

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:	117 (1975)
Heft:	12
Artikel:	Zur Bestimmung der Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnisse beim Pferd in Fluothan-Narkose unter spezieller Berücksichtigung des Vergleichs von Arterien- und Halsvenenblut
Autor:	Skarda, R.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-593653

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: 02.01.2026

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

Aus der Veterinär-Chirurgischen Klinik der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. A. Müller)

**Zur Bestimmung der Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnisse
beim Pferd in Fluothan®-Narkose unter spezieller Berücksichtigung
des Vergleichs von Arterien- und Halsvenenblut¹**

von R. Skarda²

Einleitung

Der Bestimmung der arteriellen Blutgase kommt in der Kreislauf- und Lungenfunktionsdiagnostik eine besondere Bedeutung zu. Sie ermöglicht es, Form und Ausmass vorliegender Störungen der Atmungsfunktion zu objektivieren [25, 26, 28].

Bei schweren dekompensierten Störungen der Atmungs- und Kreislauforgane ist mit deutlicher Abweichung der Blutgas- und Säure-Basen-Werte von der Norm zu rechnen.

Es stellt sich nun die Frage, ob beim Pferd die relativ aufwendige, oft komplizierte und risikoreiche Arterienpunktion zu umgehen sei, zumal sie nicht unbeschränkt häufig und bei Narkosezwischenfällen während mancher Operationen überhaupt nicht durchführbar ist.

Zu diesem Zwecke soll die Verwendbarkeit des Halsvenenblutes zu klinischen Routinebestimmungen der Blutgas- und Säure-Basen-Werte überprüft werden.

Material und Methoden

Bei 22 Halbblutpferden mit zum Teil schwer gestörtem Allgemeinbefinden (Kolik bzw. Fraktur) wurden während der Operation möglichst simultan arterielle und venöse Blutproben entnommen und diese auf die Blutgase (PCO₂, PO₂) und Säure-Basen-Werte (pH, Standardbikarbonat, Basenexzess) untersucht.

Für die Prämedikation, das Ablegen und die Narkoseeinleitung kamen verschiedene Kombinationen mit bzw. ohne Rompun®, Surital®, My 301 zur Anwendung (Tab. 1). Die Narkose wurde mit Fluothan® und reinem Sauerstoff als Trägergas des Narkotikums unterhalten.

6 Patienten, bei denen eine AO-Synthese durchgeführt wurde, waren in Seitenlage und atmeten das Narkosegasgemisch durch ein halbgeschlossenes Kreissystem³ spontan.

Bei den 16 Kolikpatienten, die zwecks Laparotomie in Rückenlage waren, wurde die Atmung mit dem Respirator⁴ unterstützt [1].

¹ Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. K. Ammann mit den besten Wünschen zu seinem 70. Geburtstag.

² Adresse: Dr. R. Skarda, Winterthurerstrasse 260, CH-8057 Zürich.

³ Frazer Sweatman VML, Frazer Sweatman Inc. Lancaster, N.Y.

⁴ Bird Mark 9, Bird Corporation Palm Springs, California, USA.

Rompun® = 2-(2,6-Xyldino)-5,6-dihydro-4H-1,3-thiazin-HCl) Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen bzw. Chemagro Division of Bayer Chem. Corp. Animal Health Dept. Kansas City, Missouri 64120.

Surital® = Thiamylal (5-allyl-5-1-methylbutyl-Thiobarbitursäure) Parke Davis, Detroit, Mich. USA.

My 301 = Aether guaiacolglycerinatus BPC 1968 und Glucosum ad injectabile Ph. H. VI/ Eur., Firma Siegfried, Zofingen CH.

Fluothan® = Halothane BP = 2-Brom 2-Chlor-1,1-Trifluoräthan (Imperial Chemical Industries, ICI) bzw. Ayrest Laboratories Veterinary Medical Division, 685 Third Avenue, New York, N.Y. 10017.

Tab. 1 Angabe über verwendete Menge Rompun®, Surital®, My 301 mit Berücksichtigung von Alter, Gewicht und Dauer der Halothan-Sauerstoff-Zufuhr bei 6 Halbblutpferden in Seitenlage (AO-Synthesen) und 16 Pferden in Rückenlage (Laparotomie).

	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Rompun® 10%ig i. m. (ml)	Surital® 10%ig i. v. (g)	My 301 i. v. (Liter)	Halothan-O ₂ - Zufuhr (Min.)
Seitenlage:	8	475	8	4	0,8	150
	2 1/2	325	2	0,8	—	190
	9 1/2	505	10	4,5	—	115
	5	400	8	3,5	—	95
	7	450	3 (i. v.)	3	—	105
	15	530	10	3	—	105
Rückenlage:	9 1/2	505	—	1	0,8	150
	6	515	10	2	0,5	140
	7	550	—	1	1,5	135
	8	480	—	1	0,5	95
	10	525	—	1	0,8	160
	7	530	—	—	0,5	210
	7	580	—	0,5	0,4	125
	12	515	10	2	0,5	120
	14	600	—	—	1,0	160
	9	515	5	3	0,5	95
	8	550	2	—	1,2	210
	5 1/2	495	5	—	0,5	245
	9	620	—	—	1,2	95
	8	605	—	—	1,5	80
	11	545	—	—	1,0	95
	8 1/2	490	11,5	5	—	215

Zur Blutgewinnung wurde die A. maxillaris externa, medial am Unterkieferwinkel mit einem sterilen Polyvinylkatheter¹ kanüliert. Die katheterisierte Arterie diente gleichzeitig auch zur Blutdrucküberwachung [18]. Die V. jugularis wurde im oberen Halsdrittel

¹ Intracath®, 30 cm lang, Modell nach Burri, Laboratorien Hausmann AG, St. Gallen bzw. Intrafusor (19 ga) Jeleo Laboratories, Ritan, N.Y. 08869.

mit einer sterilen Kanüle (Aussendurchmesser 2 mm) punktiert und durch diese ein Polyäthylen-Mikroschlauch¹ ins Gefäßlumen vorgeschoben.

Das Arterien- und Halsvenenblut wurde möglichst simultan, erstmals 30 Minuten nach Beginn der Fluothan®-O₂-Zufuhr, dann in weiteren Intervallen von 30 Minuten Narkosedauer, in eine heparinisierte 5 cc Spritze anaerob aufgenommen und unmittelbar danach mit konventionellen Elektroden untersucht [18].

Sauerstoffsättigung, Standardbikarbonat und Basenexzess wurden mit einem Blutgas-Rechenschieber² berechnet.

Die Signifikanz der Abweichungen der venösen von den arteriellen Blutgas- und Säure-Basen-Werten wurde im t-Test (Paar Analysen) überprüft.

Die Zusammenhänge zwischen den Wertepaaren aus dem Arterien- und Halsvenenblut wurden in Korrelations- und Regressionsanalysen ausgewertet*.

Tab. 2 Zusammenhang zwischen arteriellen (y) und venösen (x) Blutgas- und Säure-Base-Werten bei 22 Pferden in Halothan-Narkose.

	Regressionsfunktion	r	N
PO ₂ (mm Hg)	—	—	79
O ₂ -Sättigung %	$\hat{y}_1 = 0,169 x_1 + 83,57$	0,451*	79
pH	$\hat{y}_1 = 1,12 x_1 - 0,85$	0,966*	88
BE (mval/Liter)	$\hat{y}_1 = 0,85 x_1 - 0,99$	0,953*	85
PCO ₂ (mm Hg)	$\hat{y}_1 = x_1 - 8,29$	0,913*	87
Stand-HCO ₃ ⁻ (mval/Liter)	$\hat{y}_1 = 0,88 x_1 + 0,877$	0,883*	85

* P < 0,001

r = Korrelationskoeffizient

N = Anzahl paariger Untersuchungen

P = Irrtumswahrscheinlichkeit

Ergebnisse

Der Vergleich der arteriellen mit den venösen Werten ergab für die Säure-Basen-Werte pH, Stand-HCO₃⁻, BE und PCO₂ eine hohe Korrelation und lineare Regressionsverhältnisse.

Bei der arteriellen und der venösen O₂-Sättigung war die Korrelation niedrig und ebenfalls linear.

Zwischen den arteriellen und den venösen PO₂-Werten war kein funktionaler Zusammenhang festzustellen (Tab. 2 und Abb. 1-6).**

¹ Polyäthylen-Mikroschlauch (Aussendurchmesser 1,4 mm, Innendurchmesser 1 mm) Firma Portex, England, vertreten durch Laubscher Basel bzw. PE 160 (1,14 × 1,57) Jelco Laboratories, Ritan, N. Y. 08869.

² Blutgas-Rechenschieber IL 39997 Instrumentation Laboratory Inc., vertreten durch Ingold AG, Zürich.

