

Zeitschrift: Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

Herausgeber: Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

Band: 118 (1976)

Heft: 5

Artikel: Abhängigkeit der mittleren inspiratorischen und expiratorischen Atemstromstärke vom Atemminutenvolumen beim Pferd

Autor: Gretener, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-591557>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Abhängigkeit der mittleren inspiratorischen und expiratorischen Atemstromstärke vom Atemminutenvolumen beim Pferd¹

von P. Gretener²

I. Einleitung und Fragestellung

Es ist das Verdienst von Prof. Dr. H. Spörri, die Bedeutung von physiologischen und pathophysiologischen Untersuchungen am Kreislauf- und Atmungsapparat der Tiere schon frühzeitig erkannt zu haben. Im Laufe der letzten Jahre und Jahrzehnte wurden im Veterinär-Physiologischen Institut der Universität Zürich unter anderem zahlreiche Methoden ausgearbeitet, die eine exakte qualitative und quantitative Erfassung der Lungenfunktion bei Grosstieren ermöglichen (Spirographie, Pneumotachographie, Intrathorakaldruckmessungen, Kapnographie, N₂-Einwaschungstest, Bestimmung der Funktionellen Residualkapazität). Solche Untersuchungen sind nicht von rein wissenschaftlichem Interesse, sondern sie tragen auch dazu bei, die klinische Diagnostik zu verfeinern und sind ferner die Voraussetzung zur objektiven Prüfung von Medikamenten (Narkotika, Bronchospasmodolytica usw.) und zur Beurteilung von Luftkontaminationen auf die Funktionen der Atmungsorgane.

Die Interpretation derartiger Untersuchungen setzt aber die genaue Kenntnis der normalen Parameter voraus; es müssen also möglichst genaue Bezugsgrößen mit geringer physiologischer Streubreite ermittelt werden.

Viele atmungsphysiologische Parameter weisen scheinbar deshalb eine ausserordentlich grosse Variationsbreite auf, weil bei ihrer Beurteilung die Abhängigkeit von gewissen Faktoren nicht berücksichtigt wird.

Systematische Untersuchungen haben gezeigt, dass z. B. der Atemzeitquotient (AZQ) von Atemfrequenz und Atemvolumen abhängt und dass auch eine Korrelation zwischen dem Atemzeitquotienten und dem Atemminutenvolumen besteht. Nur unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge lässt sich ein signifikanter Unterschied des AZQ zwischen gesunden Pferden und solchen mit obstruktiven Lungenerkrankungen nachweisen (Gretener, 1975).

Das Ziel dieser Arbeit war es, brauchbare Normen für inspiratorische und expiratorische Atemstromstärke bei gesunden Pferden zu finden, indem versucht wurde, die mittleren Atemstromstärken mit dem Atemminutenvolumen in Relation zu bringen. Ferner soll auch untersucht werden, wie sich diese Parameter bei Pferden mit obstruktiven Lungenerkrankungen verhalten.

¹ Herrn Prof. Dr. H. Spörri zum 65. Geburtstag gewidmet.

² Adresse: Dr. P. Gretener, Winterthurerstr. 260, CH-8057 Zürich.

II. Methodik

Die Untersuchung umfasst insgesamt 41 lungengesunde Pferde und 56 mit einer obstruktiven Lungenaffektion, wobei diese beiden Gruppen in bezug auf Alter, Geschlecht, Rassenzugehörigkeit und Gewicht ungefähr gleich zusammengesetzt sind.

Die Klassierung erfolgte auf Grund der Resultate der klinischen Untersuchung, der atmungsphysiologischen Untersuchungen sowie elektrokardiographischer und hämatologischer Untersuchungen. Von einzelnen lungenkranken Tieren liegen auch die pathologisch-anatomischen Untersuchungsergebnisse vor. Die atmungsphysiologischen Messungen wurden am stehenden Tier durchgeführt. Die Pferde trugen dabei eine Kunststoffmaske, die über Ober- und Unterkiefer reichte und luftdicht abgeschlossen werden konnte. Ein Pneumotachograph nach Fleisch (1925, 1956) konnte vorn aufgesetzt werden.

Mit einem achtkanaligen Kathodenstrahl-Oszillographen¹ wurden folgende Kurven photographisch registriert: Pneumotachogramm (PTG), Spirogramm (SPG, durch elektronische Integration des Pneumotachogramms²), inspiratorisches Atemzeitvolumen (AZV), Kapnogramm (CO₂-Konzentration in der Atemluft gemessen nach dem Prinzip der Ultrarotabsorption) sowie EKG-Ableitung A (Scheunert-Trautmann, 1965).

Zur möglichst genauen Beurteilung der Lungenfunktion wurden noch weitere Untersuchungen durchgeführt wie Messung des Interpleuraldruckes (durch Punktion im 10. Intercostalraum), N₂-Einwaschungstest und Bestimmung der funktionellen Residualkapazität mit der He-Methode, wobei gleichzeitig die He-Einmischzeit gemessen wurde.

Die Methodik und Interpretation dieser Lungenfunktionstests beim Pferd wurde bereits eingehend beschrieben: (Spörri und Leemann, 1964; Spörri und Zerobin, 1964; Spörri und Denac, 1967; 1970 1 und 2, 1971; Furukawa, 1972; Denac, 1976).

Ein Teil der Tiere wurde zweimal untersucht, und zwar einmal ohne Sedierung und einmal nach Applikation des Neuroplegicums Combelen^{®3} in einer Dosierung von 1 ml/100 kg Körpergewicht. Die Injektion erfolgte intramuskulär, zwei Stunden vor Versuchsbeginn.

