

**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:** 112 (1970)

**Heft:** 8

**Artikel:** Untersuchungen über eine neue klinische Messgrösse beim Grosstier, die Marginaldistanz

**Autor:** Steck, Werner

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-591208>

### **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:** 14.01.2026

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

---

Aus der Veterinärmedizinischen Klinik der Universität Bern  
(Direktor: Prof. Dr. U. Freudiger)

## Untersuchungen über eine neue klinische Meßgröße beim Großtier, die Marginaldistanz

Von Werner Steck

### Einleitung und Übersicht

Wie früher, vor allem an Pferden, festgestellt worden ist [9, 10], steigen und fallen die thorakalen perkutorischen Schallgrenzen mit dem Grade der Erregung des Tieres. Dabei verschieben sich Lungenschallgrenze und Brustwandschallgrenze ungefähr gleich stark, so daß sich ihre Distanz (hier als «Marginaldistanz» bezeichnet) nicht wesentlich ändert. Ihre Größe liegt überhaupt bei gesunden Pferden<sup>1</sup> ohne besondere Einwirkungen in recht engen Grenzen.

Dagegen zeigte es sich, daß diese Distanz bei verschiedenen Krankheiten erheblich vergrößert sein kann, was uns zu den vorliegenden Untersuchungen veranlaßte.

Wir stellten zunächst an einem größeren Material von gesunden, arbeitenden Pferden fest, daß die normale Marginaldistanz zwischen 30 und 65 mm schwankt.

Als auch innerlich gesunde chirurgische Patienten systematisch untersucht wurden, ergab sich, daß eine Vergrößerung der Marginaldistanz nach verschiedenartigen chirurgischen Eingriffen eintrat. Anschließend experimentelle Untersuchungen zeigten erhebliche Vergrößerung der Marginaldistanz nach subkutaner Applikation von Eigenblut, Normalserum, Kaseinhydrolysat und kutaner Applikation von Dimethylsulfoxyd.

Ferner wurde eine Vergrößerung der Marginaldistanz nach vorübergehender Druckerhöhung in der Bauchhöhle wie nach Husten, Harn- und Kotentleerung beobachtet.

Auf Grund dieser Erfahrungen wurde eine Deutung versucht und die folgende Hypothese entwickelt:

«Die Größe der Marginaldistanz wird durch die Form des Querschnittes des Lungenrandes bedingt, wobei die große Marginaldistanz einem mehr ausgeflachten Lungenrand entspricht.

<sup>1</sup> Zur Vereinfachung der Aufgabe wurden bisher Fohlen und Ponies nicht einbezogen.

Eine Ausflachung kann geschehen, einmal (mechanisch) durch vermehrten Druck von der Bauchhöhle her durch das Zwerchfell oder (stofflich) durch Herabsetzung der alveolaren Oberflächenspannung und damit des Widerstandes gegen die Abweichung von der Kugelform.»

Die zurzeit vorliegenden Erfahrungen über das Verhalten der Marginaldistanz bei inneren Krankheiten sind nicht breit genug, um bestimmte Schlüsse zu erlauben. Es scheint, daß bei verschiedenartigen Krankheiten die Marginaldistanz erheblich vergrößert sein kann, daß die Schwankungen aber größer sind als bei gesunden Pferden ohne besondere Einflüsse, so daß zwar die meisten bestimmten Werte, aber nicht alle, über der Norm liegen.

Die für die Bestimmung der Marginaldistanz notwendige Perkussionstechnik bietet bei sorgfältiger Beachtung einiger klarer Grundregeln keine besonderen Schwierigkeiten.

### Wesen der Marginaldistanz

Wir bezeichnen als Marginaldistanz die Distanz zwischen Brustwandschallgrenze und Lungenschallgrenze, gemessen beim Pferd im 12., beim Rind im 10. Interkostalraum.

Die Brustwandschallgrenze [7] wird bei möglichst unbehindert schwingender Brustwand festgestellt. Sie entspricht dem Ort, wo die Schwingungen der Brustwand von innen durch das herantretende Zwerchfell behindert werden, also dem Ort, wo die pleura diaphragmatica von der ventralen Brustwand auf die mediale Fläche der Lunge hinüber wechselt, mithin dem anatomischen Lungenrand.

Die Lungenschallgrenze wird mit sehr leichter Perkussion, aber maximal behinderten Schwingungen der Brustwand durch perkutierten Finger und Hand, erhalten. Sie liegt mehrere Zentimeter höher als die Brustwandschallgrenze. Es ist anzunehmen, daß sie einer bestimmten Tiefe des Lungenparenchyms (senkrecht zur Oberfläche gemessen) entspricht.

### Technik der Ermittlung der Marginaldistanz

Der Rechthänder perkutiert besser auf der linken Körperseite. Eine relativ hohe Lage der Schallgrenzen (im etwas angeregten Zustand) ist erwünscht. Ihre Beweglichkeit muß berücksichtigt werden. Wie weiter unten erörtert wird, macht sich bei tiefer Lage der Schallgrenzen, wie sie im wenig erregten Zustand gefunden wird [9, 10], die Knochenleitung des Perkussionsstoßes störend bemerkbar [11.] Auf Grund von Messungen am Kadaver sind wir dazugekommen, Messungen als genügend zuverlässig anzusehen, wenn die innere Brustwandschallgrenze beim Pferd mindestens 80 Millimeter über der untern Kante des Rippenbogens liegt.

Warum auch Messungen bei tiefer Lage der Schallgrenzen doch plausible Werte ergeben, ist uns nicht bekannt.

Der erwünschte angeregte Zustand wird in der Regel leicht erreicht und für genügende Zeit erhalten, wenn ein Pferd leicht bewegt (100 Meter Trab) und dann in einer ihm ungewohnten Umgebung untersucht wird. Muß aber ein Pferd an seinem Standplatz untersucht werden, ist seine Tendenz, in einen wenig angeregten Zustand zu versinken, groß, besonders nach beendeter Futteraufnahme. Man kann in diesem Fall die Schallgrenzen hochtreiben, indem man dem Pferd eine Handvoll Hafer oder Grastrockwürfel verabreicht oder es im Stande dreht oder zurück und vorwärts treten läßt. (Beim Rind steigen die Schallgrenzen bei der Rumination.)

