

|                     |                                                                                                                                                                                             |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Zeitschrift:</b> | Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire<br>ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires |
| <b>Herausgeber:</b> | Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte                                                                                                                                          |
| <b>Band:</b>        | 123 (1981)                                                                                                                                                                                  |
| <b>Artikel:</b>     | Druck- und Strömungsverhältnisse in den oberen Luftwegen des Pferdes bei partiellen Obstruktionen                                                                                           |
| <b>Autor:</b>       | Speirs, V.C. / Tschudi, P.R. / Gerber, H.                                                                                                                                                   |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-592274">https://doi.org/10.5169/seals-592274</a>                                                                                                     |

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.01.2026

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

Aus der Klinik für Nutztiere und Pferde der Universität Bern  
(Direktor: Prof. Dr. H. Gerber)

## Druck- und Strömungsverhältnisse in den oberen Luftwegen des Pferdes bei partiellen Obstruktionen

von V. C. Speirs, P. R. Tschudi und H. Gerber<sup>1</sup>

Bei den Erkrankungen der oberen Luftwege des Pferdes spielen die partiellen Obstruktionen eine wichtige Rolle. Sie sind oft Ursache einer wesentlichen Leistungsverminderung von Rennpferden. Obschon für die Behandlung solcher Erkrankungen, wie die Hemiplegia laryngis, eine Vielzahl von operativen Methoden angewendet werden, sind nur wenige Arbeiten über die Wirkungen von partiellen Obstruktionen publiziert worden. *Gillespie, Tyler und Eberley* haben 1966 die Grösse der Widerstände in den oberen Luftwegen gemessen; *Attenburrow* hat 1971 die Atemgeräusche in der Trachea während der Bewegung der Pferde mittels Stethoskop und Telemetriegeräten registriert und quantifiziert; auch *Robinson et al.* haben 1975 die Widerstände in den oberen Luftwegen qualitativ und quantitativ untersucht.

In diesem Artikel werden die Resultate von experimentellen Obstruktionen der oberen Luftwege bei Pferden beschrieben und diskutiert.

### Material und Methoden

Für die Versuche standen uns 7 erwachsene Warmblutpferde zur Verfügung, fünf gesunde, eines mit einer Hemiplegia laryngis und eines mit einer chronischen Pharyngitis. Um zusätzliche Veränderungen der Atemwiderstände zu vermeiden, wurden keine Sedativa angewandt.

Zur Messung des intratrachealen Druckes wurde ein 12 cm langer Katheter mit Hilfe eines Trokars und eines Führungsdrähtes perkutan in die Trachea eingebracht. Mehrere seitliche Öffnungen an der Katheterspitze sollten einen Verschluss des Katheters durch den hochviskosen Trachealschleim verhindern. Mit einem 100 cm langen und 3 mm dicken Verbindungsstück wurde der Katheter an einen Druckwandler (Statham, P 23 Db) angeschlossen.

Eine den Pferdekopf nasal der Augen luftdicht umschliessende Atemmaske leitete den Luftstrom der Atmungsluft durch einen Fleisch-Flow-Transducer (Grösse Nr. 4), welcher mit einem Pneumotachographen verbunden das Pneumotachogramm (PTG, Atemstromstärkenkurve) und daraus durch einen elektronischen Integrator das Spirogramm (SPG, Atemzugsvolumenkurve) zu messen ermöglichte.

Die drei Grössen Intratrachealdruck, Pneumotachogramm und Spirogramm wurden mit einem Dreikanalschreiber (Cardiopan 573) simultan registriert. Die Apparate wurden vor, während und nach jedem Versuch kalibriert.

Jede Untersuchung wurde zuerst im Ruhezustand und dann während einer Hyperventilation, ausgelöst mit einer intravenösen Injektion von 60 mg Lobelin<sup>®2</sup>, durchgeführt. Referenzwerte wur-

<sup>1</sup> Korr. Adresse: Postfach 2735, CH-3001 Bern

<sup>2</sup> Lobelin<sup>®</sup> «Ingelheim», Boehringer Sohn, Ingelheim, Rhein, BRD. 10 mg Lobelinum hydrochloricum pro ml sterile Lösung.