Die Gruppe der lungenkranken Pferde ist ziemlich heterogen zusammengesetzt, denn sie umfasst Tiere, die nur eine gestörte Lungenfunktion zeigen, ohne klinisch eindeutige Veränderungen, aber auch solche, die klinische Symptome zeigen, welche bis zur deutlichen Dyspnoe reichen. Es sind darin Pferde zusammengefasst, die akute oder chronische Bronchitis und/oder Bronchiolitis zeigen, z.T. verbunden mit einem alveolären Lungenemphysem, ferner

¹ Hersteller: Electronics for Medicine, White Plains, N. Y., USA.

² Integrator der Firma Dr. Fenyves & Gut, Basel.

³ 1 ml Lösung enthält 12,88 mg N-(3'-Dimethylamino-propyl)-3-propionyl-phenothiazinphosphat, Hersteller: Bayer, Leverkusen.

auch Pferde mit Veränderungen, die dem Asthma bronchiale des Menschen vergleichbar sind. Eine differenzierte Diagnose dieser Krankheitsbilder ist mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln im Einzelfall nicht immer mit Sicherheit möglich. Obwohl in bezug auf die Art der Veränderung als auch in bezug auf das Ausmass und das Alter der Affektion grosse Unterschiede bestehen, zeigen alle diese Pferde als gemeinsames Merkmal eine gewisse Obstruktion der Atemwege

Die in dieser Arbeit untersuchten Parameter wurden anhand von Spirogramm und Pneumotachogramm ermittelt. Für jeden einzelnen Atemzug wurden folgende Werte bestimmt: Atemzugvolumen (V_T), Inspirationszeit (t_I), Expirationszeit (t_E) und Atemfrequenz (f). Aus diesen Messwerten wurden berechnet:

- mittlere Atemstromstärke während der Inspiration $\bar{v}_I = \frac{V_T}{t_I}$
- mittlere Atemstromstärke während der Expiration $\bar{v}_E = \frac{V_T}{t_E}$
- theoretisches Atemminutenvolumen $AMV = f \cdot V_T$

Bei den ausgewerteten Atemzügen wurde darauf geachtet, dass sie sowohl inspiratorisch als auch expiratorisch dasselbe Atemzugvolumen aufwiesen.

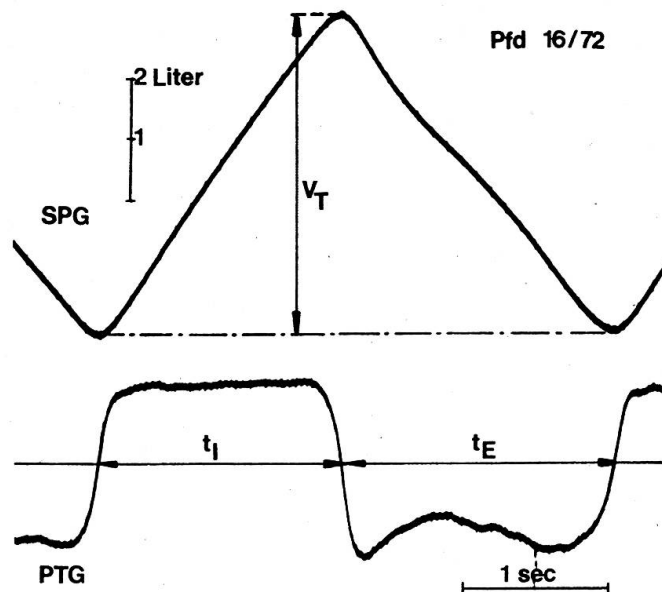


Abb. 1 Spirogramm (SPG, aufsteigender Schenkel = Inspiration) und Pneumotachogramm (PTG) eines gesunden Pferdes. Aus diesen Kurven können folgende Messwerte bestimmt werden: Atemzugvolumen $V_T = 5,3$ Liter, Inspirationszeit $t_I = 1,62$ sec, Expirationszeit $t_E = 1,83$ sec, Atemfrequenz $f = 17,4$ /min. Die mittlere Atemstromstärke während der Inspiration \bar{v}_I beträgt demnach $3,3$ Liter/sec, und für die Expiration ergibt sich eine mittlere Atemstromstärke \bar{v}_E von $2,9$ Liter/sec bei einem Atemminutenvolumen AMV von $90,2$ Litern.

III. Ergebnisse

1. Lungengesunde Pferde

Die Korrelation zwischen mittlerer inspiratorischer bzw. expiratorischer Atemstromstärke und dem Atemminutenvolumen ist aus den Abbildungen 2 und 3 ersichtlich. Für den Bereich des Atemminutenvolumens von 45 bis 200 Liter/min besteht eine enge lineare Beziehung zwischen Atemstromstärke und Atemminutenvolumen sowohl für Inspiration als auch für Expiration.

