mögliche Fehlerquelle von selbst ausschaltet. Vor jedem Lösungsversuch wurde ferner prinzipiell eine Röntgenaufnahme und Schirmdurchleuchtung vorgenommen, um sicher zu sein, daß vor der Lösung auch tatsächlich eine feste Atelektase bestanden hatte, so daß ich auch hinsichtlich dieser Versuchsreihe vor Versuchsfehlern sicher zu sein glaube.

Wenn sich eine Lungenatelektase erst ausgebildet hat, so ist dieser Zustand bei den Kaninchen sehr leicht zu erkennen. Die Tiere sitzen meist mit etwas erhobenem Kopf, sind kurzatmig, die Schleimhäute sind leicht cyanotisch, der Rumpf zeigt infolge der Lungenretraktion eine deutliche Skoliose, konkav nach der kranken Seite, so daß man nicht nur den Zustand an sich, sondern auch die ergriffene Seite meist durch den Anblick schon diagnostizieren kann.

Vor dem Röntgenschirm genügt ein Blick, um die Verdichtung des Lungenfeldes der einen Seite, die Verlagerung des Herzens und den Zwerchfellhochstand zu erkennen (s. Fig. 3).

1. Versuchsreihe über Zeitpunkt des Eintritts der Lungenatelektase nach Bronchusverschluß.

a) Bei Kaninchen.

Nr. 1. (24. 9. 1910.) Obturationsdauer 30 Minuten.

3,07 Uhr nachm. Obturation¹⁾.

3,35 Uhr nachm. Röntgenaufnahme, kein Unterschied beider Lungen erkennbar.

3,37 Uhr nachm. Sektion.

Carotisdurchschneidung, Abklemmen der Trachea. Pleuraeröffnung unter Wasser, kein Pneumothorax.

Beide Lungen hellrosa, lufthaltig, gleich groß. Sie retrahieren sich gleichmäßig nach Entfernung der Trachealklemme und des Gummistopfens.

Nr. 2. (13. 9. 1910.) Obturationsdauer 30 Minuten.

3,10 Uhr nachm. Obturation.

3,40 Uhr nachm. Röntgenaufnahme: kein Unterschied zwischen rechts und links.

¹⁾ Genauere Beschreibung bei Versuch 12.

3,42 Uhr nachm. Sektion:

Tötung durch Nackenschlag. Abklemmen der Trachea. Rechte Lunge augenscheinlich gebläht.

Fig. 3.

Linke Lunge um etwa $\frac{1}{3}$ des Volumens der rechten Lunge verkleinert, aber noch in allen Lungenabschnitten lufthaltig. Nach Abnehmen der Trachealklemme retrahiert sich die rechte Lunge auf die gleiche Größe wie die linke.

Nr. 3. (24. 9. 10.) Obturationsdauer 1 Stunde.

3 Uhr nachm. Verschließung.

4 Uhr nachm. Röntgenaufnahme: kein erkennbarer Unterschied zwischen rechts und links.

4,06 Uhr nachm. Sektion:

Carotisschnitt, Trachealabklemmung. Pleuraeröffnung unter Wasser. Kein Pneumothorax.

Beide Lungen hellrosa, rechte vielleicht eine Spur dunkler als die linke und im Volumen etwas verringert. Nach Eröffnung der Trachea retrahiert sich die linke Lunge.

Nach der Entfernung des sehr fest im Hauptbronchus steckenden Gummistopfens retrahiert sich auch die rechte Lunge auf die gleiche Größe wie die linke. Die Farbe beider Lungen ist nun völlig gleich.

Nr. 4. (23. 7. 1910.) Obturationsdauer 1 Stunde.

3,10 Uhr nachm. Obturation.

4,09 Uhr nachm. Aufnahme.

4,10 Uhr Tötung. Kein deutlicher Unterschied zwischen rechts und links.

Sektion: Stopfen im rechten Hauptbronchus. Rechte Lunge lufthaltig, doch im Volumen etwas verkleinert.

Nr. 5. (14. 9. 1910.) Obturationsdauer 1 Stunde.

3,10 Uhr nachm. Obturation.

4,10 Uhr nachm. Aufnahme, leichte Verdunkelung des linken Lungenfeldes.

4,12 Uhr nachm. Sektion:

Nackenschlag. Nach eingetretenem Tod Abklemmen der Trachea.

Eröffnung der Pleurahöhlen, kein Pneumothorax.

Rechte Lunge normal gefärbt, scheinbar nicht gebläht.

Linke Lunge ist erheblich dunkler gefärbt als die rechte und hat kaum $\frac{1}{3}$ des Volumens der rechten Lunge. Das Lungengewebe ist in seinem Luftgehalt in hohem Grade vermindert. Umschriebene atelektatische Herde sind jedoch noch nicht vorhanden. Im ganzen ist eine gleichmäßige, sehr erhebliche Verminderung des Luftgehalts nachweisbar.

Nr. 6. (13. 9. 1910.) Obturationsdauer $1\frac{1}{2}$ Stunde.

3 Uhr nachm. Obturation.

4,29 Uhr nachm. Aufnahme, kein deutlicher Unterschied zwischen rechts und links.

4,30 Uhr nachm. Sektion:

Tötung durch Nackenschlag. Abklemmen der Trachea. Eröffnung der Pleurahöhle. Kein Pneumothorax.

Linke Lunge ist etwas weniger voluminös als die rechte, aber noch in allen Teilen lufthaltig.

Nach Abnahme der Trachealklemme retrahieren sich beide Lungen in geringem Grade, die linke jedoch weniger, da sich die Retraktion nur auf den Oberlappen beschränkt.

Der Gummistopfen sitzt nämlich im linken Unterbronchus. Nach seiner Entfernung fällt auch der Unterlappen noch deutlich zusammen. Er ist gleichmäßig lufthaltig, doch ist die Größe des Unterlappens gegenüber dem freigebliebenen Oberlappen schon etwas verringert.

Nr. 7. (22. 9. 1910.) Obturationsdauer $1\frac{1}{2}$ Stunde.

3,37 Uhr nachm. Obturation.

5,05 Uhr nachm. Röntgenaufnahme: deutliche Verdunkelung des rechten Lungenfeldes.

5,07 Uhr nachm. Sektion:

Carotisschnitt. Abklemmen der Trachea. Linke Lunge lufthaltig, gebläht, über doppelt so groß als die rechte. Die rechte Lunge ist atelektatisch. Bei der Palpation fühlt man kein Luftknirschen. Unter Wasser entweichen aus dem Querschnitt keine Luftblasen mehr. Doch hat die rechte Lunge noch nicht die ganz dunkelbraune Farbe und leberartigste Konsistenz, wie sie bei länger bestehender Atelektase regelmäßig beobachtet wird.

Nr. 8. (22. 9. 1910.) Obturationsdauer 2 Stunden.

3,20 Uhr nachm. Obturation.

5,30 Uhr nachm. Röntgenaufnahme: scheinbar völlige Verdunkelung des rechten Lungenfeldes.

5,31 Uhr nachm. Sektion:

Carotisschnitt. Nach Aufhören der Zuckungen Abklemmen der Trachea. Kein Pneumothorax. Linke Lunge lufthaltig, retrahiert sich nach Abnahme der Trachealklemme.

Die rechte Lunge ist partiell atelektatisch, die Randpartien sind noch lufthaltig. Ihr Volumen ist stark verringert. Nach Lösung des Gummistopfens, der sehr fest sitzt, retrahiert sich die rechte Lunge nicht weiter.

Nr. 9. (18. 11. 1910.) Obturationsdauer 2 Stunden.

3,40 Uhr nachm. Obturation.

5,40 Uhr nachm. Tötung durch Nackenstich. Nach Aufhören der Zuckungen Abklemmen der Trachea. Sektion unter Wasser. Kein Pneumothorax. Rechte Lunge gebläht.

Linke Lunge im Oberlappen lufthaltig. Der Gummistopfen sitzt im Unterlappenbronchus und läßt den Oberlappenbronchus frei. Der Unterlappen ist zur Hälfte atelektatisch. Der obere Teil zeigt feste Atelektase. Im unteren Teil, namentlich den Randpartien, finden sich noch keilförmige lufthaltige Herde.

Nr. 10. (17. 11. 1910.) Obturationsdauer 2 Stunden.

4,40 Uhr nachm. Obturation.

6,40 Uhr nachm. Tötung durch Nackenstich. Abklemmen der Trachea nach Aufhören der Atmung. Sektion unter Wasser, kein Pneumothorax. Rechte Lunge vikariierend gebläht. Linke Lunge vollkommen atelektatisch.

Nr. 11. (22. 9. 1910.) Obturationsdauer $2\frac{1}{2}$ Stunden.

3,30 Uhr nachm. Obturation.

6 Uhr nachm. Röntgenaufnahme: Vollkommene Verdunkelung des rechten Lungenfeldes, Herzverlagerung. Zwerchfellhochstand.

6 Uhr nachm. Sektion:

Carotisschnitt. Abklemmen der Trachea. Linke Lunge lufthaltig.

Rechte Lunge komplett atelektatisch, leberartig. Bei Aufblasen der atelektatischen Lunge füllt sich zunächst der Oberlappen mit Luft und nimmt eine hellrosa Farbe an, dann der Mittellappen, schließlich auch der Unterlappen.

Der Lufteintritt in die Lunge erfolgt in der Weise, daß zunächst kleine hirsekorn- bis linsengroße rosa gefärbte Stellen an der Lungenoberfläche sichtbar werden in recht unregelmäßiger Verteilung. Ihre Zahl vermehrt sich, sie fließen zusammen, bis schließlich zusammenhängende größere Lungenabschnitte lufthaltig sind. Isolierte Herde, Randpartien und Flächen zwischen den Lungenlappen bleiben noch atelektatisch braun. Bevor auch diese letzten Reste stärkerem Druck weichen, platzt die Lunge an einzelnen Stellen.