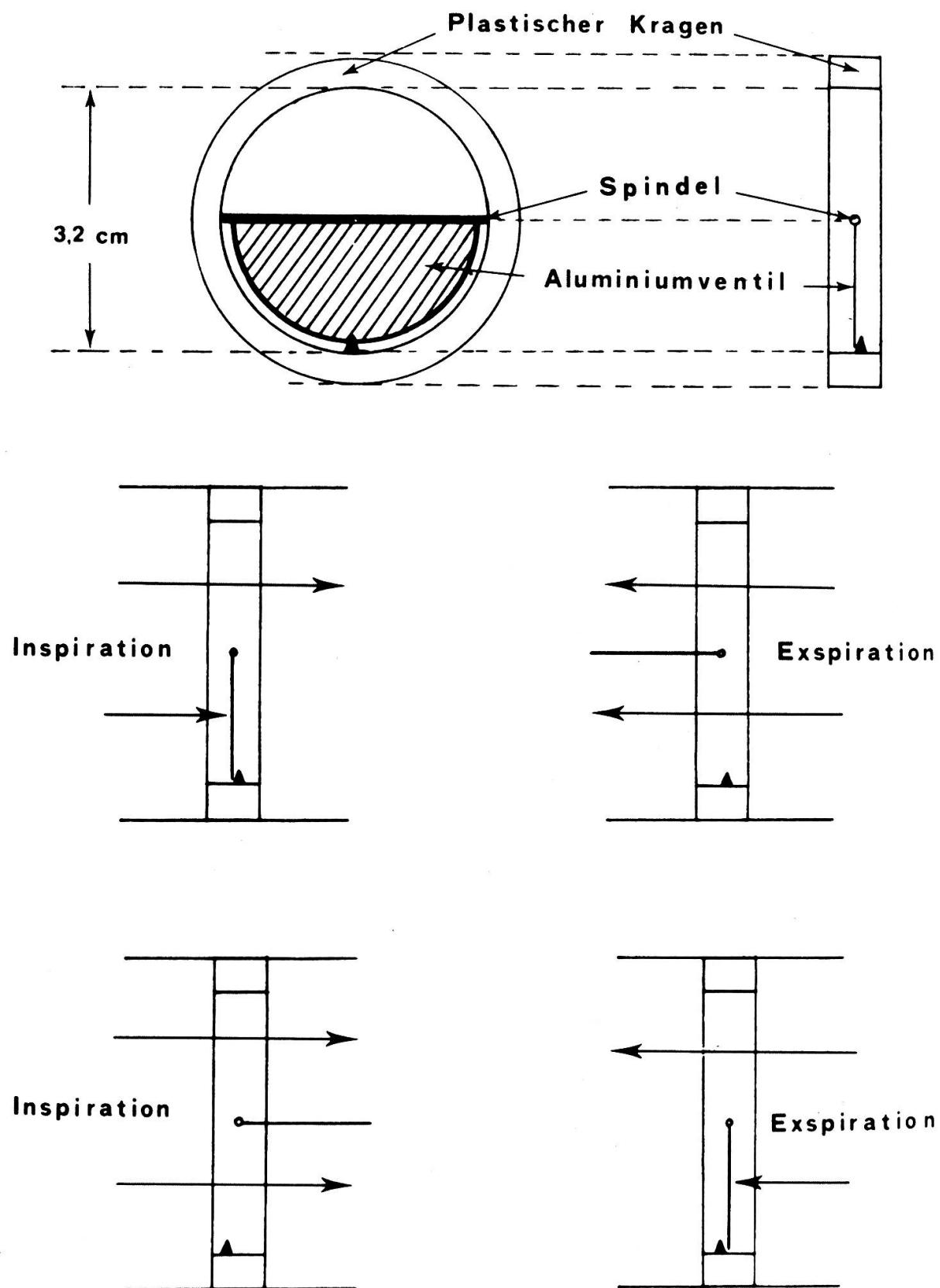


Abb. 1 Ventil zur Vergrösserung des Atemwiderstandes. Vorderansicht (oben). Seitenansicht; Ventil zur Vergrösserung des inspiratorischen Widerstandes (Mitte). Seitenansicht; Ventil zur Vergrösserung des exspiratorischen Widerstandes (unten).

Tabelle I: Gemessene und berechnete Parameter

| Parameter                                                                                     | Abkürzung          | Einheit |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|
| Inspirationsdauer                                                                             | Id                 | sec     |
| Exspirationsdauer                                                                             | Ed                 | sec     |
| Maximale Atemstromstärke, inspiratorisch                                                      | MIS                | l/sec   |
| Maximale Atemstromstärke, exspiratorisch                                                      | MES                | l/sec   |
| Mittlere Atemstromstärke, inspiratorisch                                                      | MitIS              | l/sec   |
| Mittlere Atemstromstärke, exspiratorisch                                                      | MitES              | l/sec   |
| Maximaler Druck, inspiratorisch                                                               | MID                | mm Hg   |
| Maximaler Druck, exspiratorisch                                                               | MED                | mm Hg   |
| Atemzugvolumen, inspiratorisch                                                                | AZV <sub>i</sub>   | l       |
| Atemzugvolumen, exspiratorisch                                                                | AZV <sub>e</sub>   | l       |
| Atemminutenvolumen                                                                            | AMV                | l       |
| Atemfrequenz                                                                                  | AF                 | n/min   |
| Atemvolumen pro 0.75 sec, inspiratorisch                                                      | IV <sub>0.75</sub> | l       |
| Atemvolumen pro 0.75 sec, exspiratorisch                                                      | EV <sub>0.75</sub> | l       |
| Atemzeitquotient (Ed/Id)                                                                      | AZQ                |         |
| Konstante Inspirationszeit nach ATTENBURROW<br>(= Gesamte Inspirationsdauer innerhalb 10 sec) | IZK                | sec     |
| Maximaler Inspirationsdruck plus<br>maximaler Exspirationsdruck                               | ΔD                 | mm Hg   |

## Quotienten

|                                         |                        |
|-----------------------------------------|------------------------|
| MitES : MitIS                           | MID : MIS              |
| MES : MIS                               | MED : MES              |
| EV <sub>0.75</sub> : IV <sub>0.75</sub> | MID : AZV <sub>i</sub> |
| EV <sub>0.75</sub> : MES                | MED : AZV <sub>e</sub> |
| IV <sub>0.75</sub> : MIS                | ΔD : AMV               |

den von den gesunden Pferden erhoben, während Werte mit erhöhtem Atemwiderstand von einem Pferd mit chronischer Pharyngitis resp. Hemiplegia laryngis als auch von gesunden Pferden mit experimenteller Obstruktion der Atemwege ermittelt wurden.

Zur Vergrößerung des inspiratorischen und exspiratorischen Atemwiderstandes wurde ein Dichtungsring mit einem innern Durchmesser von 2,3 cm in die Öffnung der Atemmaske eingesetzt. Ein umkehrbares Einwegventil (Abb. 1), ebenfalls in die Öffnung der Atemmaske einsetzbar, ermöglichte wahlweise die Vergrößerung entweder des exspiratorischen oder des inspiratorischen Widerstandes. Mit einem Rohbaumwollknäuel wurde, ebenfalls zur Erhöhung des in- und exspiratorischen Widerstandes, der eine Nasengang eines Pferdes verstopft.

Für den Vergleich der Experimente wurden von den in der Tabelle I aufgeführten Größen die Mittelwerte aus fünf aufeinanderfolgenden Atemzügen berechnet.

## Resultate

## 1. Wirkungen von Lobelin bei Pferden ohne Obstruktion der Atemwege.

Nach intravenöser Applikation von 60 mg Lobelin verstrich eine Latenzzeit von durchschnittlich 25,4 sec., bevor ein bis zwei unregelmäßige Atemzüge, gefolgt von einer Serie von 10 bis 15 schnellen und tiefen Atemzyklen, auftraten. Vom Anstieg

der Atemfrequenz mit der Zunahme der Atemtiefe bis zur Normalisierung der Atemung dauerte es im Mittel 68,0 sec. Manchmal folgte der Hyperventilation eine kurze Apnoe. In der Abbildung 2 ist die Wirkung von Lobelin® auf das Pneumotachogramm, den Intratrachealdruck und das Spirogramm dargestellt. Mit diesen drei Grundgrössen lassen sich die Druck–Stromstärke–, Stromstärkevolumen–, und Druck–Volumen–Schleifen konstruieren (Abbildung 3). Die jeweils 4 Schleifen von drei verschiedenen Pferden sind einander sehr ähnlich in der Form, zeigen aber deutliche Unterschiede in der Grösse. Wie aus der Abbildung 3a ersichtlich, ergibt die Kombination von Atemstromstärke und Luftröhrendruck eine Hysteresisschleife; dies beobachteten wir bei allen Pferden. Eine Erklärung dafür ist in der unter Lobelineinfluss schlecht koordinierten Nüstern- und Kehlkopfknorpelbewegung von der Inspirationsstellung zur Exspirationsstellung zu suchen.

In der Abbildung 4 wurden die Stromstärke–Volumen–, resp. die Luftröhrendruck–Volumen–Schleifen, von fünf aufeinanderfolgenden Atemzügen aufgezeichnet. Die Umrisse der Schleifen sind annähernd gleich, jedoch variiert ihre Grösse.

2. Vergleich der Resultate von Pferden mit und ohne Obstruktion der Atemwege in Ruheatmung.

Während der Ruheatmung konnten keine Unterschiede zwischen den Resultaten der Pferde mit und denjenigen der Pferde ohne Obstruktion der Atemwege gesehen werden. Die Resultate sind in der Tabelle II zusammengefasst.