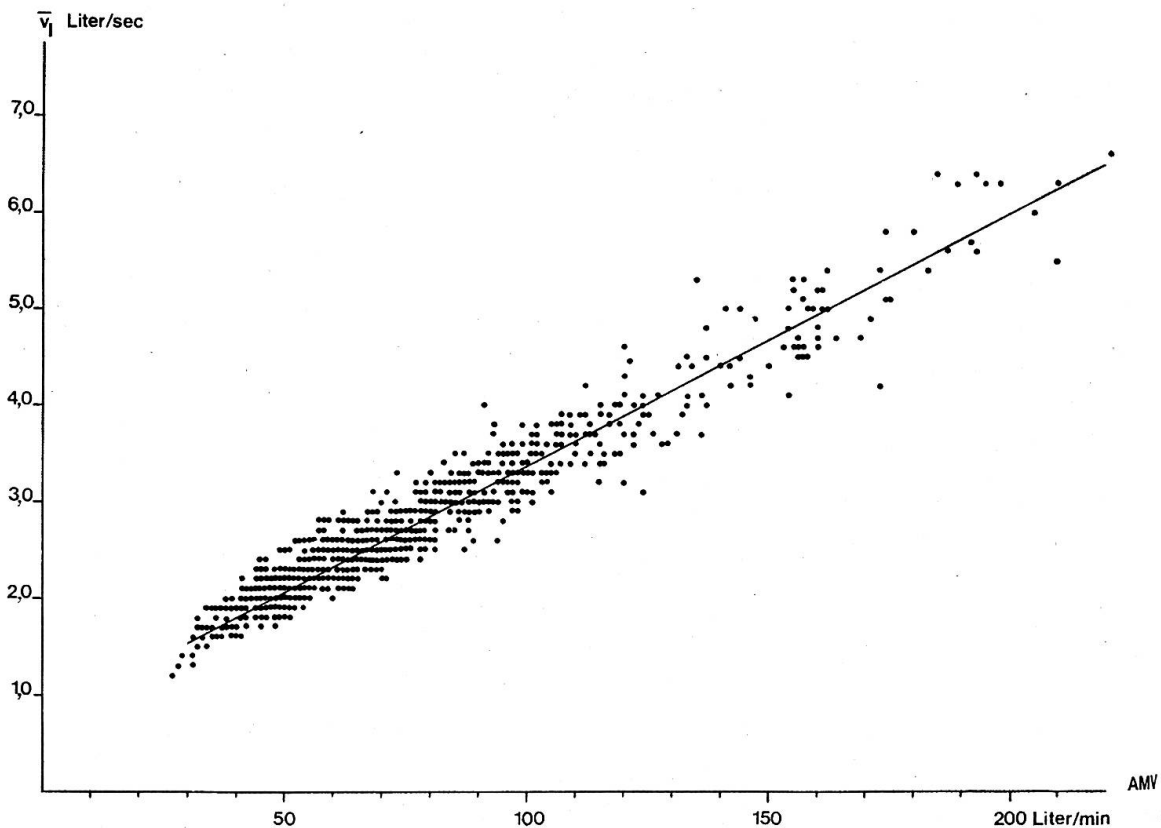


Abb. 2 Korrelation zwischen mittlerer inspiratorischer Atemstromstärke \bar{v}_I und Atemminutenvolumen AMV bei gesunden Pferden.

Die berechneten Regressionsgeraden weisen folgende Werte auf:

- Inspiration $y = 0,74 + 0,026x$ $r = 0,97$ $P < 0,01$ $n = 1023$
- Expiration $y = -0,69 + 0,041x$ $r = 0,98$ $P < 0,01$ $n = 1023$

Mit zunehmender Ventilation (Steigerung des AMV) nimmt die mittlere Atemstromstärke gleichmässig zu, wobei der Zuwachs bei der Expiration grösser ist als bei der Inspiration. Bei einem Anstieg des Atemminutenvolumens von 10 Liter nehmen die Atemstromstärken im Mittel um folgende Beträge zu: Inspiration 0,26 Liter/sec, Expiration 0,41 Liter/sec.

Ein Vergleich der beiden Regressionsgeraden (siehe Abb. 6) zeigt, dass bei kleinen Atemminutenvolumina die mittlere Atemstromstärke während der Inspiration grösser ist als während der Expiration. Mit steigender Ventilation gleichen sich jedoch diese Werte an, und bei Atemminutenvolumina über 95 Liter/min überwiegt schliesslich die expiratorische Atemstromstärke.

In der Auswertung wurden auch Atemzüge von Pferden berücksichtigt, welche nach Applikation des Neuroplegicums Combelen® untersucht wurden. Es konnte nämlich nachgewiesen werden, dass Combelen® im allgemeinen wohl

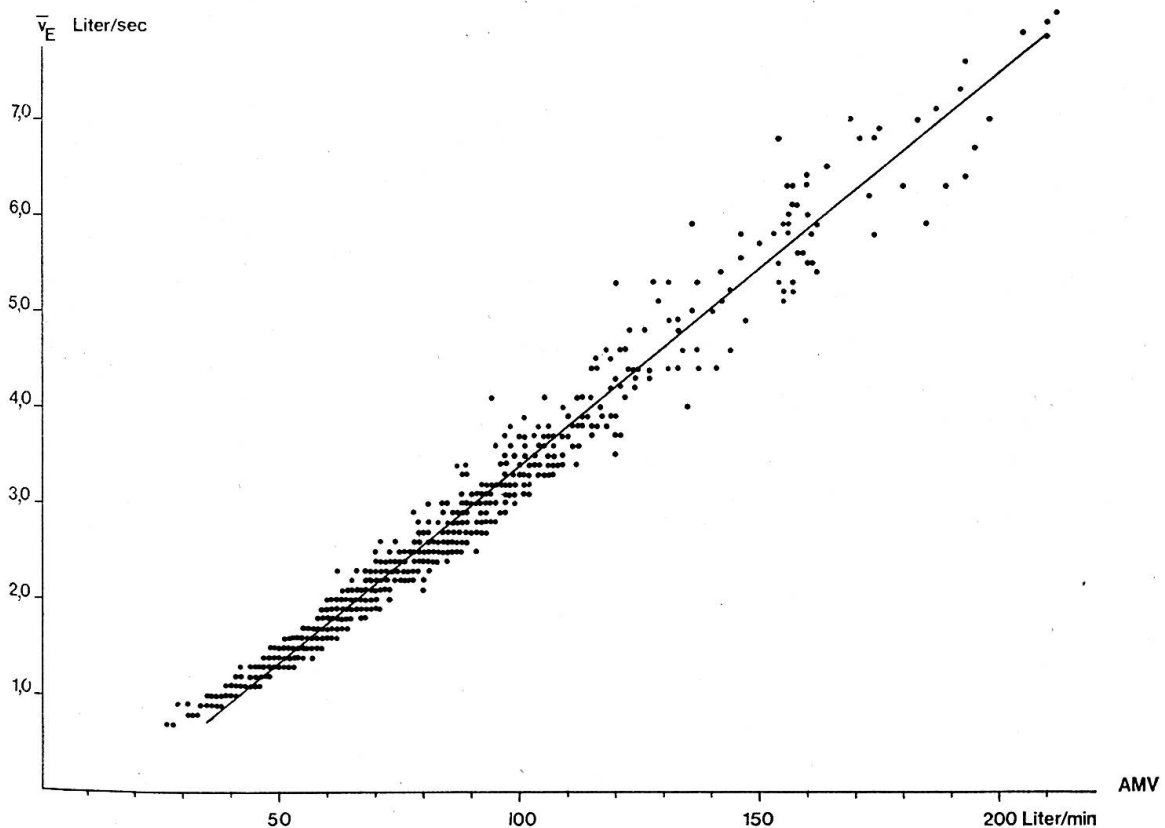


Abb. 3 Korrelation zwischen mittlerer expiratorischer Atemstromstärke \bar{v}_E und Atemminutenvolumen AMV bei gesunden Pferden.