Nr. 12. (12. 7. 1910.) Obturationsdauer 4 Stunden.

7,30 Uhr früh Tracheotomie. Querschnitt der Haut und Trachea (die quere

Trachealincision erleichtert die Instrumenteinführung sehr). Die Entfernung der Tracheotomie bis zur Bifurkation mißt $4\frac{1}{2}$ cm.

Einführen eines Laminariastiftes, am Seidenfaden befestigt, der Stift ist mit einem Nadelstück, welches die Oberfläche ein wenig überragt, armiert. Beim Passieren der Bifurkation ein Hustenstoß, dann wird der Stift durch einen schnappenden Atemzug aspiriert und sitzt sofort so fest, daß leichter Zug am Haltefaden ihn nicht löst. Naht der Trachea mit 2 Seidenfäden.

Zeiten:

a) 8 Uhr früh Bronchusobturation.

b) 12 Uhr vorm. Röntgenaufnahme. Platte zeigt: Rechte Lunge atelektatisch. Das Herz ist ganz nach rechts verlagert. Die linke Lunge ist gebläht, das linke Zwerchfell steht tief.

c) 12,15 Uhr vorm. Stopfen wird herausgezogen. Er folgt sehr schwer, so daß die Trachea stark aus dem Thorax herausgerissen wird. Der Stift ist mindestens um das Doppelte gequollen und dicker als die Trachea selbst.

Das Tier stirbt 6 Minuten später unter Zeichen der Erstickung. Sektion: Doppelter Pneumothorax durch Zerreißen des Bronchus und Zerreißen des Mediastinum.

Rechter Unterlappen atelektatisch. Der Stopfen hat, dem Aussehen der Schleimhaut nach zu urteilen, im rechten Unterlappen des Bronchus gesessen. Der rechte Ober- und Mittellappen sind lufthaltig. Die linke Lunge ist lufthaltig.

Nr. 13. (15. 9. 1910.) Obturationsdauer 4 Stunden.

7,50 Uhr vorm. Obturation.

11,50 Uhr vorm. Röntgenaufnahme: Völlige Verdunkelung des rechten Lungenfeldes, Herzverlagerung, Zwerchfellhochstand.

11,50 Uhr vorm. Sektion:

Tötung durch Nackenschlag. Abklemmen der Trachea.

Linke Lunge ist hellrosa, deutlich gebläht.

Rechte Lunge ist völlig atelektatisch, leberartig braun und derb.

Nr. 14. (14. 7. 10.) Obturationszeit 6 Stunden.

Tracheotomie. Verstopfung mit Gummistopfen, der an Seidenfaden befestigt ist. Durch leichten Zug wird das Festsitzen des Stopfens kontrolliert.

Zeiten:

6,55 Uhr vorm. Obturation.

8,10 Uhr vorm. Röntgenaufnahme: Deutliche Schatten, Herzverlagerung.

9,25 Uhr Röntgenaufnahme: ganz dichter Schatten.

1,25 Uhr nachm. Röntgenaufnahme: Schatten nicht mehr dichter geworden.

Tod zwischen 1—2 Uhr nachts.

Sektion: Pleurahöhlen unter Wasser eröffnet, kein Pneumothorax.

Rechte Lunge normal lufthaltig.

Linke Lunge vollkommen atelektatisch, leberfarben und leberartig derb, nicht knirschend, auch unter dem Wasser läßt sich keine Luft aus dem Querschnitt herausdrücken.

Der Gummistopfen sitzt am Eingang des linken Hauptbronchus und ragt noch ein wenig in die Trachea hinein, ohne ihn zu verlegen. Er folgt auf leichten Zug. Hinter dem Stopfen kein Sekret.

Nr. 15. (15. 9. 10.) Obturationszeit $8\frac{1}{2}$ Stunden.

7,28 Uhr vorm. Obturation.

3,45 Uhr nachm. Aufnahme: Völlige Verdunkelung des linken Lungenfeldes.

3,45 Uhr nachm. Sektion.

Tötung durch Nackenschlag.
Abklemmen der Trachea.
Rechte Lunge hellrosa lufthaltig.
Linke Lunge vollständig atelektatisch.

Nr. 16. (25. 11. 1910.) Obturationszeit etwa 10 Stunden.
25. 11. um 7,40 Uhr nachm. Obturation.
26. 11. früh 8 Uhr tot aufgefunden, noch warm. Komplette Atelektase der rechten Lunge, kein Pneumothorax.

Nr. 17. (23. 7. 1910.) Obturationsdauer 12 Stunden.
12,50 Uhr nachm. Obturation.
Tod nach etwa 12 Stunden.
Sektion: Vollkommene Atelektase der linken Lunge.

Nr. 18. (23. 7. 1910.) Obturationsdauer 12 Stunden.
23. 7. 1910, 1,10 Uhr nachm. Obturation.
24. 7. 1910 etwa nach 12 Uhr tot gefunden.
Sektion: Atelektase der rechten Lunge.

Nr. 19. (14. 9. 1910.) Obturationsdauer 17 Stunden.
14. 9. 1910, 3,02 Uhr nachm. Obturation.
15. 9. 1910, 7,50 Uhr vorm. Aufnahme: Völlige Verdichtung des linken Lungenfeldes.

8 Uhr vorm. Sektion:
Tötung durch Nackenschlag.
Abklemmen der Trachea.
Rechte Lunge normal lufthaltig.
Sie retrahiert sich nach Abnahme der Trachealklemme.
Linke Lunge vollkommen atelektatisch, von leberartiger Farbe und Konsistenz.

Nr. 20. (27. 11. 1910.) Obturationszeit 24 Stunden.
27. 11. 1910 11,15 Uhr vorm. Obturation.
28. 11. 1910, 11 Uhr vorm. Tod (während der Röntgenaufnahme).
Feste Atelektase der rechten Lunge.

b) Beim Hund.

(Gleichzeitig ein Versuch über die Rückbildung der Lungenatelektase.)

Nr. 21. (2. 12. 1910.) Großer schottischer Schäferhund.
3,45 Uhr nachm. Operation: Morphium-Äthernarkose. Brauerscher Überdruckapparat. Thorakotomie links. Bei geblähter Lunge wird eine Klemme an den linken Hauptbronchus gelegt.

Naht der Thoraxwand.
4,45 Uhr nachm. Durchleuchtung: Linke Seite noch hell.
5,45 Uhr nachm. Durchleuchtung: Links tiefer Schatten.
6,45 Uhr nachm. Durchleuchtung: Schatten nicht mehr dichter geworden.
Nur an der oberen Thoraxapertur sieht man auf aufrechter Körperhaltung Luftgehalt infolge eines geringfügigen Pneumothorax.
6,50 Uhr Röntgenaufnahme: zeigt das gleiche.

3. 12. 1910, 12 Uhr vorm. Röntgenaufnahme: Der Pneumothorax scheint etwas geringer geworden zu sein und der Lungenschatten ist infolgedessen noch etwas dunkler.

3,45 Uhr nachm. Thorakotomie: Linke Lunge vollkommen atelektatisch, liegt als brauner leberartiger Körper von Halbf Faustgröße in der Tiefe des Thorax.

Druckdifferenz mit Brauerischem Überdruckapparat: Entfernung der Bronchusklemme. Bei 4 cm Wasserdruck bleibt infolge der zu geringen Druckdifferenz Pneumothorax bestehen. Die linke Lunge liegt noch immer als leberartiger, braunrot gefärbter fester Körper komplett atelektatisch in der Tiefe des Thorax. Beobachtung etwa $\frac{1}{4}$ Stunde. Während dieser Zeit bleibt das Aussehen der Lunge absolut unverändert.

Erhöhung der Druckdifferenz auf 8 cm Wasserdruck. Nunmehr steigt die Oberfläche der linken Lunge bei der Expiration bis an die Thoraxwand heran. Bei der inspiratorischen Thoraxerweiterung sinkt sie etwas zurück. Etwa 5 Minuten bleibt das Aussehen der Lunge auch jetzt noch unverändert. Dann beginnen hier und da isolierte, linsengroße hellrosa gefärbte Stellen aufzuschießen. Die Zahl derselben mehrt sich schnell. Sie konfluieren und nehmen schließlich größere zusammenhängende Flächen ein. Innerhalb von 2—3 Minuten ist, nachdem der Lufteintritt begonnen hat, die Lunge schon größtenteils luftegefüllt.

Sodann sistiert der schnelle Fortschritt der Lösung. Überall bleiben atelektatische Randsäume bestehen. Ferner trotzen die Flächen zwischen den Lungenlappen, wo Ober- und Mittellappen gegeneinander liegen, noch dem Lufteintritt. Nur ganz allmählich und unmerklich vollzieht sich eine weitere Luftfüllung der Lunge. Erst nach weiteren 15 Minuten etwa ist keine atelektatische Stelle mehr sichtbar.

Nr. 22. (29. 6. 1910.) Grauer Schäferhund.

Operation: Um 7 Uhr abends wird ein nicht ganz bleistiftdicker Laminariastift, der mit einer widerhakenartig umgebogenen Nadel armiert ist, bronchoskopisch in einen Unterbronchus der rechten Lungen, etwa in die Mitte der Verzweigung des Bronchialbaumes hineingeschoben.

Der Stopfen sitzt sofort absolut fest.

7,20 Uhr nachm. Aufnahme }
11,30 Uhr nachm. Aufnahme } deutliche Schattenbildung nicht zu erkennen.

30. 6. 1910. Im Laufe des Tages: Schirmdurchleuchtung: kein Unterschied erkennbar.

1. 7. 1910, um 8 Uhr nachm. Tötung durch Morphin-Chloroform.

