

3 MATERIAL UND METHODIK

3.1 MATERIAL

3.1.1 Untersuchte Tiere - Studie 1

In einer ersten Studie erfolgte die Bestimmung der untersuchten Säuren-Basen-Parameter bei 38 klinisch unauffälligen Probanden.

Auswahl und Anzahl der Probanden

Es handelte sich einmal um 21 Pferde, die zu einer Nachkontrolle, Vorsorgeuntersuchung oder Kastration (4 Hengste) in der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin vorgestellt wurden. Weitere 17 Pferde wurden im Rahmen einer Bestandsuntersuchung auf einem Reiterhof klinisch untersucht, als unauffällig befundet und in die Studie einbezogen.

Einschlusskriterien

Die Probanden durften in der allgemeinen klinischen Untersuchung und in der speziellen klinischen Untersuchung des Respirationstraktes, des Herz-Kreislaufsystems und des Harnapparates keinen besonderen Befund aufzeigen. Das Mindestalter der Probanden betrug 2 Jahre. Das Mindestgewicht der Tiere betrug 350 kg. Es handelte sich somit um adulte Warmblut- oder Vollblutpferde, 2 adulte Islandpferde und einen adulten Friesen.

Ausschlusskriterien

Die Nutzung der Tiere sollte als moderat bis gering anzusehen sein, dass heißt eine Nutzung der Tiere im unmittelbaren Zeitraum der Untersuchung im Training oder in Wettkämpfen der schweren Klasse oder Distanzritten hätte zum Ausschluss geführt.

Alter, Rasse und Geschlecht

39,5% der Tiere waren weiblichen und 60,5% männlichen (50% Wallache, 10,5% Hengste) Geschlechts. Das Alter der Tiere betrug im Mittelwert $\bar{x} = 12,8$ Jahre, das jüngste Tier war 2 Jahre alt, das älteste 30 Jahre.

Es wurden Pferde unterschiedlicher Rassen einbezogen (Abb. 3.1).

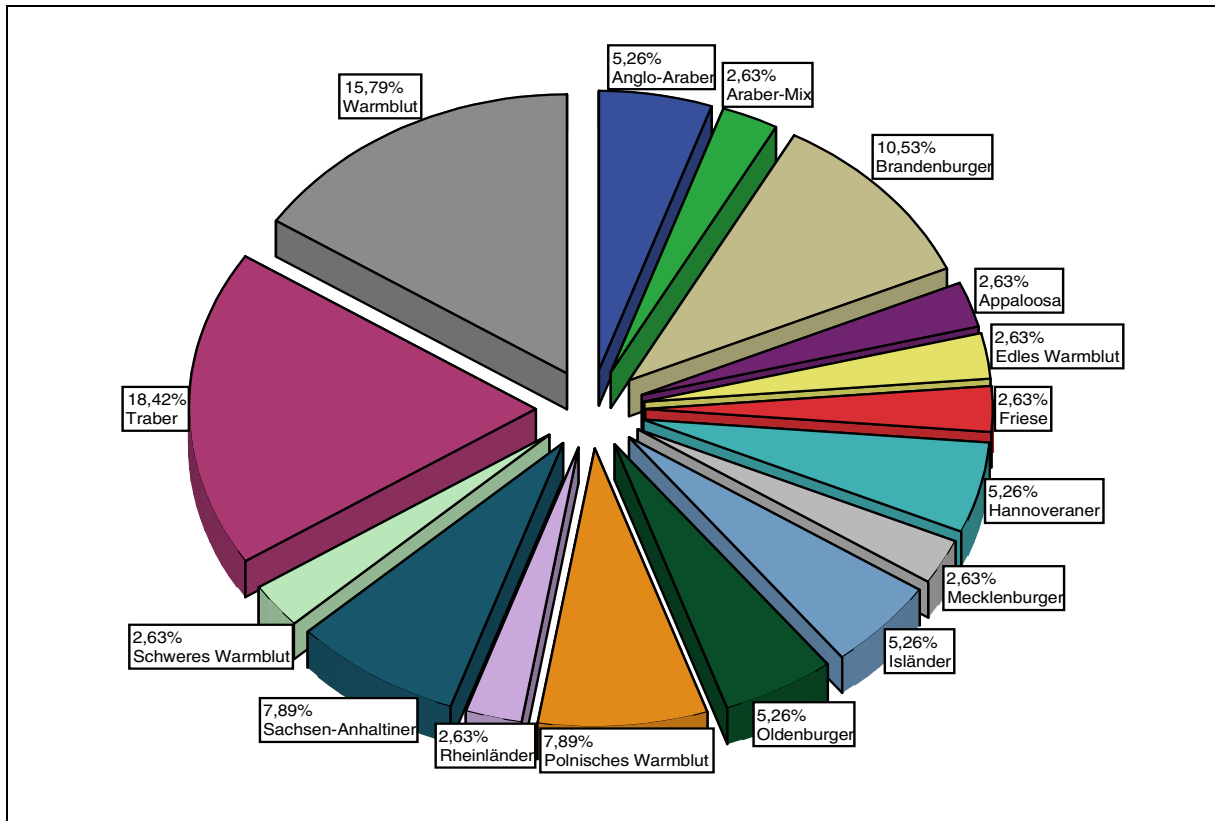


Abb. 3.1: Rasseverteilung der insgesamt in Studie 1 einbezogenen Pferde (n = 38)

3.1.2 Untersuchte Tiere - Studie 2

Studie 2 bestand aus 6 einzelnen Fallstudien.

