

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: 140 (1998)

Heft: 12

Artikel: Evaluation des tragbaren Blutanalysators i-STAT

Autor: Tschudi, P.R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-593691>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 11.05.2025

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

Evaluation des tragbaren Blutanalysators i-STAT

P. R. Tschudi

Zusammenfassung

Der tragbare Blutanalysator i-STAT wurde an Hand von Pferdeblutproben auf seine Präzision und Übereinstimmung mit konventionellen Methoden überprüft. Gemessen wurden der pH-Wert, der Sauerstoff- und Kohlendioxidpartialdruck, die Konzentrationen von Natrium, Kalium, Chlorid, Glucose, Harnstoff, Hämoglobin. Der Hämatokrit wurde berechnet. Bei der mehrmaligen Messung einer einzelnen Blutprobe war eine hohe Präzision des Gerätes feststellbar. Die Variationskoeffizienten lagen zwischen 0 und 3.85%. Im Methodenvergleich liessen sich enge Korrelationen mit konventionellen Methoden des Routinelabors eruieren. Alle Parameter zeigten eine lineare Korrelation mit Koeffizienten von 0.96 bis 0.998 für Blutgasanalysen, Glucose, Harnstoff, Hämoglobin, Hämatokrit, Natrium und Kalium, mit Ausnahme von Chlorid, dessen Korrelationskoeffizient 0.867 betrug. Das i-STAT-System ermöglicht schnelle und genaue Laborresultate im Stall und in Notfallsituationen.

Schlüsselwörter: i-STAT-System – Pferd – Blutgasanalyse – Elektrolyte – Hämatokrit – Hämoglobin – Harnstoff – Glukose – Reproduzierbarkeit – Korrelation

Evaluation of the portable blood gas analyser i-STAT

The purpose of this study was to compare the results of horseblood examinations on a portable blood analysis system, i-STAT SDI, with conventional laboratory equipment and to verify the accuracy and precision. The precision within run was high and the coefficients of variation ranged from 0 to 3.85%. The comparative analysis of patient samples with routine methods showed a very strong positive correlation with correlation coefficients above 0.96 for blood gases, pH, glucose, urea, hemoglobin, hematocrit, sodium and potassium, with the exception of chloride where it was 0.867. The i-STAT system provides a quick and accurate stable-side evaluation of laboratory data in critically ill horses and emergency situations.

Keywords: i-STAT-System – horse – blood gas analysis – electrolytes – hematocrit – hemoglobin – glucose – urea – reproducibility – correlation

Einleitung

Der tragbare Blutanalysator i-STAT ist ein batteriebetriebenes Analysengerät für die Bestimmung von Blutgasen, Elektrolyten, Glukose und Harnstoff am Krankenbett. Das i-STAT-System besteht aus zwei Komponenten:

- der Einwegkartusche mit selektiven Sensoren, in welcher alle chemischen Vorgänge einschliesslich der Kalibration ablaufen

- dem tragbaren Blutanalysator, der den Flüssigkeitstransport in der eingeschobenen Kartusche, die Temperierung, die Kalibration und die Signalverarbeitung vornimmt, die Resultate anzeigt, abspeichert und via Infrarotschnittstelle auf einen Thermodrucker (HP 82240B) oder auf eine Datenstation (PC vom Typ HP Vectra) übermittelt.

Die Gerätebedienung erfolgt über eine einfache Tastatur gemäss den Anweisungen auf der LCD-Anzeige: Nach

dem Pipettieren von Vollblut in eine Kartusche wird diese verschlossen und in den Analysator eingeschoben. Das Gerät wird dadurch eingeschaltet und der Messzyklus gestartet. Letzterer beinhaltet die Temperierung der Messkammer auf 37 °C, eine Einpunktkalibrierung mit der in der Kartusche eingekammerten Lösung, eine Luftdruckmessung, die Potential- respektive Strommessungen und die Umrechnung der Signale in Konzentrationen. Der Messzyklus dauert 2 Minuten. Während dieser Zeitspanne muss eine Anwender- und eine Probennummer eingetippt werden. Neben dem Zahlenwert erscheint auf der LCD-Anzeige ein Balkendiagramm mit dem Referenzbereich und dem Resultateintrag. Das i-STAT-System speichert die Identifikationsnummern, Anwendercodes und Messergebnisse (bis zu 50 Datensätze) und sendet sie bei Bedarf via Infrarotschnittstelle auf eine Datenstation.