Sektion: Komplette Atelektase des Mittellappens der rechten Lunge. Ober- und Unterlappen sind so gebläht, daß sie den atelektatischen Lungenlappen völlig überlagern. Der Laminariastift steckt sehr stark gequollen im Mittellappenbronchus.

I. Entstehung der Atelektase.

Bei den Versuchen über den zeitlichen Eintritt der Atelektase, deren Ergebnisse in nebenstehender Tabelle Nr. I zusammengestellt sind, ergeben sich, kurz zusammengefaßt, folgende Resultate.

Bis zu einstündiger Dauer finden sich keine regelmäßigen Veränderungen an der verstopften Lunge, doch ist ihr Volumen in der Regel schon erheblich gegenüber der nicht verstopften Seite verringert, ohne daß jedoch umschriebene atelektatische Herde vorhanden sind.

Bei $1\frac{1}{2}$ stündiger Dauer der Obturation findet sich in einem Falle nur eine Verringerung des Lungenvolumens im ganzen, in einem zweiten Fall ist jedoch schon eine weit fortgeschrittene, komplette Atelektase der Lunge eingetreten. In letzterem Falle sieht die Lunge braunrot aus, man fühlt bei der Palpation kein Luftknirschen mehr und aus ihrem Querschnitt entweichen unter Wasser keine Luft-

blasen. Sie hat jedoch noch nicht ganz die dunkelbraune Farbe und leberartige Konsistenz, wie sie bei länger bestehender Atelektase regelmäßig beobachtet wird.

Tabelle I.
Zeitlicher Eintritt der Lungenatektase nach
Bronchusverschluß (bei Kaninchen).

Versuchsnummer	Zeitdauer des Versuchs	Zustand der Atelektase
1	30 Minuten	—
2	30 "	—
3	1 Stunde	—
4	1 "	—
5	1 "	beginnende Atelektase
6	1 $\frac{1}{2}$ "	—
7	1 $\frac{1}{2}$ "	fast komplette Atelektase
8	2 Stunden	" " "
9	2 "	" " "
10	2 "	komplette Atelektase
11	2 $\frac{1}{2}$ "	" "
12	4 "	" "
13	4 "	" "
14	6 "	" "
15	8 "	" "
16	10 "	" "
17	12 "	" "
18	12 "	" "
19	17 "	" "
20	24 "	" "

Bei dem auf 2 Stunden Dauer ausgedehnten Versuch findet sich in 2 Fällen eine unvollständige, aber schon weit fortgeschrittene Atelektase. In einem dritten Fall ist dieselbe schon vollkommen fest und leberartig. Bei allen weiteren Versuchen von 2 $\frac{1}{2}$ Stunden Dauer an und weiter finde ich stets und ohne Ausnahme regelmäßig vollkommen leberartige Konsistenz der Lungen. Bei den länger bestehenden Versuchen (bis 24 Stunden Dauer und darüber, die sich unbeabsichtigt dadurch von selbst ergaben, daß ein Teil der Tiere, die zu Lösungszwecken längere Zeit atelektatisch bleiben sollten, starben) ist ein wahrnehmbarer Unterschied gegen die frühzeitig aufgetretene Atelektase von 2 $\frac{1}{2}$, 4 oder 5ständiger Dauer nicht wahrzunehmen¹⁾.

¹⁾ Die zufälligen unbeabsichtigten Sektionsbefunde bei noch länger bestehenden Atelektasen habe ich nicht unter die Versuchsprotokolle und auch nicht in die Tabelle aufgenommen.

Bei der Lokalisation der unvollständig in der Entwicklung begriffenen atelektatischen Zustände ist eine regelmäßige Lokalisation der anfänglich betroffenen Partien insofern festzustellen, als die Atelektase in der Regel in der Form keilförmiger Herde in den zentralen Teilen der Lunge beginnt, während die Randpartien zum Teil noch freibleiben, dagegen ist eine gewisse Gleichmäßigkeit in dem Befallensein der verschiedenen Lungenlappen nicht vorhanden.

Im Vergleich mit den von Lichtheim gewonnenen Resultaten ist hervorzuheben, daß der Zeitpunkt des Eintritts der kompletten Atelektase zwischen 2—2 $\frac{1}{2}$ Stunden liegt, ich beobachtete also in der Rege noch einen etwas früheren Termin als Lichtheim bei der Bronchusligatur, da Lichtheim als frühestes Termin 2 $\frac{1}{2}$ Stunden annimmt, als Durchschnittszeit 3 und als spätesten Termin 4 Stunden.

Zur Beantwortung der Frage, ob sich die an den kleinen Kaninchen gewonnenen Ergebnisse auch auf größere Individuen, besonders den Menschen, übertragen lassen, dient der Versuch an einem großen Hunde (Nr. 21). Von vornherein ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Verhältnisse bei den größeren Individuen im wesentlichen den der kleineren entsprechen, denn dem größeren zu resorbierenden Luftquantum entspricht auch eine größere Blutmenge, welche in derselben Zeit der Resorption dienen kann. Bei jenem Kontrollversuche an einem großen Hunde (Versuch Nr. 21) konnte ich im Röntgenbild und bei der Schirmdurchleuchtung nach 2 Stunden eine vollkommene Verdichtung des Lungenfeldes mit Herzverlagerung und Zwerchfellhochstand konstatieren. Nach einer weiteren Stunde hatte der Schatten nicht mehr an Dichtigkeit zugenommen und bei längerer Beobachtung änderte er sich in seiner Dichte nicht mehr. Die Sektion in vivo bestätigte das Resultat einer kompletten und leberartigen Lungenverdichtung ohne eine Spur von Luftgehalt. Ich glaube demnach, daß kein Bedenken dagegen vorliegt, die an den Tieren gewonnenen Resultate auch auf den Menschen zu übertragen. Man könnte gegebenenfalls also schon 2—3 Stunden nach der Aspiration eines obturierenden Fremdkörpers in die Lungen mit der Entwicklung einer kompletten Lungenatelektase als Frühsymptom rechnen. Die Aufhebung des Atmungsgeräusches wird selbstverständlich das erste sichere Symptom bei Bronchusobturation sein.

Der röntgenologische Nachweis der Atelektase und der Herzverlagerung dürfte unter Umständen eine wertvolle Unterstützung der Diagnose sein. Besonders aber bei Obturation nur eines Lungenlappens, z. B. wie im Fall Lieblein, könnte der Nachweis der Atelektase bei mit Röntgenstrahlen nicht sichtbaren Fremdkörpern unter Umständen als Frühsymptom Bedeutung gewinnen und den Sitz des Fremdkörpers aufdecken.

Die genaue Lokaldiagnose einer circumscripiten Atelektase eines Lungenlappens zu stellen, ist mir im Tierversuch nicht gelungen (Hund, Versuch Nr. 22, rechter Mittellappen). Doch dürften beim Menschen die Verhältnisse nach Liebleins Beobachtung für die Röntgendurchleuchtung wegen des sagittal abgeflachten Baus seines Thorax viel günstiger liegen.

II. Die Rückbildung der Lungenatelektase nach Aufhebung des Bronchusverschlusses.

Wichtiger als die nur diagnostisch verwendbare Kenntnis des zeitlichen Eintrittes der Atelektase nach Bronchusverschluß ist die Kenntnis des Vorganges ihrer Rückbildung nach Beseitigung des Atmungshindernisses. Solange die atelektatische Lunge sich nicht an der Atmung zu beteiligen vermag, ist der Zustand der Kranken gleich gefährdet wie vor der Extraktion eines obturierenden Fremdkörpers und besonders gefährdet im Moment der Extraktion. Ein Abgleiten des gelockerten Fremdkörpers würde durch den Luftstrom zur Aspiration in die gesunde Lunge führen und Erstickung unvermeidlich sein, falls es nicht sofort gelingt, den Fremdkörper erneut zu fassen und zu extrahieren. Wahrscheinlich ist eine Reihe von den in der Literatur bekanntgegebenen Unglücksfällen in dieser Weise zu erklären. Besonders charakteristisch ist ein von Hinberg¹⁾ mitgeteilter, in seiner Deutung etwas unklarer Fall, bei dem die physiologischen Verhältnisse jedoch die gleichen waren, wie bei einer kompletten Lungenatelektase, d. h. die eine Lunge war vollkommen von der Atmung ausgeschaltet.

Diese Gefahr der bronchoskopischen Fremdkörperextraktion hat Brünings²⁾ entsprechend gewürdigt und durch Konstruktion eines Bronchusschützers der Fremdkörperaspiration in dem gebundenen Bronchus vorzubeugen gesucht.

Unter welchen Umständen man jedoch mit dieser Gefahr zu rechnen hat, ob dieselbe regelmäßig vorhanden ist, oder ob gelegentlich eine sofortige Anteilnahme der verschlossen gewesenen Lunge nach ihrer Befreiung möglich ist, ob die Dauer des atelektatischen Zustandes von Einfluß ist und nach welcher Zeit man mit einer gewissen Regelmäßigkeit mit seiner Beseitigung rechnen kann, darüber ist jedoch klinisch und experimentell etwas Genaueres noch nicht bekannt.

Bei der zweiten Versuchsreihe über die Rückbildung der Atelektase nach Aufhebung des Bronchusverschlusses ist die Erzeugung der Atelektase mit der früher geschilderten und begründeten

¹⁾ Hinberg, Zwei Todesfälle bei der bronchoskopischen Fremdkörperextraktion. Zeitschr. f. Ohrenheilk. u. Krankh. d. oberen Luftwege 68, S. 180.

²⁾ Brünings, Diagnose und Behandlung der in den Luftwegen befindlichen Fremdkörper. Deutsche med. Wochenschr. 1912, Nr. 20, S. 929.

