

Götz Kohler¹, Urs Boutellier^{2,3}

¹ Biophysikalische Chemie, Biozentrum der Universität Basel

² Institut für Bewegungswissenschaften, ETH Zürich

³ Physiologisches Institut, Universität Zürich

Bestimmung der Genauigkeit von Blutlaktatmessgeräten am Beispiel des Laktatanalyzer Biosen 5040

Zusammenfassung

Die Blutlaktatkonzentration ist eine wichtige Grösse in den Sportwissenschaften. Die Genauigkeit ihrer Messung ist daher von wesentlicher Bedeutung. Am Beispiel des Laktatanalyzer Biosen 5040 (EKF Industrie-Elektronik, Barleben, Deutschland) werden Möglichkeiten vorgestellt, um die Messgenauigkeit von Blutlaktatmessgeräten und die Lagerungszeit der Proben zu überprüfen. Weiterhin wird eine Methode vorgestellt, um den vom Anwender verursachten Messfehler abzuschätzen. Die Herstellerangaben über die Messgenauigkeit (1,5% bei einer Laktatkonzentration von 12 mmol/l) werden von dem getesteten Gerät nur unter bestimmten Bedingungen erfüllt, die vom Hersteller jedoch nicht angegeben werden. So liegt der Drift zu Beginn einer Messserie fast immer höher als vom Hersteller angegeben (3% über 10 Proben), erreicht diese aber immer nach mehreren Messungen. Die verwendeten Laktatproben können mindestens 4 Tage bei 8 °C im Kühlschrank gelagert und ohne Aufwärmphase gemessen werden. Bei –18 °C können die Proben mindestens 14 Tage aufbewahrt werden. In unseren Messungen übersteigt der durch den Anwender verursachte Messfehler den Fehler des Messgerätes Laktatanalyzer Biosen 5040 bei weitem. Wir schliessen aus unseren Versuchen, dass das getestete Gerät unter Beachtung bestimmter Bedingungen eine hohe Genauigkeit aufweist und unseren Anforderungen genügt.

Schlüsselwörter:

Laktat, Messfehler

Abstract

The blood lactate concentration represents an important parameter in sport sciences. Accuracy of the measurements is important. We present a method to test the reliability of lactate analyzers at the example of the Laktat Analyzer Biosen 5040 (EKF Industrie-Elektronik, Barleben, Germany). In addition, we investigated the storage time of lactate samples and validated the measuring errors. The measuring precision (1,5% at a blood lactate concentration of 12 mmol/l) indicated by the manufacturer hold true only under certain conditions. At the beginning of a measurement series, the drift exceeds the manufacturer's statement (3% over 10 samples). However, after repeated measurements, the drift fulfills the manufacturer statement. The samples can be stored at 8 °C for at least 4 days and can be measured without a warming period. At –18 °C, samples can be stored for at least 14 days. Handling errors exceed the errors made by the lactate device by far. If certain handling instructions are observed, Biosen 5400 is a precise device for the measurement of blood lactate concentrations.

Key words:

Lactate, measuring errors.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 52 (4), 149–153, 2004

Einleitung

Die Laktatkonzentration im Blut ist eine wichtige Messgrösse in der Sport- und Trainingswissenschaft. Aus der Dynamik der Blutlaktatkonzentration lassen sich Rückschlüsse auf den Trainingszustand eines Sportlers ziehen. Weiterhin kann auf diese Weise in Longitudinalstudien die Wirkungsweise von Trainingsmethoden beurteilt werden.

Bei der Auswertung und Interpretation von Blutlaktatwerten ist man auf eine hohe Messgenauigkeit angewiesen. Durch Abnutzungs- und Alterungsprozesse gewisser Bauelemente kann sich die Genauigkeit der Messgeräte jedoch verändern. Zwar sind in vielen Messgeräten verschiedene Kalibrier- und Testsequenzen integriert, doch können damit nicht alle möglichen Fehler überprüft werden. Es ist daher empfehlenswert, die Zuverlässigkeit der Geräte regelmässig und umfassend zu überprüfen.

