

(Aus dem Laboratorium von Prof. J. Dogiel zu Kasan.)

## Ueber den Husten nebst einigen Bemerkungen über den Einfluss des Chloroforms auf die Athmung der Thiere.

Von

**M. K a n d a r a z k i.**

Hierzu Tafel IX.

Die vorliegende Abhandlung bringt Versuche über den Husten und die Wirkung des Chloroforms auf die Athmung der Thiere, welche auf den Rath von Prof. Dogiel behufs Erklärung der von mir publicirten anatomischen Verhältnisse der Nerven der Respirationswege<sup>1)</sup> unternommen wurden. Bei der Reizung der Kehlkopfschleimhaut im Bezirk, welcher 1''' unterhalb der wahren Stimmbänder anfängt und sich bis zum unteren Rande des Ringknorpels erstreckt, sah Bidder<sup>2)</sup> stets energischen Husten auftreten. Nach der Durchschneidung des N. laryngeus superior blieb dieser Erfolg aus. Die Reizung der Trachealschleimhaut hatte keinen Husten zur Folge. Nach Rosenthal<sup>3)</sup> ruft nur die Reizung der Kehlkopfschleimhaut, nicht aber die des N. laryng. sup. selbst Husten hervor. Nothnagel<sup>4)</sup> erhielt aber schon Husten nicht allein vom Kehlkopfe aus, sondern auch in Folge der Reizung der Tracheal- und Bronchialschleimhaut, ohne dass es ihm gelungen wäre, durch Reizung der Nervenstämme selbst Husten auszulösen. Kohts<sup>5)</sup> hingegen konnte sowohl vom Kehlkopfe, der Trachea und den Bronchien aus, wie auch durch Reizung des N. laryng. sup. und des N. vagus Husten erzeugen. Die Reizung des N. re-

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth. 1881.

2) Virchow's Archiv. 1865.

3) Die Athembewegungen. 1862.

4) Virchow's Archiv. 1868.

5) Virchow's Archiv. 1874.

currens blieb erfolglos. In seiner Arbeit führt er an, dass 1) Krimer (1819) auf Reizung der Trachealschleimhaut und der durchschnittenen Vagi Husten eintreten sah, 2) dass Budge und Blumberg weder durch die Reizung der Trachea noch des N. laryng. sup. Husten hervorrufen konnten, während 3) Cruveilhier und Romberg die Trachea und die Vagi mit positivem Effect (Husten) reizten.

Den Literaturangaben zufolge also tritt bei der Reizung der Kehlkopf-, Tracheal- und Bronchialschleimhaut Husten auf. Dass Bidder durch Reizung der Trachealschleimhaut keinen Husten erhielt, erklärt sich durch die Beobachtung Nothnagel's, dass die Schleimhaut der Trachea weniger empfindlich ist, als z. B. die des Kehlkopfes, und dazu noch ihre Reizbarkeit schnell verliert.

Als centripetal leitende Nerven muss man auf Grund der citirten Abhandlungen für den Kehlkopf den N. laryng. sup., für die Trachea aber den N. vagus annehmen. Der N. recurrens erwies sich nach den physiologischen Versuchen der Autoren in dieser Hinsicht indifferent, obgleich dieses der allgemein acceptirten anatomischen Beschreibung, dass die Trachea vom N. recurrens aus innervirt werde, widerspricht. Zur Bestätigung des Angegebenen sollen folgende zwei Versuche Nothnagels dienen.

1. Beide Vagi durchschnitten. Die Reizung des Kehlkopfes wird vom Husten begleitet, während von der Trachealschleimhaut und der Bifurcationsstelle kein Husten auszulösen war.

2. Beide Nn. laryng. sup. durchschnitten. Die Reizung des Kehlkopfes hatte keinen, die der Trachea und der Bifurcationsstelle wohl aber Husten zur Folge.

Mit gleichem Resultat wiederholte Kohts diese Versuche Nothnagels.