Fallbeispiel	Geschlecht, Alter und Körpergewicht des Tieres	Klinische Primärerkrankung/Symptomatik
A	Wallach, 13 Jahre, 502 kg	COB
B	Wallach, 16 Jahre, 536 kg	COB
C	Hengst, 5 Jahre, 512 kg	Kolik
D	Wallach, 9 Jahre, 540 kg	Kolik
E	Stute, 17 Jahre, 492 kg	Kolik
F	Hengst, 62 Tage, 71 kg	Durchfall

Tab. 3.1: Tiere der Studie 2

3.1.3 Entnahmesysteme

Für die unterschiedlichen Bestimmungen kamen folgende Systeme zum Einsatz.

System	Name	Zusatz	Hersteller	Gemessene Parameter
Blutgasmonovette	Monovette® LH 2ml	Calcium-balanciertes Lithium-Heparin	Sarstedt AG & Co, Nümbrecht	pCO ₂ , pH, BE, [HCO ₃]
EDTA-K Röhrchen	EDTA K Probenröhre 4 ml L 75,0 mm Ø 12,0 mm	Kalium-EDTA	Sarstedt AG & Co, Nümbrecht	TWBC
NaF Röhrchen	Glukose Fluorid Probenröhre 2 ml L 75,0 mm Ø 12,0 mm	Natrium-Fluorid	Sarstedt AG & Co, Nümbrecht	[lactate]
Serum Röhrchen	Probenröhre Serum Gerinnungsaktivator 10 ml L 101,0 mm Ø 16,5 mm	Kunststoffgranulat	Sarstedt AG & Co, Nümbrecht	[Na ⁺], [K ⁺], [Cl ⁻], [P _i], TP, Elektrophorese
Cryo-Röhrchen	Cryovial® 4 ml T311-4A Freistehendes Cryo-Röhrchen steril mit siliconversiegeltem Schraubverschluss	Ohne Zusatz	Simport, Bernars-Pilon, Kanada	Für Lagerung und Transport des abentrifugierten Serums

Tab. 3.2: Verwendete Entnahmesysteme

3.2 METHODIK

3.2.1 Studie 1

Bei den 38 Probanden erfolgten zuerst eine arterielle Blutprobenentnahme und unmittelbar danach die Entnahme einer venösen Blutprobe. Es erfolgte die Bestimmung von $p\text{CO}_2$, pH, $[\text{HCO}_3^-]$ und BE im arteriellen Blut, sowie der Parameter $p\text{CO}_2$, pH, $[\text{HCO}_3^-]$, BE, $[\text{Na}^+]$, $[\text{K}^+]$, $[\text{Cl}^-]$, $[\text{P}_i]$, TP, Albumin und Globuline im venösen Blut. Es erfolgte danach die Berechnung von SID3 und SID4, $A_{\text{tot},1}$ und $A_{\text{tot},2}$, AG und SIG.

Arterielle Blutentnahme

Die arterielle Blutprobe wurde aus der rechten Arteria carotis communis entnommen. Nach Reinigung der Punktionsstelle mit einem mit ethanolhaltigem Desinfektionsmittel (Hospisept®, Firma Lysoform Dr. Hans Rosemann GmbH, Berlin) getränkten, sterilen Tupfer erfolgte hierzu die Punktion des Gefäßes im Sulcus jugularis sterni ca. eine Handbreit über dem Halsansatz im Winkel von ca. 45 – 60° mit einer sterilen Einmalkanüle (Sterican® 0,7 x 40 mm der Firma Braun Melsungen AG). Das arterielle Blut wurde nach dem Verwerfen von einigen Tropfen direkt mit einer Blutgasmonovette vorsichtig aspiriert.