In vielen Institutionen, wie auch in der Gruppe Sportphysiologie der ETH/Uni Zürich, wird die Blutlaktatkonzentration mit dem Laktatanalyzer Biosen 5040 (EKF Industrie-Elektronik, Barleben,

Deutschland) gemessen. Mit diesem Gerät kann die Bestimmung der Laktatkonzentration mit Vollblut, Plasma oder Serum durchgeführt werden. Am einfachsten ist die Messung mit kapillar gewonnenem Vollblut. Dazu werden mit einer End-to-end-Glaskapillare 20 µl Blut durch Tröpfchenentnahme am Ohrläppchen oder am Finger gewonnen. Die gefüllte Glaskapillare wird anschliessend in einen mit etwa 1 ml Reagenzlösung gefüllten Kunststoffbehälter gegeben und durch Schütteln mit der Reagenzlösung vermischt. Die Laktatkonzentration von bis zu 40 solcher Proben kann dann mit dem Laktatanalyzer in einer Reihemessung bestimmt werden.

Wir erstellten mehrere Testprotokolle, mit denen wir die Herstellerangaben bezüglich der Messgenauigkeit (1,5% bei einer Blutlaktatkonzentration von 12 mmol/l, Drift kleiner als 3% über 10 Proben) und die Lagerfähigkeit der Proben bei 8 °C und –18 °C überprüften.

Der gesamte Messfehler wird nicht nur durch das Messgerät verursacht, sondern auch durch Volumenschwankungen bei der Bluttröpfchenentnahme und der Reagenzlösung in den Probenbehältern. Aufgrund der vielfältigen Fehlerquellen stellen wir im

Folgenden eine Möglichkeit vor, um den gesamten Messfehler abschätzen zu können.

Die beschriebenen Tests können in der vorliegenden oder auch in abgewandelter Form eingesetzt werden, um verschiedene Laktatmessgeräte zu überprüfen. Den Versuchen liegen folgende Fragestellungen zu Grunde:

- Wie gross ist der Drift bzw. die Variabilität innerhalb einer Reihenmessung?
- Lässt sich der Drift durch bestimmte Massnahmen verringern?
- Können die Proben im Kühlschrank (8 °C) oder im Gefrierfach (–18 °C) gelagert werden, ohne dass das Messergebnis beeinträchtigt wird?
- Können die Proben ohne Aufwärmphase nach einer Lagerung im Kühlschrank bei 8 °C gemessen werden?
- Wie gross ist der gesamte Messfehler?

Methoden

Um möglichst realistische Testbedingungen zu erreichen, haben wir für die Testproben nur Blut und keine Laktatlösung verwendet. Das verwendete Blut sollte zwecks Vergleichbarkeit bei allen Versuchen eine nahezu gleiche Blutlaktatkonzentration aufweisen. In den Tests 1–4 wurde beabsichtigt, nur den Messfehler zu beobachten, welcher durch das Messgerät verursacht wird. Da es nicht möglich ist, absolut identische Blutvolumina zu entnehmen, entstehen zwangsläufig bei der Tröpfchenentnahme weitere Messfehler. Auch wenn das bei verschiedenen Messungen entnommene Blut absolut identische Laktatkonzentrationen aufweist, führen die unvermeidlichen Volumenschwankungen dazu, dass die Laktatkonzentrationen der Proben leicht variieren. Auch kann das Volumen der Reagenzlösung in den Probenbehältern gering variieren. Um den durch die Volumenschwankungen verursachten Fehler zu vermeiden, und um möglichst identische Stoffkonzentrationen zu erreichen, wurden die Proben in den Tests 1–4 folgendermassen hergestellt:

Um vergleichbare Blutlaktatkonzentration von etwa 10 mmol/l zu erreichen, absolvierte eine Testperson mehrere kurze intensive Belastungseinheiten auf einem Fahrradergometer (5-mal 2 min bei maximaler Leistung mit je 3 min Pause). Die für den jeweiligen Test benötigte Anzahl Laktatproben wurde per Tröpfchenentnahme (20 µl) am Ohrläppchen mittels Glaskapillaren gewonnen, welche dann in die Probenbehälter mit der Reagenzlösung gegeben wurden. Der Inhalt aller Proben wurde anschliessend nach Schütteln ohne die Mikrokapillaren in ein Gefäss gegeben. Aus diesem Gefäss wurde jeweils 1 ml der Probenlösung zurück in die mit destilliertem Wasser gespülten und getrockneten Probenbehälter pipettiert. Vor der Befüllung des ersten Probenbehälters wurde zur Spülung und Benetzung der Pipettenspitze mehrmals auf und ab pipettiert.