Verschiebungen der Schallgrenzen während der Messung müssen berücksichtigt werden, denn wenn man zuerst die Lungenschallgrenze bestimmt und darauf die Brustwandschallgrenze, so hat sich meist unterdessen die Lungenschallgrenze wiederum verschoben. Man kann aber ein gleichmäßiges Verschieben annehmen und, wenn man als dritte Beobachtung wiederum die Lungenschallgrenze bestimmt, annehmen, daß sich während der Bestimmung der Brustwandschallgrenze die Lungenschallgrenze um die Hälfte der Distanz zwischen den beiden Lungenschallgrenzen verschoben hat.

Darum geht man zweckmäßig wie folgt vor: Man zeichnet im 12. I. R. zuerst die Lage der Lungenschallgrenze an (Marke 1), dann die Lage der Brustwandschallgrenze (Marke 2), wiederum die Lage der Lungenschallgrenze (Marke 3) und noch einmal die Lage der Brustwandschallgrenze (Marke 4). Fallen die Marken 1 und 3 zusammen, so hat offenbar keine Verschiebung stattgefunden, und die Marginaldistanz ist direkt meßbar. Meist ist es aber so, daß, nachdem man wie beschrieben die Grenzen hochgetrieben hat, sie während der Bestimmung wiederum fallen. Dann nimmt man ein gleichmäßiges Fallen an und erhält brauchbare Werte für die Marginaldistanz, indem man zur Distanz Marke 3–Marke 2 die halbe Distanz Marke 1–Marke 3 zuzählt und, um einen zweiten Wert zu erhalten, zur Distanz Marke 3–Marke 2 die halbe Distanz Marke 2–Marke 4 (vgl. Fig. 1).

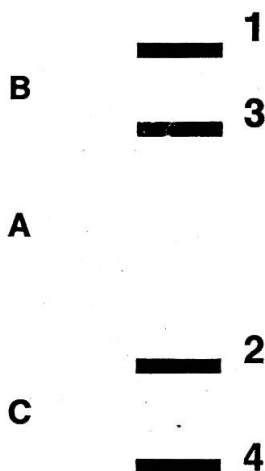


Fig. 1 Ermittlung der Marginaldistanz bei mäßigem Fallen der Schallgrenzen während der Untersuchung: Zeitfolge der Feststellung der Schallgrenzen 1, 2, 3, 4, wobei 1 und 3 die Lagen der Lungenschallgrenze, 2 und 4 die Lagen der Brustwandschallgrenze bedeuten. A = Distanz 3–2, B = Distanz 1–3 und C = Distanz 2–4. Berechnete Werte der Marginaldistanz:  $A + B/2$  sowie  $A + C/2$ .



Immerhin sollten die Grenzen nicht zu rasch fallen, das heißt, die Distanzen Marke 1–Marke 3 und Marke 2–Marke 4 sollten 30 Millimeter nicht übersteigen.

Über die manuelle *Technik der Perkussion* ist früher [11] ausführlich berichtet worden. Es ist wohl nur die Finger-Fingerperkussion brauchbar. Für die Feststellung der Lungenschallgrenze werden der perkutierte Finger samt der ganzen Hand möglichst kräftig aufgepreßt, um die Schwingungen der Brustwand zu behindern, und es wird auf das letzte Fingerglied nur leicht aufgeklopft, um einen gerade noch gut vernehmbaren Ton zu erhalten. Umgekehrt wird für die Feststellung der Brustwandschallgrenze nur das letzte perkutierte Fingerglied sehr leicht aufgelegt und darauf aus dem Ellenbogen heraus mit gestrecktem, aber nicht steifem Finger kräftiger, aber kurz geklopft, so daß ein gut vernehmbarer Schall resultiert.

Die Aufzeichnung geschieht mit einer geeigneten Markiermasse, die auch auf langem Haarkleid gut haftet (zum Beispiel steife Zinksalbe aus einer Tube), und die Distanzen werden auf ein Notizblatt übertragen, auf dem erst die Messung vorgenommen wird. Es ist zweckmäßig, Millimeter zu messen, obschon die Meßgenauigkeit nicht so groß ist.

Wenn diese Regeln genau befolgt werden, ist eine brauchbare Perkussion nicht schwer zu erlernen. Sie sind aber ausschlaggebend.

*Einfluß der Lage der Schallgrenzen auf die Größe der Marginaldistanz.*

Bei mittlerer und hoher Lage der Schallgrenzen, wie sie beim mäßig oder gut angeregten Pferd gefunden werden, ist die Marginaldistanz bemerkenswert konstant. Ein Beispiel ist in der Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1 Marginaldistanzwerte bei Pferd Scho in Millimetern

Tage	13.12	14.	16.	21.	22.
	42	51	46	58	54
		56	45		60
		71	52		48
		62	56		52
			51		55
			44		52
					55
					55
					52
					52
					55
					55

Mit Ausnahme einer Messung (71) schwanken die Werte zwischen 44 und 62 Millimeter. Eine Anzahl derartiger Beobachtungsreihen hat ergeben, daß eine durchschnittliche Abhängigkeit von der Lage der Schallgrenzen in diesem Bereich nicht erkennbar ist.

Anders ist es, wenn sich die Brustwandschallgrenzen der untern Kante des Rippenbogens auf weniger als 100 Millimeter nähern. In diesem tiefen Bereich, also im wenig angeregten Zustand, ist mehrheitlich eine gewisse Abhängigkeit der gemessenen Marginaldistanz von der Lage erkennbar. Je tiefer die Lage, desto größer im allgemeinen die Marginaldistanz (Tabelle 2). Sie kann aber auch ausbleiben (Tabelle 3).

Wir fanden im tiefen Bereich eine Abhängigkeit zwischen Marginaldistanz und Lage in 15 von 19 Beobachtungsreihen, dagegen im hohen Bereich nur bei 18 von 60 Beobachtungsreihen, während hier in 29 Beobachtungsreihen keine Abhängigkeit und in 13 die umgekehrte erschien.

Wesentlich ist, daß auch die bei tiefer Lage der Schallgrenzen lageabhängigen Abweichungen der Marginaldistanzwerte lange nicht so groß sind wie die noch zu schildernden Abweichungen als Folge besonderer Einwirkungen.