* Die statistischen Berechnungen wurden mit dem Olivetti-Kleinkomputer des Institutes für Zuchthygiene (Dir. Prof. Dr. K. Zerbin) in unserer Fakultät durchgeführt. Für die Erlaubnis zu dessen Benutzung und ganz besonders für die Beratung bei der statistischen Auswertung sei Herrn Dr. E. Eggenberger bestens gedankt.

** An dieser Stelle sei auch Frl. G. Pelloni für die graphischen Darstellungen unser Dank ausgesprochen.

Tab. 3 Statistische Zusammenfassung der Blutgas- und Säure-Basen-Werte bei 6 Pferden in Fluothan®-Narkose, Seitenlage, Spontanatmung unter spezieller Berücksichtigung des Vergleichs von Arterien- und Halsvenenblut.

¹ N = 20	PCO ₂ (mm Hg)	pH	Stand- HCO ₃ (mval/ Liter)	BE (mval/ Liter)	PO ₂ (mm Hg)	O ₂ -Sätti- gung (%)
Arterie	² a 71,0	7,225	26,56	-0,63	184,97	98,79
	² b 12,93	0,057	6,99	3,15	55,18	1,44
Halsvene	² a 77,51	7,209	28,32	0,165	70,39	87,60
	² b 9,86	0,045	6,75	3,47	13,26	5,59
Mittlerer arterio-venöser Unterschied	6,51	0,016	1,76	0,80	114,58	11,185
d _{min}	-5,9	-0,058	-1,5	-1,2	-38,1	3,9
d _{max}	16,9	0,015	5,3	3,5	216,3	22,8
³ Signifikanz	P < 0,001	P < 0,01	P < 0,001	P < 0,05	P < 0,001	P < 0,001

¹ N = Anzahl Untersuchungen paariger Blutproben.

² a = arithmetisches Mittel b = Standardabweichung

³ Abweichungen der venösen Werte von den arteriellen
Werten: t-Teste (Paar Analysen)

hoch signifikant (P < 0,001)

signifikant (P < 0,01)

schwach signifikant (P < 0,05)

Tab. 4 Statistische Zusammenfassung der Blutgas- und Säure-Basen-Werte bei 16 Pferden in Fluothan®-Narkose, Rückenlage, assistierter Atmung unter spezieller Berücksichtigung des Vergleichs von Arterien- und Halsvenenblut.

¹ N = 60	PCO ₂ (mm Hg)	pH	Stand- HCO ₃ (mval/ Liter)	BE (mval/ Liter)	PO ₂ (mm Hg)	O ₂ -Sätti- gung (%)
Arterie	² a 50,64	7,307	23,83	-1,81	256,36	96,56
	² b 15,58	0,097	4,13	4,17	156,43	6,11
Halsvene	² a 59,07	7,274	26,33	-0,665	53,20	78,30
	² b 14,72	0,085	4,38	4,70	18,60	15,59
Mittlerer arterio-venöser Unterschied	8,42	0,033	2,50	1,14	203,16	18,26
d _{min}	-9,7	-0,05	-2,9	-8,8	0	0
d _{max}	31,7	0,121	7,8	5,0	428,6	62,0
³ Signifikanz	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001

¹ N = Anzahl Untersuchungen paariger Blutproben.

² a = arithmetisches Mittel; b = Standardabweichung

³ Abweichungen der venösen Werte von den arteriellen
Werten: t-Teste

hoch signifikant (P < 0,001)

Tab. 5 Statistische Zusammenfassung der Blutgas- und Säure-Basen-Werte bei 22 Pferden nach 30 Min. Fluothan®-Narkosedauer, unter spezieller Berücksichtigung des Vergleichs von Arterien- und Halsvenenblut.

¹ N = 22	PCO ₂ (mm Hg)	pH	Stand- HCO ₃ (mval/ Liter)	BE (mval/ Liter)	PO ₂ (mm Hg)	O ₂ -Sätti- gung (%)
Arterie	² a 56,06	7,287	24,98	-1,65	216,12	96,32
	² b 20,0	0,104	5,04	3,92	141,2	5,94
Halsvene	² a 62,56	7,263	27,16	-0,464	53,93	74,88
	² b 16,27	0,089	4,44	4,16	20,01	18,75
Mittlerer arterio-venöser Unterschied	6,50	0,023	2,17	1,19	162,19	21,44
d _{min}	-9,7	-0,011	-2,9	-2,1	0	0
d _{max}	18,6	0,084	4,8	4,9	421,2	60,7
³ Signifikanz	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,01	P < 0,001	P < 0,001

¹ N = Anzahl Untersuchungen paariger Blutproben² a = arithmetisches Mittel; b = Standardabweichung³ Abweichungen der venösen Werte von den arteriellen Werten: t-Testehoch signifikant (P < 0,001)
signifikant (P < 0,01)

Tab. 6 Statistische Zusammenfassung der Blutgas- und Säure-Basen-Werte bei 20 Pferden nach 60 Min. Fluothan®-Narkosedauer unter spezieller Berücksichtigung des Vergleichs von Arterien- und Halsvenenblut.

¹ N = 20	PCO ₂ (mm Hg)	pH	Stand- HCO ₃ (mval/ Liter)	BE (mval/ Liter)	PO ₂ (mm Hg)	O ₂ -Sätti- gung (%)
Arterie	² a 57,97	7,265	24,35	-2,58	222,03	97,03
	² b 18,23	0,103	4,48	3,56	128,90	5,58
Halsvene	² a 66,14	7,238	26,60	-1,565	54,93	72,13
	² b 18,70	0,089	4,48	3,98	16,64	23,09
Mittlerer arterio-venöser Unterschied	8,17	0,027	2,25	1,02	167,10	24,90
d _{min}	-2,7	-0,015	-2,3	-2,2	18,9	5,3
d _{max}	24,8	0,086	7,2	5,4	405,4	78,7
³ Signifikanz	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,05	P < 0,001	P < 0,001

¹ N = Anzahl Untersuchungen paariger Blutproben.² a = arithmetisches Mittel; b = Standardabweichung.³ Abweichungen der venösen Werte von den arteriellen Werten: t-Testehoch signifikant (P < 0,001)
schwach signifikant (P < 0,05)

Tab. 7 Statistische Zusammenfassung der Blutgas- und Säure-Basen-Werte bei 20 Pferden nach 90 Min. Fluothan®-Narkosedauer unter spezieller Berücksichtigung des Vergleichs von Arterien- und Halsvenenblut.

¹ N = 20	PCO ₂ (mm Hg)	pH	Stand- HCO ₃ ⁻ (mval/ Liter)	BE (mval/ Liter)	PO ₂ (mm Hg)	O ₂ -Sätti- gung (%)
Arterie	² a 52,41	7,310	24,78	-1,535	231,84	97,60
	² b 15,90	0,097	4,64	3,60	133,29	4,87
Halsvene	² a 62,29	7,272	27,30	-0,50	58,05	80,31
	² b 16,40	0,083	5,03	4,10	18,31	15,02
Mittlerer arterio-venöser Unterschied	9,89	0,038	2,52	1,03	173,80	17,29
d _{min}	-1,0	-0,001	-1,8	-2,0	15,3	2,35
d _{max}	31,6	0,121	25,0	3,5	418,0	62,0
³ Signifikanz	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,01	P < 0,001	P < 0,001

¹ N = Anzahl Untersuchungen paariger Blutproben.

² a = arithmetisches Mittel; b = Standardabweichung.

³ Abweichungen der venösen Werte von den arteriellen Werten: t-Teste hoch signifikant (P < 0,001)
signifikant (P < 0,01)

Tab. 8 Statistische Zusammenfassung der Blutgas- und Säure-Basen-Werte bei 12 Pferden in Fluothan®-Narkose mit einem mittleren arteriellen Blutdruck über 80 mm Hg unter spezieller Berücksichtigung des Vergleichs von Arterien- und Halsvenenblut.

¹ N = 39	PCO ₂ (mm Hg)	pH	Stand- HCO ₃ ⁻ (mval/ Liter)	BE (mval/ Liter)	PO ₂ (mm Hg)	O ₂ -Sätti- gung (%)
Arterie	² a 57,40	7,295	25,34	-1,74	229,74	97,92
	² b 19,74	0,097	5,07	4,72	140,05	4,20
Halsvene	² a 64,38	7,272	27,44	-0,60	58,95	78,55
	² b 17,32	0,085	4,85	4,67	21,28	18,32
Mittlerer arterio-venöser Unterschied	6,98	0,022	2,10	1,14	170,29	19,37
d _{min}	-1,0	-0,015	-1,5	-1,4	11,2	2,35
d _{max}	16,9	0,293	5,3	3,5	421,2	77,0
³ Signifikanz	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001

¹ Anzahl Untersuchungen paariger Blutproben.

