

LAKTAT BEDEUTUNG, ANWENDUNGEN UND MESSUNG

1. Allgemeine Bedeutung des Parameters Laktat:

1.1. Die grundlegende Energieversorgung unseres Organismus erfolgt über die Muskelzellen. Wenn der Körper in Ruhe oder in nur geringer Aktivität und nicht "gestresst" ist, erfolgt die Energiebereitstellung hauptsächlich über den "aeroben" Stoffwechsel: Der über normale Atmung aufgenommene Sauerstoff ist ausreichend für die bestehenden Anforderungen des Körpers. In diesem Bereich wird Laktat auch nur in geringen Mengen produziert und abgebaut. Diesen ausbalancierten, dem Standgas beim Auto vergleichbaren Zustand nennt man auch "Ruhewert" (0,5 - 2,2 mmol/l, abh. von individuellen Faktoren).

1.2. Bei höheren Belastungen (verursacht z.B. durch Sport, gehaltvolle Ernährung, Infektionen oder gesundheitliche Probleme) benötigt der Körper jedoch mehr Energie: Der Anteil des "anaeroben" Stoffwechsels nimmt zu, bei dem die in den Kohlehydratspeichern des Körpers gespeicherte Energie verstärkt freigesetzt wird ("Glykolyse"). Je höher der anaerobe Anteil des Stoffwechsels, umso höher ist auch die Laktatproduktion.

1.3. Halten sich bei moderater Belastung aerober und anaerober Anteil die Waage, wird das produzierte Laktat angemessen abgebaut und bleibt auf einem (wenngleich höheren Level, ca. 2,0 - 3,0 mmol/l) ausbalanciert. Bei gesteigerter Belastung wird schließlich jedoch mehr Laktat produziert als abgebaut, und die Laktatwerte steigen deutlich an. Das Verhältnis von körperlicher Aktivität und Laktatproduktion ist dabei abhängig von der individuellen Verfassung und der "aeroben Kapazität", also der Fähigkeit des Körpers, Sauerstoff effizient zur aeroben Energiegewinnung zu nutzen. Beides kann z.B. durch Training positiv beeinflusst werden. Mit Ausnahme von speziell dafür trainierten Sprintern sind hohe Laktatwerte jedoch allgemein als gesundheitsgefährdend zu bewerten:

1.4. Liegt Laktat (das Salz der Milchsäure) in hohen Konzentrationen vor, bedeutet dies eine Übersäuerung der Muskelzellen. Enzyme, die für den Fettabbau (als ein Hauptmotiv für sportliche Betätigung) verantwortlich sind, sind kaum noch aktiv, und das Immunsystem wird ebenso geschwächt, weshalb viele Amateursportler über häufige Infektionen klagen. Bei wiederholter extremer Übersäuerung können sogar die Mitochondrien als "Kraftwerke" der Zellen nicht nur in ihrer Entwicklung gehemmt, sondern auch in ihrer Grundfunktion stark beeinträchtigt werden - was wiederum die "aerobe Kapazität" (s.o.) deutlich herabsetzt. Die Erfassung von Laktatwerten (und damit verbunden auch der "aeroben Kapazität") erlaubt somit eine Beurteilung der physiologischen Verfassung für vielfältige Anwendungen als ein "Vitalparameter" für Sauerstoffschuld oder körperlichen wie krankheitsbedingten Stress:

1.5. Da die Laktatmessung lange Zeit nur mit Laborgeräten möglich war, blieb diese überwiegend beschränkt auf Untersuchungen in Sportmedizin und Profisport. Als etablierte Systeme zu nennen sind hier die Eppendorf EBIO-Geräte und die modernen EKF BIOSEN-Geräte, die neben hoher Präzision seit Einführung von Chip-Sensoren auch in der Bedienung deutlich vereinfacht wurden. 2004 wurde das Lactate SCOUT-Handmessgerät eingeführt: Bis dahin im Laktatbereich einzigartige Merkmale wie minimales Probevolumen, 15 s Messzeit, Messbereich bis 25,0 mmol/l, PC-Anschluss und viele Sonderfunktionen haben hier neue Möglichkeiten v.a. im Breitensport, in der Geburts- und Tiermedizin eröffnet.