Rosenthal, Bidder und Nothnagel erhielten bei der Reizung des N. laryng. sup. und des N. vagus keinen Husten, wesshalb die beiden letzteren Forscher geneigt waren, eine besondere Nervenendigung in der Schleimhaut der Respirationswege anzunehmen. Krimer, Cruveilhier, Romberg und Kohts erzielten durch die Reizung der Nerven jedoch Husten; die ersten drei durch Reizung der Nn. vagi, der letzte durch die Reizung des N. laryng. sup. Hinzuzufügen ist, dass Krimer und Kohts durch Reizung des N. recurrens keinen Husten erhielten.

Meine in dieser Richtung vorgenommenen Versuche tragen

theils zur Aufklärung des bisher Bekannten über die Innervation der Respirationswege bei, theils aber bringen sie neue Thatsachen. Sie bestätigen einerseits die Schlussfolgerungen von Nothnagel und Kohts, dass sowohl die Reizung der Kehlkopf-, wie die der Tracheal- und Bronchialschleimhaut Husten zur Folge hat, andererseits weisen sie darauf hin, dass der Husten verschieden ist, je nachdem, ob man die Trachea und Bronchien, oder den Kehlkopf reizt. Beim mechanischen Reiz der Kehlkopfschleimhaut, z. B. mittelst eines Zwirnfadens oder einer Federfahne, erfolgt der Husten nicht sofort, im Gegentheil — während der Reizung bemerkt man deutlich eine Unterdrückung der Athmung und Schluckbewegungen. So lange der Reiz anhält, werden die Athembewegungen unregelmässig, verflachen sich; die Inspiration geht schnell in die Expiration über, die Pausen zwischen den einzelnen Athmungsphasen werden kürzer oder im Gegentheil länger bis zur zeitweiligen Suspension der Athmung, und nur, nachdem die Reizung eingestellt worden, tritt einmaliges oder wiederholtes Husten ein. Wird die Kehlkopfschleimhaut längere Zeit gereizt, so kann der Husten auch schon während der Reizung selbst auftreten. Nichtsdestoweniger drängen sich bei der Reizung die Unterdrückung der Athmung und die Schluckbewegungen in den Vordergrund. Die Curve (Fig. I) demonstriert den Charakter der Athmung während der Reizung der Kehlkopfschleimhaut.

Durchaus verschieden ist der Husten in Folge der Reizung der Tracheal- und Bronchialschleimhaut. Hier tritt der Husten zugleich mit der Reizung auf und hält während der ganzen Dauer der Reizung an. Schluckbewegungen konnten in diesem Falle nie wahrgenommen werden. Fig. II und III demonstrieren das Angegebene am besten.

In Bezug auf die Nervenbahnen, auf welchen der Reiz von der Schleimhaut zum Centrum gelangt, müssen wir auf die von uns über die Nerven der Respirationswege schon veröffentlichte Arbeit verweisen. Aus jenen anatomischen Untersuchungen geht hervor, dass beim Hunde, an welchen Thieren unsere Versuche ausschliesslich angestellt sind, die obere Trachealhälfte nicht vom N. recurrens, sondern vom N. laryng. sup. innervirt wird. Die Galensche Anastomose zwischen diesen beiden Nerven ist vollkommen als ein Zweig des N. laryng. sup. zu betrachten. Im Niveau des 4. Trachealknorpels geht diese Anastomose vom n. re-