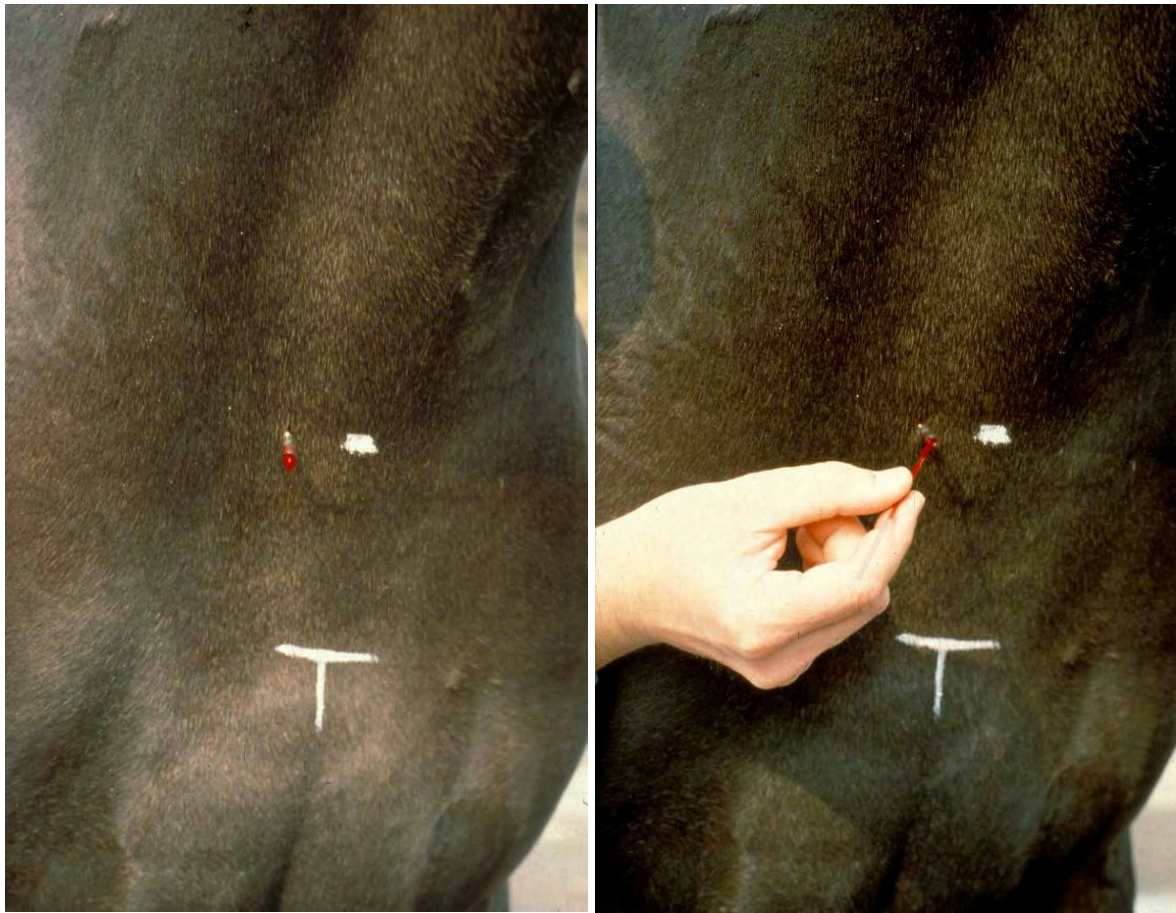


Abb. 3.2: arterielle Blutentnahme beim Pferd aus der A. carotis communis dextra

(Fotos Grabner)

Venöse Blutentnahme

Die Entnahme einer venösen Blutprobe erfolgte aus einer Vena jugularis. Nach Reinigung der Punktionsstelle mit einem mit ethanolhaltigem Desinfektionsmittel (Hospisept®, Firma Lysoform Dr. Hans Rosemann GmbH, Berlin) getränkten, sterilen Tupfer im Übergang vom mittleren zum oberen Halsdrittel wurde die gestaute Vene mit einer sterilen Einmalkanüle (Sterican® 1,2 x 40 mm der Firma Braun Melsungen AG) punktiert und nach dem Verwerfen von einigen Tropfen Blut direkt eine Blutgasmonovette, sowie ein NaF-Röhrchen, ein EDTA-Röhrchen und ein Serumröhrchen beschickt.

3.2.2 Studie 2

In sechs einzelnen Fallstudien wurden bei Patienten der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, bei welchen eine Infusionstherapie durchgeführt wurde, Parameter zur Feststellung des Säuren-Basen-Status mit Hauptaugenmerk auf dessen metabolische Komponente vor, während und wenn möglich nach der Therapie bestimmt und ausgewertet. Die Indikationsstellung, die Wahl der Therapeutika, deren Menge und die Geschwindigkeit der Infusion oblag den jeweiligen behandelnden Tierärzten und war völlig unbeeinflusst von vorliegender Studie. Es erfolgte mehrmals die Bestimmung der Parameter pH, pCO₂, [HCO₃⁻], BE, TWBC, [Na⁺], [K⁺], [Cl⁻], [lactate⁻], [P_i], TP und der verschiedenen Eiweißfraktionen im venösen Blut. Teilweise wurden zu verschiedenen Messzeitpunkten arterielle Analysen von pH-Wert, BE und pCO₂ durchgeführt.