Derzeit stehen 8 verschiedene Kartuschen mit unterschiedlichen Testkombinationen zur Verfügung. Sie enthalten die Sensoren, Mikrokomponenten für den Flüssigkeitstransfer und eine Kalibrierlösung. Die Sensoren sind auf Siliconchips aufgebrachte Mikroelektroden. Durch deren ionenselektive, enzymhaltige oder gaspermeable Beschichtung wird eine potentiometrische (pH, Elektrolyte, PO₂, PCO₂, Harnstoff), amperometrische (Glukose) oder konduktometrische (Hämatokrit) Messung der entsprechenden Parameterkonzentration ermöglicht. Die Beschickung der Kartuschen mit 65 bis 95 µl Vollblut ohne Antikoagulans (Kapillar-, Venen- oder Arterienblut) hat innerhalb von drei Minuten oder mit antikoagulierte Blut (Heparin) innerhalb von zehn Minuten nach der Gefäßpunktion zu erfolgen. Die Analysenzeit beträgt 90 bis 120 s. Jede einzelne Kartusche ist luftdicht verpackt. Die Kartuschen lassen sich bei einer konstanten Lagertemperatur von 2 bis 8 °C während 3 bis 6 Monaten (bis zum Verfalldatum), bei Raumtemperatur von 18 °C bis 30 °C während zwei Wochen aufbewahren. Kartuschen mit Thermosteuerung müssen vor der Verwendung vier Stunden lang bei Raumtemperatur

konditioniert werden, solche ohne Thermosteuerung nur fünf Minuten.

Mit einer speziellen Kartusche kann die korrekte Arbeitsweise und Messdatenverarbeitung des Gerätes überprüft werden. Pro Stunde lassen sich 15 Blutproben verarbeiten und ihre Resultate ausdrucken.

Mit der vorliegenden Arbeit wurde geprüft, ob sich das i-STAT-System auch für die Analyse von Pferdeblut eignet. Die hohe Viskosität und Bilirubinkonzentration von Pferdeblut hat bei anderen Systemen zu Schwierigkeiten geführt.

Material und Methoden

Blutgasanalysen an 33 Pferdeblutproben sowie Elektrolyt- und Substratanalysen an 36 Proben wurden mit dem i-STAT-System durchgeführt und mit den Analysenresultaten von konventionellen Geräten verglichen. Mit dem i-STAT System¹ wurden Einzelbestimmungen durchgeführt. Dabei wurden die Kartuschen i-STAT 6+ und i-STAT G3+ mit den Chargen Nr. K97191 respektive M57162A verwendet. Die Resultate wurden mit der Infrarotschnittstelle auf den Drucker HP 82240B übertragen und zu Papier gebracht. Für die Vergleichsuntersuchungen standen folgende Geräte zur Verfügung: Blutgasanalysator Corning 840², Cell-Dyn 3500 System³, Hitachi 704 mit Reagenzien von Boehringer Mannheim⁴ und eine Hettich-Hämatokritzentrifuge⁵. Die Zeitspanne zwischen den beiden Bestimmungen betrug wenige Minuten für die Blutgasanalysen, den Hämatokrit und das Hämoglobin, eine bis zwei Stunden für die übrigen Parameter. Die Präzision in der Serie wurde mit zehn unmit-