Lactate **SCOUT**



2. Laktat im Sport:

2.1. Um den Trainingserfolg zu steigern, arbeiten Sportmediziner mit Laktatdiagnostik: Hierüber lassen sich individuelle Belastungsstufen optimal ermitteln und kontrollieren. Die größte Effizienz ist dabei im Bereich des "Schwellenwertes" festzustellen, also dort, wo Laktatproduktion und -abbau gerade noch ausgewogen sind (durchschnittlich im Bereich um die 4,0 mmol/l). Zur Bestimmung des Schwellenwertes wird ein sog. Stufentest durchgeführt: Dabei wird die Belastung (z.B. Lauftempo) in festen Zeitabständen schrittweise erhöht und nach jeder Belastungsstufe der aktuelle Laktatwert gemessen. Verbindet man die einzelnen Messwerte in Abhängigkeit zum jeweiligen Belastungswert zu einer Kurve, spiegelt sich über deren Verlauf die individuelle Leistungsfähigkeit und "Potential" des Sportlers wider. Wird der Stufentest nach einigen Trainingswochen wiederholt, lassen sich evt. Verbesserungen der aeroben Kapazität (= flachere Laktatkurve) feststellen.



2.2. Die Laktatdiagnostik ist weitaus präziser als Herzfrequenzmessung, insofern sie in direktem Bezug zum individuellen Stoffwechsel steht. Sog. "Pulswerte" können dagegen leicht fehlinterpretiert werden und zu unangemessener Gestaltung des Trainings führen. Breitensportler nutzen den Lactate SCOUT daher oft, um die im täglichen Training genutzte Pulsuhr über Ermittlung der individuellen Laktatwerte regelmäßig zu "kalibrieren". Laborgeräte wie das BIOSEN kommen v.a. bei Reihenuntersuchungen in Hochschulen und Leistungszentren als Referenzsysteme zum Einsatz.



3. Laktat in der Tiermedizin:

Laktatwerte bei Tieren sind unterschiedlich zu beurteilen: So werden z.B. Rennpferde mitunter bei 20 mmol/l trainiert. Der Lactate SCOUT ist derzeit das einzige Handmessgerät, das in diesem Messbereich noch zuverlässig arbeitet und wird von Trainern weltweit genutzt. Der SCOUT kompensiert zudem den in der Tiermedizin besonders zu beachtenden Einfluß von Hämatokrit, und künftige, in Planung befindliche Modelle bestimmen Hämatokrit und Hämoglobin parallel zum Laktat. Unterschiedlich hohe Viskosität des Blutes bei Großsäugern wird nachweislich ebenso toleriert, wie das geringe Probevolumen auch Untersuchungen in Heimtierpraxis und Falknerei ermöglicht.

4. Laktat in der Diabetikerbetreuung, Physiotherapie und Reha:

Diabetiker neigen oft zu Übergewicht. Zielstellung sportlicher Aktivität ist daher nicht die Leistungssteigerung, sondern die Optimierung des Fettabbaus und somit des aeroben Trainings unterhalb 3 mmol/l. In der Handhabung modernen Blutzucker-Messgeräten vergleichbar, eignet sich der Lactate SCOUT ideal für diese Zielgruppe und wird von betreuenden Ärzten mitunter auch den Patienten zur Eigenanwendung zur Verfügung gestellt. Entsprechende Anwendungsfelder im Grundlagen- und Aufbau-training finden sich in der Physiotherapie und Reha z.B. nach längeren Trainingspausen oder in Regenerationsphasen. Dank geringen Probevolumens erschließen sich neue Anwendungsgebiete auch in der Pädiatrie.



5. Laktat in der Geburtsmedizin:

Diese noch relativ neue Anwendung der Laktatdiagnostik wurde angeregt durch Studien u.a. in Australien, Schweden und Deutschland: Lässt sich über den "Streß" und Ruhelaktatwert der Mutter der Verlauf des Geburtsprozesses und die allg. Verfassung des Kindes einschätzen und z.B. eine frühzeitige Entscheidung für oder gegen einen Kaiserschnitt treffen, können zudem weitreichendere, mit der Sauerstoffversorgung der Mutter wie des Ungeborenen verbundene Geburtsrisiken wie Kreislaufkollaps, Schockzustände od. dgl. frühzeitig erkannt werden.

6. Laktat in Notfall- und Intensivmedizin, Kardiologie und Gerontologie:

In den genannten Bereichen dient Laktat v.a. als potentes "Alarmsignal" bei allgemeinen gesundheitlichen Problemen: Organversagen, drohende Zusammenbrüche, ja sogar immunologische Abwehrreaktionen können durch erhöhte Ruhe-Laktatwerte indiziert werden. Einschränkungen der körperlichen Sauerstoffversorgung infolge von Schockzuständen und Organversagen gehen ebenfalls mit erhöhten Laktatwerten einher. In der Kardiologie etabliert, findet die Laktatdiagnostik mittlerweile auch Verwendung in der Gesundheitskontrolle in Pflegestationen wie auch zur Überwachung von Intensivpatienten.