In Test 5 sollte der durch die Volumenschwankungen bei der Bluttröpfchenentnahme verursachte Messfehler abgeschätzt werden. Zur Herstellung der in Test 5 verwendeten Proben wurden jeweils 20 µl Blut in die End-to-end-Glaskapillaren gefüllt und in jeweils einen Probenbehälter gegeben. Um zu vermeiden, dass auch natürliche Schwankungen der Blutlaktatkonzentration das Testergebnis beeinflussen, wurde ein entsprechendes Blutvolumen venös am Unterarm entnommen, aus dem dann alle Kapillaren befüllt wurden. Diese einmalige Blutentnahme gewährleistet, dass das Probenblut so identisch wie möglich ist. Die biologischen Vorgänge im Blut werden erst dann gestoppt, wenn die Mikrokapillare in den Probenbehälter mit der Reagenzlösung gegeben wird. Deshalb kann die Laktatkonzentration im Probenblut während der Herstellung mehrerer Proben leicht ansteigen. Eine geeignete Messreihenfolge ermöglicht, einen solchen Einfluss aufzudecken.

In Test 1 wurde der Laktatanalyzer unmittelbar vor dem ersten Messdurchgang in den Zustand «messbereit» versetzt. In den Tests 2–5 wurde der Laktatanalyzer 30 min vor Messbeginn in den Zustand «messbereit» versetzt. Um einen eventuellen Einfluss der Pipettierreihenfolge erkennen zu können, wurden die Proben nicht in der Reihenfolge gemessen, in der sie pipettiert wurden.

Alle Proben eines Tests wurden jeweils 3-mal unmittelbar hintereinander gemessen, wobei in einem der beiden letzten Messdurchgänge die Reihenfolge der Proben umgekehrt wurde. Die gekauften Kontrolllösungen (2, 4 und 10 mmol/l; LCQ 140, Dr. Bruno Lange GmbH & Co. KG, Berlin, Deutschland) wurden jeweils vor und nach den Messdurchgängen bestimmt.

Test 1

Mit diesem Test wurde untersucht, ob ein Drift während einer Reihenmessung auftritt. Verwendet wurden 37 Proben (die letzten 3 Plätze im Probenteller wurden für die Kontrolllösungen verwendet). Das Messgerät Biosen wurde 24 h vor diesem Test das letzte Mal verwendet. Test 1 wurde sofort nach dem Erreichen des Zustands «messbereit» gestartet. Die Proben wurden in folgender Reihenfolge gemessen: 1, 37, 20, 19, 2, 36, 21, 18, 3, 35, 22, 17, 4, 34, 23, 16, 5, 33, 24, 15, 6, 32, 25, 14, 7, 31, 26, 13, 8, 30, 27, 12, 9, 29, 28, 11, 10. Das bedeutet, dass die zuerst pipettierte Probe zuerst gemessen wurde, danach die 37. pipettierte Probe, anschliessend die 20. Probe, usw.

Test 2

Dieser Test sollte zeigen, ob der vorhandene Drift dadurch verringert werden kann, wenn der Laktatanalyzer vor den 3 Messdurchgängen einmal nur mit Kalibrier- und Kontrolllösungen gestartet wird. Verwendet wurden dazu 12 Proben. Die Proben wurden in folgender Reihenfolge gemessen: 7, 6, 9, 4, 11, 2, 8, 5, 10, 3, 12, 1.