¹ Sensor Devices INC., Waukesha, WI 53188, USA

² Chiron Diagnostics Corp., East Walpole, MA 02032, USA

³ Abbott Laboratories, Abbott Park, IL 60064, USA

⁴ Boehringer Mannheim GmbH, D-68305 Mannheim, Deutschland

⁵ Hettich, Gartenstr. 100, D-7200 Tuttlingen, Deutschland

Parameter	Messprinzip i-STAT-System	Messprinzip Vergleichssystem
Natrium	ionenselektive Elektrode	ionenselektive Elektrode, Hitachi 704
Kalium	ionenselektive Elektrode	ionenselektive Elektrode, Hitachi 704
Chlorid	ionenselektive Elektrode	ionenselektive Elektrode, Hitachi 704
Harnstoff	enzymatische Reaktion mit Urease und ammoniumionenselektive Indikatorelektrode	Enzymatisch mit Urease und GLDH Hitachi 704
Glukose	enzymatischen Reaktion mit Glukoseoxidase und amperometrische Oxidationsmessung	Enzymatisch mit Hexokinase und G6P-DH-Reaktion, Hitachi 704
Hämatokrit	Berechnung aus den Elektrolytkonzentrationen und einer Leitfähigkeitsmessung	Mikrohämatokritzentrifuge
Hämoglobin	Berechnung aus dem Hämatokritwert	Photometrisch, Cell-Dyn 3500
pH	potentiometrische Messung	potentiometrische Messanordnung Blutgasanalyser Corning 840
pCO ₂	potentiometrische Messung	potentiometrische Messung Blutgasanalyser Corning 840
pO ₂	amperometrische Messung ähnlich CLARK-Elektrode	amperometrische Messung Blutgasanalyser Corning 840

Tabelle 1: Methodenprinzip im i-STAT-System und Vergleichsmethode

telbar aufeinanderfolgenden Messungen an einer Pferdeblutprobe ermittelt. Die Messprinzipien sind in der Tabelle 1 aufgelistet. Die Berechnung der Regressionsgeraden im Methodenvergleich erfolgte mit der verteilungsunabhängigen Methode nach Passing und Bablok (1983). Es ist dies die allgemein empfohlene Methode zur Bearbeitung solcher Fragestellungen (Eisenwiener et al., 1984; Kohlhaas et al., 1993).

Ergebnisse

Die Resultate der Bestimmung der Präzision in der Serie sind in den Tabellen 2 und 3, diejenigen des Methodenvergleichs mit konventionellen Techniken in den Tabellen 4 und 5 zusammengestellt.

Drei Blutproben von einem Pferd in Narkose während reiner Sauerstoffatmung wurden nicht in die Auswer-

Tabelle 2: Reproduzierbarkeit der Blutgasanalysen mit dem i-STAT-System. Präzision in der Serie (n=10)

Parameter	Einheit	Mittelwert	SD	VK in %
pH		7.36	0.01	0.08
pCO ₂	mmHg	49.3	1.52	3.09
pO ₂	mmHg	99.8	3.82	3.83

Tabelle 3: Reproduzierbarkeit der Elektrolyt-, Glucose-, Harnstoff-, Hämatokrit- und Hämoglobinbestimmung mit dem i-STAT-System. Präzision in der Serie (n=10)

Parameter	Einheit	Mittelwert	SD	VK in %
Glukose	mmol/L	11.4	0.11	0.98
Harnstoff	mmol/L	18.1	0.52	2.89
Natrium	mmol/L	144	0.42	0.29
Kalium	mmol/L	7.21	0.11	1.53
Chlorid	mmol/L	118	1.40	1.18
Hämoglobin	mmol/L	6.83	0	0
Hämatokrit	L/L	0.312	0.004	1.35

Parameter	Min-Max	Mittelwert	Steigung	Regressionsabschnitt	Korrelationskoeffizient
pH	7.345-7.741	7.431	1.000	0.000	0.992
pO ₂	22-122	79.6	1.068	-1.658	0.997
pCO ₂	16.1-54.9	41.72	1.038	-2.975	0.962