currens ab und läuft zwischen ihm und der Trachea in Form eines selbstständigen dünnen Nervenstammes weiter, auf diesem Wege der Trachea Zweige abgebend. Diesem Zweige gaben wir den Namen Ramus trachealis (*nervi laryngei superioris*). Während nun die ganze obere Trachealhälfte ihre Zweige von diesem R. trachealis erhält, wird die untere Trachealhälfte vom N. vagus aus versorgt. Der N. recurrens steht beim Hunde mit der Trachea in keiner Beziehung. Die physiologischen Versuche bestätigen die anatomischen Resultate vollständig. Die Durchschneidung des R. trachealis macht die Leitung von der Trachealschleimhaut zum Centrum unmöglich, und zwar in dem Sinne, dass nach Durchschneidung des Trachealzweiges, z. B. im Niveau des 10. Trachealknorpels, schon in der Region der 10 folgenden Trachealknorpel der Reiz von keinem Husten begleitet wird. Wohl aber erzeugt der Reiz oberhalb der durchschnittenen Stelle, wie im unteren Trachealende noch Husten. Die Durchschneidung des R. trachealis unterhalb des Kehlkopfes, wo er noch den Namen der Galenschen Anastomose führt, macht die ganze obere Hälfte der Trachea unempfindlich. Die Durchschneidung der Nn. laryng. sup. bewirkt das Nämliche nicht nur für den Kehlkopf, sondern auch für die obere Trachealhälfte. Die Durchschneidung der beiden Vagi vernichtet die Sensibilität der unteren Trachealhälfte und der Bronchien, ohne irgend welchen Einfluss auf die Empfindlichkeit des Kehlkopfes und der oberen Trachealhälfte auszuüben. Folglich ist das von Nothnagel und Kohts angegebene Innervationschema der Respirationswege diesen anatomisch-physiologischen Thatsachen entsprechend zu berücksichtigen. Die Angaben von Nothnagel und Kohts, dass sie nach Durchschneidung der Nn. laryng. supp. von der Trachea aus Husten hervorrufen konnten, ist so zu verstehen, dass in diesem Falle von der unteren Trachealhälfte, welche vom Vagus aus versorgt wird, Husten erhalten worden ist.

Wenden wir nun unsere Aufmerksamkeit der Frage zu, ob durch Reizung der die Respirationswege versorgenden Nerven Husten erhalten werden kann. Aus den Literaturangaben ersieht man, dass diese Frage keineswegs endgültig entschieden ist, Bidder und Nothnagel erstaunten nicht wenig, als sie durch Reizung der Nervenstämme keinen Husten hervorrufen konnten, während doch die Reizung ihrer Endigung in der Schleimhaut

vom Husten begleitet war. Die Untersuchung dieser Frage ist am besten mit der Reizung des R. trachealis, eines ungleich einfacheren Nerven, als die Nn. laryng. supp. und die Nn. vagi, anzufangen. Diesen Versuch hatte man noch nicht gemacht. Bei der Reizung des centralen Endes des R. trachealis durch den intermittirenden Strom tritt deutlicher, wiederholter Husten hervor. Die Durchschneidung des N. laryng. sup. der entsprechenden Seite hebt diesen Effect auf. Bei der Reizung des centralen Endes des R. trachealis der anderen Seite erhält man wieder Husten, und zwar mit demselben Charakter, wie in Folge der Reizung der Trachealschleimhaut, d. h. der Husten tritt zugleich mit der Nervenreizung auf und hält während der ganzen Dauer der Reizung an (Fig. IV).

Die Reizung des peripheren Endes der R. trachealis hat nur zuweilen ein einmaliges Aufhusten zur Folge, was auf den Gehalt des R. trachealis an aufsteigenden Vagusfäden hinzuweisen scheint. Durch die Reizung des centralen Stumpfes des R. trachealis wird das Gefässsystem wie durch die Reizung eines sensiblen Nerven überhaupt afficirt: der Blutdruck steigt (Fig. V).

Die Reizung des centralen Endes des durchschnittenen N. laryng. sup. durch einen mässigen Strom, oder auch mechanisch, hat ebenfalls Husten zur Folge. Auch hier, wie bei der Reizung der Kehlkopfschleimhaut, tritt der Husten nicht sofort mit der Reizung auf, sondern es macht sich im ersten Moment eine Unterdrückung der Athmung, Verlangsamung desselben oder sogar ihre zeitweilige Suspension bemerkbar, worauf Unruhe des Thieres eintritt, wodurch man von der Fortsetzung der Reizung des Nerven abzulassen genöthigt wird. Hierauf erst erscheint eine schnelle, bestimmte Expiration: Husten.