eine Senkung der Atemfrequenz und eine Vertiefung der Atemzüge zur Folge hat, dass aber in bezug auf die Atemstromstärke (bezogen auf das AMV) kein Unterschied zu den an unseidierten Pferden gewonnenen Messwerten besteht, denn es ergaben sich praktisch die genau gleichen Regressionsgeraden.

2. Pferde mit einer obstruktiven Lungenerkrankung

Obwohl, wie erwähnt, die Zusammensetzung dieser Gruppe ziemlich heterogen ist und die Streuung der Messwerte zwischen den verschiedenen Individuen grösser ist als bei den gesunden Vergleichstieren, wurden auch alle kranken Pferde zur Berechnung einer Regressionsgeraden zusammengefasst.

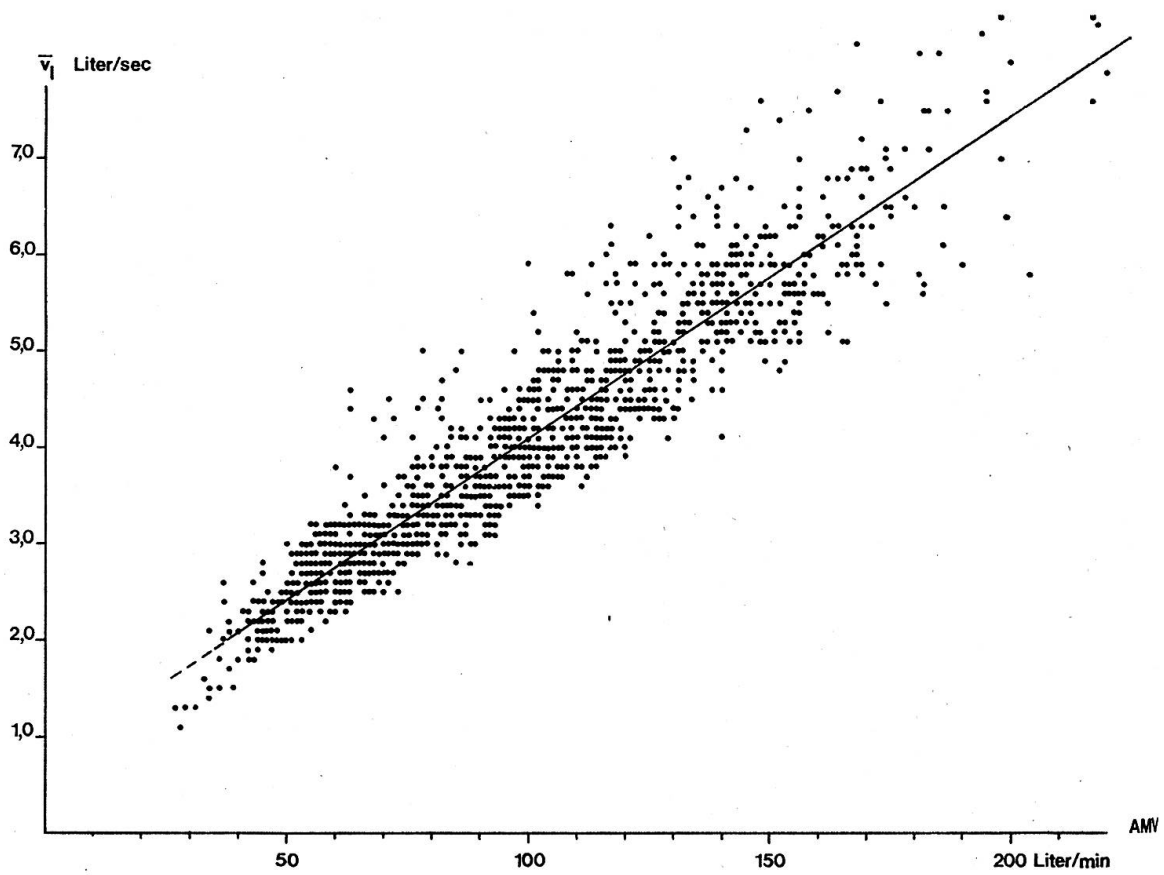


Abb. 4 Korrelation von mittlerer inspiratorischer Atemstromstärke \bar{v}_I und Atemminutenvolumen AMV bei Pferden mit obstruktiven Lungenerkrankungen.