Versuchstechnik ausgeführt worden. Der Eintritt der Atelektase wurde vor Beginn des Lösungsversuches, wie schon erwähnt, stets durch Röntgenaufnahmen und Durchleuchtung kontrolliert. Über den Zustand kompletter Atelektase gibt zwar, wie erwähnt, die Röntgendurchleuchtung stets einen unzweifelhaft sicheren Aufschluß, aber bei der Beobachtung des Lösungsrückganges ist das Röntgenverfahren als Schirmdurchleuchtung und besonders als Plattenaufnahmen keineswegs ausreichend. Speziell die Aufnahme von Plattenserien gestattete es nicht, selbst bei forcierter Entwicklung (worunter andererseits wieder die Qualität der Bilder leidet) den zuweilen schnell sich abspielenden Lösungsvorgang zu verfolgen. Die Schirmdurchleuchtung ist für eine schnelle oberflächliche Orientierung über die Zustandsänderung der Lunge brauchbar. Ein sicheres Urteil gestattet, wie schon erwähnt, nur die Sektion.

Da nun nichts darüber bekannt war, in welcher Zeit eine längere oder kürzere Zeit bestehende Atelektase nach Bronchusverschluß sich nach Beseitigung desselben zurückbildet, suchte ich mir zunächst durch Schirmdurchleuchtung wenigstens einen ungefähren Anhaltspunkt über die Zeit zu verschaffen. Die hiernach zu vermutende Zeit wurde sodann durch eine systematisch durchgeführte Serie von Sektionen in ganz bestimmten Zeitintervallen nach der Lösung des Bronchusverschlusses kontrolliert. Hierbei zeigt sich, um die einleitend schon erwähnte Beobachtung noch einmal hervorzuheben, daß das mittels der Schirmdurchleuchtung gewonnene Urteil einen ziemlich sicheren Schluß nur darüber zuläßt, wie lange noch eine vollständige Atelektase vorhanden ist.

Der früheste Lufteintritt, der erste Beginn der Lungenentfaltung verrät sich bei der Schirmdurchleuchtung durch leichte Aufhellung des Schattens, die meist zuerst an den Lungenrändern ziemlich deutlich sichtbar wird, und die nachfolgende Sektion bestätigt in der Regel die Vermutung beginnender Lösung ziemlich genau. Andererseits läßt sich bei der Schirmdurchleuchtung der weitere Fortschritt der Lungenentfaltung nicht mit gleicher Sicherheit beurteilen, kleinste noch fortbestehende atelektatische Herde verschwinden unter den mit Luft gefüllten Teilen vollkommen und man macht auf Grund der Schirmdurchleuchtung (resp. der Plattenaufnahmen) anfangs fast regelmäßig die Sektion zu früh, wenn man eine völlige Entfaltung der Lunge abzuwarten beabsichtigt hat. Man findet dann stets noch größere oder kleinere atelektatische Herde im Lungengewebe. Erst bei länger hinausgeschobenem Sektionstermin gelang es mir endlich, die Zeiten zu treffen, wo die Lunge völlig entfaltet war.

Ich begann die Versuche über die Rückbildung der Lungenatelektase nach Lösung des Bronchusverschlusses zunächst mit unmittelbar während des Herausziehens des Stopfens einsetzender Schirmdurchleuch-

tung. Hätte es doch sein können, daß wie bei der Lösung der fötalen Atelektase der Neugeborenen der erste Atemzug, der erste Schrei die Lunge der Atmung vollständig erschließt. Es zeigte sich bald, daß dieser Vorgang tatsächlich wenigstens zum Teil bei kurzdauernder Atelektase zutrifft, bei längerem Bestand derselben jedoch nicht beobachtet wird. Ferner verrieten schon die ersten Versuche, daß die Rückbildungszeit der Atelektase keineswegs eine solche Regelmäßigkeit hat, wie die Zeit ihrer Entstehung; und wie es sich allerdings wohl von vornherein vermuten ließ, sind die Rückbildungszeiten um so größer, je länger die Atelektase vorher bestanden hat. Ich habe deshalb nach einigen orientierenden Vorversuchen drei getrennte Versuchsserien angestellt und zwar:

1. die Lösung bei kurzdauernder Atelektase von wenigen Stunden bis zu der Dauer eines halben Tages;
2. die Lösung einer 24 Stunden bestehenden Atelektase;
3. die Lösung 3tägiger Atelektasen.

Auf längere Zeit habe ich diese Lösungsversuche nicht ausgedehnt, da sich schon bei dreitägigen Versuchen in der Regel eitriges Sekret in dem verschlossenen Bronchialbaum vorfindet und bei weiterem Bestehen entzündliche Komplikationen unvermeidlich gewesen wären. Es kam mir nur darauf an, die einfache, nicht entzündliche, rein mechanisch entstandene Atelektase auf ihren Lösungsvorgang hin zu verfolgen. Bei dreitägiger Dauer einer Bronchialverstopfung konnte ich mich bei den Kaninchenversuchen davon überzeugen, daß nach der Entfaltung der Lunge dieselbe stets noch ein vollkommen normales Aussehen wiedergewann und entzündliche Erscheinungen im Lungengewebe, wenigstens makroskopisch, nicht zu erkennen waren.

2. Versuchsreihe über den Vorgang der Rückbildung der Atelektase nach Beseitigung des Bronchusverschlusses.

a) Dauer der Atelektase 4 Stunden bis $\frac{1}{2}$ Tag.

Nr. 23. (14. 7. 1910.) Obturationszeit 7 Stunden.

Tracheotomie. Gummistopfen.

7,35 Uhr vorm. Obturation.

8,05 Uhr vorm. Röntgenaufnahme: kein Unterschied.

9,05 Uhr vorm. Röntgenaufnahme: Schatten deutlich.

10,05 Uhr vorm. Röntgenaufnahme: tiefer Schatten.

1,05 nachm. Röntgenaufnahme: Schatten hat sich nicht mehr geändert.

2,45 Uhr nachm. Röntgenaufnahme: Schatten hat sich nicht mehr geändert.

2,45 Uhr nachm. Lösung.

Nach 10 Sekunden Aufnahme: Aufhellung beginnt.

Nach 3 Minuten 30 Sekunden Aufnahme: stärkere Aufhellung.

Nach 10 Minuten Aufnahme: Lunge hell.

Nach 20 Minuten Aufnahme: rechts und links kein Unterschied.

Nr. 24. (9. 2. 1911.) Obturation 13 Stunden. Lösung Sektion nach 15 Minuten.

9. 2. 1911, 9 Uhr nachm. Obturation.

10. 2. 1911, 10 Uhr vorm. Aufnahme: rechts Schatten.

10,20 Uhr vorm. Lösung.

10,25 Uhr vorm. Durchleuchtung: tiefer Schatten.

10,30 Uhr vorm. Durchleuchtung: tiefer Schatten.

10,35 Uhr vorm. Durchleuchtung: anscheinend aufgehellt.

10,35 Uhr vorm. Tötung.

Sektion: Beide Lungen vor und nach der Retraktion fast gleich groß. Rechts auf der Oberfläche überall lufthaltig. In den zentralen Teilen finden sich noch zusammenhängende Herde.

Nr. 25. (14. 7. 1910.) Obturation 13 Stunden. Lösung Sektion nach 30 Minuten.

7,15 Uhr vorm. Obturation mit Gummistopfen.

9,15 Uhr vorm. Röntgenaufnahme:	} Atelektase links vollständig.
8,15 Uhr nachm. Röntgenaufnahme:	
1,15 Uhr nachm. Röntgenaufnahme:	

Lösung:

8,16 Uhr nachm. Lösung.

8,16 Uhr nachm. Aufnahme (nach 3 Sekunden).

8,17 Uhr nachm. Aufnahme (nach 60 Sekunden)

8,21 Uhr nachm. Aufnahme (nach 5 Minuten)

8,26 Uhr nachm. Aufnahme (nach 10 Minuten)

8,36 Uhr nachm. Aufnahme (nach 20 Minuten)

8,46 Uhr nachm. Sektion (nach 30 Minuten).

} langsame Aufhellung,
zuletzt vollständig.

Trachea wird abgeklemmt. Eröffnung der Pleurahöhlen. Kein Pneumothorax.

Rechte Lunge normal lufthaltig.

Linke Lunge etwa um die Hälfte weniger voluminär, enthält jedoch deutlich Luft, wenn auch weniger als rechts, ist im ganzen hellrosa und zeigt keine Stellen mehr, wo vollständige Atelektase vorhanden ist.

Retraktion der linken Lunge ist nach Abnahme der Trachealklemme stärker als die der rechten. Sie nimmt jetzt im Unterlappen atelektaseähnliche Beschaffenheit an.

Nr. 26. (28. 9. 1910.) Obturation $4\frac{1}{2}$ Stunden. Lösung Sektion nach 45 Minuten.

8 Uhr vorm. Verschuß.

12,30 Uhr vorm. Lösung.

1,10 Uhr nachm. Röntgendurchleuchtung: noch deutlicher Schatten.

1,15 Uhr nachm. Sektion.

Carotisschnitt, Abklemmen der Trachea. Die linke Lunge ist hellrosa lufthaltig. Die rechte Lunge ist im Bereich des Ober- und Mittellappens lufthaltig, rosa gefärbt. Im rechten Unterlappen befindet sich jedoch ein zentraler, keilförmiger, völlig atelektatischer Herd, welcher etwa drei Viertel des Unterlappens einnimmt. Das übrige Lungengewebe des Unterlappens ist schon lufthaltig.

Nr. 27. (18. 9. 1910.) Obturation 9 Stunden. Lösung Sektion nach 45 Minuten.

9,12 Uhr vorm. Obturation.

6,20 Uhr nachm. Aufnahme: Atelektase.

6,20 Uhr nachm. Lösung.

7,05 nachm. Sektion.

Tötung durch Nackenschlag.

Beide Lungen lufthaltig.

Nr. 28. (5. 2. 1911.) Obturation 8 Stunden. Lösung Sektion nach 1 Stunde.
10 Uhr vorm. Obturation.