Obwohl die Curven (Fig. VI und VII) keine detaillirte Darstellung aller dieser Verhältnisse vorführt, ersieht man doch, dass während der Reizung sich eine Verlangsamung der Athmung (Fig. VI), und erst, nachdem die Reizung aufgehört, der Husten (Fig. VII) sich einstellt. Folglich sind die Resultate der Reizung der Kehlkopfschleimhaut und des centralen Stumpfes des N. laryng. sup. ähnlich: zuerst eine Verlangsamung der Athmung und hierauf erst der Husten. Gleichen Effect bekommt man ebenfalls bei der Reizung der Trachealschleimhaut und des centralen Endes des R. trachealis. Dass Bidder keinen Husten in Folge der Reizung des N. laryng. sup. sah, hängt wahrscheinlich davon ab, dass

seine Versuchsthiere narcotisirt waren. Durch die Narcose aber wird sowohl die Empfindlichkeit der Schleimhaut, wie die Reizbarkeit der Nerven und des Hustencentrums herabgesetzt. In Bezug auf den N. laryng. sup. ist noch zu bemerken, dass seine Reizung nicht immer vom Husten begleitet wird. Besonders schwer fällt es, den Husten zu erhalten, wenn das Thier durch vorhergegangene Operation erschöpft ist, und wenn die Athmung in ein Geheul übergeht. In solchen Fällen erhält man nur Verlangsamung der Athmung. Ist das Thier aber weniger empfindlich, nicht stark erschöpft, athmet es ruhig, so erhält man den Husten nach der Reizung des N. laryng. sup. leicht. Beistimmen muss man Bidder, dass der N. laryng. sup. in functioneller Hinsicht die verschiedensten Fasern enthält: zur Hemmung, Schluckbewegung und zum Husten.

Wie bekannt, beschleunigt die Reizung des centralen Vagusendes die Athembewegungen. Wählt man zum Reiz den schwächsten, eben eine Wirkung äussernden Strom, so erhält man auch vom Vagus aus Husten. Dieser Husten tritt zugleich mit der Reizung auf.

Fig. VIII zeigt den Husten bei der Reizung des centralen Vagusstumpfes. Es ist uns unbegreiflich, warum Rosenthal bei der Reizung des centralen Vagusstumpfes keine ähnliche Curve erhielt. Rosenthal führt uns Curven vor, welche bei der Reizung des Vagus mit verschieden starken Strömen erhalten worden sind, und giebt an, dass hierbei Expiration nicht zu erlangen sei: „Es kann demnach wohl keinem Zweifel unterliegen, dass durch die Vagusreizung kein „expiratorischer Effect“ ausgelöst wird . . .“<sup>1)</sup> Der Husten in Folge der Vagusreizung hat das Besondere, dass ihm eine tiefe Inspiration vorausgeht, welche in der Grösse zuweilen der Expiration nicht nachsteht. Im Uebrigen ist der Husten in Folge der Vagusreizung ähnlich dem, welcher bei der Reizung der Trachea entsteht. Die nachfolgende Curve (Fig. IX) demonstriert klar den Husten in Folge der Vagusreizung, während der andere Vagusstamm nicht durchschnitten ist. Zur Reizung verwendete ich einen so schwachen intermittirenden Strom, von welchem ein Effect von der Vagusreizung zu erwarten war, und erhielt auch unter solchen Umständen die Curve (Fig. IX).

---

1) Archiv f. Anat. und Physiol. Physiol. Abth. 1880.

Das Angeführte erlaubt den Schluss, dass sowohl die Reizung der Nerven der Respirationswege, wie die ihrer Schleimhautendigungen dortselbst Husten zur Folge hat, und in beiden Fällen giebt die Reizung gleiches Resultat.

## II.

Einiges über die Wirkung des Chloroforms auf die Athmung. Anzuführen ist, dass es uns hauptsächlich darum zu thun war, die Veränderung der Athmung im ersten Moment der Chloroformwirkung zu eruiren.

Die Thiere wurden ca. 4—5 Sec. chloroformirt. Sogleich nach der Einathmung des Chloroforms verflachen sich die Athemzüge. Es scheint, als ob das Thier sich bestreben würde, die Athmung zu unterdrücken, was von Prof. Dogiel schon lange beobachtet und beschrieben ist <sup>1)</sup>. Husten erhält man weder während, noch nach dem Chloroformiren. Mit der Entfernung des Chloroforms stellt sich der frühere Typus der Athmung wieder ein. Dieses ersieht man aus der Curve (Fig. X). Das Thier wurde hierbei durch Mund und Nase chloroformirt.