Fallbeispiel A

Bei dem Patienten wurde eine Hyperinfusionstherapie durchgeführt. Hierzu wurden dem Patienten innerhalb von 180 Minuten 30.000 ml isotone Kochsalzlösung infundiert. Es erfolgte eine venöse Probenentnahme zu Beginn, nach 15.000 ml, unmittelbar am Ende und 60 min nach der Infusionstherapie. Zu Beginn der Infusionstherapie erfolgte eine arterielle Probenentnahme.

Fallbeispiel B

Bei dem Patienten wurde eine Hyperinfusionstherapie durchgeführt. Hierzu wurden dem Patienten innerhalb von 180 Minuten 30.000 ml isotone Kochsalzlösung infundiert. Es erfolgte eine venöse Probenentnahme zu Beginn, nach 15.000 ml, unmittelbar am Ende und 60 min nach der Infusionstherapie. Zu Beginn und am Ende der Infusionstherapie erfolgte jeweils eine arterielle Probenentnahme.

Fallbeispiel C

Nach Verabreichung von 3 Liter Paraffinöl und ca. 2 Liter Leitungswasser per Nasenschlundsonde wurde bei dem Patienten eine Infusionstherapie durchgeführt. Dem Patienten wurden 15.000 ml isotone Kochsalzlösung innerhalb von 120 Minuten infundiert. Es wurde eine venöse Probe zu Beginn, nach 60 Minuten, am Ende und 60 Minuten nach Ende der Infusion abgenommen.

Fallbeispiel D

Nach Schieben der Nasenschlundsonde und Eingabe von 3 l Paraffinöl und ca. 2 Litern Leitungswasser entschied sich der behandelnde Tierarzt zu einer Infusionstherapie. Hierbei wurden dem Patienten 12.000 ml Ringerlösung innerhalb von 120 min infundiert. Es wurden vier venöse Proben, zu Beginn, 60 min nach Beginn, unmittelbar nach Beendigung und 60 Minuten nach Ende der Infusionstherapie abgenommen. Es erfolgte eine arterielle Probenentnahme 60 min nach Beendigung der IT.

Fallbeispiel E

Im Fall E traf der behandelnde Tierarzt die Entscheidung zur sofortigen Laparotomie. Zu diesem Zeitpunkt stufte er die Patientin jedoch als nicht narkosefähig ein, da gleichzeitig ein hypovolämischer Schock diagnostiziert wurde. Die sichtbaren Schleimhäute der Patientin waren von bläulicher Farbe, die kapilläre Wiederfüllungszeit betrug 4 – 5 Sekunden. Die Pulsfrequenz schwankte zwischen 60 – 110 Schlägen pro Minute, der fühlbare Puls war von schwacher Qualität. Die Blutuntersuchung ergab einen Hämatokrit von 0,62. Das Tier wurde medikamentös ruhiggestellt und schmerzstillend behandelt (Neuroleptanalgesie mittels Xylazinhydrochlorid und Levamethadon), und es erfolgte die Infusion von 2.000 ml hypertoner Kochsalzlösung (7,5%) innerhalb von 20 min und darauf sofort von 5.000 ml isotoner Kochsalzlösung innerhalb von 30 min. Danach wurde das Tier sofort laparotomiert. Es erfolgte eine venöse Probenentnahme zu Beginn, nach 20 Minuten (Ende der Infusion mit hypertoner Kochsalzlösung und gleichzeitig Beginn der Infusion mit isotoner Kochsalzlösung) und am Ende der Infusionstherapie. Der Entnahmeversuch einer arteriellen Probe zu Beginn der IT misslang auf Grund der schweren Koliksymptomatik des Tieres. Da das Tier sofort narkotisiert und operiert wurde, wurde auf die Entnahme einer venösen Blutprobe 60 Minuten nach Ende der Infusion verzichtet. Die Stute konnte nach 10 Tagen als geheilt entlassen werden.

Fallbeispiel F

Im Fallbeispiel F handelte es sich um ein 62 Tage altes Hengstfohlen, das mit einer Durchfallerkrankung eingeliefert wurde. Das Tier zeigte klinisch eine geringgradige

Dehydratation. Der behandelnde Tierarzt entschied sich zu einer kombinierten IT bestehend aus 5.000 ml Ringerlösung, 250 ml NaBiC (4,2%) und 200 ml HES (200.000). Die Therapie dauerte mit einer einstündigen Pause insgesamt 180 min.