6,30 Uhr nachm. Durchleuchtung und Aufnahme: Dichte Atelektase rechts oben.

6,45 Uhr nachm. Lösung.

7,10 Uhr nachm. Durchleuchtung: beide Seiten gleich hell.

7,45 Uhr nachm. Sektion.

Rechte Lunge lufthaltig vor und nach der Retraktion in der Größe gleich der linken. An den Lungenrändern und an der Spitze des Unterlappens finden sich noch kleinste atelektatische Stellen. Der Lösungsprozeß ist also so gut wie vollendet.

Nr. 29. (18. 9. 1910.) Obturation 8½ Stunden. Lösung Sektion nach 1 Stunde.

9,30 Uhr vorm. Obturation.

6,10 Uhr nachm. Aufnahme: Atelektase.

6,10 Uhr nachm. Lösung.

7,10 Uhr nachm. Aufnahme: Lungenfeld aufgeheilt.

7,12 Uhr nachm. Sektion.

Carotisschnitt. Abklemmen der Trachea. Eröffnung der Pleurahöhlen. Kein Pneumothorax. Beide Lungen gleich groß, gleichmäßig hellrosa und lufthaltig. Nach Abnahme der Trachealklemme retrahieren sich beide Lungen in gleicher Weise.

b) Dauer der Atelektase zirka 1 Tag.

Nr. 30. (5. 3. 1911.) Obturation: 32 Stunden.

5. 3. 1911, 11,00 Uhr vorm. Obturation.

6. 3. 1911, 7,00 Uhr nachm. Aufnahme: Atelektase.

8,40 Uhr nachm. Lösung:

8,41 Uhr nachm. Durchleuchtung: Lunge ist aufgeheilt.

8,42 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.

8,45 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.

Nr. 31. (17. 2. 1911.) Obturation: 34 Stunden. Lösung: Sektion nach 2 Minuten.

8,30 Uhr vorm. Obturation.

4,00 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

6,25 Uhr nachm. Aufnahme: dasselbe.

6,40 nachm. Lösung:

6,41 Uhr nachm. Durchleuchtung: Aufhellung.

6,42 Uhr nachm. Sektion: In der atelektatisch gewesenen Lunge finden sich als Zeichen des früheren Zustandes nur noch vereinzelte atelektatische Herde im Unterlappen. Im übrigen ist die Lunge vollkommen lufthaltig.

Nr. 32. (5. 4. 1911.) Obturation: 24 Stunden. Lösung: Sektion nach 2½ Minuten.

5. 4. 1911, 12,00 Uhr vorm. Obturation.

6. 4. 1911, 12,00 Uhr vorm. Durchleuchtung und Aufnahme. Atelektase links.

12,10 Uhr vorm. Lösung:

12,10½ Uhr vorm. Durchleuchtung: dunkel.

12,11 Uhr vorm. Durchleuchtung: dunkel.

12,11½ Uhr vorm. Durchleuchtung: dunkel.

12,12 Uhr vorm. Durchleuchtung: Aufhellung beginnt.

12,12 $\frac{1}{2}$ Uhr vorm. Sektion: Der linke Oberlappen ist in den zentralen Partien noch atelektatisch. Schmale Randpartien sind schon lufthaltig. Der Unterlappen ist bis auf zentral gelegen, keilförmige atelektatische Stellen schon größtenteils lufthaltig.

Nr. 33. (5. 4. 1911.) Obturation: 24 Stunden. Lösung: Sektion nach 5 Minuten.

5. 4. 1911, 12,00 Uhr vorm. Obturation.

6. 4. 1911, 12,00 vorm. Durchleuchtung und Aufnahme: Atelektase rechts.

12,25 Uhr vorm. Lösung:

12,26 Uhr vorm. Durchleuchtung: rechts Schatten.

12,27 Uhr vorm. Durchleuchtung: noch dichter Schatten.

12,28 Uhr vorm. Durchleuchtung: deutliche Aufhellung.

12,29 Uhr vorm. Durchleuchtung: kaum noch ein Unterschied rechts und links erkennbar, rechts oben scheint noch Verdichtung enthalten zu sein.

12,30 Uhr vorm. Sektion: Der rechte Oberlappen ist bis auf schmale lufthaltige Randsäume noch atelektatisch. Der Mittel- und Unterlappen sind bis auf einzelne zusammenhängende atelektatische Stellen, welche hauptsächlich zwischen den Berührungszeichen der Lungenlappen liegen, größtenteils lufthaltig.

Nr. 34. (6. 4. 1911.) Obturation: 24 Stunden. Lösung: Sektion nach 5 Minuten.

6. 4. 1911, 12,00 Uhr vorm. Obturation.

7. 4. 1911, 12,00 Uhr vorm. Durchleuchtung: Atelektase rechts.

12,40 Uhr vorm. Lösung:

12,41 Uhr vorm. Durchleuchtung: rechts unten beginnt Aufhellung.

12,42 Uhr vorm. Durchleuchtung: rechts unten deutliche Aufhellung.

12,43 Uhr vorm. Durchleuchtung: rechts und links kaum ein Unterschied.

12,45 Uhr vorm. Sektion: In der rechten Lunge nur noch kleine keilförmige atelektatische Stellen, sonst voller Luftgehalt.

Nr. 35. (29. 9. 1910.) Obturation: 23 Stunden. Lösung: 7 Minuten.

29. 9. 1910, 10,35 Uhr vorm. Obturation.

30. 9. 1910, 9,40 Uhr vorm. Aufnahme: Atelektase.

9,40 Uhr vorm. Lösung:

9,45 Uhr vorm. Aufnahme: noch dichter Schatten.

9,47 Uhr vorm. Sektion: Atelektase noch fest und leberartig, keine Spur von Luftgehalt.

Nr. 36. (5. 3. 1911.) Obturation 32 Stunden. Lösung: Sektion nach 10 Minuten.

11,30 Uhr vorm. Obturation.

7 Uhr nachm. Aufnahme: Atelektase.

8,50 Uhr nachm. Lösung: Während des Herausziehens des Stopfens wird das Tier vor den Durchleuchtungsschirm gehalten. Der Schatten ändert sich nicht.

8,51 Uhr nachm. keine Änderung des Schattens.

8,52 Uhr nachm. dasselbe.

8,54 Uhr nachm. deutliche Aufhellung.

8,57 Uhr nachm. anscheinend ganz aufgeheilt.

8,60 Uhr nachm. Sektion: Die atelektatisch gewesene Lunge ist bis auf kleinste zentral am Hilus gelegene atelektatische Herde vollkommen lufthaltig.

Nr. 37. (17. 2. 1911.) Obturationszeit 24 Stunden. Lösung: Sektion nach 15 Minuten.

8 Uhr vorm. Obturation.

6 Uhr nachm. Aufnahme: dichter Schatten rechts.

6,05 Uhr nachm. Lösung:

6,10 Uhr nachm. Durchleuchtung: anscheinend aufgeheilt.

6,15 Uhr nachm. Sektion: Die rechte Lunge ist im Bereich des Ober- und Mittellappens fast völlig entfaltet bis auf einige kleine disseminierte atelektatische Herde. Der Unterlappen ist noch weitgehend atelektatisch, doch nicht mehr zusammenhängend, er ist im ganzen überall ein wenig lufthaltig. Die lufthaltigen Stellen zeichnen sich auf der Oberfläche als kleinste hellrosa Pünktchen ab.

Nr. 38. (23. 7. 1910.) Obturation 27 Stunden. Lösung: Sektion nach 30 Minuten.

1 Uhr nachm. Obturation.

4,15 Uhr nachm. Röntgenaufnahme. Atelektase.

4,21 Uhr nachm. Lösung:

4,30 Uhr nachm. Sektion: Tötung durch Carotisdurchschneidung. Abklemmen der Trachea nach Eintritt des Todes. Die Farbe beider Lungen ist gleich. Die rechte Lunge ist jedoch um die Hälfte kleiner als die linke. Auf dem Querschnitt ist Farbe und Luftgehalt links fast gleich wie rechts.

Nr. 39. (5. 7. 1910.) Obturation 24 Stunden. Lösung: Sektion nach 30 Minuten.

6 Uhr nachm. Obturation.

6 Uhr nachm. Durchleuchtung: rechtes Lungenfeld dunkel.

6 Uhr nachm. Lösung:

6,15 Uhr nachm. deutliche Aufhellung der rechten Seite.

6,20 Uhr nachm. zwischen rechter und linker kaum ein Unterschied.

6,30 Uhr nachm. dasselbe.

6,30 Uhr nachm. Sektion: Die rechte Lunge ist um die Hälfte kleiner als die linke. Der rechte Unterlappen ist schon in allen Teilen hellrosa, lufthaltig. Der Mittel- und Oberlappen enthalten noch keilförmige atelektatische Herde, welche etwa die Hälfte ihres Volumens einnehmen.

Nr. 40. (9. 2. 1910.) Obturation 24 Stunden. Lösung: Sektion nach 30 Minuten.

9 Uhr nachm. Obturation.

10 Uhr vorm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

6,30 Uhr nachm. Aufnahme: dichter Schatten rechts.

8,25 Uhr nachm. Lösung:

8,30 Uhr nachm. Durchleuchtung: Schatten noch vorhanden.

8,35 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.

8,40 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.

8,43 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.

8,55 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe, anscheinend beginnt Aufhellung einzutreten.

Sektion: Der Oberlappen der rechten Lunge ist größtenteils lufthaltig, nur am Hilus sind noch zentrale atelektatische Stellen vorhanden. Der Mittellappen ist noch ganz fest atelektatisch. Der Unterlappen ist nur in den Randpartien lufthaltig, über die Hälfte des Unterlappens ist noch fest atelektatisch.