Tabelle 2 Marginaldistanzwerte bei Pferd Rü bei verschiedenen tiefer Lage der Schallgrenzen, an einem Tage

Brustwandschallgrenze mm über Rippenbogen u. Kante	Marginaldistanz in mm
64	96,99
69	93,97
82	74,84
99	65,66
117	69,71

Tabelle 3 Marginaldistanzwerte bei Pferd So bei verschiedenen tiefer Lage der Schallgrenzen, an einem Tage

Brustwandschallgrenze mm über Rippenbogen u. Kante	Marginaldistanz
26	56,54
66	56,58
88	56,59
117	57,57
119	54,56

### Ergebnisse der Perkussion bei sehr tiefer Lage der Schallgrenzen

Von außen läßt sich mit mäßiger Genauigkeit die untere Kante des Rippenbogens abtasten. Nach Beobachtungen an Schlachtpferden liegt im 12. Interkostalraum der Pleura-Umschlag, also der Boden des maximal geöffneten Pleura-Sackes, etwa 8–10 ( $7\frac{1}{2}$ –14) Zentimeter über dieser Kante. Man würde erwarten, daß unterhalb der Pleura-Umschlagstelle die Schallgrenzen verschwinden. Das ist aber nicht der Fall. Sie sinken nicht selten noch wenige Zentimeter unter diesen Punkt herab, wobei die Marginaldistanz nicht wesentlich verändert sein muß. Eine begründete Erklärung für diese sonderbare Erscheinung liegt nicht vor. Es ist denkbar, daß in diesem festeren Brustwandteil Stoß- oder Schalleitung parallel zur Rippenwand eine Rolle spielen.

Wir haben versucht, durch Kohleinjektion in vivo mehr Klarheit zu erhalten. Dabei stört aber, obschon die Injektionen gut vertragen werden, die Reaktion der Bauchwand auf den Eingriff, der wesentlich rascher erfolgen müßte.

Am besten ist es, dieses Gebiet zu meiden, das heißt die Bestimmung der Marginaldistanz bei genügend hoher Lage der Schallgrenzen vorzunehmen.

### **Einfluß von Vorgängen, die mit einer raschen Erhöhung des intraabdominalen Druckes einhergehen, auf die Größe der Marginaldistanz**

#### *a) Husten*

Durch spontane Hustenstöße wird die Marginaldistanz deutlich vergrößert, ebenso durch künstlich (durch Druck auf die obersten Trachealringe oder den Kehlkopf) ausgelösten Husten.

Die Vergrößerung der Marginaldistanz tritt rasch ein, das heißt, unmittelbar nach dem Hustenstoß findet man sie schon stark erhöht. Sie geht dann meist innert weniger Minuten, manchmal aber erst nach einer Stunde ganz zurück. Ein besonderer Grund für verzögertes Zurückgehen wurde bisher nicht ermittelt (Tabelle 4).

Tabelle 4 Marginaldistanz nach Hustenstoß

Pferd	vor	Marginaldistanz in mm	
		nach Hustenstoß	wieder normal nach ... Minuten
Tu	57	103	5
Le	57,60	117,119	6
E.	71	112	9
Stie	47,48	107	—
DR	55,55	114	10 < 16
Ma	58,63	98,102	—
Stu	56,57	132,133	45

#### *b) Atemunterbruch*

Das Zuhalten der Nüstern während etwa 10 Sekunden mit folgender verstärkter Atmung vermag ebenfalls eine vorübergehende Vergrößerung der Marginaldistanz auszulösen (Tabelle 5). Ob hier auch Vergrößerung des intraabdominalen Drucks beteiligt ist, sei dahingestellt.

Tabelle 5 Marginaldistanz nach Atemunterbruch

Pferd	Dauer des Atemunterbruchs in Sekunden	Marginaldistanz in mm	
		vor	nach Atemunterbruch
DR	12	69,71	90,90
Le	6	55,60	83,89
Sti	30	49,53	106,104
Stu	10	57,62	85,86

#### *c) Kotentleerung*

Spontaner Kotabsatz bewirkt eine geringe Vergrößerung der Marginaldistanz (Tabelle 6).

Tabelle 6 Marginaldistanz unmittelbar nach Kotabsatz

Pferd	Marginaldistanz in mm		Wieder normal nach ... Minuten
	vor oder geraume Zeit nach Kotabsatz	unmittelbar nach Kotabsatz	
DR	50,55	72,71	18
He	52,53	77,76	19
Stu	55,55	70,70	10
Ha	50,52	103,103	<11
Vi	61,62	89	<15

#### d) Harnentleerung

Den größten Effekt beobachteten wir bei der spontanen Entleerung einer relativ großen Harnmenge, kleinere Effekte bei der Entleerung kleinerer Harnmengen, zum Beispiel nach künstlich ausgelöster Entleerung bei Stuten (Tabelle 7).

Tabelle 7 Marginaldistanz nach Harnentleerung

Pferd	Geschlecht	Marginaldistanz in mm		wieder normal nach ... Minuten
		vor oder geraume Zeit nach Entleerung	unmittelbar nach Entleerung	
He	W <sup>1</sup>	52,53	105,99	20
Stu	St	53,54	73,78	15
Schö	St	57,57	79,83	30 <sup>2</sup>
Schö	St	56,58	75,73	15
Schö	St <sup>1</sup>	57,59	111,112 <sup>3</sup>	50

<sup>1</sup> Spontane Entleerung einer relativ großen Harnmenge.

<sup>2</sup> Längeres Drängen nach der Harnentleerung (Seifenreizung).

<sup>3</sup> Sofort nach Entleerung 86,93 und angegebenes Maximum erst 20 Minuten nach der Harnentleerung.

#### Die normale Marginaldistanz

Unter normaler Marginaldistanz verstehen wir in diesem Zusammenhang die Marginaldistanz, im 12. Interkostalraum gemessen, bei erwachsenen gesunden Pferden (nicht Ponies), die keinen besonderen Einwirkungen ausgesetzt sind und nicht unter dem Einfluß von Vorgängen stehen, die mit einer Erhöhung des intraabdominalen Druckes verbunden sind (siehe oben).

Unser Zahlenmaterial stammt aus einer Beobachtungszeit von mehreren Jahren, während denen kleine Änderungen der Methodik vorgenommen wurden. Es ist darum für die statistische Bearbeitung nicht geeignet.

Jedoch können wir auf Grund von etwa 750 Einzelbeobachtungen an 56 erwachsenen, innerlich gesunden Pferden und zahlreichen weiteren Beobachtungen an geheilten chirurgischen Patienten feststellen, daß die normale Marginaldistanz zwischen 3 und 6,5 Zentimeter liegt. Werte über 65 Millimeter sind nach bisheriger Erfahrung als verdächtig bis pathologisch zu betrachten.

Es konnte beim erwachsenen Pferd im Arbeitsalter kein Einfluß von Alter, Geschlecht und Trainingszustand festgestellt werden.

Eine Anzahl hervorragender Sportpferde zeigten auf der Höhe des Trainingszustandes völlig normale Werte der Marginaldistanz.