Parameter	Min-Max	Mittelwert	Steigung	Regressionsabschnitt	Korrelationskoeffizient
Glukose	4.4-24.4	7.9	0.900	0.729	0.991
Harnstoff	1.8-46.2	9.6	0.972	-0.597	0.998
Natrium	130-149	137.7	0.900	11.9	0.944
Kalium	2.10-7.10	3.49	1.000	-0.200	0.997
Chlorid	90-124	103.3	0.963	1.926	0.867
Hämatokrit	0.21-0.42	0.32	1.000	-0.040	0.969
Hämoglobin	4.35-8.69	6.70	0.978	-1.016	0.976

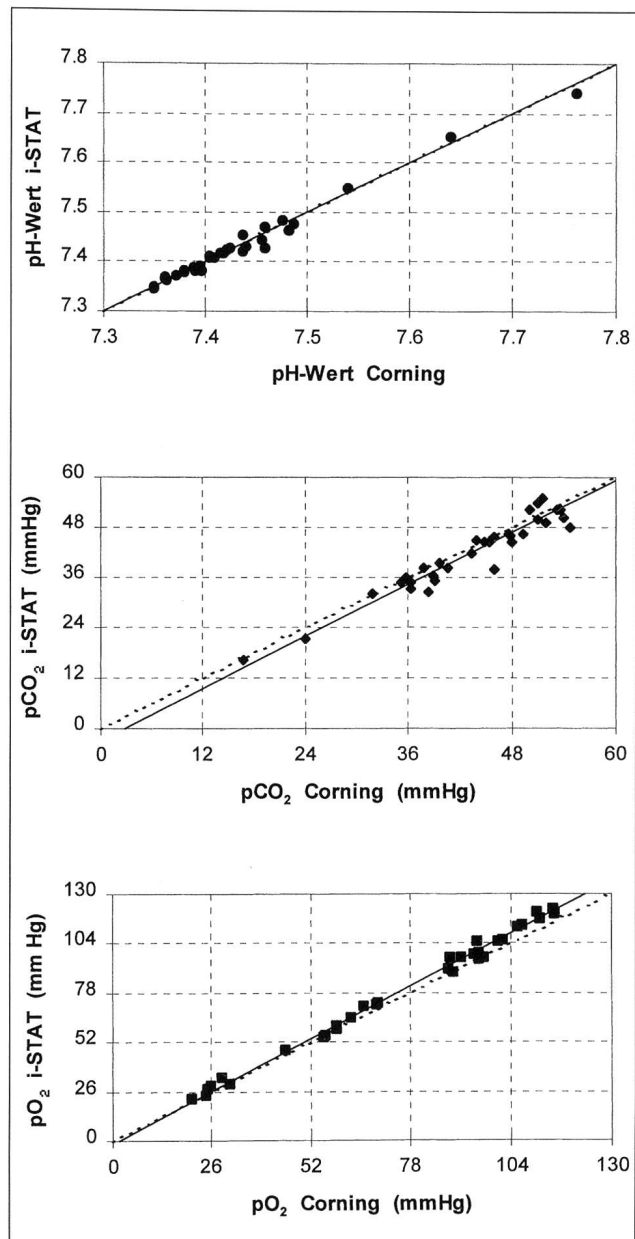


Abbildung 1: Vergleich der Messergebnisse vom i-STAT-System und der Labormethode; Blutgaswerte von 33 Pferdeblutproben

Tabelle 4: Resultate des Methodenvergleichs von 33 Pferdeblutproben Regression: y-Werte = i-STAT; x-Werte = Vergleichsmethode

Tabelle 5: Resultate des Methodenvergleichs von 39 Pferdeblutproben Regression: y-Werte = i-STAT; x-Werte = Vergleichsmethode

tung einbezogen, weil der Sauerstoffpartialdruck extrem hoch war (396, 332 und 351 mm Hg mit dem i-STAT-System; 415, 342 und 363 mm Hg mit dem Blutgasanalyser Corning 840). Das ist eine Abweichung von durchschnittlich nur 3.6% bei diesen Extremwerten. Kein Parameter zeigte eine signifikante Abweichung von der linearen Abhängigkeit zwischen den Messungen mit dem i-STAT-System und den Vergleichsbestimmungen (Abb. 1 bis 4).