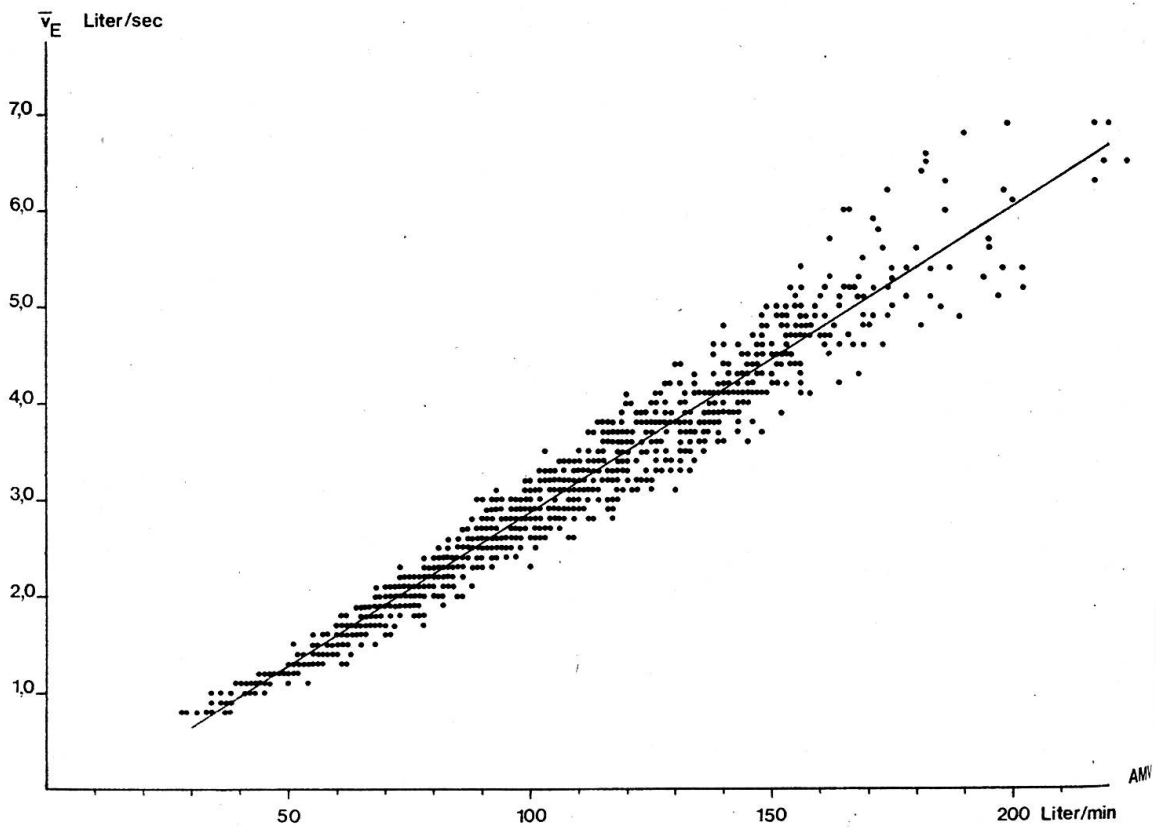


Abb. 5 Korrelation von mittlerer expiratorischer Atemstromstärke \bar{v}_E und Atemminutenvolumen AMV bei Pferden mit obstruktiven Lungenerkrankungen.

Die Beziehung zwischen inspiratorischer bzw. expiratorischer Atemstromstärke und dem Atemminutenvolumen für die lungenkranken Pferde ist in den Abbildungen 4, 5 und 7 graphisch dargestellt. Die Gleichungen für die Regressionsgeraden lauten:

- Inspiration $y = 0,74 + 0,034x$ $r = 0,94$ $P < 0,01$ $n = 1365$
- Expiration $y = -0,33 + 0,032x$ $r = 0,98$ $P < 0,01$ $n = 1365$

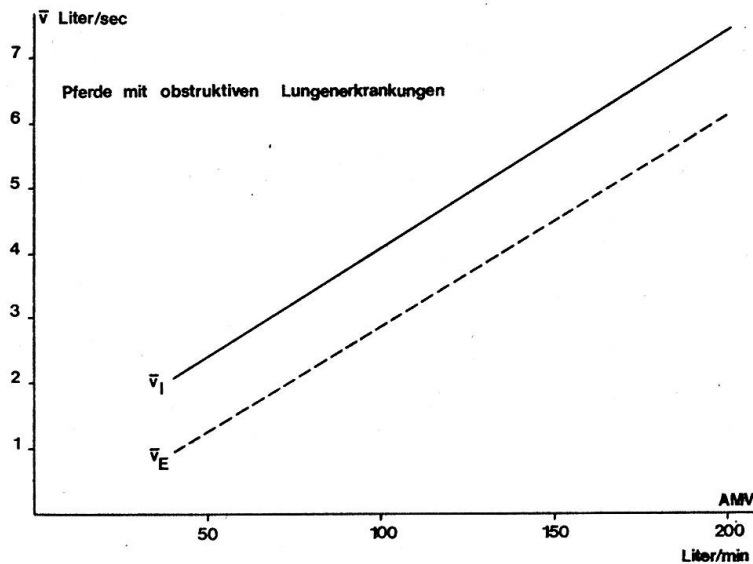
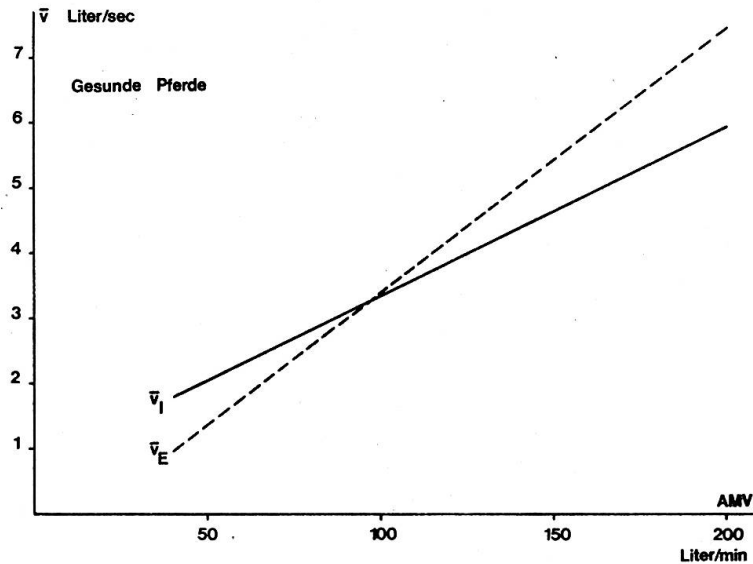


Abb. 6 Abhängigkeit der mittleren inspiratorischen (\bar{v}_I) und expiratorischen (\bar{v}_E) Atemstromstärke vom Atemminutenvolumen (AMV) bei gesunden Pferden.