Nachfolgende Curve (Fig. XI) zeigt den Effect des Chloroformirens nach der Durchschneidung der beiden Nn. laryng. supp.

Die Unterdrückung der Athmung bemerkt man nicht nur beim Chloroformiren durch Mund und Nase, sondern auch durch eine zu diesem Zweck in die Trachea eingeführte Canüle. Befindet sich die Trachealcanüle in der Mitte der Trachea, so kann das Chloroform nur auf die Vagusendigungen einwirken. Durchschneidung beider Vagi macht auch den ersten Effect beim Chloroformiren verschwinden. Folglich wirkt das Chloroform im ersten Moment der Einwirkung deprimirend auf die Athmung, und diese Wirkung wird auch durch die Vagi vermittelt. Derartige zahlreiche Versuche wurden an Hunden angestellt. Beim Kaninchen erhielten wir ein etwas abweichendes Resultat. Hier werden sofort mit der Einwirkung des Chloroforms, sowohl durch Mund und Nase, wie durch die Trachealcanüle, die Athemzüge frequenter, während ihre Tiefe fast unverändert bleibt (Fig. XII).

Hört man mit dem Chloroformiren auf, so stellt sich der

---

1) Archiv f. Anat. und Physiol. 1866.

frühere Athmungsmodus wieder ein. Wovon dieser Unterschied im ersten Moment der Chloroformwirkung bei Hunden und Kaninchen abhängt, müssen wir vorläufig unaufgeklärt lassen.

Die reflectorisch deprimirende Wirkung des Chloroforms erklärt uns die Zufälle beim Chloroformiren chirurgischer Kranken, besonders derer, welche an Katarrh der Respirationswege leiden. Sofort mit der Einwirkung des Chloroforms treten Erstickungszufälle und starke Unruhe des Chloroformirten auf. Bekannt sind auch gleich beim Anfange des Chloroformirens eingetretene Todesfälle. In solchen Fällen ist der Tod durch reflectorische Lähmung des Respirationscentrums, durch erhöhte Reizbarkeit der deprimirend auf dieses Centrum einwirkenden Nerven bedingt, zu erklären. Die Athmungshemmung wird, wie aus unseren Versuchen hervorgeht, nicht allein vom N. laryng. sup., sondern auch vom N. vagus aus bewirkt. Bei mehr anhaltendem Chloroformiren beobachteten wir folgendes. In der Periode der Excitation ruft eine schwache Reizung des R. trachealis sofort Husten hervor. Dagegen ist es während der Narcose unmöglich, sowohl von der Schleimhaut, wie vom R. trachealis aus Husten zu erregen. Die nach Vagusdurchschneidung verlangsamte Athmung (Fig. XIII) wird mit der Chloroformnarcose immer frequenter (Fig. XIV) und hört schliesslich auf.

Die Eröffnung der Brusthöhle zeigt, dass das Herz noch, obwohl schwach, schlägt. Die allmälige Zunahme der Athembewegungen in Folge längeren Chloroformirens zeigt die Curve. Der beschleunigende Vagusimpuls auf die Athmung wird durch das im Blut circulirende Chloroform ersetzt, welches direct auf das Respirationscentrum einwirkt. Die Fig. XIV zeigt die Beschleunigung der Athmung in der 5. Min. der Chloroformnarcose, die Fig. XIII die Athembewegungen nach der Durchschneidung beider Vagi.

### III.

Nicht überflüssig erscheint uns die Methode, nach welcher die Athmungscurven erhalten worden sind, anzuführen. Zur Verwendung kam ein Metallrohr, an einem Ende mit zwei rechtwinklig zur Längsachse des Rohres gestellten Platten, welche der Trachea entsprechend gekrümmt waren, versehen. Mittelst einer Schraube können diese Platten gegeneinander bewegt werden.



An der vorderen Trachealwand wird ein Schnitt gemacht, eine von den Platten in die Trachea geführt und die zweite mittelst der Schraube der in der Trachea befindlichen genähert, wodurch die Wundränder der Trachea zwischen den Platten zu liegen kommen. Eine dem Durchmesser des Rohres entsprechende Oeffnung in jeder Platte lässt eine Communication zwischen der Trachea und dem Rohre zu. Wird das freie Ende des Metallrohres durch einen Guttaperchaschlauch mit dem Schreibapparat von Marey verbunden, so kann man auf einer Trommel die Luftdruckschwankungen in der Trachea aufgezeichnet erhalten.