² a = arithmetisches Mittel; b = Standardabweichung.

³ Abweichungen der venösen Werte von den arteriellen Werten: t-Teste hoch signifikant (P < 0,001)

Tab. 9 Statistische Zusammenfassung der Blutgas- und Säure-Basen-Werte bei 10 Pferden in Fluothan®-Narkose mit einem mittleren arteriellen Blutdruck unter 80 mm Hg unter spezieller Berücksichtigung des Vergleichs von Arterien- und Halsvenenblut.

¹ N = 44	PCO ₂ (mm Hg)	pH	Stand- HCO ₃ ⁻ (mval/ Liter)	BE (mval/ Liter)	PO ₂ (mm Hg)	O ₂ -Sätti- gung (%)
Arterie	² a 53,16	7,288	24,48	-1,45	238,04	96,99
	b 13,97	0,10	3,75	4,10	147,18	5,78
Halsvene	² a 62,30	7,254	26,89	-0,44	56,93	81,54
	b 14,15	0,080	3,95	4,4	15,28	11,68
Mittlerer arterio-venöser Unterschied	9,14	0,034	2,41	1,01	181,11	15,45
d _{min}	-9,7	-0,164	-2,9	-2,2	0	0
d _{max}	31,6	0,121	7,8	5,0	428,6	50,2
³ Signifikanz	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,01	P < 0,001	P < 0,001

¹ N = Anzahl Untersuchungen paariger Blutproben.² a = arithmetisches Mittel; b = Standardabweichung.³ Abweichungen der venösen Werte von den arteriellen Werten: t-Testehoch signifikant (P < 0,001)
signifikant (P < 0,01)Tab. 10 Verhalten der Blutgas- und Säure-Basen-Werte im arteriellen und venösen Blut bei einem Halbblutpferd (Wallach, 6 Jahre alt, 515 kg, Rückenlage und Atmungsunterstützung) nach 30, 60, 90 und 120 Minuten Halothan-O₂-Zufuhr.

	Halo- than-O ₂ - Zufuhr (Min.)	PCO ₂ (mm Hg)	pH	HCO ₃ ⁻ (mval/ Liter)	BE (mval/ Liter)	PO ₂ (mm Hg)	O ₂ -Sätti- gung (%)
Arterie	30	52,6	7,172	18,7	- 9,8	59,9	82,3
	60	48,6	7,190	18,1	- 9,8	56,9	81,2
	90	45,1	7,238	18,2	- 8,0	54,2	81,2
	120	48,2	7,248	20,6	- 6,2	87,8	95,2
Vene	30	59,0	7,157	20,5	- 8,8	35,2	-
	60	52,0	7,170	18,6	-10,0	38,0	57,0
	90	56,0	7,185	20,6	- 8,0	34,9	52,8
	120	48,9	7,226	19,7	- 7,6	42,0	67,0

Auffallend ist die hochgradige Hypoxämie (niedrige arterielle O₂-Spannung), trotz Erhöhung des O₂-Druckes in den Lungenalveolen mittels reiner O₂-Zufuhr und assistierender intermittierender positiver Druckbeatmung. Zudem liegt eine hochgradige Acidose vor (pH_a niedrig), die primär metabolisch (Mangel an HCO₃⁻-Ionen und anderen Basen [16]), sekundär leichtgradig respiratorisch (P_aCO₂ > 45 mm Hg) bedingt ist.

Die aus dem Arterien- und Halsvenenblut ermittelten Blutgas- und Säuren-Basen-Werte wurden im weiteren in der Tab. 3 (Pferde in Seitenlage und Spontanatmung), Tab. 4 (Pferde in Rückenlage und assistierter Atmung), Tab. 5-7 (30, 60, 90 Minuten Halothan-O₂-Zufuhr), Tab. 8 und 9 (mittlerer arterieller Blutdruck unter bzw. über 80 mmHg) differenziert. Dabei werden arithmetische Mittelwerte, Standardabweichungen, minimale (d_{\min}), maximale (d_{\max}) und mittlere arterio-venöse Differenzen und die Irrtumswahrscheinlichkeit (P) angegeben.

Abkürzungen:

pH	= negativer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration
Stand-HCO ₃ ⁻	= Standardbikarbonat (mval/l)
BE	= Basenexzess oder Basenüberschuss (mval/l)
PCO ₂	= Kohlendioxydpartialdruck (mmHg)
PO ₂	= Sauerstoffpartialdruck (mmHg)

Tab. 11 Verhalten der Blutgas- und Säure-Basen-Werte im arteriellen und venösen Blut bei einem Halbblutpferd (Stute, 4 1/2 Jahre alt, 505 kg, in Rückenlage, mit assistierter Atmung) nach 30, 60, 90 und 120 Minuten Halothan-O₂-Zufuhr.

	Halo- than-O ₂ - Zufuhr (Min.)	PCO ₂ (mm Hg)	pH	HCO ₃ ⁻ (mval/ Liter)	BE (mval/ Liter)	PO ₂ (mm Hg)	O ₂ -Sätti- gung (%)
Arterie	30	48,5	7,395	26,8	+ 1,1	54,1	87,2
	60	42,3	7,367	23,5	- 0,8	53,3	86,7
	90	42,2	7,394	25,0	+ 1,0	53,1	87,7
	120	42,5	7,363	23,5	- 0,8	50,6	84,2
Vene	30	41,4	7,388	24,2	0,3	37,3	70,6
	60	45,7	7,367	25,5	0,7	38,0	70,2
	90	51,9	7,358	28,3	2,6	38,7	62,3
	120	53,1	7,331	27,3	1,1	39,4	70,1

Auffällig ist eine hochgradige Hypoxämie (niedriger PaO₂). Mit zunehmender Narkosedauer sank die arterielle O₂-Spannung bei weitgehend unveränderter Ventilation ab, die venöse O₂-Spannung hingegen nahm zu. Die alveoläre Ventilation mit 100% Sauerstoff vermochte die O₂-Sättigung im arteriellen Blut nicht nennenswert zu erhöhen, da die Hämoglobinsättigungskapazität schon maximal war.

Diskussion

Säure-Basen-Haushalt

Neuere Untersuchungen beim Pferd in Ruhe und nach körperlicher Belastung zeigen, dass es eine lineare Beziehung zwischen Änderungen von pH, PCO₂ und HCO₃⁻ im arteriellen und venösen Blut gibt [17, 19].

Demnach waren

- der venöse pH-Wert regelmäßig ein wenig tiefer als der arterielle, mit durchschnittlicher Abweichung von 0,01 Einheiten.