Zeitabschnitt min	IT
0	Beginn der Infusion 3.000 ml Ringerlösung
60	Ende der Infusion 3.000 ml Ringerlösung
120	Beginn der Infusion 250 ml NaBiC (4,2%) Beginn der Infusion 2.000 ml Ringerlösung
150	Ende der Infusion 250 ml NaBiC (4,2%) Mitte der Infusion 2.000 ml Ringerlösung Beginn der Infusion 200 ml HES
180	Ende der IT

Tab. 3.3: Infusionsschema für Fallbeispiel F

Venöser Zugang

Zur Entnahme der venösen Proben wurde der venöse Zugang, welcher für die Infusionstherapie angelegt werden musste, genutzt. Hierzu wurde eine Fläche von ca. 10 x 5 cm über einer Vena jugularis im Übergang vom mittleren zum oberen Halsdrittel mit einer Schermaschine (verschiedene für den Veterinärgebrauch übliche Modelle) geschoren und danach solange in mehreren Durchgängen mit mehreren mit einem ethanolhaltigen Desinfektionsmittel (Hospisept®, Firma Lysoform Dr. Hans Rosemann GmbH, Berlin) getränkten, sterilen Tupfern gereinigt, bis mit dem bloßen Auge kein Schmutz mehr auf dem letzten Tupfer zu erkennen war. Nach einer Einwirkzeit von ca. 1 min wurde dann die Punktionsstelle einmalig mit Povidonjodkomplexhaltiger Lösung (Braunol®, Firma B. Braun Melsungen AG, Melsungen) abgetupft. Es erfolgte hiernach das Einsetzen eines Venenverweilkatheters (Braunüle MT® Luer Lock G14 2,1 x 80 mm, Firma B. Braun Melsungen AG, Melsungen) nach allgemeinen propädeutischen Regeln (Einstechen des Stiletts in die Vene im flachen Winkel und Vorschieben der Flexüle in der Führung der Vene nach Zurückziehen des Stiletts). Die Flexüle wurde für die Zeit des Verweilens an der Haut angenäht (Vitafil USP 1 EP 4 100 M non resorbable White Polyester, SMI AG, Hünningen, Belgien) und bei Infusionspausen mit einem Mandrin verschlossen (Spezialanfertigung, Mandrin für Braunüle Gr.3, 80 mm, 14 G, Firma Walter Veterinär-Instrumente, Rietzneuendorf). Zu welchem Zeitpunkt nach der IT der Venenverweilkatheter entfernt wurde, oblag der Entscheidung des behandelnden Tierarztes.

Arterielle Blutentnahme

Die Entnahme der arteriellen Proben erfolgte analog zu Studie 1.

Art der Verabreichung der Infusionslösung

Die Infusion erfolgte unter Zuhilfenahme einer Infusionspumpe (Exacta-Vet, Firma Schock Electronics AG, Zürich, Schweiz). Hierbei wurde der Infusionsbeutel oder die Infusionsflasche mittels eines Infusionsbesteckes (Intrafix® Air, Firma B. Braun Melsungen AG, Melsungen) mit der Pumpe verbunden. Mit einer oder mehreren Heidelberger Verlängerungen (Heidelberger Verlängerung 140 cm, Firma B. Braun Melsungen AG, Melsungen) erfolgte eine Verbindung zwischen Pumpe und Venenverweilkatheter. Die Pumpe bietet die Möglichkeit die Tropfgeschwindigkeit in ml/min einzustellen. Im Falle der gleichzeitigen Verabreichung von mehreren Infusionsmitteln wurden 2 Infusionsbestecke mittels eines Dreiwegehahns (Discofix®-3, Firma B. Braun Melsungen AG, Melsungen) verbunden.

Verwendete Infusionslösungen

Die verwendeten Infusionslösungen werden in Tab. 3.4. aufgelistet. Für jede Infusionslösung wurde die jeweilige SID berechnet, wobei alle in der Packungsbeilage ausgezeichneten starken Ionen einbezogen wurden.

Name	Handelsname	Inhaltsstoffe und SID für 1000 ml	Packungsgröße	Hersteller
Isotonische Kochsalzlösung	Isotonische Natriumchlorid-Lösung ad. us. vet. B. Braun Ecobag®	9 g Natriumchlorid entspricht: Natrium: 154 mmol/l Chlorid: 154 mmol/l Wasser für Injektionszwecke SID2: 0 mmol/l	5000 ml	B. Braun Melsungen AG, Melsungen
Ringerlösung	Ringer B. Braun Spüllösung Steril und pyrogenfrei Ecobag®	8,60 g Natriumchlorid 0,30 g Kaliumchlorid 0,33 g Calciumchlorid 2H ₂ O im Wasser entspricht: Natrium: 147,20 mmol/l Kalium: 4,02 mmol/l Calcium: 2,24 mmol/l Chloride: 155,70 mmol/l Wasser für Injektionszwecke SID4: 0 mmol/l	3000 ml	B. Braun Melsungen AG, Melsungen
Natriumbikarbonatlösung 4,2 %	Natriumhydrogencarbonat 4,2% Braun Ecoflac®	42g NaHCO ₃ entspricht: Natrium: 500 mmol/l Hydrogencarbonat: 500 mmol/l Wasser für Injektionszwecke Sonstige Bestandteile: Edeitsäure, Dinatriumsalz 2 H ₂ O 25 mg SID1: 500 mmol/l	250 ml	B. Braun Melsungen AG, Melsungen
HES 10 %	HAES-steril® 10% 200/0,5	Poly(O-2-hydroxyethyl)stärke: 100g Chlorid: 154 mmol/l Natrium: 154 mmol/l Natriumhydroxid, Salzsäure: < 1 mmol/l Wasser für Injektionszwecke SID2: ca. 0 mmol/l	500 ml	Fresenius Kabi Deutschland GmbH Bad Homburg
Hypertone Kochsalzlösung 7,5 %	Hipertónico Salino 7,5% Braun Ecoflac®	75 g Natriumchlorid Natrium: 1283,3 mmol/l Chlorid: 1283,3 mmol/l Wasser für Injektionszwecke SID2: 0 mmol/l	1000 ml	B. Braun Medical SA, Barcelona, Spanien