Test 3

Dieser Test sollte die Möglichkeiten der Lagerfähigkeit der Proben überprüfen. Verwendet wurden insgesamt 30 Proben. 10 Proben wurden nach der Herstellung 2 h bei Raumtemperatur gelagert und gemessen, 10 Proben wurden nach 4 Tagen Aufbewahrung bei 8 °C gemessen und weitere 10 Proben nach 14 Tagen Aufbewahrung bei –18 °C. Die gekühlten/gefrorenen Proben wurden vor den Messdurchgängen 2 h bei Raumtemperatur aufgewärmt und anschliessend geschüttelt. Die Proben wurden in folgender Reihenfolge gemessen:

2 h ungekühlt: 16, 13, 19, 10, 22, 7, 25, 4, 28, 1.
 4 d Kühlschrank: 17, 14, 20, 11, 23, 8, 26, 5, 29, 2.
 14 d Gefrierfach: 18, 15, 21, 12, 24, 9, 27, 6, 30, 3.

Test 4

Dieser Test sollte zeigen, ob die Proben nach direkter Entnahme aus dem Kühlschrank gemessen werden können. Verwendet wurden insgesamt 24 Proben. Davon wurden 12 Proben 3 h bei 8 °C aufbewahrt. Die anderen 12 Proben wurden bei Raumtemperatur aufbewahrt. Nach 3 h wurde die Laktatkonzentration aller Proben bestimmt, wobei abwechselnd gekühlte und nicht gekühlte Proben gemessen wurden. Die Proben wurden in folgender Reihenfolge gemessen: 14, 1, 12, 23, 16, 3, 10, 21, 18, 5, 8, 19, 20, 7, 6, 17, 22, 9, 4, 15, 24, 11, 2, 13.

Test 5

Dieser Test sollte eine Fehlerabschätzung des gesamten Messfehlers ermöglichen. Deswegen wurden Volumenschwankungen bei der Befüllung der Mikrokapillaren nicht eliminiert. Die 37 Proben wurden in folgender Reihenfolge gemessen: 19, 20, 18, 21, 17, 22, 16, 23, 15, 24, 14, 25, 13, 26, 12, 27, 11, 28, 10, 29, 9, 30, 8, 31, 7, 32, 6, 33, 5, 34, 4, 35, 3, 36, 2, 37, 1.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Tests sind in den *Abbildungen 1–5* dargestellt. In den *Tabellen 1–5* sind die Drifts innerhalb der ersten 10 Proben angegeben ($\Delta_{P,10}$). Weiterhin ist der Drift der 10-mmol/l-Kontrolllösung angegeben (Δ_C).

Test 1

Tabelle 1 und Abbildung 1 zeigen, dass der Drift im 1. Messdurchgang deutlich höher ist als in den beiden folgenden Durchgängen. Innerhalb der Durchgänge ist der Drift zu Beginn am grössten. Im 1. Messdurchgang treten Ausreisser auf, die es in den beiden anderen Durchgängen nicht gibt (Proben Nr. 7, 9, 13, 14, und 30). Auffällig ist Probe Nr. 1: Sie weist bei allen 3 Messungen einen deutlich höheren Wert auf. Auch die Proben Nr. 5, 9, 13, 25, 29, 33 und 37 haben leicht erhöhte Messwerte. Diese Proben (einschl. Probe Nr. 1) gehören zu den zuerst pipettierten Proben (s. Methoden).

	1. Durchgang	2. Durchgang	3. Durchgang
$\Delta_{P,10}$ (mmol/l)	0,90	0,48	0,65
Δ_C (mmol/l)	1,91	0,52	0,40

Tabelle 1: Drift innerhalb der ersten 10 Proben ($\Delta_{P,10}$) und der 10-mmol/l-Standardlösung (Δ_C) bei einer Reihenmessung von 37 Proben. Probe Nr. 1 wurde dabei nicht berücksichtigt, da sie fehlerhaft erschien (Abb. 1). Der Test wurde direkt nach Erreichen des Zustands «messbereit» gestartet. Der Test wurde mit einer Laktatkonzentration von etwa 10 mmol/l durchgeführt, ein absoluter Drift von 0,1 mmol/l entspricht daher einem relativen Drift von 1%.