7. Kontinuierliches Laktat-Monitoring:

Unerwartete Todesfälle während oder bis zu 12 Stunden nach Operationen lassen sich oftmals zurückführen auf **rapide Veränderungen des Blutzuckerspiegels oder spontan auftretende Organ- und Stoffwechselstörungen**. Die ständige Überwachung von Glukose und Laktat ist daher wichtige Voraussetzung, kritische Zustände rechtzeitig zu erkennen und Gegenmaßnahmen einzuleiten. Mit **CLAMP** bietet EKF bereits ein entsprechendes klinisches Diagnosesystem, während SensLab an einem **EU-Projekt (www.clinicip.org)** für ein portables **In-vivo-System** beteiligt ist, das in klinischen Versuchen bereits erfolgreich getestet wurde. Es ist jedoch zu beachten, dass die derzeit am Markt verfügbaren Produkte von SensLab nicht für den Einsatz in lebenserhaltenden oder intensivmedizinischen Systemen zertifiziert und somit künftige Entwicklungen abzuwarten sind.



8. Industrie-Anwendungen (Lebensmittelforschung, Blutbanken, Qualitätskontrollen):

Die Laktat-Analytik eröffnet zusätzliche Anwendungsfelder auch für den industriellen Bereich: **Bakterielle Verunreinigung z.B. durch Laktobazillen oder Kontamination** von Substanzen, Nahrungsbestandteilen oder Zusätzen kann über erhöhte Laktatwerte festgestellt werden. Wesentliche Voraussetzungen sind dabei allerdings angemessene **Probegewinnung und -aufbereitung**: Sind Teststreifen-Systeme aufgrund ihrer Abstimmung auf eine bestimmte Probequalität (Viskosität, Blutbestandteile etc.) eingeschränkt, bieten Laborgeräte wie das **BIOSEN** größtmögliche Flexibilität für die Verarbeitung von vielfältigem Probenmaterial. Abhängig vom Marktvolumen werden darüberhinaus auch spezielle Systeme für bestimmte Einsatzbereiche, z.B. Qualitätskontrolle in Blutbanken entwickelt.



9. Diskussion: "Blutlose" Laktatmessung?

Angeichts gewisser Restrisiken beim Umgang mit Blut wie auch bei der schmerzhaften Punktierung der Haut werden regelmäßig Diskussionen über die Möglichkeit nicht-invasiver Bestimmung u.a. von Laktat geführt. Tatsächlich gibt es Übereinstimmungen des Laktatgehalts im Blut zum **Laktatgehalt im Speichel**. Neben dem zeitlich versetzten Auftreten der Laktatkonzentrationen im Muskel bzw. in der Mundhöhle beeinflussen vor allem jedoch **über die Nahrung aufgenommene Substanzen** die Messbarkeit ganz erheblich: Eine 2005 in den USA durchgeführte Studie ergab, dass verwertbare Ergebnisse nur bei Testpersonen erzielt wurden, die zuvor über längeren Zeitraum ausschließlich spezielle Nährflüssigkeiten zu sich genommen hatten - ein Verfahren, das der geplanten Vereinfachung der Messung klar

entgegensteht. Verbunden mit der Möglichkeit, auch sehr kleine Probemengen $< 0,5 \mu\text{l}$ auszumessen, gewinnt die **minimal-invasive Messung von Gewebsflüssigkeit (ISF)** für viele Parameter wie z.B. Glukose absehbar an Bedeutung. Allerdings korreliert der Laktatgehalt in adipösem Gewebe nicht bzw. nur zeitlich versetzt zum Blutlaktat, zumal auch der **Einfluss von stark laktathaltigem Schweiß** stören könnte.