### Vergrößerung der Marginaldistanz als Folge relativ einfacher parenteraler Einwirkungen

Obschon uns bekannt war, daß bei verschiedenen inneren Krankheiten die Marginaldistanz wesentlich vergrößert sein kann, wurden wir doch erst durch eine zufällige Beobachtung auf die rasch eintretende und ziemlich rasch wieder abklingende Wirkung gewisser parenteraler Einflüsse aufmerksam.

Einem 4½-jährigen Halbblutwallach wurden multiple Hautfibrome entfernt. Einige Tage nach der Operation stieg die Marginaldistanz, die vorher am 24. April 54 Millimeter betragen hatte, am 26. April auf 84 und 94, am 27. April auf 104, 114, 101 Millimeter an. Die nähere Untersuchung ergab, daß sich am rechten Vorarm eine begrenzte Phlegmone entwickelt hatte. Mit der raschen Abheilung dieser Phlegmone unter Behandlung gingen auch die Werte der Marginaldistanz schon am 29. April auf 58 und 64 Millimeter zurück, um später normal zu bleiben.

Da diese Beobachtung anzudeuten schien, daß auch parenterale Einflüsse von kurzer Dauer die Marginaldistanz wesentlich zu vergrößern vermochten, gingen wir dazu über, eine Reihe von chirurgischen Patienten, bei denen relativ einfache Eingriffe vorgenommen wurden, systematisch zu beobachten. Wir beschränkten uns dabei namentlich auf Neurektomien, Tenotomie und Strichfeuer.

Die Beobachtungen sind in der Tabelle 8 und ein Beispiel in der Fig. 2 wiedergegeben. Es geht daraus hervor, daß gewisse Insulte eine erhebliche Vergrößerung der Marginaldistanz für eine Dauer von einigen Tagen zur Folge haben.

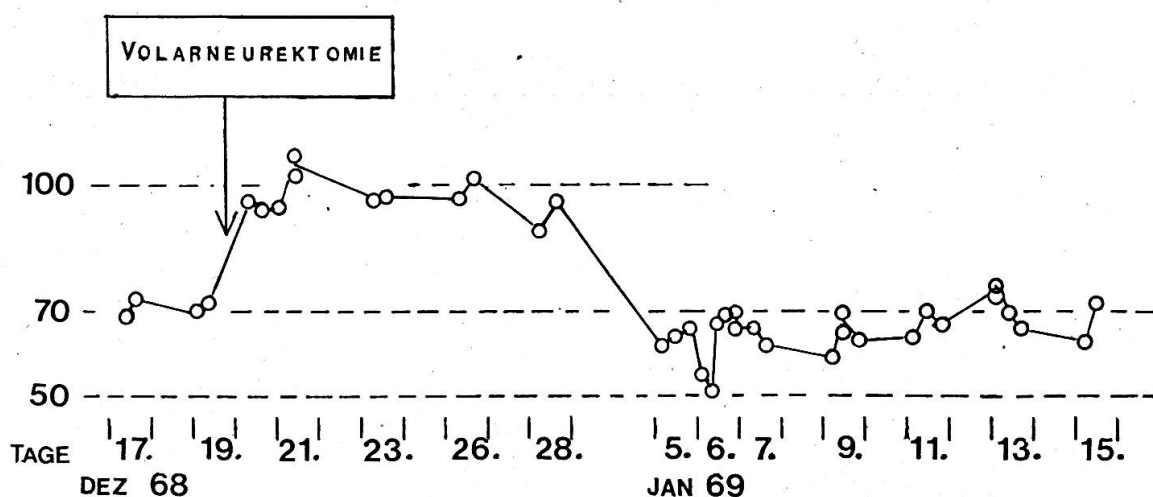


Fig. 2 Pferd Me Marginaldistanz im 12.I.R. in Millimetern vor und nach Volarneurektomie v.r.

Die Deutung dieser Beobachtungen wird aber durch verschiedene Umstände erschwert. Einmal mußten die chirurgischen Eingriffe unter leichter Narkose oder doch wenigstens nach Dämpfung (meist mit Combelen + Polamivet) vorgenommen werden. Zudem war es bei diesen Patienten nicht tunlich, der Operation eine ununterbrochene Beobachtung folgen zu lassen, und es wurde die Beurteilung des Effektes des einmaligen Eingriffs gestört durch die notwendige Nachbehandlung, Verbandwechsel und eventuell zusätzliche Behandlung. Darum war es notwendig, experimentelle Studien in Angriff zu nehmen.

Tabelle 8 Vergrößerung der Marginaldistanz nach chirurgischen Eingriffen

Pferd	Eingriff	Vorbehandlung	Beginn der Vergrößerung hrs p. op.	max. Marg'dist. vor nach der Operation		Max. Tage nach Operat.
Zü	Tenotomie med. Kniesch. band	5 Combelen 10 Polamivet Lokalanästh.	2 < 20	um 70	106	1
Ma	Volareurektomie	leichte Chloralhydratnarkose	20	um 74	138	1
Me	Volareurektomie	leichte Chloralhydratnarkose	20	um 70	107	2
Me	Sehnenscheidenpunktion mit Massage		20	70-80	90	1
Ste	Volareurektomie	leichte Chloralhydratnarkose	21	61,55	137	2
Scho	Volareurektomie	leichte Chloralhydratnarkose	24	62-65	123	2

### Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß parenteraler Einwirkungen auf die Marginaldistanz

Der einzuschlagende Weg wurde durch eine zufällige Beobachtung nahegelegt. Bei einem Pferd blieb nach verschiedenen chirurgischen Eingriffen (Tracheotomie mit Substanzverlust, Punktion von Körperhöhlen) die erwartete Vergrößerung der Marginaldistanz aus. Die nähere Prüfung der Begleitumstände ließ vermuten, daß ein sehr guter Abfluß von Blut und Wundsekret nach außen bestand. Es schien möglich, daß in anderen Fällen die Resorption von Blut und Wundsekret eine Vergrößerung der Marginaldistanz ausgelöst hatte.

Wir untersuchten darum zuerst die Wirkung der subkutanen Injektion von Eigenblut.



Zwei innerlich gesunden Pferden wurden je 100 ml Eigenblut subkutan am Hals injiziert. Dies geschah nach Alkoholreinigung der Haut, Aufnahme des Blutes in eine Spritze ohne irgendeinen Zusatz und Injektion unmittelbar nach der Entnahme.