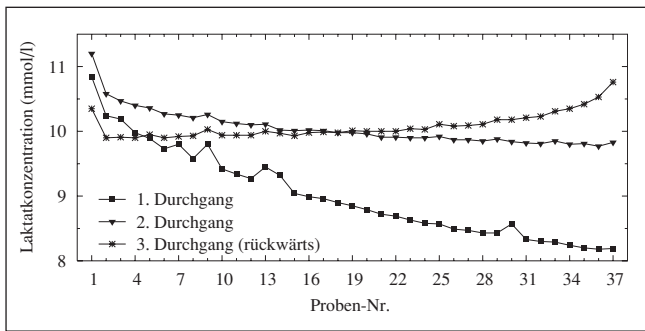


Abbildung 1: Reihenmessung von 37 Proben. Die 3 Messläufe wurden, unmittelbar nachdem der Laktatanalyzer den Zustand «messbereit» erreicht hatte, direkt hintereinander durchgeführt.

Test 2

Abbildung 2 zeigt die Messergebnisse von Test 2. Auch bei diesem Test ist der Drift im 1. Messdurchgang am grössten (Tab. 2).

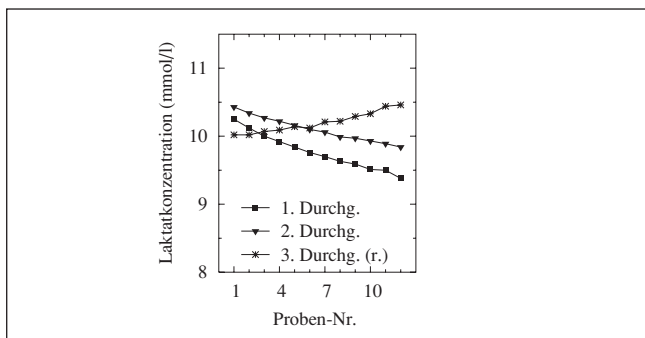


Abbildung 2: Reihenmessung von 12 Proben. Direkt vor den 3 Messdurchgängen (Durchg.) wurde ein Durchgang nur mit der Kalibrier- und den Standardlösungen ohne Proben gestartet. r. = rückwärts.

	1. Durchgang	2. Durchgang	3. Durchgang
$\Delta_{P,10}$ (mmol/l)	0,74	0,50	0,39
Δ_C (mmol/l)	0,74	0,49	0,29

Tabelle 2: Drift zwischen den ersten 10 Proben ($\Delta_{P,10}$) und der 10-mmol/l-Standardlösung (Δ_C) bei einer Reihenmessung von 12 Proben. Vor den 3 Messdurchgängen wurde ein Durchgang nur mit der Kalibrierlösung und den Kontrolllösungen ohne Proben gestartet.

Test 3

Abbildung 3 zeigt die Messergebnisse von Test 3. Die 3 Messdurchgänge unterscheiden sich nur minimal. Nur in Messserie b) (4 Tage Aufbewahrung bei 8 °C) ergibt sich eine leicht erhöhte Variabilität der Messwerte, diese ist aber im Vergleich zum Drift klein. In allen 3 Durchgängen ist der Drift im 1. Messdurchgang am grössten (Tab. 3).

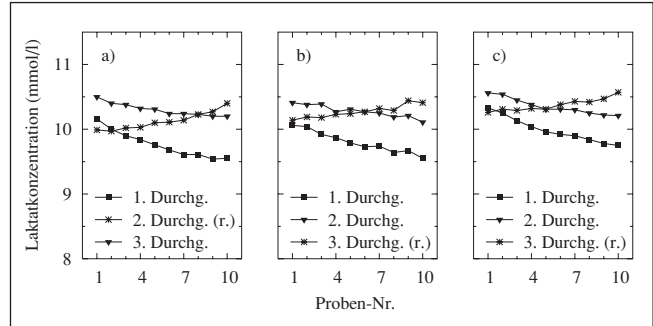


Abbildung 3: Reihenmessungen von jeweils 10 Proben. r. = rückwärts. a) 2 h nach der Probenherstellung. b) Nach 4 Tagen Aufbewahrung bei 8 °C. c) Nach 14 Tagen Aufbewahrung bei -18 °C.