Nr. 41. (22. 2. 1910.) Obturation 24 Stunden. Lösung Sektion nach 30 Minuten.

6 Uhr nachm. Obturation.

6,15 Uhr nachm. Aufnahme: Atelektase rechts.

6,17 Uhr nachm. Lösung:

- 6,17 $\frac{1}{2}$ Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten.
6,19 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.
6,22 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.
6,24 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.
6,27 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.
6,32 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.
6,37 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.
6,42 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.
6,47 Uhr nachm. Durchleuchtung: noch dichter Schatten, das Herz noch verlagert, das Zwerchfell hochgezogen, aber dicht über dem Zwerchfell scheint Aufhellung zu beginnen.
6,47 Uhr nachm. Sektion: Linke Lunge gebläht. Rechte Lunge noch ganz kollabiert. Ober- und Mittellappen sind fast atelektatisch, im Unterlappen sind die ersten Anfänge des Lufteintritts nachweisbar.

Nr. 42. (23. 7. 1910.) Obturation 27 Stunden. Lösung Sektion nach 30 Minuten.
1 Uhr nachm. Obturation.
4,15 Uhr nachm. Röntgenaufnahme: Atelektase.
4,21 Uhr nachm. Lösung:
4,30 Uhr nachm. Sektion: Totung durch Carotisschnitt. Abklemmen der Trachea nach Eintritt des Todes. Die Farbe beider Lungen ist gleich. Die rechte Lunge ist jedoch um die Hälfte kleiner als die linke. Auf dem Querschnitt ist Farbe und Luftgehalt links gleich rechts.

Nr. 43. (17. 11. 1910.) Obturation: 24 Stunden. Lösung: Sektion nach 1 Stunde.
17. 11. 1910, 4,50 nachm., Obturation: Tier kurzatmig, nach etwa 2 Stunden deutliche Scoliosenhaltung.

18. 11. 2,55 nachm., Lösung: Das Tier bleibt sehr kurzatmig. Nach etwa $\frac{3}{4}$ Stunden bessert sich die Atmung.

3,55 Uhr nachm. Tötung durch Nackenstich. Nach Aufhören der Zuckungen Abklemmen der Trachea. Sektion unter Wasser kein Pneumothorax. Rechte Lunge vikariierend gebläht. Linke Lunge hat vor Abnahme der Trachealklemme etwa die halbe Größe der rechten Lunge. Die Farbe der linken Lunge ist im ganzen noch etwas dunkler als die der rechten. Der Unterlappen ist lufthaltig. Der Oberlappen ist noch größtenteils atelektatisch mit kleinen unregelmäßig zerstreuten lufthaltigen Stellen durchsetzt.

Nach Abnahme der Klemme retrahiert sich die geblähte rechte Lunge und auch der lufthaltige Teil der linken Lunge, so daß jetzt das Volumen der linken Lunge gegenüber rechts nur noch etwa um $\frac{1}{3}$ verringert ist.

Nr. 44. (27. 11. 1910.) Obturation: 24 Stunden. Lösung: Sektion nach 1 $\frac{1}{4}$ Stunden.

27. 11. 1910, 11 Uhr vorm., Obturation.

28. 11. Vor Röntgenaufnahme: rechts dichter Schatten.

28. 11. 1910, 11,15 Uhr vorm. Lösung:

12,30 Uhr vorm. Sektion: Linke Lunge lufthaltig, ohne Besonderheit. Rechte Lunge ist im ganzen lufthaltig. Ihr Volumen ist gegenüber links noch etwas verringert, die Farbe etwas dunkler. Am rechten Oberlappen sind noch schmale Randsäume atelektatisch.

Nach Abnahme der Trachealklemme retrahieren sich beide Lungen auf etwa die gleiche Größe.

Nr. 45. (29. 11. 1911.) Obturation: 24 Stunden. Lösung: Sektion nach 1 $\frac{1}{2}$ Stunden.
29. 11., 9,55 Uhr vorm. Obturation.

30. 11., 4,55 Uhr nachm. Lösung.

5 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten links, Herz verlagert.

5,35 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.

5,45 Uhr nachm. Durchleuchtung: im Bereich des Unterlappen beginnt Aufhellung.

5,55 Uhr nachm. Durchleuchtung: nach einigen heftigen zuckenden Bewegungen atmet die linke Brustseite deutlich mit.

6 Uhr nachm. Durchleuchtung: im Röntgensschirm erscheint die linke Lunge lufthaltig.

6,5 Uhr nachm. Sektion: Nach Abklemmen der Trachea Eröffnung der Pleurahöhlen. Kein Pneumothorax. Rechte Lunge gebläht. Linke Lunge hellrosa gefärbt, lufthaltig, im Volumen jedoch noch um $\frac{1}{3}$ kleiner als die rechte. In den zentralen Teilen des Oberlappens befinden sich noch atelektatische Herde.

Nr. 46. (9. 2. 1911.) Obturation: 24 Stunden. Lösung: Sektion nach 2 Stunden.

9. 2., 9 Uhr nachm. Obturation.

10. 2., 10 Uhr vorm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

10. 2., 6,30 Uhr nachm. Aufnahme: dasselbe.

10. 2., 6,30 Uhr nachm. Lösung:

9,05 Uhr nachm. Durchleuchtung: Schatten nicht mehr sichtbar.

10,35 Uhr nachm. Sektion: Beide Lungen sind vollkommen gleich. Es ist nicht mehr zu erkennen, welche die atelektatische gewesen ist.

c) Dauer der Atelektase 3 Tage.

Nr. 47. (5. 2. 1911.) Obturation: 3 Tage.

5. 2. 1911, 10 Uhr vorm. Obturation.

6. 2. 1911, 10 Uhr vorm. Aufnahme: dichte Atelektase rechts.

8. 2., 4 Uhr nachm. Lösung:

4 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

4,05 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.

4,15 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.

4,30 Uhr nachm. Durchleuchtung: deutliche Aufhellung.

5 Uhr nachm. Durchleuchtung: rechts und links kein Unterschied.

6 Uhr nachm. Durchleuchtung: dasselbe.

Nr. 48. (6. 4. 1911.) Obturation: 3 Tage. Lösung: Sektion nach 50 Min.

6. 4., 6 Uhr nachm. Obturation.

9. 4., 7 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten links.

7,10 Uhr nachm. Lösung:

7,11 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

7,12 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

7,13 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

7,14 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

7,15 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

7,20 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

7,25 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

7,30 Uhr nachm. Durchleuchtung: dichter Schatten.

7,32 Uhr nachm. Durchleuchtung: noch dichter Schatten (heftige Bewegungen).

7,35 Uhr nachm. Durchleuchtung: dunkel.

7,40 Uhr nachm. Durchleuchtung: dunkel.

7,45 Uhr nachm. Durchleuchtung: dunkel. Röntgen-Aufnahme: Atelektase.

7,55 Uhr nachm. Durchleuchtung: dunkel, heftige Bewegungen.

7,57 Uhr nachm. Durchleuchtung: heftige Bewegungen, dunkel.

7,60 Uhr nachm. Durchleuchtung: mehrfaches Husten. Bei der Durchleuchtung scheint an der unteren Lungengrenze eine helle Schicht aufzutauchen.

7,60 Uhr nachm. Sektion: Rechte Lunge gebläht. Linke Lunge: im ganzen noch fest, atelektatisch, leberartig derb und braunrot. Im Oberlappen einige hirsekorngroße, lufthaltige, hellrosa gefärbte Stellen. Am Rand des Unterlappens ein lufthaltiger Saum und einzelne linsengroße, lufthaltige Herde.

Nr. 49. (17. 9. 1910.) Obturation: 54 Stunden. Lösung: Sektion nach 1 Stunde.

17. 9., 9 Uhr vorm. Obturation.

19. 9., 3,10 Uhr nachm. Aufnahme: dichter Schatten rechts.

3,10 Uhr nachm. Lösung:

Darnach: 3,25 Uhr nachm. Aufnahme: beginnende Aufhellung im Unterlappen.

3,35 Uhr nachm. Aufnahme: noch Schatten im Oberlappen.

3,45 Uhr nachm. Aufnahme: noch Schatten im Oberlappen.

4,05 Uhr nachm. Aufnahme: rechtes Lungenfeld fast aufgeheilt.

4. 10. nachm. Sektion: Tötung durch Carotisschnitt. Abklemmen der Trachea. Eröffnung der Pleurahöhlen, kein Pneumothorax.

Beide Lungen sind etwa gleich voluminös, gleich gefärbt, hellrosa und lufthaltig. Die rechte Lunge zeigt im Ober- und Mittellappen noch einige bräunliche Flecke. Im rechten Pleuraraum befindet sich etwas klares Transsudat, welches wohl den bis zuletzt bleibenden leichten Schatten hervorgerufen hat.

Nr. 50. (25. 11. 1910.) Obturation: 3 Tage. Lösung: Sektion nach 1½ Stunden.

25. 11., 7,05 Uhr nachm. Obturation.

28. 11. Röntgenaufnahme: dichter Schatten auf der rechten Seite.

28. 11., 4,15 Uhr nachm. Lösung:

5,40 Uhr nachm. Schirmdurchleuchtung zeigt völlig Aufhellung der rechten Seite.

5,45 Uhr nachm. Sektion: Abklemmen der Trachea. Linke Lunge lufthaltig, ohne Besonderheiten. Rechte Lunge ist etwa um die Hälfte kleiner als die linke und im ganzen etwas dunkler gefärbt, aber in allen Teilen gleichmäßig lufthaltig.

Nr. 51. (25. 11. 10.) Schwarzes Kaninchen. Obturation: 3 Tage. Lösung: Sektion nach 2 Stunden.

25. 11., 6,50 Uhr nachm. Obturation.

28. 11. Röntgenaufnahme: völlige Verdunkelung der rechten Seite.