Abb. 7 Abhängigkeit der mittleren in- und expiratorischen Atemstromstärke (\bar{v}_I und \bar{v}_E) vom Atemminutenvolumen (AMV) bei Pferden mit obstruktiven Lungenerkrankungen.

Entsprechend wie bei den gesunden Pferden lässt sich auch bei den lungenkranken mit zunehmender Ventilation ein linearer Anstieg der Atemstromstärke nachweisen, wobei jedoch die inspiratorische Stromstärke ständig grösser ist als die expiratorische. Im Mittel ergibt sich bei einer Zunahme des Atemminutenvolumens um 10 Liter ein Anstieg der Atemstromstärke von 0,34 Liter/sec für die Inspiration und von 0,32 Liter/sec für die Expiration.

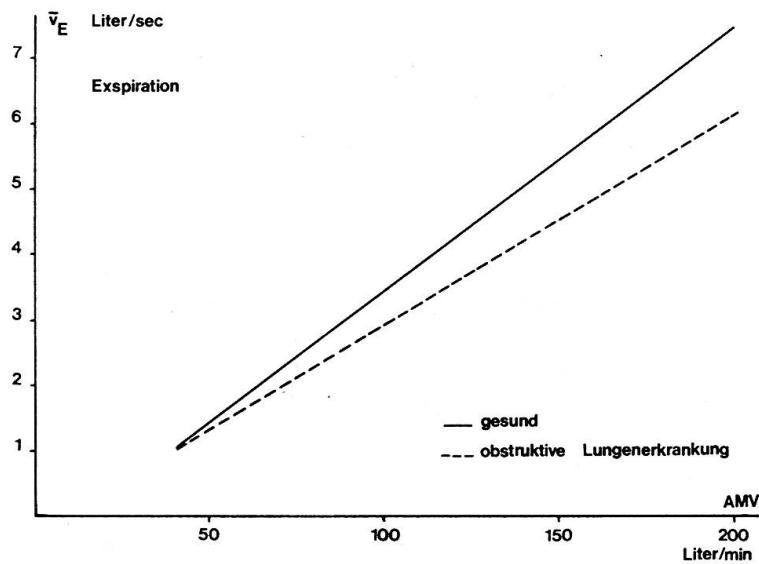
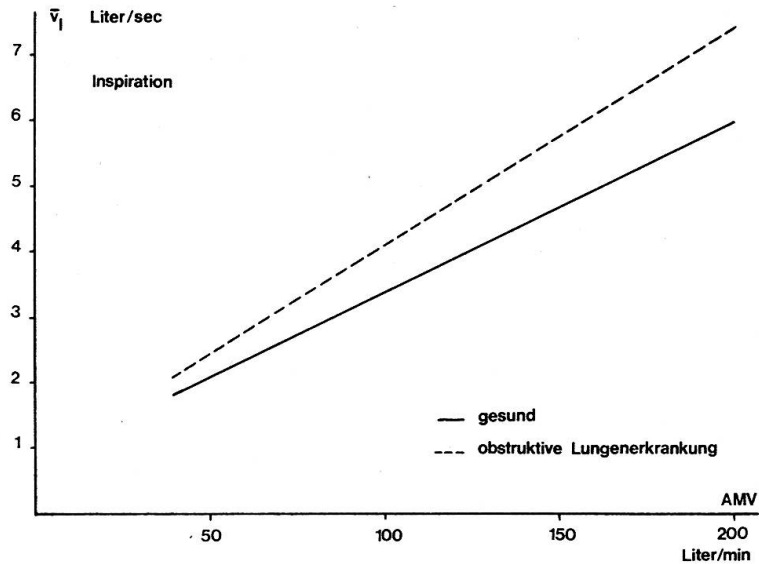


Abb. 8 Vergleich der mittleren Atemstromstärke während der Inspiration (\bar{v}_I) von gesunden Pferden und solchen mit obstruktiven Lungenerkrankungen.

Abb. 9 Vergleich der mittleren Atemstromstärke während der Expiration (\bar{v}_E) von gesunden Pferden und solchen mit obstruktiven Lungenerkrankungen.

In den Abbildungen 8 und 9 werden die Atemstromstärken für Inspiration bzw. für Expiration von gesunden und lungenkranken Pferden einander gegenübergestellt. Daraus ergibt sich, dass die Atemstromstärke während der Inspiration über den ganzen untersuchten Bereich grösser ist bei den kranken Tieren. Umgekehrt sind die Verhältnisse während der Expiration, wo die Atemstromstärke (bezogen auf das AMV) bei den gesunden Pferden grössere Werte zeigt als bei den kranken.

IV. Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse lassen sich nicht mit den Resultaten anderer Autoren vergleichen, da ähnliche Untersuchungen, soweit wir die Literatur überblicken, nicht publiziert wurden.

Angaben über mittlere Atemstromstärken während In- und Expiration werden wohl von Sasse (1971) und Husch (1974) gemacht, sie stellen jedoch Mittelwerte dar und sind nicht auf das Atemminutenvolumen bezogen.

Für die inspiratorische Atemstromstärke findet Sasse bei gesunden Pferden einen Mittelwert von 204 Liter/min, und für Pferde mit obstruktiven Lungenerkrankungen gibt er Werte von 258 bzw. 250 Liter/min an, wobei der Unterschied gegenüber den gesunden Vergleichstieren nicht signifikant ist. Für die Expiration beträgt die mittlere Atemstromstärke nach den Angaben von Sasse 160 Liter/min bei gesunden Pferden und 191 bzw. 198 Liter/min bei Pferden mit obstruktiven Lungenleiden, wobei auch dieser Unterschied nicht signifikant ist.