a)	1. Durchgang	2. Durchgang	3. Durchgang
$\Delta_{P,10}$ (mmol/l)	0,61	0,41	0,30
Δ_C (mmol/l)	0,48	0,30	0,25
b)	1. Durchgang	2. Durchgang	3. Durchgang
$\Delta_{P,10}$ (mmol/l)	0,51	0,30	0,27
Δ_C (mmol/l)	0,37	0,15	0,12
c)	1. Durchgang	2. Durchgang	3. Durchgang
$\Delta_{P,10}$ (mmol/l)	0,58	0,35	0,31
Δ_C (mmol/l)	0,64	0,28	0,29

Tabelle 3: Drift bei Reihenmessungen von jeweils 10 Proben ($\Delta_{P,10}$) und der 10 mmol/l Standardlösung (Δ_C). a) 2 h nach der Probenherstellung. b) Nach 4 Tagen Aufbewahrung bei 8 °C. c) Nach 14 Tagen Aufbewahrung bei -18 °C.

Test 4

In Abbildung 4 ist zu erkennen, dass die im Kühlschrank bei 8 °C gelagerten Proben grundsätzlich niedrigere Messwerte aufweisen als die Proben mit Raumtemperatur. In Tabelle 4 wurde zur Berechnung des Drifts zwischen den ersten 10 Proben diesmal der Mittelwert von Probe 9 und 11 verwendet, da Probe 1 und 10 bei verschiedenen Temperaturen gelagert wurden. Erneut weist der 1. Messdurchgang einen höheren Drift auf.

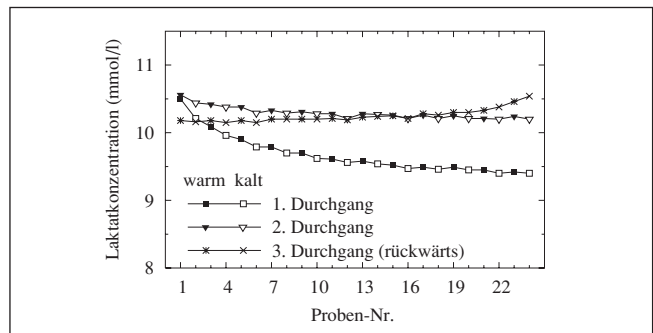


Abbildung 4: Reihenmessung von 24 Proben nach 3 h. Die Proben mit ungerader Nummer wurden bei Zimmertemperatur und diejenigen mit gerader Nummer wurden bei 8 °C im Kühlschrank gelagert und ohne Aufwärmphase gemessen.

	1. Durchgang	2. Durchgang	3. Durchgang
$\Delta_{P,10}$ (mmol/l)	0,85	0,27	0,22
Δ_C (mmol/l)	0,18	0,02	0,04

Tabelle 4: Drift zwischen den ersten 10 Proben ($\Delta_{P,10}$), und der 10-mmol/l-Standardlösung (Δ_C) bei einer Reihenmessung von 24 Proben. Jede zweite Probe wurde 3 h bei 8 °C aufbewahrt. Die gekühlten Proben wurden unmittelbar vor der Messung aus dem Kühlschrank genommen.

Test 5

Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse von Test 5. Zur Fehlerabschätzung haben wir jeweils die Differenz der Proben Nr. 5 und 8 sowie die Proben Nr. 26 und 28 verwendet. Die Differenz dieser Proben beträgt im Mittel 0,71 mmol/l, entsprechend etwa 7%. Da die Messwerte um den tatsächlichen Wert schwanken, ergibt sich ein maximaler Wert von 3,5%. Wie in allen Versuchen ist der Drift im 1. Messdurchgang am grössten (Tab. 5) und überschreitet die Herstellerangaben.

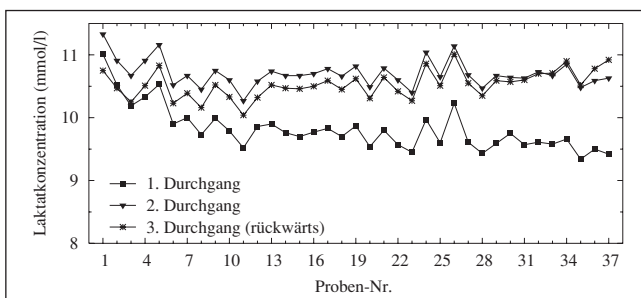


Abbildung 5: Reihenmessung von 37 Proben zur Abschätzung des gesamten Messfehlers.