Tab. 3.4: Verwendete Infusionslösungen

3.2.3 Analytische Methoden und Probenbearbeitung

Probenaufbereitung

Sofern die Beschickung des klinikeigenen Blutgasanalysegerätes nicht innerhalb von 10 Minuten erfolgte, wurden die Proben auf Eis gelagert. Die maximale Aufbewahrungszeit der Proben betrug 30 min. Dieses Verfahren schließt mögliche signifikante Fehler, welche bei der Messung der Parameter pH, pCO₂, HCO₃⁻ und pO₂ durch eine Aufbewahrung der Proben entstehen könnten, aus (DEANE et al., 2004).

Die Bestimmung der Gesamtleukozytenzahl erfolgte ebenfalls sofort, maximal jedoch innerhalb einer Stunde im klinikeigenen Coulter, um Veränderungen des Parameters durch Lagerung auszuschließen (CLARK et al., 2002).

Die Probenröhrchen für die Laktatbestimmung wurden bis zum Versand innerhalb von 24 Stunden in ein externes Labor bei Kühlschranktemperatur (8-9 °C) aufbewahrt. Humanmedizinische Studien belegen, dass somit eine ausreichend stabile Laktatkonzentration bis zur Auswertung gewährleistet ist (ASTLES et al., 1994).

Das gewonnene Vollblut wurde innerhalb einer Stunde zentrifugiert (4000 U/min, 10 min) und das gewonnene Serum in ein zu verschließendes Cryo-Röhrchen umpipettiert. Bis zum Versand innerhalb von 24 Stunden an das externe Labor wurde dieses bei -20°C eingefroren, um eine stabile Konzentration der zu messenden Parameter zu gewährleisten (HEINS et al., 1995).

Der Versand der im externen Labor untersuchten Proben erfolgte per Kurier.

Testprinzipien

Parameter	Gerät und Hersteller	Testprinzip
pH-Wert	AVL 995-S Automatic Blood Gas System; AVL List GmbH, Graz, Österreich	Messkette aus ionensensitiver Elektrode und Referenzelektrode, elektrometrische pH-Messung
pCO ₂	AVL 995-S Automatic Blood Gas System; AVL List GmbH, Graz, Österreich	Silber-Silber-Chlorid-Referenzelektrode mit kombinierter pH-Glaselektrode; Modifikation der elektrometrischen pH-Messung
BE	AVL 995-S Automatic Blood Gas System; AVL List GmbH, Graz, Österreich	Berechnung durch das Blutgasanalysegerät nach vom Hersteller programmierten Algorithmen
[HCO ₃]	AVL 995-S Automatic Blood Gas System; AVL List GmbH, Graz, Österreich	Berechnung durch das Blutgasanalysegerät mit Hilfe der Henderson-Hasselbalch-Gleichung
TWBC	Coulter Counter T-840; COULTER ELECTRONICS GmbH, Krefeld	Widerstandsmessung der einzelnen Zellen nach Mehrfachverdünnung
TP*	Roche/Hitachi 904; Roche Diagnostics, Meylan, Frankreich	Biuret-Methode
[P _i]*	Roche/Hitachi 904; Roche Diagnostics, Meylan, Frankreich	Photometrische Messung nach Reaktion mit Amoniumphosphatmolybdat
[Na ⁺]*	Roche/Hitachi 904; Roche Diagnostics, Meylan, Frankreich	indirekte elektronensensitive Messung
[K ⁺]*	Roche/Hitachi 904; Roche Diagnostics, Meylan, Frankreich	indirekte elektronensensitive Messung
[lactate]*	Roche/Hitachi 904; Roche Diagnostics, Meylan, Frankreich	Photometrische Messung von Chromogen nach enzymatischen Reaktionen
[Cl ⁻]*	Roche/Hitachi 904; Roche Diagnostics, Meylan, Frankreich	indirekte elektronensensitive Messung
[Alb]*, [Glob]*	CAPILLARYS PROTEIN(E) 6; Sebia, Lisses, Frankreich	Kapillarelektrophorese in freier Lösung