Pferd 1 (Schimmel M) zeigte eine leichte, zweifelhafte Vergrößerung der Marginaldistanz schon 10 Minuten nach der Injektion, eine deutliche Vergrößerung eine Stunde nach der Injektion und ein Maximum 19 Stunden nach der Injektion. Die Marginaldistanz schwankte vor der Injektion zwischen 55 und 70 Millimeter, der größte Wert nach der Injektion war 133 Millimeter. Nach diesem ersten Tag nach der Injektion ging die Marginaldistanz rasch zurück. Am zweiten Tag nach der Injektion schwankte sie zwischen 81 und 84 Millimeter, aber dann stellte sich am dritten Tag nach der Injektion eine fieberhafte Erkrankung mit Ikterus ein, die sechs Tage dauerte. Erst nach weiteren sechs fieberlosen Tagen kehrten die Werte der Marginaldistanz zur Norm zurück.

Pferd 2 (Ch) zeigte einen deutlichen Anstieg der Marginaldistanz 36 Minuten nach der Injektion, ein Maximum etwa 24 Stunden nach der Injektion und wieder normale Werte 48 Stunden nach der Injektion (Fig. 3 und Tabelle 9).

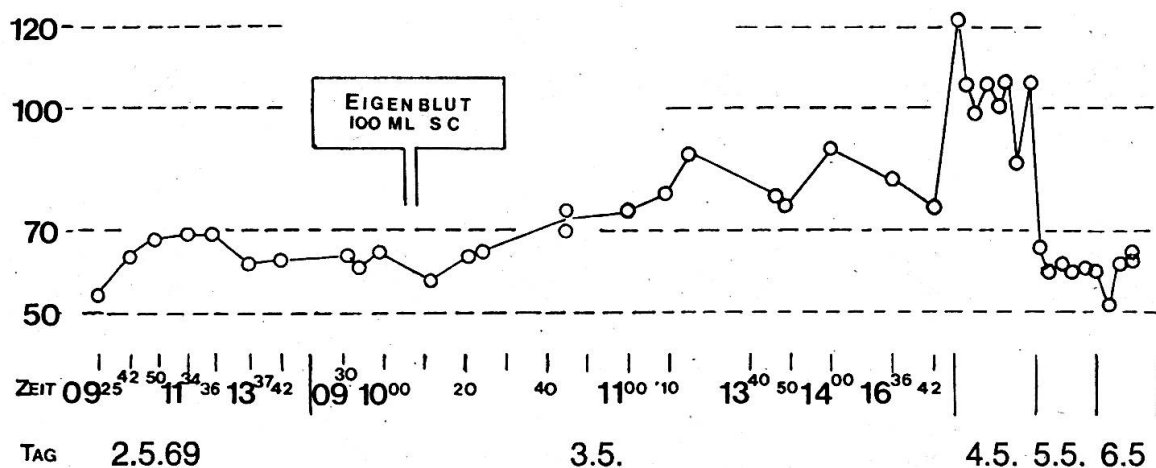


Fig. 3 Pferd Ch. Marginaldistanz im 12.I.R. in Millimeter vor und nach s.c. Injektion von 100 ml Eigenblut.

Pferd 3 (St) erhielt 100 ml Pferdenormalserum (Handelsware) subkutan. Ein deutlicher Anstieg der Marginaldistanz wurde sechs Stunden nach der Injektion, ein Maximum 24 Stunden nach der Injektion, immer noch erhöhte Werte 48 Stunden nach der Injektion und wiederum normale Werte 72 Stunden nach der Injektion festgestellt. Die Marginaldistanz schwankte vor der Injektion zwischen 51 und 65 Millimeter (14 Messungen mit Ausnahme einer einzelnen Messung von 72 Millimeter), am Tage nach der Injektion zwischen 99 und 113 Millimeter (9 Messungen), am zweiten Tag nach Injektion zwischen 70 und 85 Millimeter (9 Messungen außer je einer von 63 und 95 Millimeter).

Die Versuche mit der subkutanen Injektion von Eigenblut und Serum ergaben also übereinstimmend eine erhebliche Vergrößerung der Marginaldistanz mit einem Maximum zwischen 19 und 24 Stunden nach der Injektion. Dieser Wirkungsverzug ließ vermuten, daß nicht so sehr die injizierten Stoffe als ihre Metabolite die Vergrößerung der Marginaldistanz auslösten.

Es wurde darum der Einfluß eines käuflichen Caseinhydrolysates (Aminosol 10%) geprüft.

In der Tabelle 9 sind die Ergebnisse dieser Versuche zusammen mit denen der Eigenblut- und Serumversuche zusammengestellt. Ein einzelner Aminosolversuch ist in der Fig. 4 dargestellt.

Es ist ersichtlich, daß mit 50 ml Caseinhydrolysat 10% eine ungefähr gleich starke Vergrößerung der Marginaldistanz erzielt wurde wie mit 100 ml

Tabelle 9 Einfluß der subkutanen Injektion von 100 ml Eigenblut, 100 ml Pferdenormalserum und 50 ml Caseinhydrolysat «Aminosol 10%» auf die Größe der Marginaldistanz

Pferd	Injektat	vor Injektion	Marginaldistanz			wieder normal ... nach Injektion
			deutlich erhöht ... nach Injektion	Maximum ... nach Injektion	Maximaler Wert	
Mon	Eigenblut	55-70	1 Std.	19 Std.	133	
Ch	Eigenblut	54-69	36 Min.	24 Std.	122	48 Std.
Sti	Pferdeserum	51-65	6 Std.	24 Std.	113	72 Std.
Son	Aminosol	51-66	14 Min.	50 Min.	151	3 ½ Std.
Sti	Aminosol	59-76	10 Min.	40 Min.	157	3 Std. 20 Min.
Ruf	Aminosol	54-64	7 Min.	60 Min.	113	24 Std.
Ax	Aminosol	54-75	10 < 20 Min.	55 Min.	154	24 Std.