	1. Durchgang	2. Durchgang	3. Durchgang
$\Delta_{C,10}$ (mmol/l)	1,06	0,31	0,49

Tabelle 5: Drift der 10-mmol/l-Kontrolllösung ($\Delta_{C,10}$) bei einer Reihenmessung von 37 Proben.

Diskussion

Bei der Herstellung der Proben spielt zu Beginn die Pipettierreihenfolge eine Rolle. *Abbildung 1* zeigt, dass die zuerst pipettierten Proben (Nr. 1, 5, 9, 13 usw.) einen tendenziell höheren Messwert aufweisen. Insbesondere die 1. pipettierte Probe weicht deutlich ab. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit des «Auf-und-ab»-Pipettierens zur Benetzung der Pipettierspitze vor Beginn der Probenherstellung.

Drift

In allen Tests ist der Drift im 1. Messdurchgang am grössten und übertrifft die Angabe des Herstellers von 3% auf 10 Proben zum Teil deutlich. Die Drifts der 2. und 3. Durchgänge unterscheiden sich kaum voneinander und übertreffen die Herstellerangaben nur teilweise. Innerhalb eines Messdurchgangs ist der Drift zu Beginn am grössten, nach 6 bis 10 Proben bleibt er annähernd konstant. Allerdings ist der Drift nicht bei allen Versuchen gleich gross, sodass kein Korrekturfaktor angegeben werden kann. Aus diesen Ergebnissen schliessen wir, dass der Drift einer Messserie dadurch verringert werden kann, indem ein 2. Messdurchgang direkt nach dem 1. Durchgang durchgeführt wird. In Test 2 wurde versucht, den 1. Messdurchgang abzukürzen und einen Messdurchgang nur mit der Kalibrierlösung und den Kontrolllösungen zu starten. Im Vergleich mit den anderen Tests hatte dieses Vorgehen keine Verringerung des Drifts zur Folge.

Laufzeit im Zustand «messbereit»

Auch die Laufzeit des Geräts im Zustand «messbereit» hat einen wesentlichen Einfluss auf den Drift. Nur in Test 1 wurde die Messung unmittelbar nach Erreichen des Zustand «messbereit» gestartet. Bei allen 3 Messdurchgängen von Test 1 übertrifft der Drift die Herstellerangaben deutlich. Der Drift lässt sich somit verringern, wenn der Laktatanalyzer mindestens 30 min im Zustand «messbereit» war. Daneben wirkt sich die Dauer im Zustand «messbereit» auch auf die Variabilität aus. Dies ergibt sich aus der Beobachtung, dass bei den Messungen von Test 1 einige Proben nur im 1. Messdurchgang Abweichungen im Vergleich zu den anderen Proben aufweisen.

Lagerung im Kühlschrank und im Gefrierfach

Unsere Ergebnisse zeigen, dass eine Lagerung der Proben bei 8 °C im Laborkühlschrank über einen Zeitraum von 4 Tagen problemlos möglich ist. Ebenfalls unproblematisch ist das Einfrieren der Proben und eine Lagerung bei -18 °C.

Messungen nach einer Lagerung im Kühlschrank bei 8 °C ohne Aufwärmphase

Die Ergebnisse von Test 4 zeigen, dass die bei 8 °C aufbewahrten und ohne Aufwärmphase gemessenen Proben einen tendenziell niedrigeren Messwert aufweisen als die bei Raumtemperatur gelagerten Proben. Würde dieser Messunterschied durch die verschiedene Temperatur der Proben verursacht, so sollte er während der 3 Messdurchgänge geringer werden. Da dies nicht der Fall ist, schliessen wir, dass die Proben ohne Einfluss auf das Messergebnis bei 8 °C im Kühlschrank gelagert und ohne Aufwärmphase gemessen werden können. Als Ursache für den beobachteten Unterschied vermuten wir, dass einige biologische Prozesse auch noch nach der Probenherstellung für eine gewisse Zeit aktiv bleiben und Laktat produzieren können. Es ist anzunehmen, dass diese Prozesse in den gekühlten Proben langsamer ablaufen. Die Unterschiede sind im Vergleich zum Drift und zu dem unten diskutierten gesamten Messfehler allerdings vernachlässigbar klein.