28. 11., 4,10 Uhr nachm. Lösung:

5,40 Uhr nachm. Schirmdurchleuchtung: noch deutlicher Schatten.

6 Uhr nachm. Schirmdurchleuchtung: noch dichter Schatten.

6,05 Uhr nachm. Röntgenaufnahme.

6,10 Uhr nachm. Sektion: Linke Lunge gebläht. Rechte Lunge: vollkommen atelektatisch bis auf einen etwa 2 mm breiten Randstreifen am Rand des Unterlappens.

Nr. 52. (3. 12. 1910.) Großes schwarzes Kaninchen. Obturation: 3 Tage. Lösung: Sektion nach 4 Stunden.

3. 12., 12 Uhr vorm. Obturation.

4. 12., 12 Uhr vorm. Durchleuchtung: dichter Schatten links.

5. 12., 12 Uhr vorm. Durchleuchtung: dasselbe.

6. 12., 5,45 Uhr nachm. Lösung:

5,45 Uhr nachm. Durchleuchtung: Schatten dicht.

6,10 Uhr nachm. Durchleuchtung: Schatten dicht.

6,30 Uhr nachm. Durchleuchtung: Schatten dicht.

6,50 Uhr nachm. Durchleuchtung: Schatten dicht.

7,15 Uhr nachm. Durchleuchtung: Schatten dicht.

7,45 Uhr nachm. Durchleuchtung: Schatten dicht.

8,30 Uhr nachm. Durchleuchtung: deutliche Aufhellung ist erkennbar, doch besteht noch ein Unterschied zwischen beiden Brustseiten und das Herz ist noch verlagert.

9 Uhr nachm. Durchleuchtung: Herzlagerung ist ausgeglichen. Ein Unterschied zwischen rechts und links kaum noch wahrzunehmen.

9,15 Uhr nachm. Durchleuchtung: beide Brustseiten erscheinen fast gleich hell.

9,45 Uhr nachm. Sektion: Rechte Lunge gebläht, die linke noch um etwa $\frac{1}{3}$ kleiner als die rechte, aber in allen Teilen gleichmäßig lufthaltig. Es sind keine Reste der Atelektase mehr vorhanden. Nach Abnahme der Klemme von der Trachea retrahieren sich beide Lungen auf die gleiche Größe.

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

Das Ergebnis der zweiten Versuchsreihe über den Vorgang d, Lösung der Lungenatelektase nach Beseitigung des Bronchusverschlusses ist demnach folgendes:

1. Die Lösungszeit der Atelektase von halbtägiger Dauer.

Bei der Lösung einer Bronchusverstopfung von kurzer Dauer (ca. 12 Stunden) zeigte die Röntgenschirmbeobachtung in der Mehrzahl der Fälle sofortigen Eintritt der Luft in die Lunge. Einmal konnte ich jedoch vor dem Röntgenschirm zweifellos beobachten, daß sich bis 10 Minuten nach der Entfernung des Stopfens die Verdichtung des Lungenfeldes ganz unverändert erhielt (Versuch Nr. 24). Im Versuch 26 war bis 40 Minuten nach der Lösung noch ein dichter Schatten erkennbar.

Die nach kurzen Zeitintervallen vorgenommenen Sektionen ergaben meist den Befund einer weitgehenden, aber noch nicht vollständigen Entfaltung der Lunge. Je nach der Zeit finden sich größere, zusammenhängende, meist keilförmig angeordnete atelektatische Herde oder kleinere disseminierte Stellen an allen Teilen der Lunge noch vor, resp. ist noch ein ganzer Lungenlappen atelektatisch, während andere Teile bereits vollkommen entfaltet sind. Nach einer Beobachtungszeit von 45 Minuten finden sich stets nur noch geringe Reste der früheren Atelektase vor, und nach einem Zeitintervall von einer Stunde finden wir ausnahmslos völlige Entfaltung der Lunge, während ihr Gesamtvolumen auch jetzt noch zuweilen gegenüber der anderen Seite vor der Retraktion etwas verringert ist.

Tabelle II. Rückbildung der Lungenatelektase bei $\frac{1}{2}$ tägigem Bestand nach Lösung des Bronchusverschlusses.

Versuchsnummer	Zeit des atelektatischen Zustandes	Rückbildungszeit	Zustand der Lunge
23	7 Stunden	Beginn der Lösung nach einigen Sekunden	Rückbildung nach 10 Minuten scheinbar (Röntgensschirm) vollendet
24	13 „	15 Minuten	inkomplette Rückbildung
25	13 „	30 „	fast komplette Rückbildung
26	4 $\frac{1}{2}$ „	45 „	inkomplette Rückbildung
27	9 „	45 „	komplette Rückbildung
28	8 „	60 „	„ „
29	8 $\frac{1}{2}$ „	60 „	„ „

Kurz zusammengefaßt (s. Tabelle II) ist also das Versuchsergebnis folgendes: Bei der Beseitigung eines Bronchusverschlusses von kurzer Dauer (bis zu $\frac{1}{2}$ Tage) tritt die Entfaltung der Lunge in der Regel bei dem ersten Atemzuge in großem Umfange ein. Ausnahmsweise kann jedoch der Lufteintritt kürzere Zeit, 10—40 Minuten, vollkommen sistieren, um aber dann, wie in den anderen Fällen, schnell einer weitgehenden Lungenentfaltung zu weichen. Die Beseitigung der letzten Reste erfordert jedoch auch bei diesen kurzdauernden Atelektasen eine längere Zeit, nach einstündiger Dauer kann man jedoch regelmäßig mit vollkommener Erschließung der Lunge für die Respiration rechnen.

2. Die Rückbildung einer eintägigen Atelektase.

Noch größere Unterschiede ergeben die Sektionsbefunde bei den Lösungsversuchen 24stündiger Lungenatelektase (Tab. III). Auch hier sah ich vor dem Röntgensschirm gelegentlich unmittelbar nach der Lösung schnelle Aufhellung des Lungenfeldes eintreten (Versuch Nr. 30). Schon nach einer Minute kann dieselbe scheinbar vollkommen sein und nach 2—2 $\frac{1}{2}$ Minuten vorgenommene Sektionen (Versuch 31, 32) zeigen und, daß in diesen Fällen die Lunge bis auf einige keilförmige, zentralgelegene umschriebene Stellen, oder sogar nur bis auf kleinste atelektatische Herde vollkommen lufthaltig ist. In anderen Fällen jedoch bleibt längere Zeit ein dunkler Schatten nach Lösung des Stopfen bestehen, welcher sehr langsam einer Aufhellung weicht. Die längste beobachtete Zeit beträgt 30 Minuten. In einem Falle (Versuch 41) fand ich nach dieser Zeit noch vollkommen feste leberartige Atelektasen des Ober- und Mittellappens, während am Unterlappen die allerersten Anfänge minimalst enLuftgehalts nachweisbar waren. In den übrigen Fällen kann man verschieden hochgradige entwickelte Rückbildung der Atelektasen in allen Abstufungen beobachten. Die längste Zeit, innerhalb deren sich fast regelmäßig noch kleine atelektatische Reste vorfanden, beträgt 1 $\frac{1}{2}$ Stunden. Nach dieser Zeit findet sich regelmäßig völlige Entfaltung der Lunge, gelegentlich noch eine geringe Volumen-

verringerte gegenüber der gesunden Seite oder auch wohl vollkommen gleichgroße und vollkommen gleiches Aussehen auf beiden Seiten.

Tabelle III. Rückbildung der Lungenatelektase bei 1tägigem Bestand nach der Lösung des Bronchusverschlusses

Versuchsnummer	Zeit des atelektatischen Zustandes	Zeit nach Lösung des Bronchusverschlusses	Zustand der Lunge
30	32 Stunden	nach 1 Minute beginnt Aufheilung des Lungenfeldes vor dem Röntgenschirm.	
31	34 "	2 Min.	fast komplette Rückbildung
32	24 "	2 $\frac{1}{2}$ "	beginnende Rückbildung
33	24 "	5 "	inkomplette "
34	24 "	5 "	fast komplette "
35	23 "	7 "	noch feste Atelektase
36	32 "	10 "	fast komplette Rückbildung
37	24 "	15 "	inkomplette "
38	27 "	30 "	vollendete "
39	24 "	30 "	" "
40	24 "	30 "	beginnende "
41	24 "	30 "	komplette Atelektase
42	27 "	30 "	vollendete Rückbildung
43	24 "	1 Stunde	inkomplette "
44	24 "	1 $\frac{1}{4}$ "	vollendete "
45	24 "	1 $\frac{1}{2}$ "	fast vollendete "
46	24 "	2 "	vollendete "

Das Ergebnis der Lösungsversuche bei 24stündiger Atelektase ist also dahin zusammenzufassen, daß auch nach diesem Zeitraum in der Regel, sobald das Atmungshindernis beseitigt ist, die Entfaltung der Lunge beginnt, daß gleichwohl Fälle vorkommen, wo der Lufteintritt anfangs vollkommen sistiert. Die längste von mir beobachtete Zeit war 30 Minuten¹⁾. Sobald der Lufteintritt einmal begonnen hat, schreitet in der Regel die weitere Entfaltung der Lunge schnell fort, jedoch bleiben umschriebene atelektatische Herde noch hartnäckig bestehen. Der Gang der Rückbildung ist ganz unregelmäßig, bald ist der Oberlappen, bald der Unterlappen früher entfaltet, allerdings sind die Randsäume der Lunge in der Regel am schnellsten lufthaltig und lokalisieren sich die Atelektasenreste häufig in die Gegend des Lungenhilus in Form keilförmiger Partien.