3. Vergleich der Resultate von Pferden mit und ohne Obstruktion der Atemwege unter dem Einfluss von Lobelin.

Die nach der Lobelininjektion erhaltenen Ergebnisse sind gesamthaft in der Tabelle III und Resultate, welche mehr als zweimal die Standardabweichung vom Mittelwert der Pferde ohne Obstruktion entfernt liegen, in der Tabelle IV aufgelistet. Lobelin bewirkt eine Erhöhung der Atemfrequenz (AF) und des Atemminutenvolumens (AMV) und eine Verkürzung der In- und Exspirationsdauer (Id, Ed). Der Atemzeitquotient (Ed: Id) ist meist kleiner als 1, was mit den Ergebnissen von *Gretner* (1975) übereinstimmt. Verbunden mit dem Anstieg der Atemfrequenz findet man einen allgemeinen Anstieg der verschiedenen Druckdifferenzen, Stromstärken und Volumina. Dass das exspiratorische Atemzugvolumen grösser ist als das inspiratorische lässt sich damit erklären, dass die inspirierte Luft erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt wird (*Fleisch*, 1956). Bei eingehender Betrachtung der Tabelle IV fällt auf, dass der eine oder andere Parameter bei derselben Obstruktionsart sowohl grösser als  $\bar{x} + 2s$  als auch kleiner als  $\bar{x} - 2s$  werden kann (zum Beispiel maximale exspiratorische Stromstärke (MES) oder inspiratorisches Volumen innerhalb 0,75 sec. (IV 0,75). Die Ursache für solche widersprüchlichen Resultate liegt darin, dass die Messungen unter dem Einfluss von Lobelin noch nicht bei maximaler Atemtiefe stattfanden und die Pferde das Respirationsvolumen, die Atemstromstärke sowie den Druck willkürlich veränderten konnten.

Die Druck–Stromstärke–, Stromstärke–Volumen– und Druck–Volumen–Schleifen sind wenig aussagekräftig. Einzig die Resultate der Pferde mit Obstruktionen in der Nasenhöhle und desjenigen mit Kehlkopfparalyse lassen auf eine Stromstärkenbegrenzung schliessen.

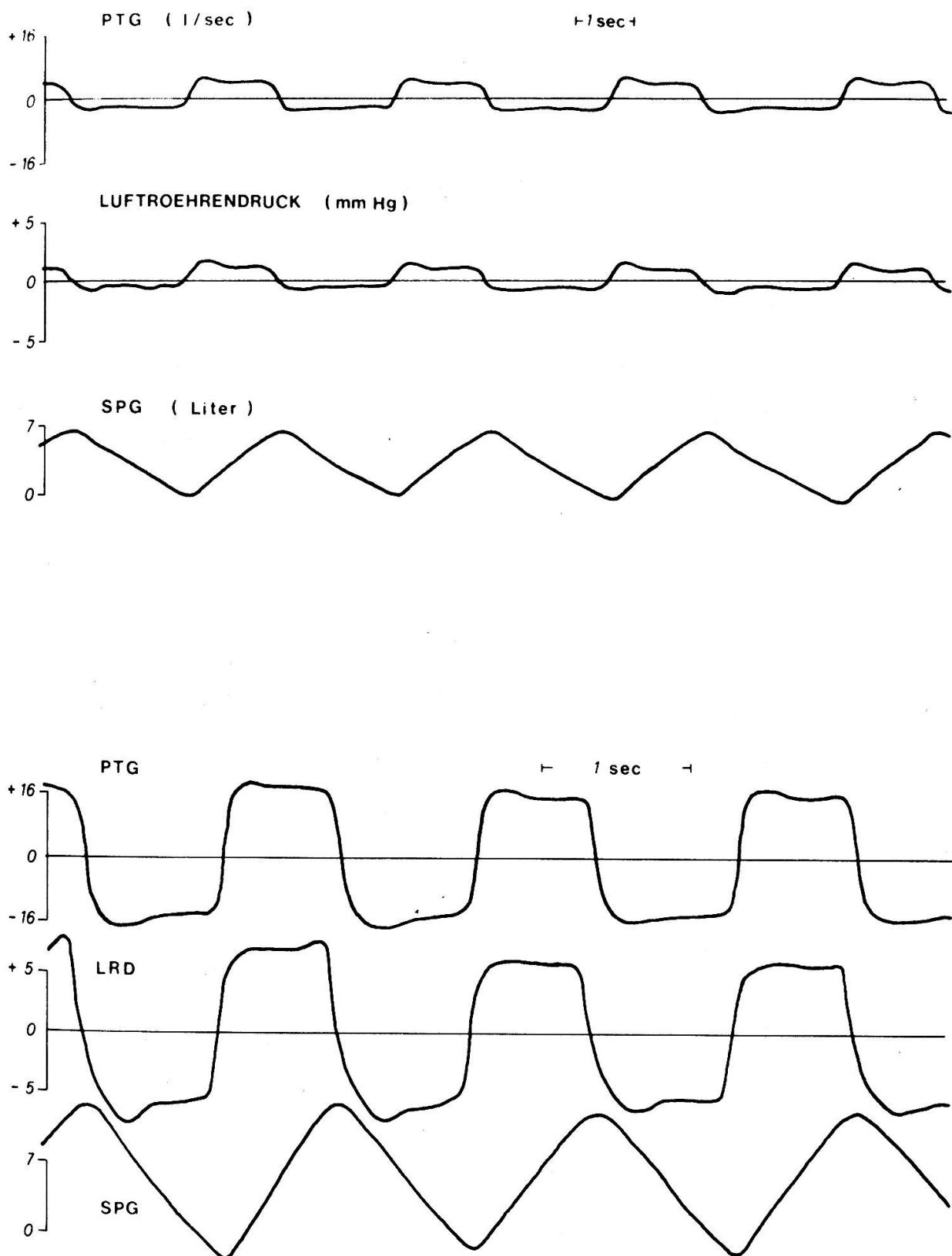


Abb. 2 Spirogramm (SPG), Pneumotachogramm (PTG) und Luftröhrendruck (LRD) vom Pferd Nr. 2 ohne Obstruktion der Luftwege vor (oben) und nach (unten) der intravenösen Injektion von 60 mg Lobelin.