Diskussion

Innert weniger Jahre konnte die Grösse des tragbaren Blutgasanalysengerätes der Firma SDI (Vorgängermodell: StatPal II) um einen Faktor 3.8 (Volumen) respektive 2.6 (Gewicht) reduziert werden. Aus der Miniaturisie-

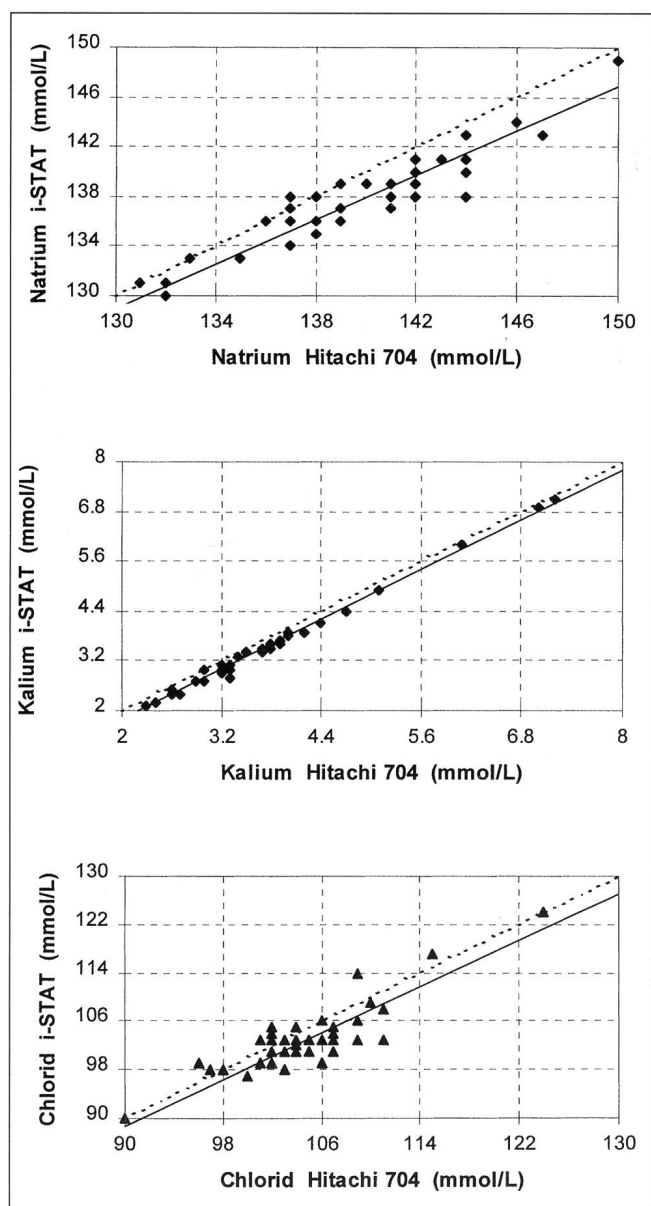


Abbildung 2: Vergleich der Messergebnisse vom i-STAT-System und der Labormethode; Elektrolyte von 39 Pferdeblutproben