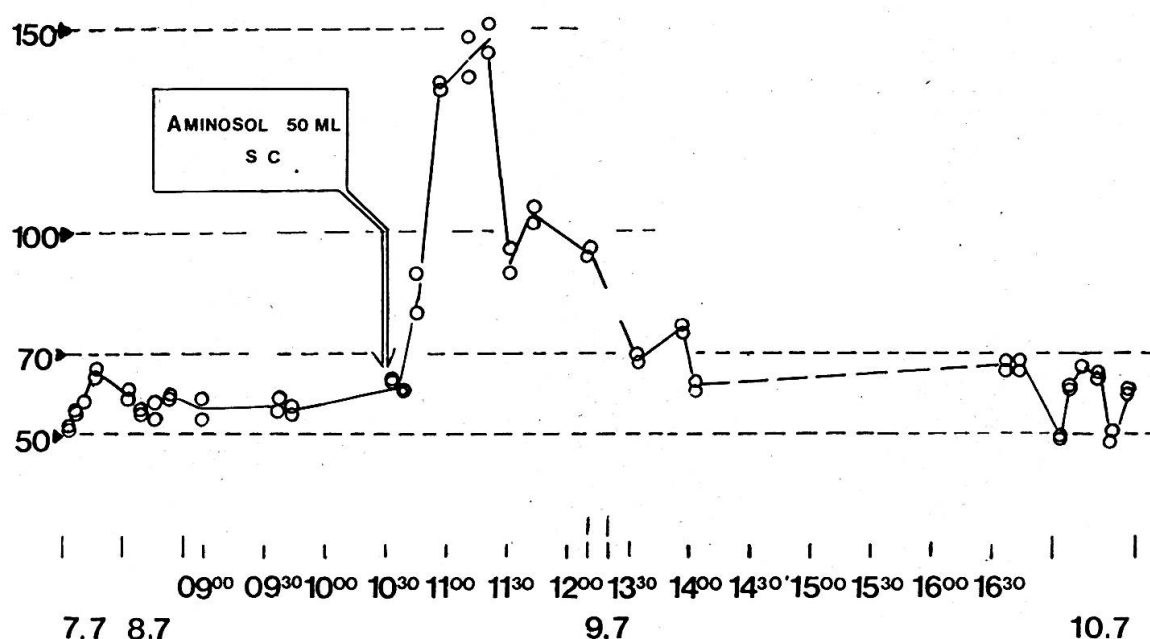


Fig. 4 Pferd So Marginaldistanz im 12.I.R. in Millimeter, vor und nach s.c. Injektion von 50 ml 10% Caseinhydrolysat «Aminosol» (Doppelkreise, senkrecht übereinander, entsprechen Doppelbestimmungen. Vgl. Text S. 359.)

Eigenblut oder Normalserum, daß aber die Wirkung nach Aminosol wesentlich früher ihr Maximum erreichte (in 40-60 Minuten) als nach Eigenblut und Normalserum (in 19-24 Stunden) und auch erheblich rascher abklang.

Dies spricht dafür, daß die Wirkung durch Abbauprodukte ausgelöst wurde. Weitere Versuche zu dieser Frage sind vorgesehen.

### Die Wirkung von kutan appliziertem Dimethylsulfoxyd

Während der Beobachtung von chirurgischen Patienten tauchte der Verdacht auf, daß gewisse sonst nicht erklärbare Vergrößerungen der Marginaldistanz mit der kutanen Applikation von Dimethylsulfoxyd-haltigen Lösungen zusammenhängen könnten.

Es wurde nun an drei Pferden der folgende Versuch durchgeführt: Auf der rechten Thoraxseite (Perkussion auf der linken Seite) wurden auf einer Fläche von etwa  $30 \times 30$  Zentimetern 30 ml einer 90%igen Dimethylsulfoxydlösung mit einem steifen Pinsel eingerieben.

10–20 Minuten nach dem Auftragen der Lösung war (auf der Gegenseite) schon ein Ansteigen der Marginaldistanz zu beobachten, die etwa  $\frac{1}{2}$ –1 Stunde nach dem Auftragen ihr Maximum erreichte, mit einer Steigerung um bis 100 Millimeter über den vorher ermittelten Normalwert. Diese Steigerung verschwand erst nach zwei Tagen (Tabelle 10).

Diese Versuche sollen fortgesetzt werden.

Tabelle 10 Marginaldistanz (Perkussion links) nach Einreibung (E) von 30 ml 90% Dimethylsulfoxyd auf rechter Thoraxseite (Fläche von  $30 \times 30$  Zentimeter)

Pferd	Einreibung	Marginaldistanz					
		vor E.	(Anzahl Messungen)	Anstieg .. Min. nach E.	Maximum	Maximum .. Min. nach E.	altes Niveau nach .. Tagen <sup>1</sup>
Sti	30 ml DMSO 90% 12.5 mg Hydrocortison 0.3 Phenylbutazon	62–81	(8)	15 < 22	140	57	2
Schie	30 ml DMSO 90%	56–72	(14)	< 20	166	45	?
Schm	30 ml DMSO 90%	62–90	(16)	< 10	173	30	4

<sup>1</sup> Die Lösung wurde nicht entfernt.

### Diskussion

Wir gehen von der Annahme aus, daß der Lungenschall da aufhört, wo das Lungenparenchym eine gewisse Tiefe unterschreitet, und daß der Brustwandschall da aufhört, wo die Schwingungen der Brustwand durch das herantretende Zwerchfell gedämpft werden, das heißt am anatomischen Lungenrand.

Das würde bedeuten, daß die Distanz zwischen diesen beiden Grenzen (die «Marginaldistanz») von der Form des Lungenquerschnittes abhängt. Eine kleine Marginaldistanz entspricht dann einem mehr stumpfen Lungenrand, eine große Marginaldistanz einem mehr ausgezogenen, ausgeflachten Rand (Fig. 5). Diese Annahme ist nicht direkt bewiesen, sie ist vorläufig Hypothese. Sie veranlaßt uns zu überlegen, wie verhältnismäßig rasch eintretende und wieder verschwindende Formveränderungen der Lunge zustande kommen können.

Von den normalen Atembewegungen können wir für unsere Betrachtung absehen, weil sie keinen Einfluß auf die Größe der Marginaldistanz erkennen lassen.

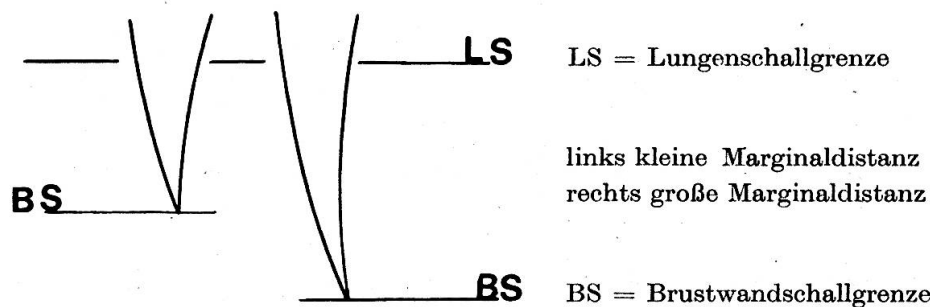


Fig. 5 Hypothetisches Schema der Beziehung zwischen Marginaldistanz und Lungenquerschnitt im Gebiet des Margo acutus.