10. Mögliche Fehler bei der Laktatmessung:

Um Fehlschlüsse bei unerwartet hohen oder niedrigen Laktatwerten zu vermeiden, ist es wichtig, mögliche **Einflussfaktoren** zu kennen. Hauptursache für überhöhte Laktatwerte ist die Verunreinigung der Probe durch Schweiß. Ständig erneuert, ist **Schweiß** selbst in kleinsten Mengen aufgrund seines hohen Laktatgehalts eine erhebliche Einflussgröße. Desinfektionsmittel oder **Alkoholtupfer** "verkleben" den Schweiß nur und führen obendrein zum Verdünnen und Verlaufen des Blutstropfens: Der gleichfalls laktathaltige **Speichel** ist zur Reinigung ebenso ungeeignet, weshalb vor jeder Punktierung und Messung die **gründliche Reinigung der Probestelle mit klarem Wasser (z.B. Leitungswasser oder Trinkflasche)** empfohlen wird. Eine von EKF/SensLab erarbeitete Anwendungsempfehlung kann im Internet unter www.lactatescout.com, "Service" heruntergeladen werden. Wie unter 1.2 ausgeführt, erfolgt die Laktatproduktion auch in Abhängigkeit vom **Glykogenspeicher**: Ist dieser aufgrund kohlehydratreicher Nahrung übermäßig gefüllt oder aufgrund von Diäten oder intensiven Trainings vorübergehend stark reduziert, können die Laktatwerte bis zu 24 Stunden danach merklich nach oben oder unten abweichen. Andere, von der Herzfrequenz bekannte Faktoren wie **Stress, Medikamente, Tee, Kaffee, Schmerz** oder vergleichbare "Stimulationen" können sich ebenfalls (wenngleich in geringerem Maße als bei der Herzfrequenz) auf die Laktatwerte auswirken. In jedem Fall ist es für eine qualifizierte diagnostische Aussage notwendig, die Laktatwerte mit weiteren Parametern wie z.B. EKG zu kombinieren: Laktat kann Aufschluß darüber geben, "ob" Veränderungen im Organismus stattfinden - welche das sind bzw. welche Ursachen dabei zugrunde liegen, bedarf stets differenzierterer Untersuchungen.

LACTATE SCOUT

FUNKTION & HAUPTMERKMALE

1. Grundprinzip:

1.1. Das SCOUT-Messsystem arbeitet nach dem enzymatisch-amperometrischen Verfahren, vergleichbar modernen Blutzucker-Messgeräten: Dabei wertet das Gerät ein **elektrisches Signal** aus, das durch die Reaktion der Probebestandteile mit dem Reaktionsgemisch im Teststreifen erzeugt wird.

1.2. Der SCOUT verwendet **Teststreifen für Einmalgebrauch** mit speziell konstruierter Messkammer: Hierbei zieht der Teststreifen über Kapillarkräfte nur soviel Probe auf wie benötigt, um Fehler durch Überdosierung auszuschließen. Um weitere Störeinflüsse zu vermeiden, sollte die **Probe direkt von der Probestelle**, also ohne Kapillaren oder Cups abgenommen werden. Der Teststreifen muß dabei im Gerät eingesetzt sein: Es ist nicht möglich, befüllte bzw. benutzte Streifen nachträglich auszulesen, da der biochemische Prozeß dann bereits abgelaufen und das Reaktionsgemisch verbraucht ist.



1.3. Eine **Kalibration** ist weder möglich noch notwendig: Die Qualität der Messung wird bestimmt von den vorkalibrierten Teststreifen, die wiederum nur einmal verwendet werden können. Vor Gebrauch der Teststreifen (jew. 24 Stück pro Dose) wird der auf der Dose aufgedruckte **Kalibrationscode** zur Abstimmung über die **Funktion "set code"** in den SCOUT eingegeben. Zur Sicherheit fordert der SCOUT in bestimmten Abständen zur Überprüfung des Kalibrationscodes auf; sollte dennoch mit falschen Code-Einstellungen gearbeitet werden, sind Abweichungen im Bereich +/- 1 mmol/l zu erwarten.



1.4. Das Reaktionsgemisch der Teststreifen reagiert sehr empfindlich auf **Licht, Feuchtigkeit und Wärme**. Es empfiehlt sich daher, immer nur einen Teststreifen vor der Messung der Dose zu entnehmen und diese umgehend wieder zu verschließen. Bei längerer Sonneneinwirkung oder Aufbewahrung im Auto können hohe Temperaturen entstehen: Für optimale Funktion und Haltbarkeit sollte die verschlossene Teststreifen-Dose daher überwiegend **im Kühlschrank gelagert** und ca. 20 min vor Wiederverwendung herausgenommen werden, damit Teststreifen und Messgerät bei anschließender Nutzung die gleiche Temperatur aufweisen.

1.5. Der SCOUT wird über zwei reguläre AAA/LR03 Batterien betrieben, die in der Regel frühestens nach 12 Monaten auszuwechseln sind. **Der Anschluß an ein Netzteil ist nicht vorgesehen**: Die unten am Gehäuse befindliche Buchse ist ausschließlich für PC-Verbindungen bestimmt, andere elektrische Spannungsquellen können bei irrtümlichen Anschluß das Gerät schwerwiegend beschädigen mit Verlust der Gewährleistung.

1.6. **Proben sind nur mit neuen, in den SCOUT eingesetzten Teststreifen aufzunehmen**: Wird Blut oder anderes Probenmaterial direkt in das Gerät (z.B. über die Öffnung für Teststreifen) gegeben, führt dies meist zu Beschädigungen, die nur vom Herstellerservice zu reparieren sind. Der Versuch, das Gerät selber zu öffnen oder zu reparieren, führt mit hoher Wahrscheinlichkeit nur zu weiteren Folgeschäden.