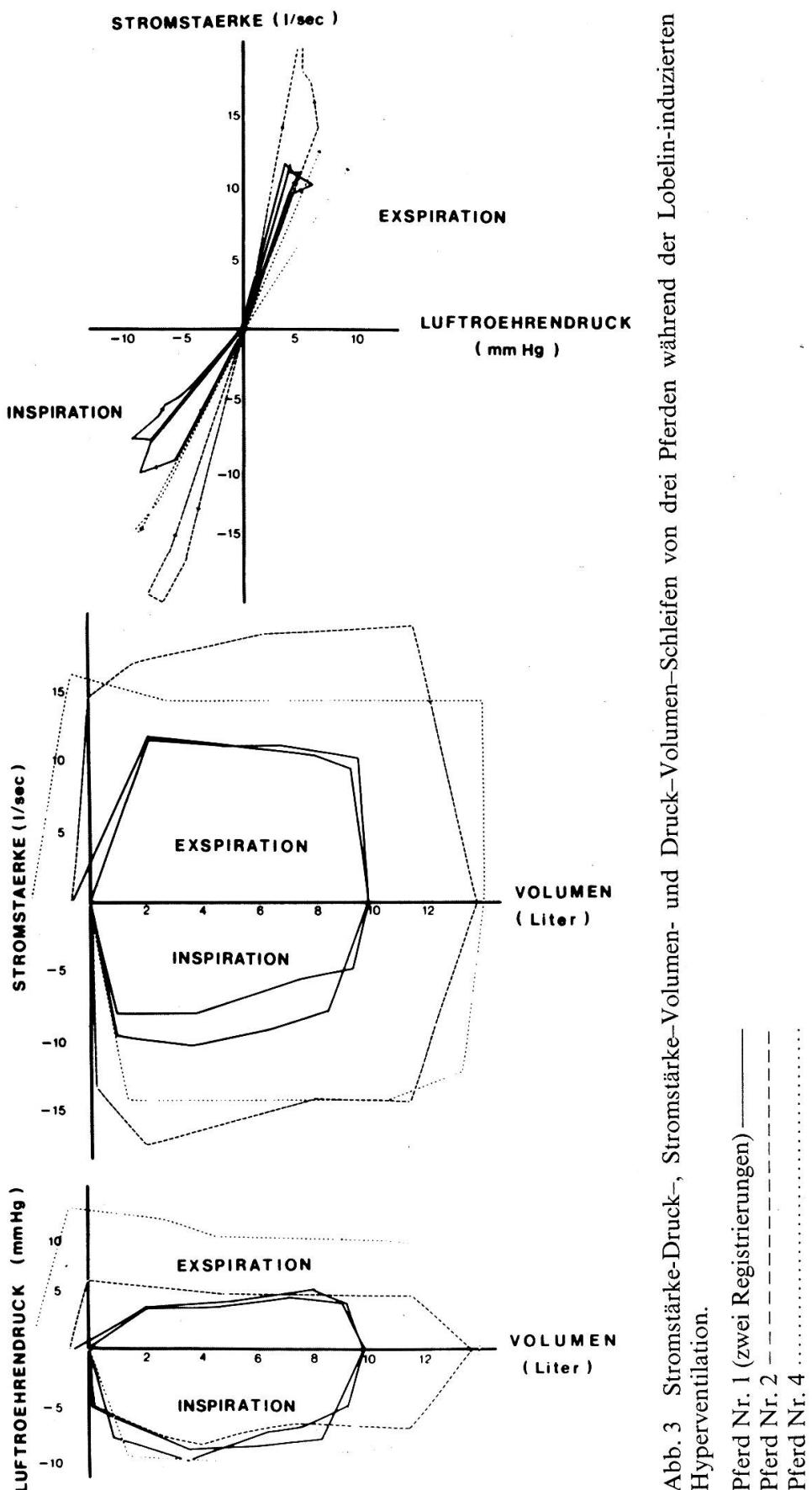


Abb. 3 Stromstärke-Druck-, Stromstärke-Volumen- und Druck-Volumen-Schleifen von drei Pferden während der Lobelin-induzierten Hyperventilation.

Pferd Nr. 1 (zwei Registrierungen) —  
 Pferd Nr. 2 - - - - -  
 Pferd Nr. 4 .....

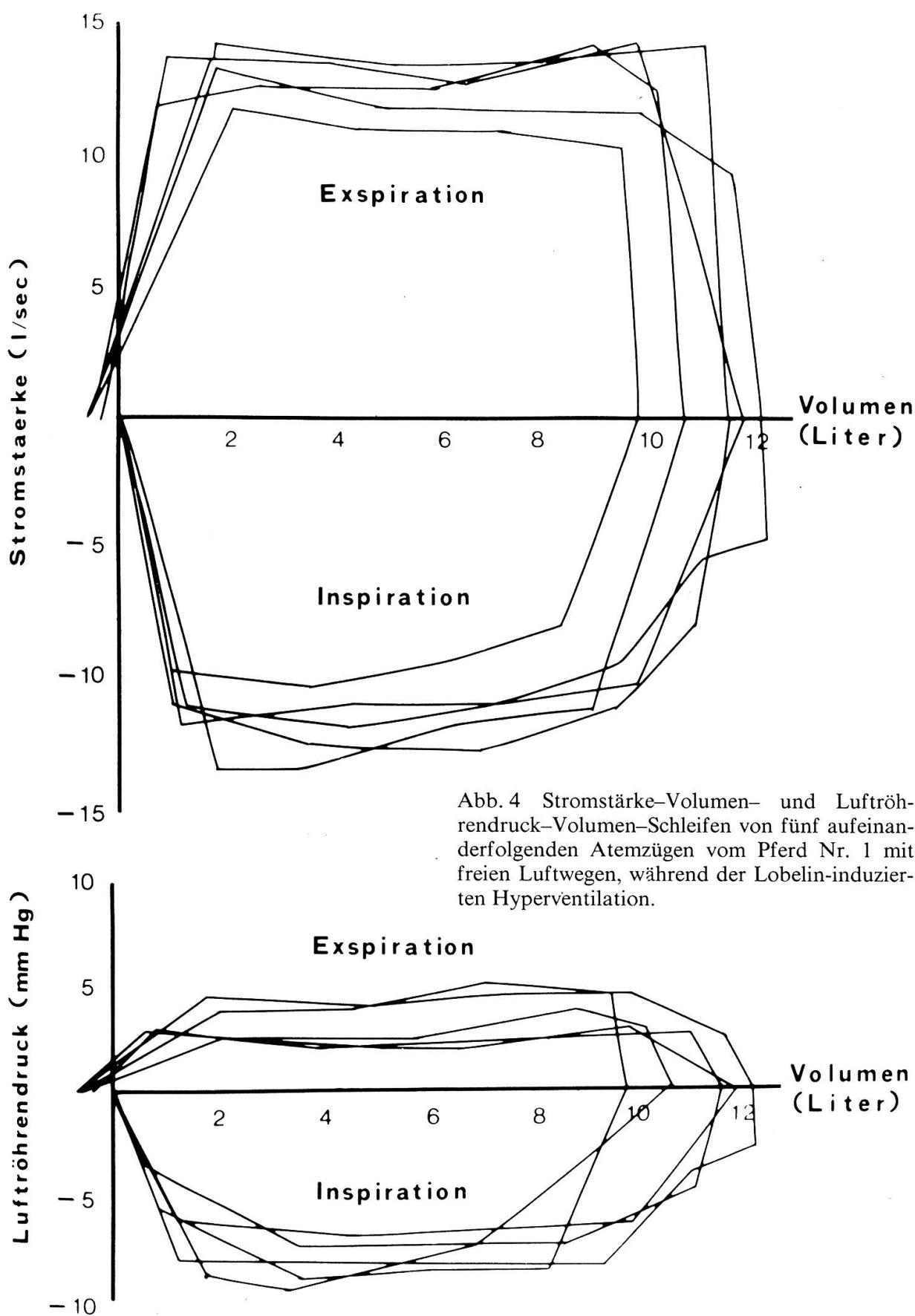


Tabelle II (Legende s. S. 302)