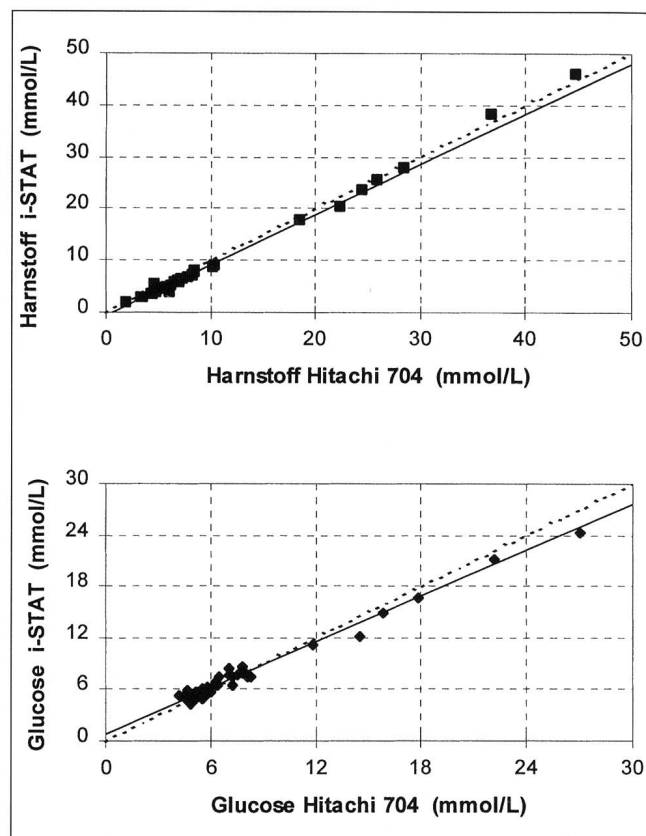


Abbildung 3: Vergleich der Messergebnisse vom i-STAT-System und der Labormethode; Harnstoff und Glucose von 39 Pferdeblutproben

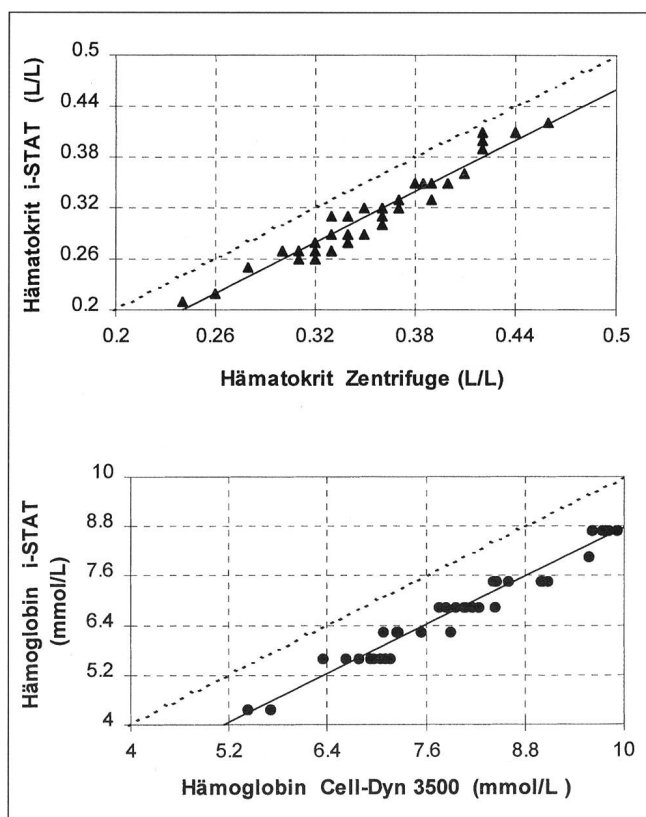


Abbildung 4: Vergleich der Messergebnisse vom i-STAT-System und der Labormethode; Hämatokrit und Hämoglobin von 39 Pferdeblutproben

Die nun für Einzelbestimmungen ausgelegten Messmodule resultiert eine bedeutende Kostenreduktion der Blutgasanalysen. Die Bedienung des Gerätes ist in wenigen Minuten zu erlernen und Handhabungsfehler sind praktisch ausgeschlossen. Das Fehlererkennungssystem zeigt unter anderem Unregelmäßigkeiten bei der Befüllung, beim geräteinternen Bluttransport und bei der Temperierung der Kartuschen sowie Elektrodenfunktionsstörungen an. Die präanalytischen Vorsichtsmaßnahmen bei der Probengewinnung, dem Transport und der Lagerung (IFCC, 1995a) bleiben natürlich dieselben wie für konventionelle Blutgasanalysensysteme.