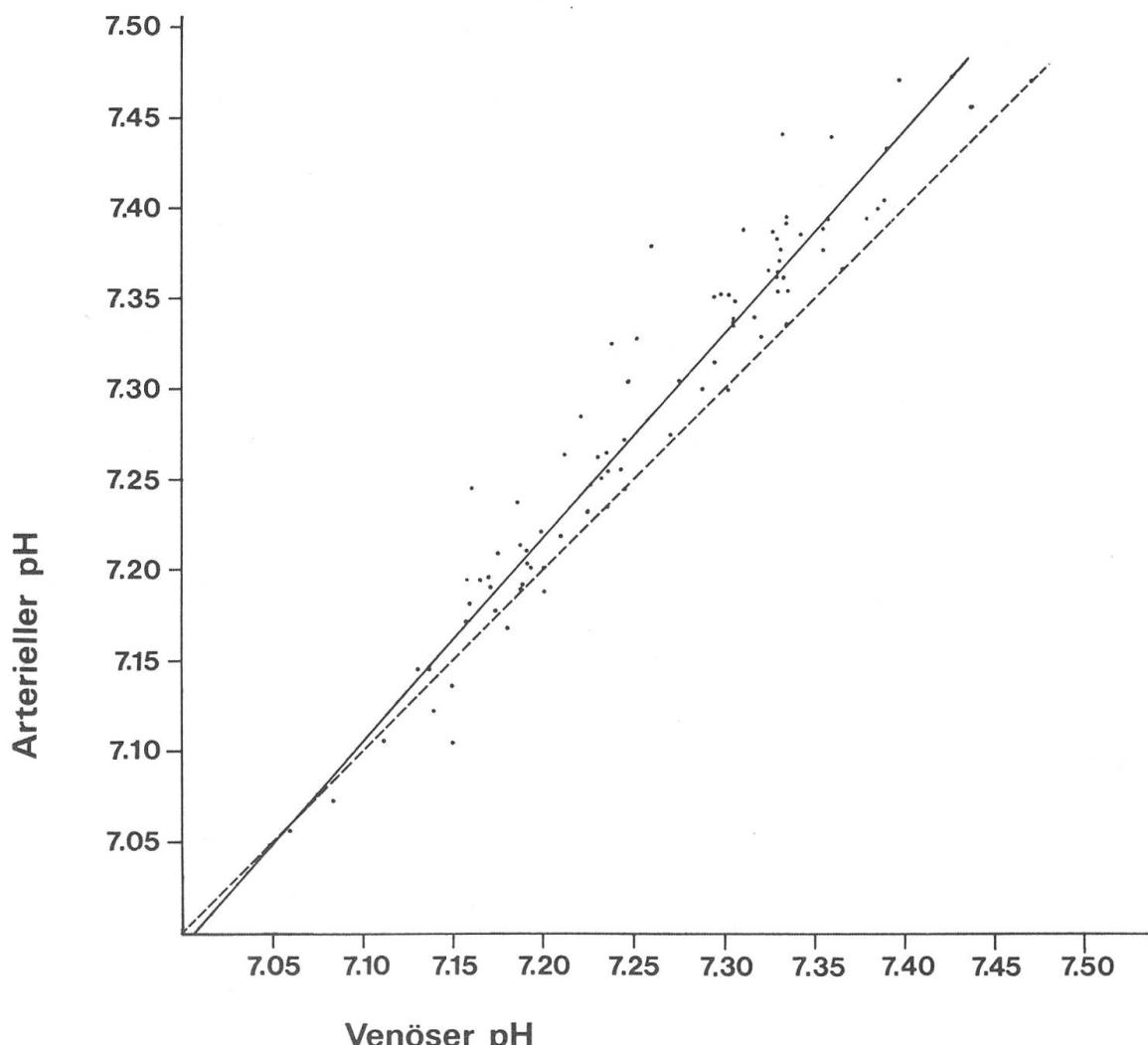


Abb. 1 Zusammenhang zwischen arteriellem und venösem pH bei 22 Pferden in Halothan-Narkose (Punkte, dazugehörige Regressionsgerade). Die $(y=x)$ -Gerade ist unterbrochen dargestellt.

- b) die venöse CO_2 -Spannung ständig ein wenig höher als die arterielle, mit durchschnittlicher Abweichung von 5,2 mmHg.
- c) das venöse Bikarbonat stets ein wenig höher als das arterielle, mit durchschnittlicher Abweichung von 2,47 mval/l.

Beim nicht narkotisierten Pferd ist somit die Charakterisierung des Säure-Basen-Haushaltes mit Halsvenen-Blutproben möglich und die direkte arterielle Punktionsvermeidbar.

Beim Pferd in Halothan-Narkose wurde die Atmungskontrolle mittels Blut-pH und Blutgasmessungen (PO_2 , PCO_2) von mehreren Autoren beschrieben. Regelmässig wurde dabei ein Anstieg der CO_2 -Spannung und ein Abfall des pH im arteriellen und/oder venösen Blut beobachtet [1, 2, 6, 8, 9, 11, 13, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 31, 32].

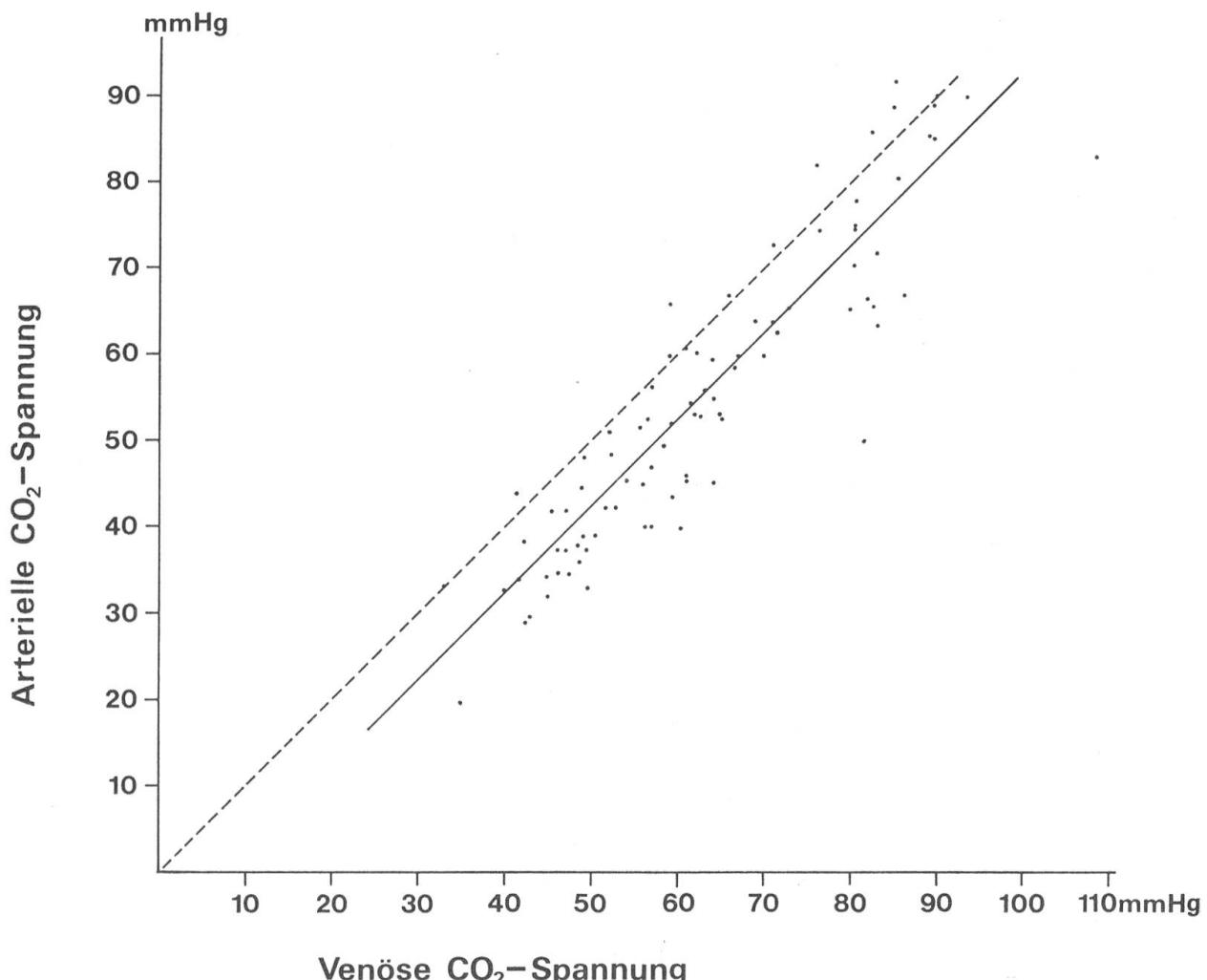


Abb. 2 Zusammenhang zwischen arteriellem und venösem PCO_2 (mm Hg) bei 22 Pferden in Halothan-Narkose (Punkte, dazugehörige Regressionsgerade). Die ($y=x$)-Gerade ist unterbrochen dargestellt.

Veröffentlichungen von Ergebnissen direkter arterio-venöser Vergleiche liegen allerdings bis anhin nicht vor. Es ist deshalb von Interesse zu erfahren, dass sich die mittleren arterio-venösen Unterschiede für pH, Standardbikarbonat, Basenexzess und Kohlendioxydspannung bei den Pferden mit zunehmender Halothan- O_2 -Zufuhr klinisch unbedeutsam änderten. Ein Vergleich dieser Werte bei Pferden, die einen mittleren arteriellen Blutdruck über 80 mmHg hatten, mit jenen, wo der Blutdruck unter 80 mmHg war, lässt ebenfalls nur einen unbedeutsamen Unterschied erkennen.