Tab. 3.5: Angewandte Testverfahren der Probenanalyse

* Institut für Veterinärmedizinische Diagnostik, Berlin-Steglitz

3.2.4 Berechnung einzelner Parameter

Alle Berechnungen und Umrechnungen in SI-Einheiten wurden anhand eigens erstellter Prozeduren mit dem Computerprogramm SPSS (Version 13.0 für Windows) nach folgenden Formeln durchgeführt:

$$(13) AG = ([Na^+] + [K^+]) - ([HCO_3^-] + [Cl^-])$$

$$(32) [SID_3] = [Na^+] + [K^+] - [Cl^-]$$

$$(27) [SID_4] = [Na^+] + [K^+] - [Cl^-] - [lactate^-]$$

$$(38) [A_{tot,1}] = 0,224 \times [TP] (g/l)$$

$$(39) [A_{tot,2}] = 0,225 \times [alb] (g/l) + 0,14 \times [glob] (g/l) + 1,827466 \times [P_i] (mmol/l)$$

$$(40) SIG = \frac{A_{tot,1}}{1 + 10^{(pK_A - pH_{ven})}} - AG$$

wobei $pK_a = 6,65$ (CONSTABLE, 1997)

$$(41) pH_{ven} = \log \frac{2SID4}{K_1 \alpha_{CO_2} pCO_2 + K_A A_{tot,1} - K_A SID4 + \sqrt{(K_1 \alpha_{CO_2} pCO_2 + K_A SID4 + K_A A_{tot,1})^2 - 4K_A^2 SID4 A_{tot,1}}}$$

wobei $K_1 = 7,43 \times 10^{-7} \text{ meq/l}$, $K_A = 2,22 \times 10^{-7} \text{ meq/l}$, $\alpha_{CO_2} = 0,0307 (\text{mM/l})/\text{mmHg}^*$ (CONSTABLE, 2000)

Die Umrechnung der Parameter in SI – Einheiten erfolgte mit folgenden Faktoren:

$$(TP \text{ g/dl}) \times 10 = (TP \text{ g/l})$$

$$(P_i \text{ in mg/dl}) \times 0,323 = (P_i \text{ in mmol/l})$$

$$(\text{lactate}^- \text{ in mg/dl}) \times 0,111 = (\text{lactate}^- \text{ in mmol/l})$$

* auf eine Umrechnung des Löslichkeitskoeffizienten in SI-Einheiten im Falle der Berechnung des pH-Wertes wurde aus 2 Gründen verzichtet. Erstens hat sich in der Literatur die Benutzung der Einheit kPa noch nicht durchgesetzt. Zweitens gibt das verwendete Blutgasanalysegerät die Werte für den Kohlendioxidpartialdruck ebenfalls in mmHg aus. Daher hätte diese doppelte Umrechnung einen wenn auch geringen, so doch vermeidbaren Fehler ergeben können.

3.2.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der gesammelten Daten erfolgte mit dem Computerprogramm SPSS (Version 13.0 für Windows). Alle Diagramme wurden entweder mit dem Computerprogramm Microsoft Excel (Version 2002 SP3) oder ebenfalls mit dem Computerprogramm SPSS erstellt. Zur weiteren grafischen Darstellung wurden neben Einzelverlaufsdarstellungen und Fehlerbalkendiagrammen Box-Plots und Bland-Altman-Plots gewählt.