Die Reproduzierbarkeit der Messungen ist mit Variationskoeffizienten von weniger als 4% (Tab. 2 und 3) vergleichbar mit derjenigen von Tischmodellen. Die Korrelationen von Blutgasanalysen auf dem i-STAT-System und denjenigen auf dem Corning-Gerät sind sehr eng (0.962 bis 0.997). Die Steigungen der linearen Regressionsgeraden sind mit 1.000 bis 1.068 beinahe ideal und ihre Achsenabschnitte sind klein (0.000 für den pH-Wert, -1.658 für den pO_2 und -2.975 den pCO_2). Die Vergleichsuntersuchungen mit den i-STAT-Kartuschen 6+ sind für die einzelnen Parameter recht unterschiedlich ausgefallen. Während die Glukose-, Harnstoff-, und Kaliumresultate gut mit denjenigen der Referenzmethode auf dem Hitachi-Analyser übereinstimmen, sind die Natrium- und Chloridwerte mit einem systematischen Fehler behaftet (Achsenabschnitte 11.9 respektive 1.93), und die Korrelation der Chloridanalysen ist nicht besonders eng (0.867). Besser als erwartet korrelieren die Hämatokritberechnungen mit den Resultaten der Standardmethode. Eine Korrektur für den Achsenabstand muss allerdings vorgenommen werden ($Hct = Hct$ gemessen mit dem i-STAT-System +0.05 bei 0.20 L/L, respektive +0.03

bei 0.40 L/L). Die Auswirkungen von hohen Gesamtproteinkonzentrationen oder Leukozytenzahlen auf den Hämatokrit haben wir nicht überprüft. Die Herstellerfirma gibt gewisse Korrekturmöglichkeiten an.

Bei der Beurteilung der Natrium-, Chlorid- und Hämoglobin-Resultate muss berücksichtigt werden, dass die Messwerte unserer Proben nur über einen beschränkten Teil des Messbereichs verteilt sind. Dieser wird mit 100 bis 180 mmol/L für Natrium, mit 65 bis 140 mmol/L für Chlorid und mit 2 bis 16 mmol/L für Hämoglobin angegeben. Zudem haben wir nur eine Charge von Kartuschen geprüft. Mit den Kartuschen EG7+ kann auch das ionisierte Kalzium gemessen werden. Eine sehr gute Übereinstimmung der Resultate von humanen Blutproben mit Vergleichsmessungen auf dem ICA 2 von Radiometer fanden Müller-Plathe et al., 1997. Die Berechnung der Sauerstoffsättigung beruht auf der Annahme einer Standardbindungskurve für menschliches Blut. Wegen der Verschiebung der Bindungskurve bei Pferden (Clerbaux et al., 1986; Fedde, 1991) und bei Schwerstkranken wird das Verfahren nicht mehr empfohlen (IFCC, 1995b). Wir haben daher auf die Auswertung der berechneten Parameter, TCO_2 , HCO_3 , BE_{eff} und Sauerstoffsättigung verzichtet.

Schlussfolgerungen

Das i-STAT-System ersetzt einen teuren Blutgasanalyser; es ist nicht ortsgebunden und sehr rasch betriebsbereit. Die einfache Bedienung, die hohe Betriebssicherheit und Schnelligkeit (Resultate zwei Minuten nach dem Einsetzen des Moduls auf der Anzeige) und die Datenspeicherung sind optimale Voraussetzungen für einen

Evaluation du système analytique portable des gas sanguines i-STAT

La précision et la concordance avec les méthodes conventionnelles du système i-STAT ont été évaluées à l'aide d'échantillons du sang de chevaux. Les gas sanguines, le pH, les concentrations du sodium, du potassium, du chlore, de la glucose, de l'urée et de l'hémoglobine ont été quantifiées. L'hématocrite a été calculée. Une bonne précision du système a été constatée pour les contrôles de série. Les coefficients de variation fluctuaient entre 0 et 3.85% et les coefficients de corrélation entre 0.96 et 0.998 pour les gas sanguines, la glucose, l'urée, l'hémoglobine, l'hématocrite, le sodium et le potassium. Le coefficient de corrélation du chlore était exceptionnellement bas avec une valeur de 0.867. Le système i-STAT est approprié à la pratique vétérinaire et peut être utilisée dans l'écurie et des situations d'urgence.