Die während der Narkose ermittelten Werte zeigen im wesentlichen eine gleichsinnige Tendenz der Blutgas- und Säure-Basen-Veränderungen. Die Atmungsdepression bewirkte einen Anstieg von P_aCO_2 über und einen Abfall von pH_a unter den Bereich der entsprechenden venösen Normalwerte, wobei die

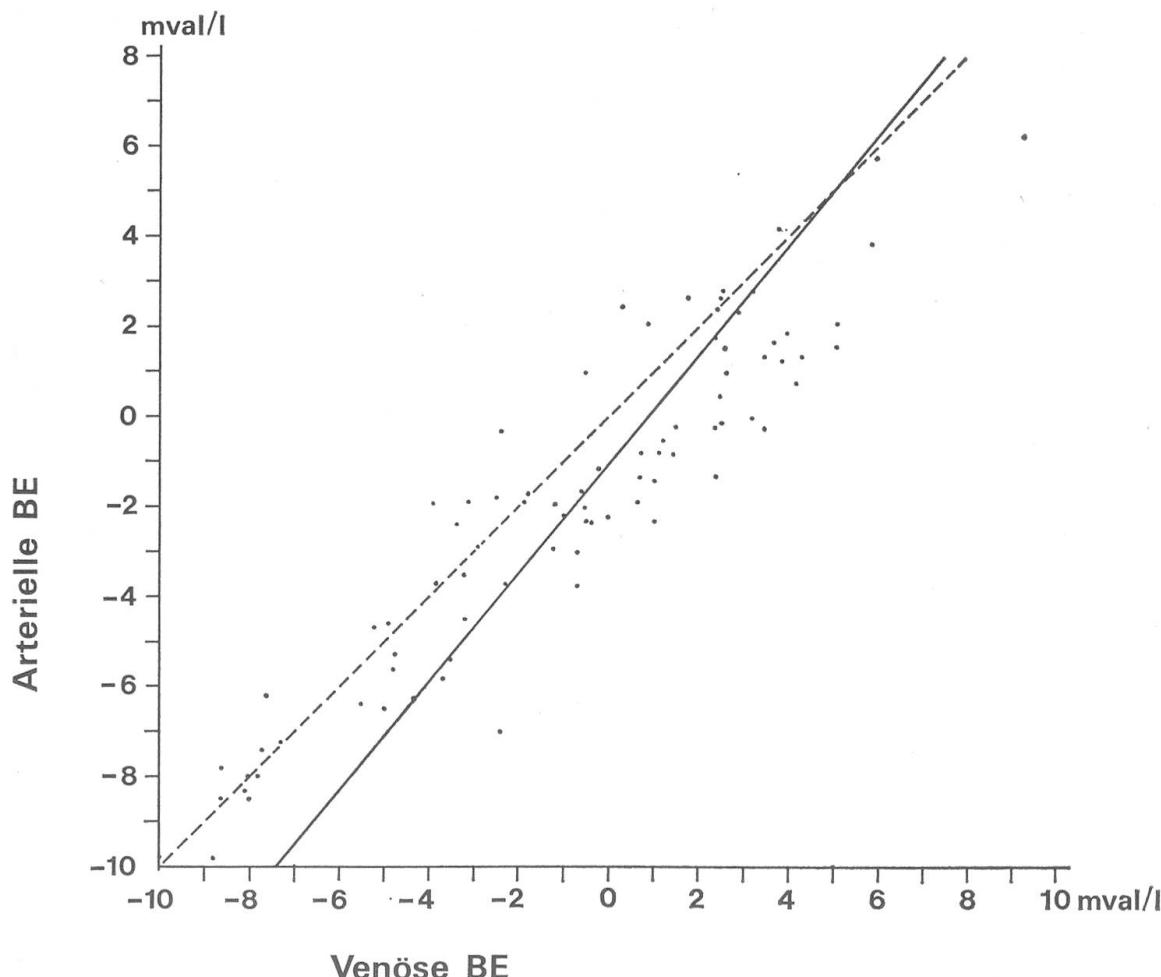


Abb. 3 Zusammenhang zwischen arteriellem und venösem BE (mval/l) bei 22 Pferden in Halothan-Narkose (Punkte, dazugehörige Regressionsgerade). Die ($y=x$)-Gerade ist unterbrochen dargestellt.

arterio-venösen Differenzen von pH und PCO_2 gering waren. Dies zog zwangsläufig eine gleichsinnige, wenn auch verhältnismässig schwächere Änderung des venösen pH und PCO_2 mit sich.

Bei zwei Pferden mit Kreislaufkollaps war die exakte gleichzeitige Entnahme der beiden miteinander zu vergleichenden Blutproben nicht durchführbar. Da sich bei diesen Pferden die Atmungsform zwischen der arteriellen und venösen Blutentnahme änderte, waren dadurch auch Differenzen zwischen den Blutgasen möglich. Bei den 20 anderen Pferden erfolgte die Entnahme des Arterien- und Halsvenenblutes simultan.

Bei 4 Pferden war die Störung des Säure-Basen-Haushaltes schon zu Beginn der Narkose primär metabolisch, sekundär respiratorisch bedingt. Der tiefe Blut-pH-Wert konnte in diesen Fällen durch eine Hyperventilation mit dem Respirator nur zum Teil gehoben werden (Tab. 10).

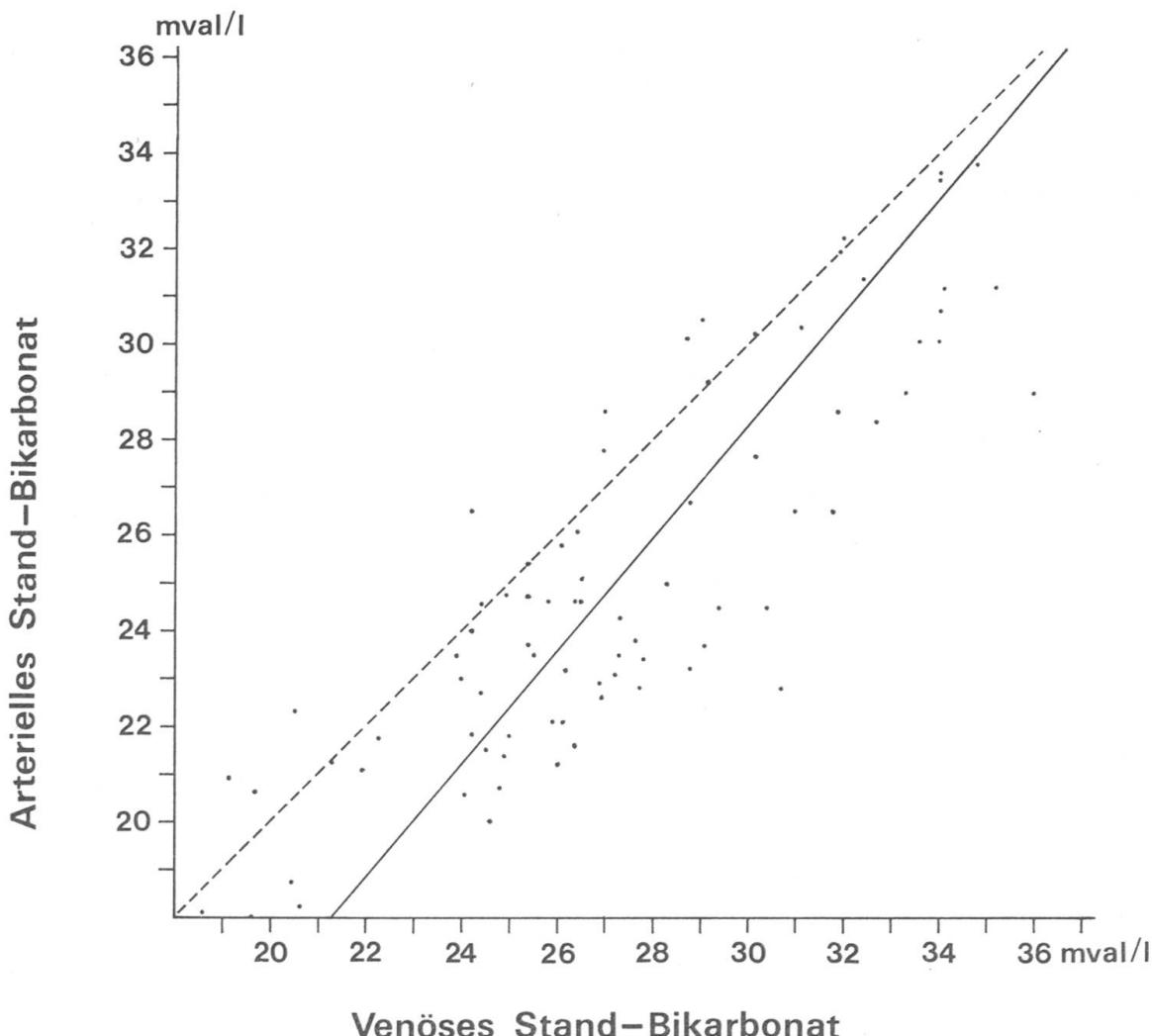


Abb. 4 Zusammenhang zwischen arteriellem und venösem HCO_3^- (mval/l) bei 22 Pferden in Halothan-Narkose (Punkte, dazugehörige Regressionsgerade). Die ($y=x$)-Gerade ist unterbrochen dargestellt.