Faktoren, von denen erwartet werden kann, daß sie die Lungenform beeinflussen, sind:

- a) der Druck von der Bauchhöhle her durch das Zwerchfell, der die Tendenz haben muß, den Lungenrand auszuflachen;
- b) die alveoläre Oberflächenspannung, die sich in der einzelnen Alveole auswirkt und damit offenbar in der ganzen Lungenmasse in gleichem Sinne, indem sie einer Abflachung mit Vermehrung der relativen Oberfläche entgegenwirkt.

Es erscheint demnach möglich, daß die Ausflachung des Lungenrandes und damit die Vergrößerung der Marginaldistanz zustande kommen kann:

1. durch Druckwirkung von seiten der Bauchhöhle;
2. durch Herabsetzung der alveolären Oberflächenspannung.

Unklar bleibt, welche Rolle die Gewebselastizität spielen könnte. Da sie aber wahrscheinlich unter den beobachteten Einflüssen nicht geändert wird, lassen wir sie unberücksichtigt.

Auf den ersten Blick scheint die Vergrößerung der Marginaldistanz beim alveolären Lungenemphysem mit der geschilderten Auffassung im Widerspruch zu stehen, weil der Lungenrand bei Emphysem nach Eröffnen des Thorax gebläht erscheint. Wenn man aber die normale und die emphysematöse Lunge vergleicht, muß man berücksichtigen, daß die gesunde Lunge bei Eröffnung des Thorax eine starke Erhöhung des Außendruckes erfährt,

während bei Emphysem diese Erhöhung weit kleiner ist. Ferner fällt bei der Emphysemlunge im Tode die periodische Wirkung der Bauchpresse weg, die bei gesunder Lunge ohnehin fehlte. Es ist möglich, daß bei der Vergrößerung der Marginaldistanz, wie sie beim Lungenemphysem beobachtet wird, die periodische Druckwirkung von seiten der Bauchhöhle eine wesentliche Rolle spielt. Darüber sind weitere Untersuchungen notwendig.

Die geschilderte Vergrößerung der Marginaldistanz unter dem Einfluß von Vorgängen, die mit einer Erhöhung des intraabdominalen Druckes einhergehen, ist verständlich. Interessant ist dabei, daß in gewissen Fällen das Maximum der Wirkung nicht sofort eintritt und daß die Wirkung selber bis zu einer Stunde anhalten kann. Dabei mögen die Überwindung des Gewebswiderstandes und des Widerstandes gegen die Eröffnung wenig geöffneter Alveolengebiete eine Rolle spielen, wie sie bei der Blähung isolierter Lungen beobachtet werden [5].

Besonders komplexer Natur ist der Einfluß parenteraler Stoffeintrwirkungen auf die Marginaldistanz. Stoffliche Einwirkungen scheinen möglich

1. über abdominale Drucksteigerung;
2. über die Innervation der Bronchialmuskulatur;
3. über die alveoläre Oberflächenspannung.

Es ist unwahrscheinlich, daß eine Erhöhung des abdominalen Druckes bei der stofflichen Beeinflussung eine Rolle spielt. Denn eine dauernde Erhöhung, wie sie vorübergehend beim Husten oder bei einer ergiebigen Harnentleerung zustande kommt, ist nicht denkbar.

In bezug auf die Innervation der Bronchialmuskulatur wird allgemein angenommen, daß hier adrenerge Betarezeptoren eine Rolle spielen. Sie sind nach unseren früheren Untersuchungen [10] für die erregungsbedingte Veränderung der Lungengröße und die Höhe der Lage der Schallgrenzen verantwortlich, wobei aber die Marginaldistanz nicht verändert wird. Wie wir gesehen haben, besteht, außer bei ganz tiefer Lage der Schallgrenzen, keine Korrelation zwischen Höhe der Schallgrenzen und Größe der Marginaldistanz.

Über die Erhöhung der alveolären Oberflächenspannung besteht heute eine umfangreiche Literatur (vgl. [1, 6, 2]), spärlich dagegen sind Erfahrungen über ihre Herabsetzung durch nicht lokale Applikation von Stoffen. Garbagni und Mitarbeiter [4] berichten über die Abnahme oberflächenaktiver Stoffe in der Lunge im Hunger, aber sie konnten durch vermehrte Stoffzufuhr keine Steigerung bewirken.

Auf Grund unserer Beobachtungen scheint uns die Möglichkeit einer stofflichen Einwirkung auf die Lungenform und damit die Marginaldistanz durch Herabsetzung der alveolären Oberflächenspannung prüfenswert.

Die bisherigen Erfahrungen über die Marginaldistanz sprechen dafür, daß sich ihre Bestimmung in der klinischen Diagnostik als nützlich erweisen könnte. Dafür ist aber die erforderliche Erfahrungsgrundlage erst zu erarbeiten.



Die richtige Perkussionstechnik muß erlernt werden. Sie bietet aber bei gewissenhafter Beachtung einiger klarer Grundregeln keine besonderen Schwierigkeiten.

### Zusammenfassung

Auf Grund von gelegentlichen Beobachtungen und systematischen Untersuchungen wird festgestellt:

1. Trotz der erheblichen erregungsbedingten Verschiebung der Lage der thorakalen perkutorischen Schallgrenzen ändert sich die Distanz zwischen Lungenschallgrenze und Brustwandschallgrenze bei gesunden Pferden (und Rindern) ohne besondere Einflüsse nicht wesentlich.

2. Diese Distanz, die wir als «Marginaldistanz» bezeichnen, wird jedoch beträchtlich vergrößert (außer bei zahlreichen inneren Krankheiten, die hier nicht behandelt werden);

a) unter dem Einfluß von vorübergehender Steigerung des intraabdominalen Druckes (bei Husten, Harn- und Kotentleerung);

b) unter dem Einfluß von parenteralen Einwirkungen, wie Traumen, subkutaner Injektion von Eigenblut und Normalserum, Caseinhydrolysat und kutaner Applikation von Dimethylsulfoxyd.

3. Beim erwachsenen Pferd (nicht Pony) werden Werte der Marginaldistanz bis 65 Millimeter als normal, höhere Werte als verdächtig bis pathologisch betrachtet.

4. Es wird die folgende *hypothetische* Deutung entwickelt: «Die Marginaldistanz spiegelt die Form des Lungenquerschnitts wieder in dem Sinne, daß die große Marginaldistanz einem mehr ausgeflachten Lungenrand entspricht. Eine Ausflachung des Lungenrandes kann erfolgen:

a) Durch Druckwirkung von seiten der Bauchhöhle (forcierte Expiration usw.);

b) durch Herabsetzung der alveolären Oberflächenspannung.»