Valutazione del sistema analizzatore portatile i-STAT

Lo scopo di questo studio è stato di paragonare i risultati di esami ematologici equini ottenuti mediante un sistema analizzatore portatile, i-STAT SDI, con quelli derivati da laboratori convenzionali, e di verificarne accuratezza e precisione. La precisione si è rivelata elevata ed i coefficienti di variabilità erano compresi tra 0 e 3.85%. L'analisi comparativa dei campioni con i metodi di routine ha mostrato una importante correlazione positiva, con coefficienti di correlazione superiori a 0.96 per l'analisi dei gas ematici, pH, glucosio, urea, emoglobina, ematocrito, sodio e potassio, con l'eccezione del cloruro, per il quale era di 0.867. Il sistema i-STAT consente una rapida ed accurata valutazione sul campo dei dati di laboratorio nei pazienti equini critici e nelle situazioni di emergenza.

Einsatz in einer Intensivstation oder in einem Rettungsfahrzeug. Das Patientenblut kommt nur mit den Einwegkartuschen in Kontakt und nicht mit dem Gerät selber. Dadurch entfällt praktisch eine kostspielige Wartung des Blutgasanalysers. Unsere Resultate zeigen, dass das i-STAT-System mit Pferdeblut genau so zuverlässig arbeitet wie mit menschlichem Blut, sind doch die Korrelationskoeffizienten des Methodenvergleichs von Humanblut im gleichen Bereich (Mueller-Plathe et al., 1997) wie diejenigen von Pferdeblut.

Literatur

Clerbaux T., Serteyn D., Willems E., Brasseur L. (1986): Détermination de la courbe de dissociation standard de l'oxyhémoglobine du cheval et influence, sur cette courbe, de la température, du pH et du diphosphoglycérate. *Can. J. Vet. Res.* 50, 188–192.

Eisenwiener H.-G., Bablok W., Bardorff W., Markowetz D., Passing H., Spaethe R., Specht W., Völckert E. (1984): Statistische Auswertung beim Methodenvergleich. *Lab. med.* 8, 232–244.

Fedde M.R. (1991): Blood gas analyses on equine blood: required correction factors. *Equine vet. J.*, 23, 410–412.

IFCC (1995a): Approved IFCC recommendations on whole blood sam-

pling, transport and storage for simultaneous determination of pH, blood gases and electrolytes. *Eur. J. Clin. Chem. Clin. Biochem.* 33, 247–253.

IFCC (1995b): International Federation of Clinical Chemistry. Approved recommendation on definitions of quantities and conventions related to blood gases and pH. *Eur. J. Clin. Chem. Clin. Biochem.* 33, 399–404.

Koblbaas K., Kübler E., Fiedler H. (1993): Statistische Auswerteverfahren für Methodenvergleiche. *Lab. Med.* 12, 582–583.

Müller-Plathe O., Ginzbourg J., Rudolph S. (1997): Evaluierung des tragbaren i-STAT Blutgas-Elektrolyt-Analysensystems. *J. Lab. Med.* 21, 325–331.

Passing H., Bablok W. (1983): A new biometrical procedure for testing the equality of measurements from two different analytical methods. Application of linear regression procedures for method comparison studies in clinical chemistry, part I. *J. Clin. Chem. Clin. Biochem.* 21, 709–720.

Dank

Wir danken der Firma Provet AG in Lyssach für die Ausleihe des Analysengerätes und die Lieferung des Verbrauchsmaterials

Korrespondenzadresse: Prof. Dr. P.R.Tschudi, Klinik für Nutztiere und Pferde der Universität Bern, Abteilung für Pathophysiologie und klinisches Labor, Länggassstrasse 124, CH-3012 Bern

Manuskripteingang: 18. März 1998

In vorliegender Form angenommen: 3. August 1998