1.7. **Probenvolumen 0.5 µl, Messzeit 15 s, Messbereich 0.5 - 25.0 mmol/l, Speicher für 250 Werte, PC-Link**

2. Anwendungen:

2.1. Grundsätzlich sind Geräte mit Teststreifen nur für bestimmte Probearten wie z.B. menschliches Vollblut vorgesehen. Anderes Probematerial wie **Serum, Plasma oder wäßrige Lösungen** kann abweichende Eigenschaften hinsichtlich der Bestandteile oder auch der Viskosität aufweisen: Durch diese Unterschiede wird die Genauigkeit der Messung stark beeinträchtigt. Auch die **Testlösung** des Lactate SCOUT dient nur als grobe Funktionskontrolle, ohne Rückschlüsse auf die eigentliche Messgenauigkeit mit Vollblut zu ermöglichen. Nur erweiterte, in Planung befindliche Modelle des Lactate SCOUT können mittels spezieller Umrechnungsfaktoren künftig auch auf verschiedene Probearten (Vollblut oder Serum) angewandt werden.

2.2. Aus gleichem Grund (wie auch aufgrund des reduzierten Probenvolumens) reagieren Teststreifen-Systeme deutlich empfindlicher auf Störsubstanzen. Insbesondere **Blut verändert sich in kürzester Zeit**, nachdem es an der Probestelle ausgetreten ist: Nachschwitzen, Aufkonzentration durch Verdunsten u.a. Faktoren machen nachvollziehbar, dass nur mit frischem, unmittelbar nach der Probenahme vermessenem Blut aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen sind. Auch können Vermischung mit Schweiß- oder Alkoholresten, angetrocknete Blutreste sowie Medikamente die Probequalität negativ beeinflussen (s. "Laktat", Punkt 10).

3. Genauigkeit:

3.1. Neben einer umfangreichen Validierung nach gesetzlich vorgegebenen [Richtlinien für Medizinprodukte](#) unterliegen der Lactate Scout wie auch die Teststreifen regelmäßigen Qualitätskontrollen, ergänzt durch unabhängige externe Untersuchungen.

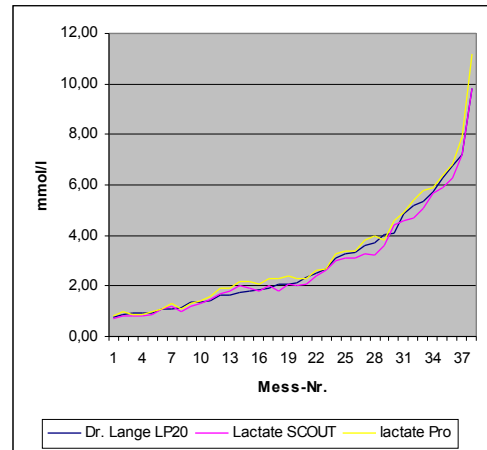
3.2. Der [Variationskoeffizient](#) hängt grundsätzlich von der Laktatkonzentration ab: Mit einem VK von 3-8% in einem Messbereich von 0,5-25,0 mmol/l wird der Lactate SCOUT auch hohen Laboranforderungen gerecht und eignet sich darüber hinaus auch für spezielle Anwendungen wie unter "Laktat" beschrieben.

3.3. Geringe Abweichungen bei wiederholten Messungen sind kein Zeichen von Ungenauigkeit: Die Probequalität kann leicht variieren, es sind [Einflüsse durch die Probenahme](#) gegeben wie auch die stoffwechselabhängige Laktatproduktion ein Prozess ist, bei dem "Momentaufnahmen" nicht voll reproduzierbar sind.

3.4. Um weitere Einflüsse gering zu halten, sollte die Probestelle stets beibehalten werden: Der Wechsel von einem zum anderen Finger oder zum Ohrläppchen kann bereits unterschiedliche Ergebnisse bedingen. Zu erwartende Abweichungen aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Teststreifen-Dosen und -chargen sind äußerst gering, aber auch bei Laborgeräten nicht grundsätzlich auszuschließen.

3.5. Aufgrund der verschiedenen Einflussfaktoren bei der Laktatmessung (weitaus mehr als z.B. bei der Glukosemessung) und herstellerbedingter Gerätespezifika ist eine verbindliche Referenz im Sinne eines ["Gold-Standards" im Markt nicht gegeben](#). Dies ist jedoch irrelevant, insofern die Aussagekraft von Laktatwerten nicht in der Erfassung bestimmter absoluter Einzelwerte liegt, sondern über Verlauf und Gestalt der Laktatkurven abgeleitet wird. Aufgrund der weltweiten Verbreitung und nachweislichen Präzision der EKF BIOSEN-Geräte werden diese als "Quasi-Standard" bei der Kalibration von Scout-Teststreifen eingesetzt.