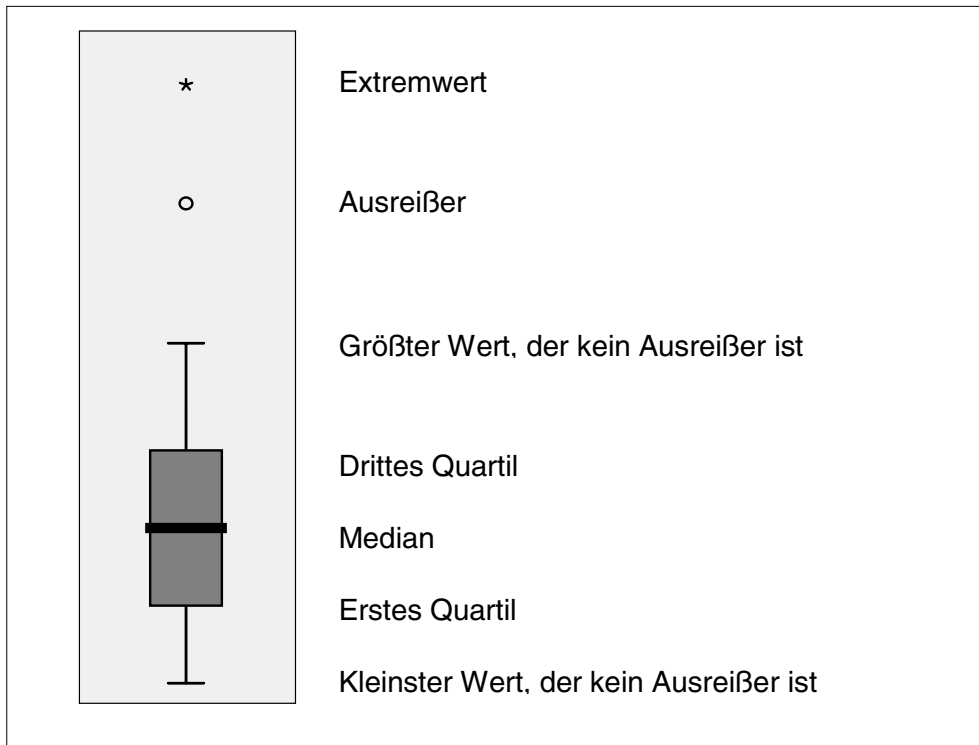


Abb. 3.3: Whisker-Boxplot

Innerhalb der Box befinden sich 50% der Werte. Die Whisker (→ „Schnurrhaare“) erstrecken sich zwischen dem größten und kleinsten Wert, welche nicht als Ausreißer eingestuft sind. In der Box ist der Median eingezeichnet. Ausreißer werden mit einem Kreis, Extremwerte mit einem Stern gekennzeichnet.

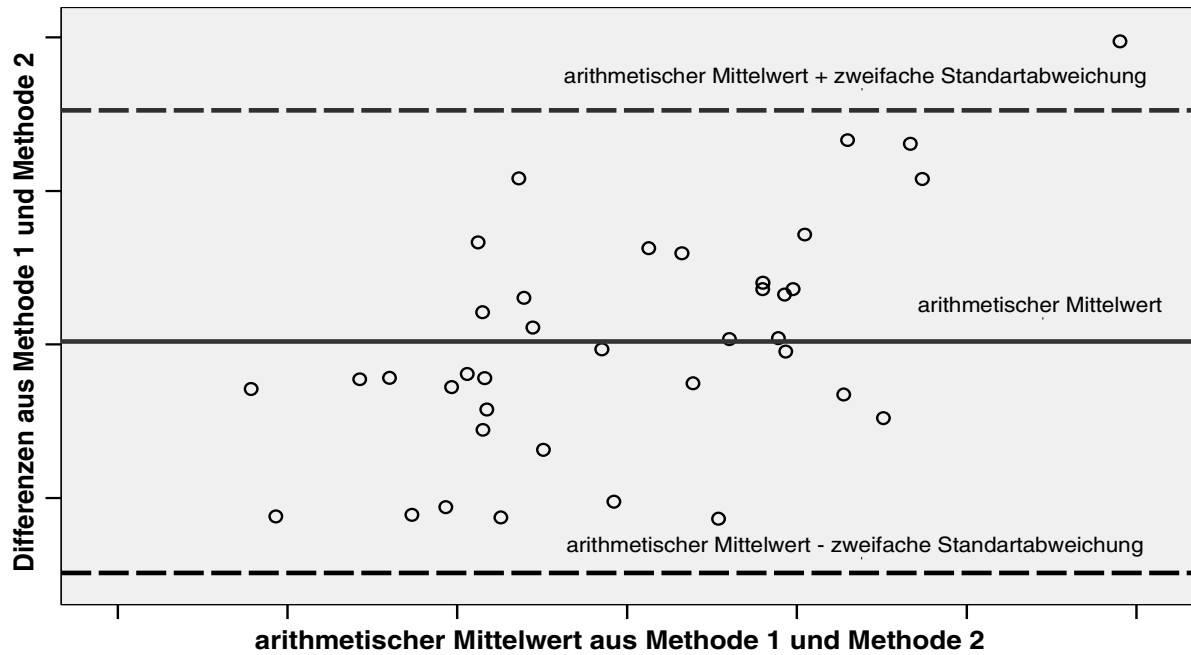


Abb. 3.4: Beispiel Bland-Altman-Plot mit 38 Werten und 76 Messpunkten

Der Bland-Altman-Test dient zum Vergleich von zwei Methoden (BLAND und ALTMAN, 1986; 1995). Er beschreibt, wie genau Methode 2 die Methode 1 ersetzen kann. Hierzu werden die Differenzen (Methode 1 – Methode 2) in jedem einzelnen Fall bestimmt. Die Bestimmung der zweifachen Standardabweichung erlaubt auszusagen, wie weit Methode 2 von Methode 1 mit einer hohen Wahrscheinlichkeit differiert. Im Bland-Altman-Plot werden die Differenzen gegenüber den Mittelwerten in jedem einzelnen Fall als Kreis aufgetragen. Im Idealfall sind die Differenzen gleich 0 oder streuen die einzelnen Punkte gleichmäßig und sehr gering um die Mittellinie, welche dem arithmetischen Mittelwert der Differenzen entspricht. Zeigt sich z.B. eine regelmäßige Streuung im linken Teil mit einer Punktwolke oben rechts im Diagramm, so kann ausgesagt werden, dass Methode 2 mit Methode 1 nur bei niedrigen Ergebnissen vergleichbar ist, im Falle von höheren Ergebnissen aber mit größerer Wahrscheinlichkeit zu hohe Werte ergibt.