---

### Erklärung der Tafel.

---

- Fig. 1. Die Curve demonstirt den Charakter der Athmung während der Reizung der Kehlkopfschleimhaut. R. — Reizung. S. — Schluss der Reizung.
- Fig. 2 und 3. Der Husten in Folge der Reizung der Tracheal- und Bronchialschleimhaut. Hier tritt der Husten zugleich mit der Reizung auf und hält während der ganzen Dauer der Reizung an. Schluckbewegungen werden hierbei nicht wahrgenommen. R. — Reizung. S. — Schluss der Reizung.
- Fig. 4. Bei der Reizung des centralen Endes des R. trachealis tritt der Husten zugleich mit der Nervenreizung auf und hält während der ganzen Dauer der Reizung an. R. — Reizung. S. — Schluss der Reizung.
- Fig. 5. Durch die Reizung des centralen Stumpfes des R. trachealis wird das Gefässsystem wie durch die Reizung eines sensiblen Nerven überhaupt afficirt. Der Blutdruck steigt. R. — Reizung. S. — Schluss der Reizung.
- Fig. 6 und 7. Aus der einen Curve (Fig. 6) ersieht man, dass während der Reizung Verlangsamung der Athmung auftritt; nachdem die Reizung aufhört, stellt sich erst Husten (Fig. 7) ein. R. — Reizung. S. — Schluss der Reizung.
- Fig. 8. Die Curve zeigt den Husten bei der Reizung des centralen Vagusstumpfes. R. — Reizung. S. — Schluss der Reizung.
- Fig. 9. Die Curve demonstirt den Husten in Folge von Vagusreizung, während der andere Vagusstamm durchschnitten ist. R. — Reizung. S. — Schluss der Reizung.

- Fig. 10. Die Curve zeigt, wie sich die Athemzüge sogleich nach der Einathmung des Chloroforms verflachen. Mit der Entfernung des Chloroforms stellt sich der frühere Typus der Athmung wieder ein. Chl. — Chloroform. A. — Aufhören mit dem Chloroformiren.
- Fig. 11. Diese Curve zeigt den Effect des Chloroformirens nach der Durchschneidung der beiden Nn. laryng. supp. Chl. — Chloroform. A. — Aufhören mit dem Chloroformiren.
- Fig. 12. Chloroformwirkung beim Kaninchen. Die Athemzüge werden frequenter. Chl. — Chloroform. A. — Aufhören mit dem Chloroformiren.
- Fig. 13. Athembewegungen nach der Durchschneidung beider Vagi.
- Fig. 14. Die Curve zeigt die hierauf (Fig. 13) erfolgende Beschleunigung der Athmung in der 5. Minute der Chloroformnarcose.

## E r k l ä r u n g

von

Dr. S. Wolffberg.

In meiner Arbeit über den Ursprung des Glykogens (s. Zeitschrift für Biologie, Bd. XII, 1876) hatte ich [S. 291] gesagt, dass zuerst G. v. Liebig und L. Hermann für einen bestimmten Lebensprocess [durch Versuche an den in Sauerstofffreier Atmosphäre arbeitenden und Kohlensäure producirenden Muskeln] den Nachweis erbracht, dass nicht die direkte Oxydation die nächste Ursache des Stoffzerfalls sei. Diese Unabhängigkeit der Stoffzersetzungen vom Sauerstoff habe zuerst für den Gesamtkörper Voit dargethan und gezeigt, dass von der Thätigkeit der Zellen abhängt, ob gewisse Stoffe zersetzt und oxydirt werden oder unzersetzt bleiben. Zu dem gleichen Resultate von der Unabhängigkeit der Stoffzersetzungen im thierischen Körper vom Sauerstoff sei später Pflüger auf anderm Wege gelangt.

Hierauf warf mir Herr Geheimrath Pflüger [dieses Archiv XIV, 644] vor, dass ich ihn nur citirt habe, um ihn zu