Bei der telemetrischen Untersuchung einiger Atmungsgrössen von Pferden in Ruhe und in Bewegung findet Husch (1974) folgende Werte für die mittlere Atemstromstärke während der Inspiration :

Stand	3,6– 6,5 Liter/sec
Schritt	9,7–13,8 Liter/sec
mittlerer Trab	19,3–23,6 Liter/sec
Arbeitsgalopp	26,6–29,1 Liter/sec

Entsprechende Angaben für die Expiration fehlen.

Von einzelnen Autoren werden auch Angaben über maximale Atemstromstärken gemacht, jedoch ohne diese mit Atemzugvolumen, Frequenz oder Atemminutenvolumen in Relation zu setzen (Amoroso, Scott and Williams, 1963; Gillespie, Tyler and Eberly, 1966; Purchase, 1965, 1966; Weaver, 1967; Gillespie and Tyler, 1969).

Eine gesteigerte Ventilation (Zunahme des Atemminutenvolumens) kann durch mannigfaltige Variation von Atemzugvolumen und Atemfrequenz zustandekommen, wobei stets ein Anstieg der inspiratorischen und expiratorischen Atemstromstärke festzustellen ist. Dabei ist es auffällig, dass bei gesunden Pferden die expiratorische Atemstromstärke steiler ansteigt als die inspi-

ratorische, was wohl damit im Zusammenhang steht, dass auch die Expiration mit steigender Intensität der Ventilation zu einem zunehmend aktiven Vorgang wird mit Beteiligung der Expirationsmuskulatur.

Bei vielen Respirationskrankheiten des Pferdes ist die Obstruktion der kleinen Atemwege ein wichtiger morphologischer Defekt, und dessen unmittelbares Resultat ist immer eine Zunahme des Atemwegwiderstandes. Dabei tritt vor allem ein starker Anstieg des expiratorischen Luftströmungswiderstandes auf. Dieses Phänomen ist bedingt durch Schwankungen des Bronchiolarkalibers während In- und Expiration, wobei schon kleine Änderungen des Lumens zu grossen Widerstandsänderungen Anlass geben. Solche Kaliberschwankungen sind bei Gesunden, solange die Atemstromstärke gering ist, belanglos. Bei Patienten mit obstruktiven Lungenerkrankungen jedoch kann schon während ruhiger Expiration der hohe Intrathorakaldruck, welcher zur Überwindung des vermehrten Strömungswiderstandes notwendig ist, die Luftwege komprimieren. Auf diesen expiratorisch wirksamen Ventilmechanismus dürfte auch der geringere Anstieg der expiratorischen Atemstromstärke mit steigender Ventilation bei Pferden mit Lungenaffektionen zurückzuführen sein. Auch die Vergrösserung der Unterschiede zwischen gesunden und lungenkranken Pferden mit zunehmendem Atemminutenvolumen dürfte durch diesen Mechanismus bedingt sein.

Anders sind die Verhältnisse bei der Inspiration, denn in dieser Phase ist die Atemstromstärke über den ganzen untersuchten Bereich grösser bei den Pferden mit obstruktiven Lungenerkrankungen als bei den gesunden Tieren. Die Patienten mit obstruktiven Lungenaffektionen versuchen also ein ihren Bedürfnissen angepasstes Atemminutenvolumen bei Behinderung der Expiration durch eine Aktivierung der Inspiration zu erreichen, was durch den Einsatz grösserer Muskelkräfte möglich ist.

Interessant ist auch der Zusammenhang der untersuchten Parameter mit dem Atemzeitquotienten, also dem Verhältnis der Expirationsdauer zur Inspirationsdauer ($AZQ = t_E/t_I$). Dieser Quotient kann nämlich auch aus \bar{v}_I und \bar{v}_E berechnet werden, wobei folgende Beziehung gilt: $AZQ = \bar{v}_I/\bar{v}_E$. Bildet man diesen Quotienten mit den beschriebenen Ergebnissen, so erhält man die bereits in einer früheren Arbeit (Gretener, 1975) beschriebene Beziehung zwischen dem AZQ und dem Atemminutenvolumen. Auch die Vergrösserung des AZQ bei Pferden mit obstruktiven Lungenleiden gegenüber den gesunden Vergleichstieren wird durch die vorliegende Untersuchung bestätigt, denn die inspiratorische Atemstromstärke ist grösser bei den lungenkranken Pferden, während die expiratorische Stromstärke bei den gesunden höhere Werte erreicht.

Für die Diagnostik pulmonaler Funktionsstörungen erweist sich aber der AZQ als feinerer Indikator, da schon geringfügige Änderungen der inspiratorischen bzw. der expiratorischen Atemstromstärke den Quotienten deutlich beeinflussen, da sich die beiden Grössen im entgegengesetzten Sinn ändern (Zunahme der inspiratorischen Atemstromstärke bei gleichzeitiger Reduktion der expiratorischen Stromstärke).

V. Zusammenfassung

Auf Grund der Untersuchung von 41 gesunden Pferden wurde eine Beziehung zwischen mittlerer Atemstromstärke während Inspiration bzw. Expiration und dem Atemminutenvolumen aufgestellt. Für den Bereich des Atemminutenvolumens von 45 bis 200 Liter/min konnte eine enge lineare Korrelation zwischen inspiratorischer bzw. expiratorischer Atemstromstärke und dem Atemminutenvolumen gefunden werden.

Vergleichende Untersuchungen an 56 Pferden mit obstruktiven Lungenerkrankungen haben gezeigt, dass solche Lungenerkrankungen eine Reduktion der expiratorischen Atemstromstärke zur Folge haben und gleichzeitig eine kompensatorische Vergrößerung der inspiratorischen Stromstärke auftritt. Es konnten also unterschiedliche Werte für die mittlere in- bzw. expiratorische Atemstromstärke gefunden werden, indem diese Parameter mit dem Atemminutenvolumen in Relation gesetzt wurden.