Bei 12 Pferden entwickelte sich während des chirurgischen Eingriffes eine respiratorische Acidose ($P_{\text{a}}\text{CO}_2 = 50\text{--}90 \text{ mmHg}$), die allerdings noch in Kauf genommen wurde. Eine Ventilationssteigerung durch den Einsatz des Respirators bzw. eine höhere Einstellung des endinspiratorischen Druckes beim schon atmungsunterstützten Patienten hätte die Kreislauffunktion stark beeinträchtigen können, zumal diese Pferde ohnehin schon einen mittleren arteriellen Blutdruck unter 80 mmHg hatten. Bei intermittierender Druckbeatmung werden nämlich die Druckverhältnisse im Intrapleuralraum verändert. Die intrapleuralen Druckschwankungen werden nur zum Teil über die Gefässwände auf die Lumina der V. cavae und der Vorhöfe übertragen. Die Druckdifferenz zwischen Gefässlumen und Pleuraraum wird kleiner. Der transmurale Druck und

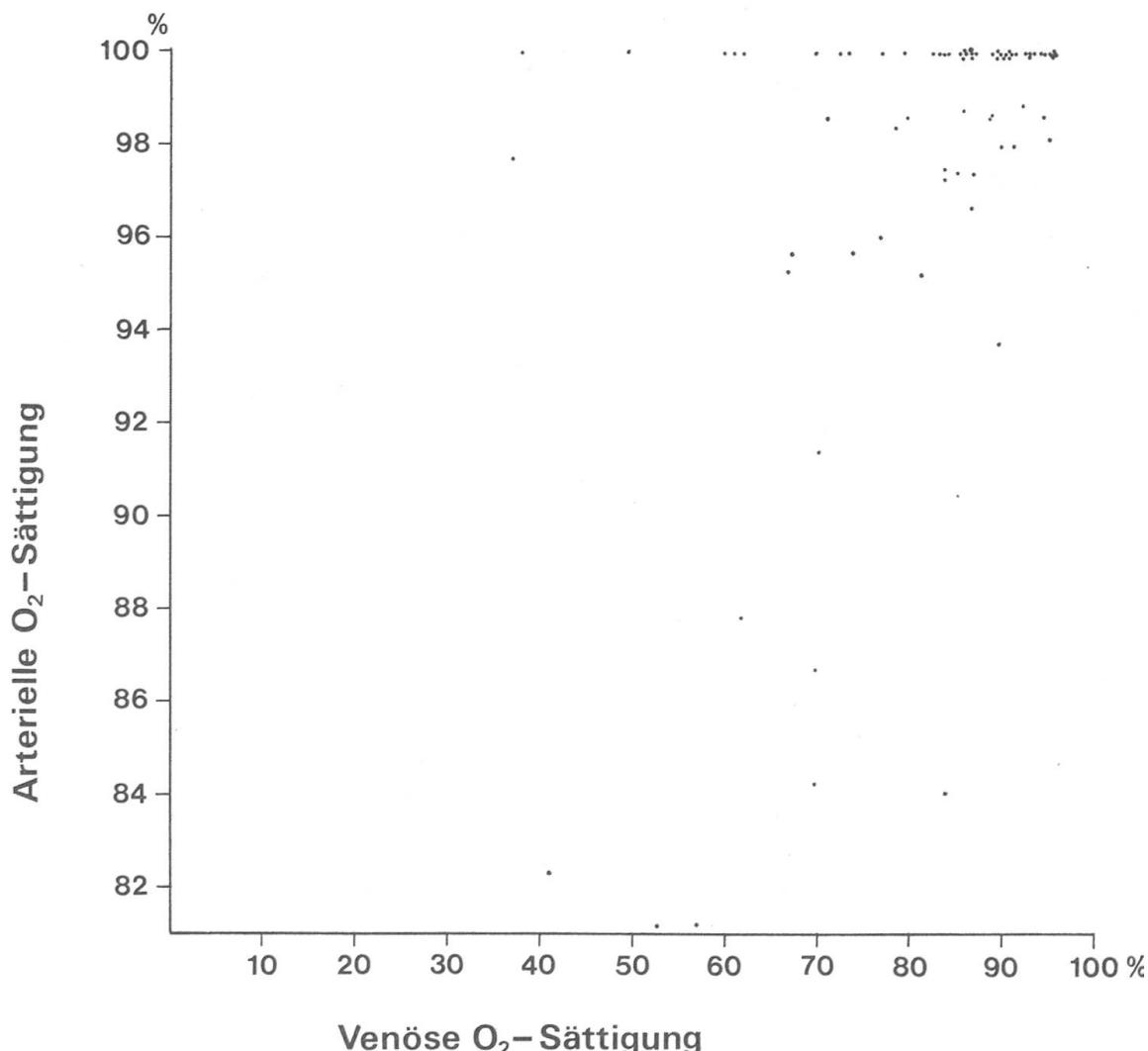


Abb. 5 Zusammenhang zwischen arterieller und venöser O₂-Sättigung (%) bei 22 Pferden in Halothan-Narkose (Punkte, dazugehörige Regressionsgerade).

damit der Füllungsdruck der Vorhöfe und Ventrikel nimmt ab. Das Herzzeitvolumen wird kleiner [27].

Anderseits wurde bei 6 Pferden in Rückenlage, die einen mittleren arteriellen Blutdruck über 80 mmHg hatten, gelegentlich mit einem hohen endinspiratorischen Beatmungsdruck (bis zu 30 mmHg) gearbeitet, um die arterielle CO₂-Spannung möglichst unter 65 mmHg und die arterielle O₂-Sättigung über 90% zu halten.

Ein Vergleich der statistisch zusammengefassten Werte in Tab. 3 und Tab. 4 zeigt deutlich, dass die Veränderungen im Sinne einer Atmungsdepression bei den Pferden in Rückenlage und mit Respiratorunterstützung weniger stark ausgeprägt waren, als bei den Pferden in Seitenlage und Spontanatmung.

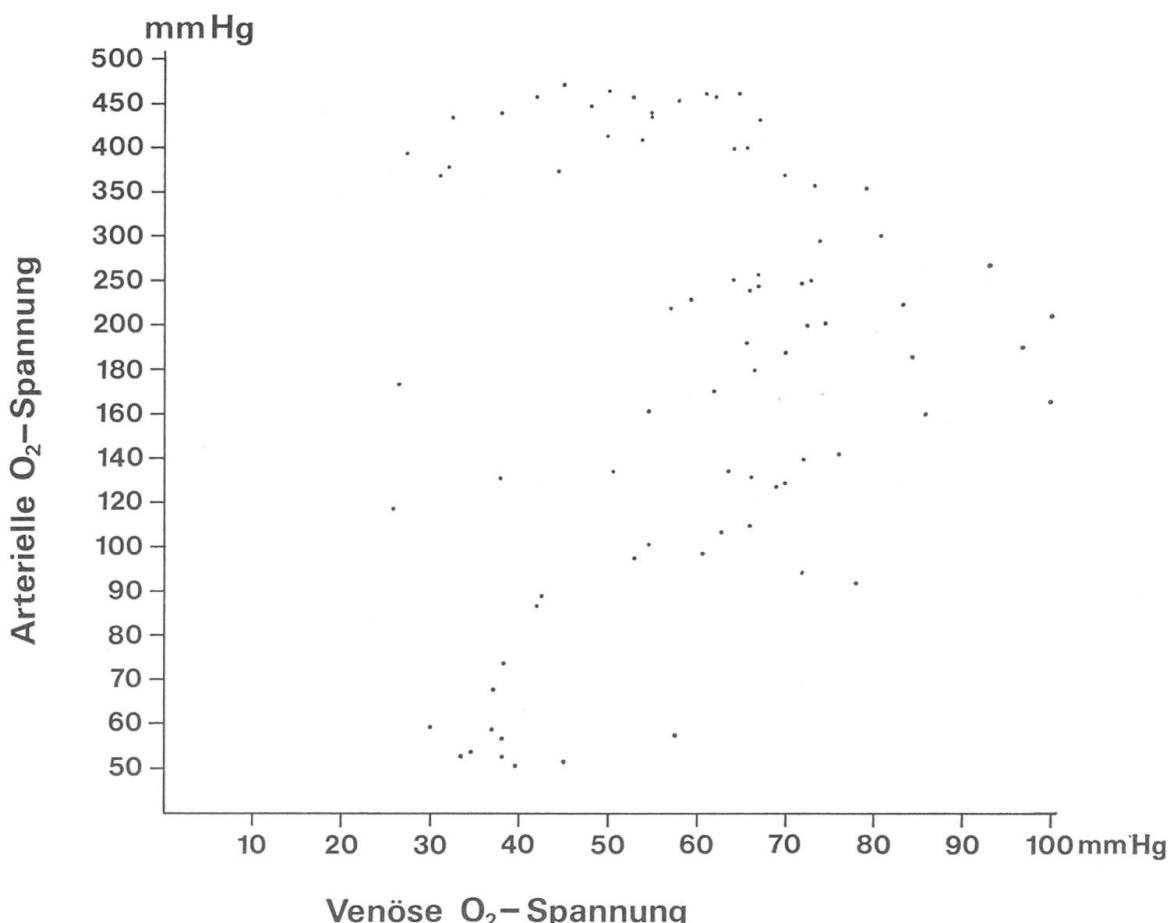


Abb. 6 Zusammenhang zwischen arterieller und venöser O₂-Spannung (mm Hg) bei 22 Pferden in Halothan-Narkose.