| Pferd | Id  | Ed  | $(Id + Ed) \frac{Ed}{Id}$ | Inspiration      |               |                                           |                            |                            |                    | Expiration  |             |                          |                          |                          |                          |                    |       |      |
|-------|-----|-----|---------------------------|------------------|---------------|-------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-------|------|
|       |     |     |                           | AF               | MID           | MIS                                       | Mitts                      | AZV <sub>i</sub>           | IV <sub>0.75</sub> | MED         | MES         | MittES                   | AZV <sub>e</sub>         | EV <sub>0.75</sub>       | ΔD                       | AMV                | IZK   |      |
| 6 ■   | 1.1 | 0.8 | 1.9                       | 0.8              | 31.7          | 11.4                                      | 16.1                       | 12.6                       | 10.2               | 8.1         | 12.3        | 12.7                     | 10.3                     | 11.0                     | 10.0                     | 23.7               | 325.4 | 5.6  |
| 2 ●   | 1.5 | 1.1 | 2.6                       | 0.7              | 23.1          | 9.9                                       | 9.4                        | 8.3                        | 12.6               | 7.0         | 15.1        | 13.0                     | 11.3                     | 13.0                     | 9.6                      | 25.0               | 390.8 | 5.8  |
| 1 △   | 1.0 | 0.9 | 1.9                       | 0.9              | 31.6          | 9.2                                       | 8.2                        | 8.2                        | 7.0                | 5.2         | 4.3         | 9.4                      | 9.4                      | 7.1                      | 6.3                      | 13.5               | 221.0 | 5.2  |
| 1 △   | 0.8 | 0.8 | 1.6                       | 1.0              | 36.6          | 8.9                                       | 10.2                       | 10.2                       | 7.7                | 7.0         | 2.5         | 11.4                     | 9.8                      | 8.4                      | 7.1                      | 11.5               | 281.7 | 5.0  |
| 1 △   | 0.7 | 0.6 | 1.3                       | 0.8              | 46.1          | 10.0                                      | 18.1                       | 17.3                       | 12.9               | 12.9        | —           | 22.0                     | 21.0                     | 12.9                     | 12.9                     | —                  | 595.3 | 5.6  |
| 1 ▲   | 0.8 | 0.8 | 1.7                       | 1.0              | 36.0          | —                                         | 16.8                       | 15.5                       | 12.2               | 10.7        | —           | 15.6                     | 14.3                     | 12.8                     | 11.9                     | —                  | 436.9 | 5.0  |
| 4 ▽   | 1.0 | 0.9 | 1.9                       | 0.9              | 32.9          | 15.9                                      | 14.3                       | 14.3                       | 15.3               | 11.6        | 19.0        | 20.8                     | 18.8                     | 16.5                     | 13.9                     | 34.9               | 502.2 | 5.2  |
| 7 □   | 0.8 | 0.8 | 1.6                       | 1.1              | 37.5          | 12.5                                      | 17.5                       | 17.1                       | 17.1               | 7.7         | 10.7        | 20.4                     | 19.6                     | 17.5                     | 8.9                      | 23.3               | 643.1 | 5.3  |
| 7 □   | 1.0 | 0.9 | 1.9                       | 1.0              | 31.2          | 10.9                                      | 13.9                       | 12.6                       | 18.4               | 4.7         | 8.8         | 16.3                     | 15.5                     | 18.4                     | 7.9                      | 19.7               | 574.4 | 5.1  |
| 5 △   | 1.1 | 0.7 | 1.9                       | 0.7              | 32.2          | 15.8                                      | 16.7                       | 13.8                       | 13.6               | 8.7         | 11.4        | 20.0                     | 19.0                     | 13.0                     | 12.6                     | 27.2               | 438.0 | 5.9  |
| —     | 1.1 | 1.0 | 2.1                       | 0.9              | 28.9          | 8.8                                       | 13.3                       | 12.1                       | 12.2               | 9.2         | 6.6         | 14.5                     | 13.5                     | 13.1                     | 10.1                     | 15.3               | 350.0 | 55.2 |
| s     | 0.1 | 0.2 | 0.3                       | 0.1              | 3.0           | 0.6                                       | 2.5                        | 3.0                        | 2.1                | 1.3         | 3.4         | 2.1                      | 2.3                      | 3.0                      | 2.1                      | 3.8                | 42.4  | 4.1  |
|       |     |     |                           | MittES<br>/MittS | MES<br>/MittS | EV <sub>0.75</sub><br>/IV <sub>0.75</sub> | EV <sub>0.75</sub><br>/MIS | IV <sub>0.75</sub><br>/MIS | MID<br>/MIS        | MID<br>/MES | MED<br>/MES | MID<br>/AZV <sub>i</sub> | MED<br>/AZV <sub>e</sub> | MID<br>/AZV <sub>i</sub> | MED<br>/AZV <sub>e</sub> | $\Delta D$<br>/AMV |       |      |
| 6 ■   | 0.8 | 0.8 | 1.2                       | 0.8              | 0.5           | 0.5                                       | 0.7                        | 0.7                        | 1.0                | 1.0         | 1.1         | 1.1                      | 1.1                      | 1.1                      | 1.1                      | 0.07               | —     | —    |
| 2 ●   | 1.4 | 1.4 | 1.4                       | 0.7              | 0.7           | 0.7                                       | 1.1                        | 1.1                        | 1.2                | 0.8         | 1.2         | 0.8                      | 1.2                      | 1.2                      | 0.09                     | —                  | —     |      |
| 1 △   | 1.1 | 1.1 | 1.2                       | 0.7              | 0.6           | 0.6                                       | 1.1                        | 0.6                        | 0.5                | 0.5         | 1.3         | 0.6                      | 0.6                      | 0.6                      | 0.06                     | —                  | —     |      |
| 1 △   | 1.0 | 1.1 | 1.0                       | 0.6              | 0.6           | 0.7                                       | 0.9                        | 0.9                        | 0.2                | 0.2         | 1.1         | 0.3                      | 0.3                      | 0.3                      | 0.04                     | —                  | —     |      |
| 1 △   | 1.2 | 1.2 | 1.0                       | 0.6              | 0.7           | 0.7                                       | 0.5                        | —                          | —                  | 0.8         | —           | —                        | —                        | —                        | —                        | —                  | —     |      |
| 1 ▲   | 0.9 | 0.9 | 1.1                       | 0.8              | 0.6           | 0.6                                       | —                          | —                          | —                  | —           | —           | —                        | —                        | —                        | —                        | —                  | —     |      |
| 4 ▽   | 1.3 | 1.5 | 1.2                       | 0.7              | 0.8           | 0.8                                       | 1.1                        | 0.9                        | 1.0                | 0.9         | 1.0         | 1.1                      | 1.1                      | 1.1                      | 0.06                     | —                  | —     |      |
| 7 □   | 1.2 | 1.2 | 1.7                       | 0.5              | 0.3           | 0.8                                       | 0.5                        | 0.8                        | 0.5                | 0.5         | 0.6         | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.03                     | —                  | —     |      |
| 7 □   | 1.1 | 1.2 | 1.2                       | 0.4              | 0.4           | 0.4                                       | 0.7                        | 0.5                        | 0.7                | 0.6         | 0.6         | 0.6                      | 0.6                      | 0.6                      | 0.04                     | —                  | —     |      |
| 5 △   | 1.4 | 1.2 | 1.4                       | 0.6              | 0.5           | 0.9                                       | 0.6                        | 0.6                        | 1.2                | 0.6         | 1.2         | 0.8                      | 0.8                      | 0.8                      | 0.06                     | —                  | —     |      |
| —     | 1.1 | 1.1 | 1.0                       | 0.7              | 0.7           | 0.7                                       | 0.7                        | 0.7                        | 0.4                | 0.4         | 0.7         | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.04                     | —                  | —     |      |
| s     | 0.2 | 0.1 | 0.1                       | 0.02             | 0.1           | 0.1                                       | 0.1                        | 0.1                        | 0.2                | 0.1         | 0.1         | 0.1                      | 0.1                      | 0.1                      | 0.01                     | 0.01               | —     | —    |