3.6. Unabhängige [Vergleichsmessungen und Studien](#) zeigen eine gute Korrelation des Lactate Scout zu Laborgeräten vom Typ EKF BIOSEN, Eppendorf EBIO, Radiometer ABL, Yellow Springs (YSI), Hitachi und Analox. Beschränkt auf den Bereich unterhalb 10 mmol/l fanden sich entsprechende Übereinstimmungen auch zu Dr.Lange LP 20 /Diaglobal und Lactate Pro Messgeräten. Bei dem Roche AccuTrend Lactate bzw. Boehringer AccuSport und den GL-Systemen von Dr.Müller/Hitado zeigten sich teils stimmige, teils aber auch stark abweichende Vergleichswerte zu den genannten Referenzsystemen.



4. Probleme und mögliche Erklärungen:

4.1. Hauptproblem sind überhöhte Ruhewerte, verursacht durch Schweißreste in der Probe: Eine [Reinigung mit Alkoholtupfern ist niemals ausreichend](#), da Schweiß nur mit Wasser gelöst und vollständig entfernt werden kann. Nach der Reinigung ist die Probestelle zudem kurz abzutrocknen.

4.2. Stress, Gesundheitsprobleme, Diät oder Mahlzeiten haben gleichfalls Auswirkungen auf das Messergebnis. Nach ersten moderaten Belastungen hebt oder senkt sich der Laktatwert in der Regel auf ca. 2 mmol/l: Werden jedoch trotz sorgfältiger Probenahme über längere Zeit durchgängig höhere Laktatwerte festgestellt, empfiehlt sich eine [Überprüfung der Teststreifen](#) und ggf. ein Abbruch des Trainings, gefolgt von gründlicher medizinischer Untersuchung.

EKF BIOSEN C_/S_line

FUNKTION & HAUPTMERKMALE

1. Handmessgerät oder Labortechnik?

Für die grundlegende Diagnostik ist diese Frage ohne Relevanz: Entscheidungskriterium ist vielmehr der ökonomische Aspekt, also der **Preis für das Gerät im Verhältnis zum Preis pro Messung**. Werden mehr als 200 Messungen pro Monat durchgeführt und ist die Mobilität des Systems zweitrangig, empfiehlt sich ein modernes Laborgerät wie das **EKF BIOSEN**: Diese Geräte sind **sehr komfortabel zu bedienen** mit Touchscreen-Eingabe, automatischer Fehlerprüfung und wartungsfreundlichen Komponenten. Zudem sind Laborgeräte **deutlich flexibler, was das verwendete Probenmaterial betrifft**, bieten einen größeren Messbereich und eignen sich so für ein breites Spektrum möglicher Anwendungen.

Die BIOSEN-Geräte arbeiten wie der SCOUT nach dem **enzymatisch-amperometrischen Prinzip**, das ein etabliertes Verfahren auch im Laktatbereich darstellt: Hierbei wird ein elektrisches Signal ausgewertet, das bei der Verbindung von Probenmaterial und einem mit Reagenz beschichteten Chipsensor in einer Messzelle entsteht. Ein alternatives Verfahren ist die **Photometrie**, wo die Probe mit einer optisch aktiven Substanz reagiert, von einer Lichtquelle bestrahlt und die Wellenlänge von einer Fozelle ausgemessen wird. Derzeit arbeiten nurmehr ältere Laktatmessgeräte nach dem photometrischen Prinzip, das sich allerdings bei der Bestimmung z.B. von Hämoglobin sehr gut bewährt hat und in hämatologischen Messgeräten wie dem **EKF Hemo_Control** genutzt wird.

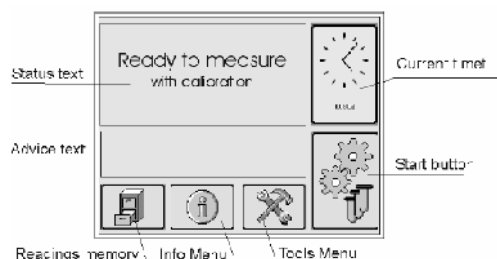
2. Probenahme:

Im Unterschied zu Teststreifen-Geräten werden Proben für Laborgeräte über 20 µl-**Kapillarröhrchen** aufgenommen. Diese ziehen die Probe selbstständig auf, wobei keine Luftbläschen entstehen dürfen und überhängende Probe Reste sorgfältig abzuwischen sind. Anschließend werden die Kapillarröhrchen in vorbefüllte **Reaktionsgefäße** ("Cups") gegeben, diese verschlossen und kurz geschüttelt (Schaumbildung vermeiden!). Die Probe ist nun im Reaktionsgefäß hämolysiert. Speziell bei den Reaktionsgefäßen von EKF ist es auch möglich, bei Tests ausserhalb des Labors Proben zu sammeln und diese nachträglich (innerhalb 24 Stunden bzw. 5 bis 14 Tage bei Lagerung im Kühl- oder Gefrierschrank) auszumessen, da diese Reaktionsgefäße die **Probe ausreichend stabilisieren** - insbesondere angesichts der allgemein hohen Instabilität von Laktatproben ein großer Vorteil. Die BIOSEN-Messgeräte sind je nach Bedarf unterschiedlich ausgeführt mit einem oder fünf Probebehältern (für Arztpraxen oder Kleinlabore) sowie mit wechselbaren **Probetellern** für bis zu 63 Reaktionsgefäße. Für jede Messung wird eine Nummer vergeben, anhand derer die Messwerte später auch aus dem **Speicher** ausgelesen und weiter verarbeitet werden können. Für zusätzliche Informationen zur Probe lassen sich die BIOSEN-Geräte auch optional mit einem **Barcode**-Leser ausrüsten.



3. Naßchemie: Vorteile und Hinweise

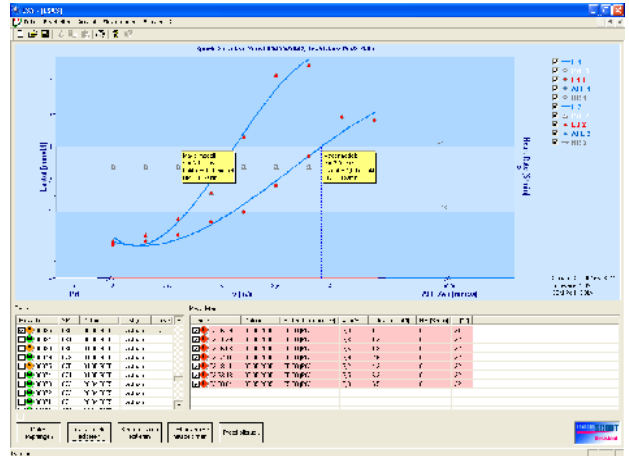
Anders als Handmessgeräte, deren Teststreifen jeweils nur für eine Messung geeignet sind, arbeiten Laborgeräte mit **Mehrweg-Chipsensoren** (auszutauschen z.B. erst nach 7.000 Messungen bzw. zwei Monaten). Je besser diese Kapazität ausgenutzt wird, umso geringer sind die Kosten pro Messung: Die Rentabilität eines Laborgeräts gegenüber Teststreifen kann so über den Monatsbedarf ermittelt werden. Die hier genutzten Sensoren werden gewöhnlich nur einmal eingesetzt und verbleiben bis zum Ende ihrer Haltbarkeit im Gerät. Sie müssen nach dem Einsetzen aktiviert und anschließend mit einer sog. **Systemlösung** versorgt werden: Sie arbeiten "nass", im Gegensatz zum "trockenen" Reagenz auf Teststreifen. Aus gleichem Grund sollten Laborgeräte auch nicht abgeschaltet oder zu oft transportiert werden. Ferner ist das **Verbrauchsmaterial** im Blick zu behalten: Die Systemlösung fließt in kleinen Mengen von einem Vorratsbehälter in einen Abfallbehälter, beide sind entsprechend nachzufüllen bzw. zu entleeren. Alle 6 Monate sollte außerdem das System gereinigt und desinfiziert werden. Im Unterschied zu anderen Analyzern nutzen BIOSEN-Geräte von EKF das Verbrauchsmaterial besonders ökonomisch und tragen so zu einer erheblichen Reduzierung des Wartungs- und Kostenaufwands bei.



Für sichere und komfortable Anwendung bieten alle BIOSEN-Geräte zudem automatische **Kontrollfunktionen** und informieren rechtzeitig über anstehende Maßnahmen. Alle Austausch- und wartungsrelevante Teile sind gut zugänglich sowie schnell und bequem zu wechseln: So ist der Wechsel eines **Chip-Sensors** für das BIOSEN vergleichbar dem Einlegen einer SIM-Karte ins Mobiltelefon!