3. Die Rückbildung der Atelektase nach 3tägigem Bestand.

Bei den Lösungsversuchen der länger bestehenden Atelektasen konnte ich nur ganz ausnahmsweise bald nach der Entfernung des Stopfens beginnenden Lufteintritt in die Lunge vor dem Röntgenschirm verfolgen. Der früheste beobachtete Termin des Lufteintritts in die Lunge beträgt 10—15 Minuten nach der Entfernung des Stopfens, und der früheste Termin der vollkommenen Entfaltung der Lunge ohne jede

¹⁾ Daß noch längere Zeiten vorkommen können halte ich durchaus für möglich.

atelektatische Reste beträgt $1\frac{1}{2}$ Stunden. Dagegen konnte ich bei der Mehrzahl der Fälle unzweifelhaft ein längeres und vollkommenes Sistieren der Lungenentfaltung beobachten. Die Zeit der beginnenden Aufhellung wechselte.

Der längste, durch Sektion festgelegte Termin beträgt 2 Stunden. In diesem Falle war die Lunge nach dieser langen Zeit noch vollkommen atelektatisch, leberartig gefärbt und von leberartiger Konsistenz (und nur am Unterlappen war bereits ein umschriebener 2 mm breiter Saum lufthaltig).

Erst nach 4 Stunden fand ich die Lunge stets in allen Abschnitten lufthaltig, doch war das Volumen der atelektatisch gewesenen Lunge auch nach dieser Zeit noch etwa um $\frac{1}{3}$ gegenüber der gesunden Seite verkleinert.

Tabelle IV. Rückbildung der Lungenatelektase bei dreitägigem Bestand nach Lösung des Bronchusverschlusses.

Versuchsnummer	Zeit nach Lösung des Bronchusverschlusses	Zustand der Lunge
47	30 Minuten	Röntgenologisch Atelektase verschwunden
48	50 „	feste Atelektase
49	1 Stunde	Rückbildung
50	$1\frac{1}{2}$ „	
51	2 Stunden	noch „ komplette Atelektase
52	4 „	Atelektase gelöst

Das Ergebnis dieser Lösungsserie (Tabelle IV) ist also dahin zu präzisieren, daß bei längerem Bestand der Atelektase, nämlich 3 Tage, regelmäßig eine längere Zeit verstreicht, bis die Luft den Weg in den ihm verschlossen gewesenen Bronchialbaum findet. Der Lufteintritt scheint frühestens nach 5—10 Minuten zu beginnen, doch kann sich die Zeit bis zu 2 Stunden ausdehnen. Hinsichtlich des weiteren Fortschrittes der Lungenentfaltung sind die Verhältnisse dann ähnlich wie bei der kürzeren Dauer derselben, nur schiebt sich der Termin völliger Entfaltung entsprechend weiter hinaus.

Erwähnen möchte ich noch, daß wir speziell bei diesen Lösungsversuchen länger bestehender Atelektase im Röntgenschirm einige Mal beobachten konnten, daß der Beginn der Aufhellung unmittelbar nach heftigen zuckenden Bewegungen der Tiere eintritt und daß die Rückbildung anscheinend oft so lange sistiert, wie die Tiere vollkommen ruhig liegen, ein Vorgang, der sich ja sehr leicht erklären läßt und andererseits wiederum eine gewisse Erklärung für die verschiedenen Zeiten gibt, welche man für den Beginn des Lufteintritts in die Lunge beobachtet.

Versucht man sich eine Vorstellung über die bei Luftentfaltung der Lunge sich abspielenden Vorgänge zu machen, so gibt uns die Beobachtung der Schirmdurchleuchtung und der nachfolgende Befund der Sektion wohl ziemlich genauen Aufschluß darüber. Nach einem anfänglichen

Ruhestadium von je nach dem zeitlichen Bestand der Atelektase verschieden langer Dauer scheint der Lufteintritt plötzlich und ziemlich ausgiebig zu erfolgen und schnell größere Abschnitte des gesamten Lungengewebes zu erfüllen. Dann bleiben jedoch umschriebene atelektatische Herde bestehen, die in der Regel am Hilus in Keilform angeordnet sind, gelegentlich aber auch an der Lungenperipherie in Form umschriebener Stellen zurückbleiben. Eine regelmäßige Anordnung läßt sich dabei nicht konstatieren, auch keine regelmäßige Bevorzugung der einzelnen Lungenlappen. Oft bleiben auch oberflächliche Lungenpartien zwischen den einzelnen Lungenlappen atelektatisch. Bläht man eine atelektatische Lunge künstlich durch Einblasen von Luft auf (Versuch Nr. 11), so vollzieht sich der Vorgang der Luftfüllung in der Weise, daß zunächst kleine hirsekorn- bis linsengroße hellrosa gefärbte lufthaltige Stellen überall auf der Lungenoberfläche aufschießen, konfluieren, und sich zu zusammenhängenden Partien ausdehnen. So entsteht im großen und ganzen das Bild wieder, wie wir es bei der Sektion unvollständiger Atelektasenlösung regelmäßig finden. Um diesen Vorgang wenigstens annähernd in vivo durch die direkte Besichtigung zu veranschaulichen, habe ich bei einem großen Hunde (Versuch Nr. 21), bei dem 24 Stunden vorher ein Hauptbronchus abgeklemmt worden war, unter Anwendung des Brauerschen Überdruckapparates die Thoraxotomie ausgeführt und den Rückbildungsvorgang direkt beobachtet. Allerdings ist der Vorgang der Lungenblähung mit Hilfe des Druckdifferenzverfahrens ein wesentlich anderer als bei den physiologischen Atembewegungen, aber doch scheint er mir zur Veranschaulichung des sich abspielenden Vorganges in gewisser Weise geeignet zu sein, um so mehr, als man bei diesem Versuche unter seinen Augen alle Stadien ablaufen sieht, welche man bei den einzelnen Sektionen vorfindet. Die Lunge lag als braunrot gefärbter leberartiger fester Körper in der Tiefe des Thorax vollkommen atelektatisch. Bei einem Überdruck von 4cm Wasser behielt die Lunge zunächst während einer Beobachtungszeit von $\frac{1}{4}$ Stunde fast absolut unverändert ihr gleiches Aussehen. Daß dieser Druck zu gering war, um den physiologischen Druckschwankungen annähernd zu entsprechen, ging daraus hervor, daß die Lunge den Thoraxraum nicht ausfüllte, sondern erheblich von der Thoraxwand entfernt war.

Bei einer Erhöhung der Druckdifferenz von 7cm Wasserhöhe stieg die Lungenoberfläche bei der Expiration an die Thoraxwand heran, während sie bei der inspiratorischen Thoraxerweiterung noch von derselben entfernt blieb. Auch jetzt änderte sich etwa 5 Minuten lang an der Lunge nichts, dann begannen hier und da isolierte linsengroße lufthaltige Stellen überall aufzuschießen, die im Zeitraum von 2—3 Minuten schnell konfluierend fast die ganze Lungenoberfläche lufthaltig erscheinen ließen. Dann sistierte der schnelle Fortschritt der Lösung, überall

bestanden noch atelektatische Randstellen, ferner blieb auch die Fläche zwischen den Lungenlappen noch vollkommen atelektatisch. Ganz allmählich und unmerklich vollzog sich der weitere Luft Eintritt und erst nach weiteren 15 Minuten waren keine atelektatischen Stellen mehr sichtbar. Auf die hierbei angegebenen Zeiten kann selbstverständlich kein Gewicht gelegt werden, aber die Art des Lösungsvorganges der Atelektase, die sich hierbei direkt beobachten, ließ veranschaulicht in sehr schöner Weise die aus dem Sektionsbefunde erschlossenen sich bei geschlossenem Thorax abspielenden physiologischen Vorgänge.

Als wichtigstes Endergebnis obiger Versuche möchte ich betrachten, daß regelmäßig die Entfaltung der Lunge bei einer künstlich durch eine Verstopfung des Bronchus hervorgerufenen länger bestehenden Atelektase nicht, wie bei der fötalen Atelektase, bei den ersten Atemzügen erfolgt. Die längere Zeit atelektatisch gewesene Lunge ist nicht imstande, sich sofort nach ihrer Befreiung wieder an der Respiration zu beteiligen. Der Organismus bleibt vielmehr noch einige Zeit allein auf die andere Lunge angewiesen. Es vergeht eine gewisse Latenzzeit, ehe die Luft von neuem in den verschlossen gewesenen Bronchialbaum einzudringen vermag. Diese Latenzzeit ist um so größer, je länger die Atelektase vorher bestanden hat. Nur bei ganz kurzem Bestehen der Atelektasen — von einigen Stunden — kann man des öfteren mit sofortiger Entfaltung der Lunge rechnen. Nur in den seltensten Fällen dürfte man jedoch in die günstige Lage kommen, so schnell zur Fremdkörperextraktion gerufen zu werden. Fast ausnahmslos wird man eine länger bestehende, also nicht mehr sofort lösbare Atelektase vor sich haben und damit die früher erwähnte Erstickungsgefahr bei Inspiration von Fremdkörpern in die gesunde Lunge während des Extraktionsversuches.

Ich glaube, daß uns die Kenntnis dieser aus dem Fortbestand der Atelektase entspringenden, bisher wenig beachteten Gefahr bei der bronchoskopischen Fremdkörperextraktion zu der Forderung drängt, zur leichtesten und sichersten Form der Bronchoskopie, nämlich zur Bronchoscopia inferior zu greifen, wenn klinisch das Vorhandensein einer Atelektase festgestellt ist.

Die im Experiment hervorgetretene, eigentlich ganz selbstverständliche Beobachtung, daß forcierte Atmung die Entfaltung der atelektatischen Lunge beschleunigt, gibt uns den Hinweis, nach Beseitigung der Hindernisse durch Atmungsübungen eine möglichst schnelle Rückbildung der Atelektase anzustreben, um entzündlichen Komplikationen vorzubeugen. Die Verwendung von Überdruck oder Insufflation in irgendeiner Form könnte hierfür förderlich sein.