Tabelle III (Legende s. S. 302)

| Pferd | Id  | Ed  | (Id + Ed) $\frac{Ed}{Id}$ | Inspiration    |              |                                          |              |                                          |                    | Expiration                |            |            |                         |                         |                         |     |      |     |
|-------|-----|-----|---------------------------|----------------|--------------|------------------------------------------|--------------|------------------------------------------|--------------------|---------------------------|------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----|------|-----|
|       |     |     |                           | AF             | MID          | MIS                                      | MitIs        | AZV <sub>i</sub>                         | IV <sub>0,75</sub> | MED                       | MES        | MitES      | AZV <sub>e</sub>        | IV <sub>0,75</sub>      | Δ D                     | AMV | IZK  |     |
| 6 ■   | 2.6 | 2.5 | 5.1                       | 1.0            | 11.9         | 1.4                                      | 2.7          | 1.6                                      | 4.3                | 1.2                       | 2.2        | 3.0        | 1.6                     | 4.3                     | 1.6                     | 3.6 | 50.5 | 5.1 |
| 2 ●   | 2.1 | 2.0 | 4.2                       | 0.9            | 14.3         | 3.7                                      | 3.5          | 2.7                                      | 6.1                | 1.8                       | 4.9        | 3.3        | 3.0                     | 6.3                     | 2.0                     | 8.6 | 87.7 | 5.1 |
| 1 △   | 1.6 | 2.5 | 4.1                       | 1.6            | 14.5         | 2.5                                      | 1.6          | 1.6                                      | 4.1                | 1.8                       | 2.0        | 3.2        | 2.5                     | 4.4                     | 2.0                     | 4.6 | 58.9 | 3.8 |
| 1 △   | 1.8 | 2.4 | 4.2                       | 1.3            | 14.2         | 3.5                                      | 2.0          | 2.0                                      | 4.5                | 1.7                       | 2.8        | 4.1        | 2.4                     | 4.1                     | 2.0                     | 6.3 | 63.8 | 4.2 |
| 1 △   | 2.4 | 3.0 | 5.4                       | 1.3            | 11.1         | 1.1                                      | 2.3          | 2.5                                      | 5.9                | 1.5                       | 0.8        | 2.9        | 1.3                     | 5.8                     | 2.0                     | 1.9 | 65.2 | 4.4 |
| 1 ▲   | 2.1 | 2.3 | 4.4                       | 1.1            | 13.8         | 1.1                                      | 2.5          | 2.0                                      | 4.6                | 1.1                       | 1.1        | 3.4        | 2.0                     | 4.6                     | 2.0                     | 2.2 | 63.3 | 4.7 |
| 4 ▽   | 1.5 | 1.9 | 3.3                       | 1.2            | 19.0         | 3.3                                      | 2.5          | 2.2                                      | 3.7                | 1.4                       | 3.2        | 3.2        | 2.7                     | 4.2                     | 1.7                     | 6.5 | 70.1 | 4.4 |
| 7 □   | 2.0 | 3.1 | 5.0                       | 1.6            | 11.9         | 1.8                                      | 4.3          | 3.0                                      | 5.6                | 1.6                       | 2.3        | 4.1        | 2.4                     | 6.0                     | 2.8                     | 4.1 | 66.3 | 3.9 |
| 7 □   | 2.2 | 2.6 | 4.8                       | 1.2            | 12.5         | 2.9                                      | 6.1          | 5.1                                      | 6.1                | 1.7                       | 2.2        | 2.0        | 0.8                     | 6.8                     | 2.4                     | 5.1 | 77.0 | 4.6 |
| 5 △   | 2.4 | 3.1 | 5.5                       | 1.3            | 10.8         | 1.7                                      | 3.0          | 2.5                                      | 4.6                | 1.3                       | 2.3        | 3.2        | 1.4                     | 4.5                     | 1.6                     | 4.0 | 50.1 | 4.3 |
| ̄ x   | 2.1 | 2.5 | 4.6                       | 1.1            | 17.4         | 3.0                                      | 4.1          | 2.7                                      | 5.2                | 1.8                       | 2.1        | 4.1        | 2.8                     | 5.0                     | 2.4                     | 5.2 | 86.2 | 4.7 |
| s     | 1.1 | 1.4 | 2.5                       | 0.2            | 11.4         | 1.9                                      | 1.7          | 1.6                                      | 0.8                | 1.1                       | 0.2        | 1.2        | 1.4                     | 0.9                     | 1.1                     | 1.9 | 49.1 | 0.5 |
|       |     |     |                           | MitES<br>MitIs | MES<br>MitIs | EV <sub>0,75</sub><br>IV <sub>0,75</sub> | MES<br>MitIs | EV <sub>0,75</sub><br>IV <sub>0,75</sub> | MIS<br>MitIs       | IV <sub>0,75</sub><br>MIS | MID<br>MIS | MED<br>MES | MID<br>AZV <sub>i</sub> | MED<br>AZV <sub>e</sub> | Δ D<br>AZV <sub>e</sub> | AMV | IZK  |     |
| 6 ■   | 1.0 | 1.1 | 1.3                       | 0.5            | 0.5          | 0.5                                      | 0.5          | 0.5                                      | 0.5                | 0.5                       | 0.5        | 0.7        | 0.7                     | 0.3                     | 0.5                     | 0.5 | 0.07 |     |
| 2 ●   | 1.1 | 0.9 | 1.2                       | 0.7            | 0.5          | 0.5                                      | 1.1          | 1.1                                      | 1.5                | 0.5                       | 0.6        | 0.6        | 0.6                     | 0.6                     | 0.8                     | 0.8 | 0.10 |     |
| 1 △   | 1.6 | 2.0 | 1.1                       | 0.6            | 1.1          | 1.1                                      | 1.1          | 1.1                                      | 1.6                | 0.6                       | 0.6        | 0.6        | 0.6                     | 0.6                     | 0.6                     | 0.6 | 0.08 |     |
| 1 △   | 1.2 | 2.0 | 1.2                       | 0.5            | 0.8          | 0.8                                      | 0.8          | 0.8                                      | 1.7                | 0.7                       | 0.7        | 0.7        | 0.7                     | 0.8                     | 0.7                     | 0.7 | 0.10 |     |
| 1 △   | 0.5 | 1.2 | 1.3                       | 0.7            | 0.6          | 0.6                                      | 0.6          | 0.6                                      | 0.5                | 0.5                       | 0.3        | 0.3        | 0.3                     | 0.2                     | 0.2                     | 0.1 | 0.03 |     |
| 1 ▲   | 1.0 | 1.3 | 1.8                       | 0.6            | 0.5          | 0.5                                      | 0.4          | 0.4                                      | 0.4                | 0.4                       | 0.3        | 0.3        | 0.3                     | 0.2                     | 0.2                     | 0.2 | 0.03 |     |
| 4 ▽   | 1.2 | 1.3 | 1.2                       | 0.5            | 0.5          | 0.5                                      | 0.5          | 0.5                                      | 1.3                | 1.0                       | 1.0        | 1.0        | 1.0                     | 0.9                     | 0.8                     | 0.8 | 0.09 |     |
| 7 □   | 0.8 | 1.0 | 1.8                       | 0.7            | 0.4          | 0.4                                      | 0.4          | 0.4                                      | 0.6                | 0.6                       | 0.6        | 0.6        | 0.6                     | 0.3                     | 0.4                     | 0.4 | 0.06 |     |
| 7 □   | 0.1 | 0.3 | 1.4                       | 1.2            | 0.3          | 0.3                                      | 0.3          | 0.3                                      | 0.5                | 0.5                       | 0.5        | 0.5        | 0.5                     | 0.3                     | 0.3                     | 0.3 | 0.07 |     |
| 5 △   | 0.6 | 1.1 | 1.3                       | 0.5            | 0.4          | 0.4                                      | 0.4          | 0.4                                      | 0.6                | 0.7                       | 0.7        | 0.7        | 0.7                     | 0.4                     | 0.5                     | 0.5 | 0.08 |     |
| ̄ x   | 1.1 | 1.4 | 1.4                       | 0.6            | 0.4          | 0.9                                      | 0.5          | 0.5                                      | 0.9                | 0.5                       | 0.9        | 0.5        | 0.9                     | 0.5                     | 0.5                     | 0.5 | 0.08 |     |
| s     | 0.2 | 0.7 | 0.4                       | 0.1            | 0.1          | 0.2                                      | 0.7          | 0.1                                      | 0.1                | 0.7                       | 0.1        | 0.7        | 0.1                     | 0.7                     | 0.1                     | 0.1 | 0.05 |     |