Messfehler

Die Tests 1–4 ermöglichen eine Abschätzung des durch den Laktatanalyzer verursachten Messfehlers. Der gesamte Messfehler wird sowohl durch das Messgerät als auch durch die Volumenschwankungen bei der Tröpfchenentnahme hervorgerufen. In Test 5 wurden diese Volumenschwankungen nicht eliminiert, daher ermöglicht *Abbildung 5* eine visuelle Abschätzung des gesamten Messfehlers. Aus dem Vergleich von *Abbildungen 1–4* auf der einen Seite und *Abbildung 5* auf der anderen Seite lässt sich schliessen, dass der vom Laktatanalyzer direkt verursachte Messfehler im Vergleich zu den anderen Fehlerquellen klein ist. Die Sorgfalt bei der Abnahme des Probenblutes stellt unserer Meinung nach einen wesentlichen Faktor beim Entstehen von Messfehlern dar.

Zusätzliche Anmerkungen

Unser Laktatanalyzer Biosen 5040 wird nahezu täglich benutzt, und er wird gemäss Herstellerangaben gepflegt und gewartet. Nach unseren Tests haben wir Kontakt zum Hersteller aufgenommen. Zur Gewährleistung der Funktionalität sollen laut Aussage des Herstellers EKF-diagnostic GmbH wesentliche Bauelemente des Laktatanalyzer regelmässig gewartet, gereinigt und bei Bedarf ausgetauscht werden. Ausserdem sollte von einem Servicefachmann regelmässig ein Check-up durchgeführt werden.

Neben der Funktionalität des Messgeräts und der Sorgfalt des Anwenders sind noch weitere Aspekte bei der Beurteilung und beim Vergleich von Blutlaktatmessungen von Bedeutung. So kann

das Ergebnis einer Messung auch davon abhängen, an welcher Körperstelle das Blut entnommen wurde und ob die Messung mit Vollblut, Plasma oder Serum durchgeführt wird. Deshalb möchten wir noch auf einen Artikel von Röcker und Dickhuth (2001) aufmerksam machen, in dem die Ergebnisse mehrerer dieses Thema betreffende Studien zusammenfassend dargestellt sind.

Schlussfolgerung

Mit den vorgestellten Testprotokollen konnten wir die Messgenauigkeit unseres Blutlaktatmessgerätes Laktatanalyzer Biosen 5040 überprüfen. Wir sind dabei zu dem Resultat gekommen, dass die vom Hersteller gemachten Angaben der Genauigkeit nur unter bestimmten Bedingungen erfüllt werden. Nach der Überprüfung unseres Laktatanalyzer konnten wir unsere Messprotokolle zur

Blutlaktatbestimmung so optimieren, dass die Herstellerangaben erreicht werden. Mit entsprechenden Modifikationen können die vorgestellten Testprotokolle auch auf andere Blutlaktatmessgeräte übertragen werden.

Korrespondenzadresse:

Götz Kohler, Biozentrum, Universität Basel, Klingelbergstrasse 70, 4056 Basel, Tel. 061 267 21 96, E-Mail: goetz.kohler@unibas.ch

Literaturverzeichnis

Röcker K., Dickhuth H.-H. (2001): Praxis der Laktatmessung. Dtsche Ztschr. Sportmed. 52: 33-34, 2001.

Aircast Cryo/Cuff

Kälte-Kompressions-Therapie
zum schnelleren Abschwellen
für Knie, OSG und Schulter



Postop Knie-/Ellbogenschienen

in diversen Grössen und Ausführungen

Aircast AirSport

pneumatische OSG-Stütze



ARTROMOT-Bewegungsschienen

Knie, Schulter, OSG, Ellbogen

Artroskin

neue extra-dünne Kniebandage
aus Lycra, nicht rutschend



ALLENSPACH MEDICAL AG

Fabrikweg 294
T 062 390 18 88
F 062 390 13 34

4718 Holderbank SO
www.allenspachmedical.ch
info@allenspachmedical.ch