4. Kalibration und Qualitätskontrolle

Ein weiterer Vorteil nasschemischer Analyser ist die **Möglichkeit regelmäßiger Kalibration**: Weitgehend unabhängig vom Alter des Sensors und der Zahl der bereits erfolgten Messungen kann so jederzeit eine hohe Genauigkeit des Systems sichergestellt werden. Hierfür bietet der Hersteller spezielle Kalibrationslösungen, sog. **"Standards"** für Laktat, Glukose oder beide Parameter ("Multi-Standard"). Bei EKF BIOSEN Geräten lassen sich verschiedene **Kalibrationsintervalle** einstellen (vor jeder Messung, nach festen Zeitabständen, nach Zeitkonto). Zusätzlich empfehlen sich Kontrollmessungen mit definierten Konzentrationen: Hier gibt es ein breites Angebot unterschiedlicher **Kontrollmaterialien** für vielfältige Anwendungen. Über Kontrollen mit verschiedenen Konzentrationen (2, 7 und 18 mmol/l) lässt sich auch die **Linearität** des Messsystems überprüfen, was gerade bei Laktatmessungen in der Sportmedizin von Bedeutung ist.



AUSWERTUNG VORAUSSETZUNGEN & LÖSUNGEN

1. Grundprinzip:

1.1. In der Sportmedizin dient die Laktatdiagnostik vor allem der **Trainingssteuerung**: Professionelle Trainingspläne sind so aufgebaut, dass aerobe (für Ausdauer und Grundlagentraining) wie anaerobe (für Stimulation und kurzzeitige Spitzenleistungen) Belastungen des Sportlers ausgewogen und auf das übergeordnete Trainingsziel hin zeitlich verteilt sind. Kann die Herzfrequenz dabei je nach Art der Belastung (z.B. Laufen, Radfahren, Schwimmen oder Krafttraining) erheblich variieren, lässt sich diese über Laktatwerte hinsichtlich des Belastungsniveaus zuverlässig beurteilen: Der Laktatwert zeigt also an, welche Herzfrequenz bzw. welche Belastungsform bei welcher Sportart individuell angemessen ist.

1.2. Eine "Laktatkurve" steht somit aber auch niemals für sich allein, sondern stets in **Bezug zur Belastungsart, -dauer und -intensität**, ggf. ergänzt durch die Herzfrequenz. Entsprechende Daten sind bei der Laktatdiagnostik also zu protokollieren und in die Auswertung (auch rechnerisch) einzubeziehen.

1.3. Um die Belastungsstufen und -grenzen präzise errechnen zu können, kommen zunehmend **Softwarelösungen** zum Einsatz, die neben manueller Eingabe auch direkt Daten über die **PC-Schnittstelle** z.B. von Polar-Pulsuhren, Laufband- und Fahrrad-Ergometern sowie Laktat-Messgeräten auslesen können. Führend in diesem Bereich ist die **Winlactat**-Software (für SCOUT, BIOSEN, Polar, h/p/cosmos, Ergoline u.v.a.), neben der aber auch kleinere Lösungen wie **Lactate Express** (nur für Polar und SCOUT) oder **Lactate Assistant** (nur für SCOUT und BIOSEN) angeboten werden.

1.4. Der Lactate SCOUT wie auch die EKF BIOSEN-Geräte sind serienmäßig mit einer seriellen Schnittstelle ausgestattet. Mit Hilfe eines geeigneten Kabels (oder eines drahtlos arbeitenden Bluetooth-Adapters) können sowohl **Daten aus dem internen Gerätespeicher als auch aktuell gemessene Werte** an einen angeschlossenen PC übertragen werden. Neben den o.g. Softwarelösungen wird der Lactate SCOUT von einer Vielzahl weiterer Softwarelösungen unterstützt und bildet hier somit den "Quasi-Standard" im Laktatbereich.

2. Auswertungsverfahren:

2.1. Hat sich als Faustformel das Schwellenwert-Modell von Mader (4 mmol/l) etabliert, wurden in der Sportmedizin zahlreiche weitere Verfahren entwickelt, die eine **individuelle Schwellenwert-Ermittlung** zum Ziel haben und sich aufgrund ihrer Komplexität dem Anwender mitunter nur schwer erschließen. Bekannte Verfahren neben Mader sind die Modelle von Dickhuth, Keul, Simon, Stegmann oder Kindermann: Letzteres interpretiert beispielsweise nicht den Anstieg, sondern den Abbau der Laktatkonzentration im Blut, um hieraus Trainingsempfehlungen abzuleiten.

2.2. In dem Maß, wie die Laktatdiagnostik Einzug hält in Breitensport und therapeutischen Anwendungen, wächst auch der Bedarf nach geeigneteren Verfahren und Interpretationsmöglichkeiten: Hierzu zählt u.a. die Betrachtung der sog. **"Laktat-Kinetik"**, wobei zunehmende **Erfahrungswerte aus der Praxis** die Forschungsarbeiten bereichern und neue Möglichkeiten der Trainingssteuerung schaffen werden. ■