Tabelle IV: Zusammenstellung der Resultate, welche ausserhalb des Bereichs von  $\bar{x} + 2$  Standardabweichungen der Kontrollpferde lagen, von Pferden mit Obstruktionen der oberen Luftwege.

| Parameter                              | Reihe von Symbolen mit Wert              |                  |                  |
|----------------------------------------|------------------------------------------|------------------|------------------|
|                                        | < oder > als der Mittelwert $\pm 2$ S.A. | $< \bar{x} - 2S$ | $> \bar{x} + 2S$ |
| IZK                                    | —                                        | —                | —                |
| Id                                     | △ △ △ □                                  | ●                | —                |
| ED                                     | △                                        | —                | —                |
| Id + Ed                                | △                                        | —                | —                |
| Ed/Id                                  | —                                        | —                | —                |
| AF                                     | —                                        | △ △ □            | —                |
| MID                                    | —                                        | ■ ▽ □ □ △        | —                |
| MIS                                    | △                                        | —                | —                |
| MitIs                                  | —                                        | —                | —                |
| AZV <sub>i</sub>                       | —                                        | □ □              | —                |
| IV <sub>0,75</sub>                     | ▽ □                                      | △                | —                |
| MED                                    | —                                        | ● ▽              | —                |
| MES                                    | △                                        | △ ▽ □ △          | —                |
| Mit ES                                 | —                                        | △ ▽ □ △          | —                |
| AZV <sub>e</sub>                       | —                                        | —                | —                |
| EV <sub>0,75</sub>                     | —                                        | —                | —                |
| △ D                                    | —                                        | ■ ● ▽ □ △        | —                |
| AMV                                    | △                                        | △ ▲ ▽ □ □ △      | —                |
| MitES/MitIS                            | —                                        | —                | —                |
| MES/MIS                                | ■                                        | ● ▽              | —                |
| EV <sub>0,75</sub> /IV <sub>0,75</sub> | —                                        | ● □ △            | —                |
| EV <sub>0,25</sub> /MES                | △ □ □ △ △                                | ▲ ■ ●            | —                |
| IV <sub>0,75</sub> /MIS                | ■ □ □ △                                  | —                | —                |
| MID/MIS                                | —                                        | ● ▽ △ △          | —                |
| MED/MES                                | —                                        | ■ ● ▽            | —                |
| MID/AZV <sub>i</sub>                   | —                                        | ■ △ △ ▽ △        | —                |
| MED/AZV <sub>e</sub>                   | —                                        | ■ ● ▽ △          | —                |

Tabelle II: Daten von Pferden mit Obstruktionen der oberen Luftwege während der Ruheatmung.

- chronische Pharyngitis, ● verstopfte Nasenhöhle, □ Kehlkopfparalyse
- △ vergrösserter inspiratorischer Atemwiderstand
- ▲ vergrösserter exspiratorischer Atemwiderstand
- ▽ vergrösserter inspiratorischer und exspiratorischer Atemwiderstand

Tabelle III: Daten von Pferden mit Obstruktionen der oberen Luftwege während der Lobelininduzierten Hyperventilation.