Beim Menschen besteht für die Größen der rein metabolischen Komponenten Basenüberschuss und die damit zusammenhängenden Gesamtpufferbasen- und Standardbikarbonatwerte keine oder nur eine innerhalb der methodischen Fehlertoleranzen liegende arteriovenöse Differenz [7, 14].

Für die Bestimmung der arteriellen Werte pH und PCO₂ wird die ersetztweise Messung dieser Größen mit venösem Blut nur für hinreichend genau angesehen, wenn dazu das arterialisierte Blut der Handrückenvene verwendet wird [3]. Bei Bestimmungen der Werte pH und PCO₂ über das Kapillarblut wird mit einem sehr geringen Streuungsfehler gerechnet [5, 23].

Sauerstoff-Spannung und -Sättigung

Zwischen den arteriellen und venösen PO₂-Werten konnte beim Pferd in Halothan-Narkose kein direkter Zusammenhang festgestellt werden.

Mit zunehmender Halothan-O₂-Zufuhr erfolgte im Mittel eine größere Zunahme von P_vO₂ als P_aO₂, was zu einem Anstieg der arterio-venösen Sauerstoffsspannungsdifferenz führte.

Die venöse O_2 -Sättigung stieg mit zunehmender Narkosedauer an. Die arterielle O_2 -Sättigung war schon zu Beginn der Halothan- O_2 -Zufuhr beinahe maximal und stieg im weiteren Narkoseverlauf kaum mehr messbar an. Dadurch resultierte im Mittel eine Abnahme der arterio-venösen O_2 -Sättigungsdifferenz.

Als Ursache der Hypoxämie (Tab. 10 und 11) werden Verteilungsstörungen, d. h. Störungen des normalen Verhältnisses von Durchlüftung und Durchblutung der Lunge mit Verschiebung des Ventilations-Perfusionsquotienten, Gasdiffusionsstörungen beim Gasaustausch zwischen Alveolarraum und Blut und Rechts-Links-Shunts, vermutet [8, 9].

Beim gesunden Pferd sind normalerweise während der Halothan-Narkose keine Hypoxämien zu erwarten, solange das Narkosegasgemisch eine hohe Sauerstoffkonzentration enthält [8, 29, 31]. Bei alten Pferden hingegen und besonders bei schweren Pferden in Rückenlage ist die Hypoxämie sehr gefürchtet, da sie weder durch die Zufuhr von reinem Sauerstoff noch durch eine Ventilationssteigerung mit dem Respirator vermieden bzw. behoben werden kann [10, 24].

Der höchste P_aO_2 -Wert wurde bei einer Stute (5½ Jahre alt, 495 kg, Rückenlage, assistierte Atmung) nach 3stündiger Halothan- O_2 -Zufuhr mit 473,8 mmHg gemessen, wobei der entsprechende venöse PO_2 mit 45,2 mmHg gerade am tiefsten war. Als Ursache für die Inkonstanz der Beziehung zwischen den arteriellen und venösen Sauerstoffwerten ist wahrscheinlich die mit der jeweiligen Stoffwechselintensität variierende Sauerstoffausschöpfung des Blutes anzusehen. Da die O_2 -Ausschöpfung in den verschiedenen Organen stark variiert, muss im weiteren noch mitberücksichtigt werden, dass das aus der Halsvene entnommene Blut nur für den Kopf und nicht für den Gesamtorganismus repräsentativ ist.

Als Grund dafür, dass sich die Kohlendioxyd- und Sauerstoffwerte weitgehend unabhängig voneinander verhielten (Tab. 10 und 11), wird die höhere Diffusionskapazität des CO_2 gegenüber dem O_2 angesehen [15, 30].

Dank dem alveolo-vaskulären Reflex [4] wird die Durchblutung von hyperventilierten Alveolen gedrosselt und das Blut vornehmlich durch normal- oder hyperventilierte Alveolen geschleust. Bei den sogenannten Kurzschlüssen ist es von Bedeutung, dass das CO_2 aus dem Blutanteil, der noch durch die belüftete Lunge fliesst, kompensatorisch vermehrt abgeatmet werden kann, während eine erhöhte Sauerstoffaufnahme wegen der begrenzten Hämoglobin-Sättigungskapazität nicht möglich ist. Daher konnten im arteriellen Blut normale CO_2 -Werte zusammen mit erniedrigten O_2 -Werten gefunden werden (Tab. 10 und 11).

Beim Menschen wird die Bestimmung des PO_2 im Venenblut nicht zur Beurteilung der Situation im Arterienblut durchgeführt.

Die PO_2 -Messung im Venenblut des Menschen kann jedoch sehr wertvoll sein, da sie einen aufschlussreichen Hinweis bei Zirkulationsstörungen mit verminderter Blutumlaufgeschwindigkeit geben kann, bei denen eine erhöhte O_2 -Ausschöpfung stattfindet [12].

Schlussfolgerung

1. Die Werte der rein metabolischen Komponenten Basenüberschuss und Standardbikarbonat stimmen im Halsvenen- und Arterienblut beim Pferd in der Halothan-Narkose weitgehend überein.
2. Als ersatzweise Messung der Säure-Basen-Parameter pH und PCO₂ ist das Halsvenenblut für klinische Zwecke verwendbar. Für wissenschaftliche Untersuchungen sind Bestimmungen von pH und PCO₂ mit dem Arterienblut durchzuführen.
3. Für die Ermittlung der Sauerstoffwerte lässt sich das Halsvenenblut nicht als Ersatz des Arterienblutes verwenden, da die Kenntnis der venösen O₂-Werte keinen sicheren Schluss auf die entsprechenden Verhältnisse im Arterienblut zulässt.

Zusammenfassung

Bei 22 Halbblutpferden in Halothan-Narkose wurde die Verwendbarkeit des Halsvenenblutes zu klinischen Routinebestimmungen der Blutgas- und Säure-Basen-Werte überprüft. Zu diesem Zwecke wurden bei 6 Pferden in Seitenlage und Spontanatmung, bei 16 Pferden in Rückenlage und assistierter Atmung in Intervallen von 30 Minuten möglichst simultan Blutproben aus der A. maxillaris externa und V. jugularis entnommen und die ermittelten Werte miteinander verglichen. Die Ergebnisse von 91 paarigen Untersuchungen ließen den Schluss zu, dass die ersatzweise Messung der Säure-Basen-Parameter pH, PCO₂, Standardbikarbonat und Basenüberschuss mit Halsvenenblut für klinische Zwecke ausreichend genau ist. Für wissenschaftliche Untersuchungen wird das Arterienblut dem Halsvenenblut vorgezogen. Für die Bestimmung des PO₂ eignet sich das Halsvenenblut als Ersatz für das Arterienblut nicht.

Résumé

On a contrôlé chez 22 chevaux de selle sous narcose à l'halothan l'utilisation du sang de la veine jugulaire pour la détermination clinique de routine des valeurs acido-basiques et des gaz sanguins. Dans ce but on a prélevé du sang chez 6 chevaux en décubitus latéral avec respiration naturelle et chez 16 chevaux en décubitus dorsal avec respiration assistée; ces prélèvements ont été effectués simultanément dans l'artère maxillaire externe et dans la veine jugulaire à des intervalles de 30 minutes, puis les valeurs obtenues ont été comparées entre elles. Les résultats de 91 paires d'examens ont permis de tirer la conclusion que dans un but clinique le sang de la veine jugulaire donne des renseignements suffisamment précis en ce qui concerne la mesure des paramètres pH, PCO₂, bicarbonate et excès basique. Pour des travaux scientifiques le sang artériel est préférable au sang veineux. Le sang veineux ne convient pas en lieu et place du sang artériel pour la détermination du PO₂.