Résumé

Chez 41 chevaux sains on a examiné le rapport qui existe entre la force moyenne du flux respiratoire pendant l'inspiration, respectivement pendant l'expiration et le volume respiratoire par minute. Pour un volume respiratoire de 45 à 200 litres par minute, on a pu établir une corrélation linéaire entre la force du flux respiratoire pendant l'inspiration, respectivement l'expiration et le volume respiratoire par minute.

Des examens comparatifs portant sur 56 chevaux atteints d'affections pulmonaires avec obstruction ont démontré que ces affections pulmonaires provoquent une réduction de la force du flux respiratoire pendant l'expiration et en même temps une augmentation compensatoire de la force du flux pendant l'inspiration. On a trouvé des valeurs différentes pour la force moyenne du flux respiratoire pendant l'inspiration et l'expiration. Ces paramètres sont mis en relation avec le volume respiratoire par minute.

Riassunto

In 41 cavalli sani è stato esaminato il rapporto che esiste tra la forza media del flusso respiratorio durante l'inspirazione, durante l'espiazione e il volume respiratorio per minuto. Per un volume respiratorio da 45 a 200 litri al minuto, si è potuta stabilire una correlazione lineare tra la forza del flusso respiratorio durante l'inspirazione, l'espiazione e il volume respiratorio per minuto.

Esami comparativi eseguiti su 56 cavalli colpiti da affezioni polmonari con ostruzione, hanno dimostrato che queste affezioni polmonari provocano una riduzione della forza del flusso respiratorio durante l'espiazione e contemporaneamente un aumento compensatorio della forza del flusso durante l'inspirazione. Si sono trovati valori diversi per la forza media del flusso respiratorio durante l'inspirazione e l'espiazione. Questi parametri sono posti in relazione con il volume respiratorio per minuto.

Summary

On the basis of an examination carried out on 41 healthy horses, a correlation was established between the average breath-stream strength (Vol./Time) during both inspiration and expiration and the breath-volume per minute. In the range of breath-volume between 45 and 200 litres per minute, it was found that there was a close linear correlation between the breath-stream strength, both inspiratory and expiratory, and the breath-volume per minute.

Comparative examinations, carried out on 56 horses suffering from obstructive lung diseases, have shown that such diseases resulted in a reduction of the expiratory breath-

stream strength, and that there was simultaneously a compensatory increase in the strength of the inspiratory breath-stream. Thus different values were found for the average inspiratory and expiratory breath-stream strengths, when these parameters were related to the breath-volume per minute.

Literatur

Amoroso E.C., Scott P. and Williams K.G.: The pattern of external respiration in the unanaesthetized animal *Proc. Roy. Soc. London* 159, 325–347 (1963). – Denac M.: Die Funktionelle Residualkapazität und Helium-Einmischzeit gesunder und lungenkranker Pferde. *Zbl. Vet. Med., A*, 23, 201–213 (1976). – Fleisch A.: Der Pneumotachograph; ein Apparat zur Geschwindigkeitsregistrierung der Atemluft. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* 209, 713–722 (1925). – Fleisch A.: Le Pneumotachographe. *Helv. Physiol. Acta* 14, 363–368 (1956). – Furukawa R.: Lungenfunktionsprüfungen bei Ponys mit und ohne Lungenaffektionen. Inaug. Diss., Zürich 1972. – Gillespie J.R., Tyler W.S. and Eberly V.E.: Pulmonary ventilation and resistance in emphysematous and control horses. *J. Appl. Physiol.* 21, 416–422 (1966). – Gillespie J.R. and Tyler W.S.: Chronic alveolar emphysema in the horse. *Advances in Vet. Science and Comparative Medicine* 13, 59–99 (1969). – Gretener P.: Untersuchungen über die Abhängigkeit des Atemzeitquotienten von der Atemfrequenz und vom Atemzugvolumen beim Pferd. Inaug. Diss., Zürich 1975. – Husch H.: Verhalten der Atemgrößen von Pferden in Abhängigkeit von Gangart und Laufgeschwindigkeit. Diplomarbeit, Universität Hohenheim 1974. – Purchase I.F.H.: Some respiratory parameters in horses and cattle *Vet. Rec.* 77, 859–860 (1965). – Purchase I.F.H.: The measurement of compliance and other respiratory parameters in horses. *Vet. Rec.* 78, 613–616 (1966). – Sasse H.H.L.: Some pulmonary function tests in horses Proefschrift, Utrecht 1971. – Scheunert-Trautmann: Lehrbuch der Veterinär-Physiologie. Paul Parey Verlag, Berlin, 5. Aufl. (1965). – Spörri H. und Leemann W.: Zur Untersuchung der Lungenmechanik bei Grosstieren. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 106, 699–714 (1964). – Spörri H. und Zerobin K.: Zur Physiologie und Methodik der Lungenfunktionsprüfung *Tierärztl. Umsch.* 19, 285–292 (1964). – Spörri H. und Denac M.: Lungenfunktionsprüfungen bei Grosstieren *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 109, 252–259 (1967). – Spörri H. und Denac M.: Zur Diagnostik intrapulmonaler Ventilationsstörungen. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 112, 408–419 (1970/1). – Spörri H. und Denac M.: Der Stickstoff-Einwaschungstest im Dienste der Lungenfunktionsprüfung. *Zbl. Vet. Med., A*, 17, 845–856 (1970/2). – Spörri H. und Denac M.: Der pulmonale Stickstoffeinwaschungstest: Besonderheiten der N₂-Einwaschkurve beim Lungenemphysem des Pferdes. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 113, 299 bis 310 (1971). – Weaver B.M.Q.: Mechanical control of ventilation in horses. *Vet. Rec.* 80, 249 bis 252 (1967).