### Résumé

En se fondant sur des observations occasionnelles et sur des recherches systématiques, on constate:

1. Malgré des déplacements importants de la limite du son thoracique par percussion dus à un état d'excitation, la distance entre la limite du son pulmonaire et celle du son thoracique ne varie chez les chevaux sains (et aussi chez le bovin) que dans une faible proportion, s'il n'y a pas d'influences spéciales.

2. Cette distance, dénommée «Distance marginale», augmente dans de fortes proportions (sauf pour beaucoup de maladies internes qui ne sont pas traitées ici):

a) sous l'influence d'une augmentation passagère de la pression intra-abdominale (toux, miction, défécation),

b) sous l'influence d'effets parentéraux, p. ex. traumatismes dus à une autohémothérapie souscutanée ou à une injection de sérum normal, d'un hydrolysat de la caséine, à une application cutanée de diméthyl-sulfoxyde.

3. Pour le cheval adulte (non pour le poney) les valeurs de la distance marginale jusqu'à 65 mm sont considérées comme normales, des valeurs plus élevées comme suspectes ou pathologiques.

4. L'*hypothèse* suivante est formulée: «La distance marginale rend compte de la forme du diamètre transversal des poumons en ce sens qu'une grande distance



marginale correspond à un bord pulmonaire plutôt aplati. Un aplatissement du bord des poumons peut provenir:

- a) d'une compression à partir de la cavité abdominale (expiration forcée, etc.),
- b) d'une diminution de la tension superficielle des alvéoles.»

### Riassunto

Sulla scorta di osservazioni occasionali e ricerche sistematiche si è accertato:

1) Malgrado i sensibili spostamenti dovuti ad eccitazione sulla posizione dei limiti della percussione toracale, la distanza fra il limite del suono polmonare e il limite del suono della parete toracale nei cavalli (e bovini) sani, cambia solo in modo irrilevante senza particolari influssi.

2) La distanza, che noi chiamiamo distanza marginale, è aumentata sensibilmente (oltre che in numerose malattie interne che qui non sono trattate)

a) sotto l'influsso del passeggero aumento della pressione intraaddominale (tosse, minzione, defecazione)

b) sotto l'influsso di azioni parenterali, come trauma, i iniezioni sottocutanee di sangue proprio o di siero normale, idrolisato di caseina, ed applicazione cutanea di dimetilsolfossido.

3) In cavalli adulti (non Pony) valori della distanza marginale fino a 65 mm sono normali, valori più alti sono sospetti o patologici.

4) È sviluppata la seguente *ipotetica* teoria: la distanza marginale riflette la forma della sezione polmonare nel senso che la grande distanza marginale corrisponde ad un margine polmonare più appiattito. Una estensione del margine polmonare può derivare

- a) da pressione da parte della cavità polmonare (espirazione forzata, ecc.)
- b) da riduzione della tensione alveolare superficiale.

### Summary

On the basis of casual observations and systematic experiments it is found that:

1. In spite of the fact that agitation may cause considerable displacement of the position of the thoracic percussive sound-barriers, the distance between the lung sound-barrier and the thoracic-wall sound-barriers is not significantly altered among healthy cows and horses unless there are special influences involved.

2. This distance, which we call the "marginal-distance", is however considerably increased (apart from cases of numerous internal diseases which are not being discussed here)

a) under the influence of a temporary increase in intra-abdominal pressure (while coughing, urinating and defecating)

b) under the influence of parenteral effects such as traumas, subcutaneous injection of the animal's own blood and of normal serum, casein-hydrolysate and cutaneous application of dimethylsulfoxide.

3. In the full-grown horse (not pony) values for the marginal-distance of up to 65 mm are regarded as normal, higher values being suspect or pathological.

4. The following *hypothetical* interpretation is developed: "The marginal distance reflects the form of a cross-section of the lung in the sense that the great marginal distance corresponds to a more flattened lung-edge. A flattening of the lung-edge may occur:

- a) Through pressure from the side of the abdominal cavity (forced expiration, etc.)
- b) by reducing the alveolar surface tension."

### Angeführte Arbeiten und einschlägige Übersichten

[1] Avery M. E. and Said S.: Surface phenomena in lungs in health and disease. (Review) *Medicine* 41, 503 (1965). – [2] Clements J. A. and Thiernay D. F.: Alveolar instability associated with altered surface tension. *Handbook of Physiology* W. O. Fenn and H. Rahn vol. 2 Chapter 69 (1965). – [3] Comroe J. H.: *Physiology of respiration*. Yearbook Publ. Chicago 1966. – [4] Garbagni R. et al.: Effects of lipide loading and fasting on pulmonary surfactant. *Respiration* 25, 458 (1968). – [5] Mead J., Whittenberger L. L. and Radford E. R.: Surface tension in pulmonary volume pressure hysteresis. *J. appl. physiol.* 10, 191 (1957). – [6] Radford E. P.: Static properties of mammalian lungs. *Handbook of physiology* O. Fenn and H. Rahn vol. 1, 429 (1964). – [7] Steck W.: Lungenschallperkussion und Brustwand-schallperkussion bei Großtieren. *Schweiz. Arch. Tierheilkde.* 104, 59 (1962). – [8] Steck W.: Technik und Ergebnisse der Finger-Fingerperkussion am Thorax bei Großtieren. *Schweiz. Arch. Tierheilkde.* 102, 641 (1966). – [9] Steck W.: Untersuchungen über den Stand der thorakalen Schallgrenzen bei der Perkussion im ruhenden und im angeregten Zustand beim Pferd. *Schweiz. Arch. Tierheilkde.* 109, 355 (1967). – [10] Steck W.: Untersuchungen über die Erregungsreaktion der Lungengröße und ihre hormonale Steuerung beim Pferd. *Schweiz. Arch. Tierheilkde.* 110, 354 (1968). – [11] Steck W.: Mechanik, Technik und Ergebnisse der Finger-Fingerperkussion am Thorax bei Großtieren. *Schweiz. Arch. Tierheilkde.* 111, 1 (1969).

Der Autor spricht all denen, die durch die Vermittlung von Beobachtungsmaterial diese Untersuchungen ermöglicht haben, seinen herzlichen Dank aus, besonders Herrn Prof. Dr. A. Leuthold, Herren Dr. H. G. Stihl und G. Ueltschi und Fräulein M. Diehl von der veterinärchirurgischen Klinik, Herrn Oberst J. Löhner und Herrn Hauptmann P. Weier von der Eidgenössischen Militär-Pferdeanstalt.