Riassunto

È stata svolta una ricerca sul rapporto nel sangue arterioso e venoso dei valori dell'equilibrio acido-base (pH, HCO₃⁻, eccesso alcalino) e dei gas ematici (PCO₂, PO₂) in un gruppo di 6 cavalli mezzo-sangue anestetizzati con alotano, in decubito laterale, a respirazione spontanea, e in un gruppo di 16 cavalli mezzo-sangue, anestetizzati con alotano, in decubito dorsale e a respirazione assistita con il respiratore Bird Mark 9. La ricerca su 91 paia di campioni di sangue arterioso e venoso, che era stato prelevato ad intervalli di

30 minuti durante l'anestesia generale ed analizzato subito dopo la campionatura anaerobica, permise di dimostrare una correlazione altamente significativa tra il pH, PCO_2 , HCO_3^- ed eccesso alcalino del sangue arterioso e venoso. È stato concluso che il sangue prelevato dalla vena giugulare permette di calcolare con sufficiente precisione ai fini clinici la PCO_2 del gas ematico e l'equilibrio acido-base (pH, HCO_3^- , eccesso alcalino), evitando così di ricorrere alla puntura arteriosa diretta. Non fu rilevata alcuna correlazione arterio-venosa per la tensione di ossigeno.

Summary

The relationship of the bloodgas (PCO_2 , PO_2) and acid-base values (pH, HCO_3^- , BE) between arterial and venous blood was investigated on a group of 6 halfblood-horses anaesthetized with Halothane, in lateral recumbency, breathing spontaneously and on a group of 16 halfblood-horses anaesthetized with Halothane, in dorsal recumbency and assisted ventilation with the Bird Mark 9 respirator. The investigation of 91 paired samples of arterial and venous blood, which were taken at intervals of 30 minutes during general anaesthesia and analysed immediately after anaerobic sampling, showed a highly significant correlation between venous and arterial pH, PCO_2 , HCO_3^- and BE.

It was concluded, that the blood taken from the jugular vein allows the estimation of the blood gas PCO_2 and acid-base-status (pH, HCO_3^- , BE) with sufficient accuracy for clinical purposes avoiding the direct arterial puncture.

No arterio-venous correlation was found for the oxygen-tension.

Literatur

- [1] Backes G., Skarda R.: Die Verbesserung der Lungenvентilation mit dem Respirator Mark 9 während der Allgemeinanästhesie beim Pferd. Schweiz. Arch. Tierheilk. 114, 13-23 (1972). -
- [2] Badura R.: Halothane anaesthesia in horses, as evaluated by studies of acid - alkaline balance. Weterynaria, Wroclaw 20, 207-214 (1967). - [3] Brooks D. and Wynn W.: Use of venous blood for pH and carbon-dioxide studies, especially in respiratory failure and during anaesthesia. Lancet 1, 227 (1959). - [4] Bühlmann A. A. und Rossier P. H.: Klinische Pathophysiologie der Atmung. Verlag Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1970. - [5] Cunitz G., Weis K. H. und Mandel R.: Vergleichende Bestimmungen des Säure-Basen-Status und der Blutgase aus zentralvenösem und arteriellem Blut. Anaesthetist 20, 90-94 (1971). - [6] Fisher E. W.: Observations on the Disturbance of Respiration of Cattle, Horses, Sheep and Dogs caused by Halothane Anaesthesia and Changes Taking Place in Plasma pH and Plasma CO_2 Content. Am. J. Vet. Res. 22, 279-286 (1961). - [7] Gandy G., Graun L., Cunningham N., Adamsons K. J. und James S.: The validity of pH and PCO_2 measurements in capillary samples in sick and healthy newborn infants. Pediatrics 34, 192-197 (1964). - [8] Gillespie J. R., Tyler W. S. and Hall L. W.: Cardiopulmonary Dysfunction in Anesthetized, Laterally Recumbent Horses. Am. J. Vet. Res. 30, 61-72 (1969). - [9] Hall L. W.: Symposium on pulmonary and cardiac function II. Disturbances of cardiopulmonary function in anaesthetised horses. Equine vet. J. 3, 95-98 (1971). - [10] Hall L. W., Gillespie J. R. and Tyler W. S.: Alveolar-arterial oxygen tension differences in anaesthetized horses. Brit. J. Anaesthes. 40, 560-568 (1968). - [11] Heath R. B. and Gabel A. A.: Physiologic effects and safety of preanaesthetics, halothane and methoxyflurane in the horse. J.A.V.M.A. 152, 314-315 (1968). - [12] Jansen K., Knipping H. W. und Stromberger K.: Klinische Untersuchungen über Atmung und Blutgase. Beitr. Klin. Erforsch. Tuberk. Lungenkr. 80, 304-373 (1932). - [13] Jones E. W., Vasko K. H., Hamom D. und Griffith R. W.: Equine General Anesthesia - Use of Halothane for Maintenance. J.A.V.M.A. 140, 148-153 (1962). - [14] Kundsen E. J. und Hansen P.: Carbon dioxide tensions in non-arterialised capillary and arterial blood during anaesthesia. Acta Anaesthesiol. Scand. 6, 29-35 (1962). - [15] Küchenmeister H., Bolt W., Goldeck H. und Hamm H.: Klinische Funktionsdiagnostik. 2. Aufl. Verlag Thieme, Stuttgart, 202 und 228-240 (1958). - [16] Krück F.: Säure-Basen-Haushalt, in: Siegenthaler W.: Klinische Pathophysiologie. Verlag Thieme, Stuttgart, 201-213 (1970). - [17] Milne D.: Blood Gases, pH, HCO_3^- , Electrolytes and Enzymes in Unconditioned Exercising Horses and Venous Blood Gases, pH, HCO_3^- and

Serum Electrolytes in Endurance Horses. Master Thesis, Ohio State University 1974. – [18] Milne D., Muir W., Skarda R.: Pulmonary Wedge Pressures, Blood Gas Tensions and pH in the Resting Horse. *Am. J. Vet. Res.* 36, 1431–1434 (1975). – [19] Milne D., Skarda R., Gabel A., Smith L. und Ault K.: Effects of Training on Biochemical Parameters in Standardbred horses. *Am. J. Vet. Res.* (Im Druck). – [20] Mitchell B., Littlejohn A.: Influence of Anaesthesia and Posture on Arterial Oxygen and Carbon Dioxide Tensions, Alveolar Dead Space and Pulse Rate in the Horse. *Proc. of the Assoc. of Vet. Anaesthetists No. 3*, 61–74 (1972). – [21] Moor A. de: Influence of closed circuit halothane anaesthesia on acid base status and oxygenation in the horse. *Proc. 8th Congr. Europ. Soc. Vet. Surg.* 89–92 (1968). – [22] Moor A. de: Carbohydrate Metabolism and Hypoxia in the Horse. Influence of Clinical Fluothane Anaesthesia. *Vet. Rec.* 80, 568–570 (1968). – [23] De Moor A., van den Hende C., Desmet P. and Verschooten F.: Influence of the position of the acid-base status and arterial oxygenation during surgical halothane anaesthesia in the horse. *Vlaams diergeneesk. Tijdschr.* 39, 618–623 (1970). – [24] Moor A. de and van den Hende C.: Inspiratory Concentrations of O₂, N₂ and N₂O, Arterial Oxygenation and Acid-Base Status during Closed System Halothane Anaesthesia in the Horse. *Zbl. Vet. Med. A* 19, 1–7 (1972). – [25] Reichel G., Schürmeyer E. und Bartelheimer E.W.: Untersuchungen über die arterielle Blutgasanalyse im Kapillarblut des hyperämisierten Ohrläppchens bei Herz- und Lungenkranken. *Klin. Wochenschr.* 44, 386–388 (1966). – [26] Sattler F.P.: Measuring ventilation, pH, and blood gases in the surgical patient. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 154, 511–517 (1969). – [27] Skarda R.: Zur Bestimmung der Starling-Kurve (Ventrikel-Funktionskurve) beim Pferd und deren klinische Verwendung. Vortrag anlässlich des Fakultäts-Kolloquiums der Veterinär-Medizinischen Fakultät Zürich vom 10. Juli 1975. – [28] Schleusing G., Schauer J., Liebold F., Luther T.: Die Bedeutung der Spirographie und der Blutgas-Analyse zur Beurteilung von Lungenfunktionsstörungen. *Z. Gesamte Inn. Med.* 24, 133–138 (1969). – [29] Tevik A., Nelson A.W., Lumb W.V.: Chloroform and halothane anesthesia in horses: effect on blood electrolytes and acid base balance. *Am. J. Vet. Res.* 29, 1791–1798 (1968). – [30] Ulmer W.T., Reichel G. und Nolte D.: Die Lungenfunktion. Verlag Thieme, Stuttgart, 34–45 und 151–164 (1970). – [31] Weaver B.: Symposium on Equine Abdominal Surgery. II. Rôle of Anaesthetist. *Equine Vet. J.* 2, 53–56 (1970). – [32] Wolff W.A., Lumb W.V., Ramsay B.S.: Comparison of Halothane and Chloroform Anesthesia in Horses. *Am. J. Vet. Res.* 29, 125–132 (1968). – [33] Zahn R.L. und Weil M.H.: Central venous blood for monitoring pH and PCO₂ in the critically ill patient. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 52, 105–111 (1966).