- chronische Pharyngitis, ● verstopfte Nasenhöhle, □ Kehlkopfparalyse
- △ vergrösserter inspiratorischer Atemwiderstand
- ▲ vergrösserter exspiratorischer Atemwiderstand
- ▽ vergrösserter inspiratorischer und exspiratorischer Atemwiderstand

Individuelle Unterschiede zwischen den einzelnen Pferden als auch Differenzen zwischen den verschiedenen Aufzeichnungen eines Pferdes erschweren eine Interpretation.

### Diskussion

Die dargestellten Experimente zeigen, dass Funktionsprüfungen der oberen Luftwege, obschon beim Menschen wertvolle Diagnosehilfen, beim Pferd von geringem diagnostischen Nutzen sind.

Der entscheidende Grund liegt darin, dass Lobelin zwar eine Hyperventilation aber keine maximale Atemtiefe hervorruft und Obstruktionen daher schon sehr erheblich sein müssen, um messbare Veränderungen zu erzeugen. Mit den gebräuchlichen klinischen Untersuchungsmethoden sind bereits Befunde zu erheben, bevor Widerstandsveränderungen messbar sind. Als Beispiel dafür kann das Pferd mit der Hemiplegia laryngis, einer recht häufigen Funktionsstörung, herangezogen werden, an welchem keine Veränderungen der Messwerte erhoben werden konnten. Zu ähnlichen Ergebnissen in bezug auf die Hemiplegia laryngis kamen auch *Robinson et al.* (1976) bei Untersuchungen an Pferden und *Schiratzki* (1965) bei solchen an Menschen. Unter starker körperlicher Belastung hat allerdings *Berendes* (1965) beim Menschen eine Beeinträchtigung der Ventilation messen können. Daraus schliessen wir, dass Funktionsprüfungen dieser Art nur bei hohen Atemstromstärken zu verwertbaren Resultaten führen. Um eine annähernd gleich starke körperliche Arbeit und damit Vertiefung der Ventilation zu erzeugen, wie es mit dem Ergometer beim Menschen üblich ist, müssten die zu prüfenden Pferde auf einem Laufband belastet werden.

Da geringfügige Obstruktionen der Atemwege keine messbaren Veränderungen des Atemwiderstandes erzeugt haben, jedoch oft auffällige Geräusche während der Arbeit des erkrankten Pferdes hervorrufen, verdient unserer Meinung nach die Technik von *Attenburrow* (1971) weiterhin unsere Aufmerksamkeit.

### Zusammenfassung

Die Auswirkungen von Obstruktionen der oberen Luftwege auf den Atemluftstrom von Pferden wurden untersucht und diskutiert. Respiratorische Parameter wurden erhoben während der Ruheatmung einerseits und während einer Lobelin-induzierten Hyperventilation andererseits. Die Resultate von Pferden ohne Obstruktionen der Luftwege wurden mit denjenigen von Pferden mit natürlich auftretenden und künstlich erzeugten Obstruktionen verglichen. Es wurde gefolgert, dass die unter den genannten Bedingungen erzeugten Atemstromstärken noch zu klein waren, um messbare Veränderungen der respiratorischen Parameter zu verursachen. Mit der beschriebenen Methode können nur erhebliche Obstruktionen entdeckt werden. Deshalb werden einige Anregungen zur Verbesserung der Atemfunktionsteste bei Obstruktionen der oberen Luftwege gemacht.

### Résumé

On examine et discute les effets des obstructions des voies respiratoires supérieures sur le flux respiratoire chez le cheval. Des paramètres respiratoires ont été enregistrés au repos ainsi que durant une hyperventilation produite par l'injection intraveineuse de Lobéline.

Les résultats des chevaux sans obstruction des voies respiratoires sont comparés avec ceux des chevaux souffrant d'obstructions naturelles ou artificielles. On constate que le flux respiratoire obtenu dans les conditions de l'expérience est trop faible pour permettre des variations mesurables des paramètres respiratoires; on ne peut, par cette méthode, découvrir que des obstructions importantes. C'est pourquoi quelques suggestions sont faites pour améliorer les tests de fonctions respiratoires dans l'optique des obstructions des voies respiratoires supérieures.

### Riassunto

Si studiano e si discutono gli effetti dell'ostruzione delle vie respiratorie superiori del cavallo nei confronti della corrente respiratoria. Sono stati fissati parametri respiratori durante la respirazione a riposo da un lato e durante una iperventilazione indotta con lobelina dall'altro. I risultati ottenuti da cavalli senza ostruzione delle vie respiratorie sono stati paragonati con quelli ottenuti da soggetti con ostruzioni artificiali o spontanee. Si conclude che il rafforzamento della corrente respiratoria ottenuto alle condizioni citate è troppo ridotto per causare misurabili modificazioni dei parametri respiratori. Con il metodo descritto si possono solo scoprire rilevanti occlusioni. Perciò si danno alcuni consigli per il miglioramento dei test di funzionalità respiratoria nelle ostruzioni delle vie respiratorie superiori.

### Summary

The effects of upper respiratory tract obstructions on air flow in horses were examined and discussed. The measurements were made on recordings obtained while the horses were breathing quietly at rest and also during hyperventilation produced by the intravenous injection of a respiratory stimulant (Lobelin). Results from horses with unobstructed airways were compared with those from horses with naturally occurring and experimentally induced upper respiratory tract obstructions. It was concluded that the flows achieved under the conditions of this project were insufficient to produce measurable changes in the respiratory parameters. Generally, the method described could only be expected to reveal the presence of severe obstructions. Some suggestions for the development of respiratory function tests in horses are made.

### Literaturverzeichnis

*Attenburrow, D. P.:* Some observations on the Sound Vibrations produced by Air Flow in the Respiratory Tract of Horses at Exercise. *Vet. Ann.* 12, 6–11 (1971). — *Berendes, J.:* Neuere Ergebnisse über Bewegungsstörungen des Kehlkopfes. *Arch. Ohr-, Nas.- u. Kehlkopfheilk.* 169, 1–172 (1956). — *Fleisch, A.:* Le Pneumotachographe. *Helv. Physiol. Acta* 14, 363–368 (1956). — *Gillespie, J. R., Tyler, W. S. and Eberley, V. E.:* Pulmonary Ventilation and Resistance in Emphysematous and Control Horses. *J. Appl. Physiol.* 21, 416–422 (1966). — *Gretener, P.:* Der Atemzeitquotient bei gesunden und lungenkranken Pferden. *Proc. 3rd Meeting Academic Society for Large Animals Vet. Med. Zürich*, 211–221 (1975). — *Robinson, N. E., Sorenson, P. R. and Goble, D. O.:* Patterns of Airflow in Normal Horses and Horses with Respiratory Disease. *Proc. 21st Ann. Congr. AAEP*, 1975. — *Schiratzki, H.:* Upper Airway Resistance During Mouth Breathing in Patients with Unilateral and Bilateral Paralysis of the Recurrent Laryngeal Nerve. *Acta Oto-lar.* 59, 475–496 (1965).

Manuskripteingang: 26.2.1981