

Laktat verstehen

Messen, interpretieren und Training gezielt steuern

Stefan Schurr

Vorwort

Warum Laktat mehr ist als eine Zahl

Laktat gehört seit Jahrzehnten zu den bekanntesten Messgrößen im Ausdauersport. Lange Zeit war seine Bestimmung vor allem Bestandteil einer Leistungsdiagnostik im Labor. Heute versetzen uns mobile Messgeräte in die Lage, die Blutlaktatkonzentration auch direkt im Training zu ermitteln.

Das eröffnet neue Möglichkeiten. Neben Watt, Pace, Herzfrequenz und Belastungsempfinden lässt sich beobachten, wie der Stoffwechsel auf eine bestimmte Belastung reagiert. Gleichzeitig wächst jedoch die Gefahr, einzelnen Messwerten zu viel Bedeutung beizumessen.

Auf dem Display stehen beispielsweise 1,8 oder 3,6 mmol/l. Die Zahlen wirken eindeutig. Doch was bedeuten sie tatsächlich?

Ein Laktatwert lässt sich nicht unabhängig von der Situation beurteilen. Für seine Einordnung ist wichtig, bei welcher Leistung oder Pace gemessen wurde, wie lange die Belastung dauerte und zu welchem Zeitpunkt die Blutprobe entnommen wurde. Derselbe Wert kann unter unterschiedlichen Bedingungen eine andere Bedeutung haben.

Im dritten Band der SMART-TRAINING-Reihe, *Leistung testen*, standen Leistungsdiagnostik, Schwellen und die Ableitung von Trainingsbereichen im Mittelpunkt. Dieser Band setzt einen anderen Schwerpunkt. Er fragt nicht primär, wo eine Laktatschwelle liegt, sondern was hinter einem gemessenen Laktatwert steckt und wie sich diese Information im Training nutzen lässt.

Dazu gehört auch, die Grenzen der Messung zu kennen. Blutentnahme, Messzeitpunkt, Teststreifen, Temperatur oder die Vorbereitung des Sportlers können das Ergebnis beeinflussen. Und selbst ein technisch korrekt gemessener Wert wird erst dann nützlich, wenn er im Zusammenhang mit der jeweiligen Belastung interpretiert wird.

Eine Laktatmessung soll deshalb nicht dazu führen, jede Trainingseinheit mit zusätzlichen Zahlen zu überladen. Sie ist vor allem dann sinnvoll, wenn sie eine konkrete Frage beantwortet: Bleibt eine Belastung metabolisch stabil? Hat sich die Reaktion auf eine bekannte Leistung verändert? Liefert die Messung Informationen, die Watt, Pace oder Herzfrequenz allein nicht zeigen?

Die zentrale Frage lautet deshalb nicht:

Wie hoch ist mein Laktat?

Sondern:

Was sagt dieser Wert unter diesen Bedingungen aus – und welche Trainingsentscheidung folgt daraus?

Laktat messen ist einfach. Entscheidend ist zu verstehen, was der Wert bedeutet – und was daraus für das Training folgt.

Inhalt

Vorwort.....	4
Was sagt Laktat aus?.....	9
Wie entsteht ein Laktatwert?.....	15
Glykolytische Leistungsfähigkeit und V_{Lamax}	23
Wie messe ich Laktat zuverlässig?.....	29
Wie interpretiere ich einen Laktatwert?.....	47
Was zeigen Laktatkurven, Schwellen und Steady State?...55	
Wie nutze ich Laktat im Training?.....	63
Vom Messwert zur Trainingsentscheidung.....	73
Schlussgedanken.....	81
Anhang.....	83

Wie entsteht ein Laktatwert?

Ein gemessener Laktatwert ist das Ergebnis mehrerer Prozesse, die gleichzeitig ablaufen. In der arbeitenden Muskulatur wird Laktat gebildet, zwischen Zellen und Geweben transportiert, aufgenommen und erneut zur Energiebereitstellung genutzt. Die Konzentration im Blut zeigt damit nur einen Ausschnitt eines fortlaufenden Stoffwechsels.

Für das Verständnis reicht es deshalb nicht, Laktat lediglich als Produkt der Glykolyse zu betrachten. Ebenso wichtig ist, was anschließend damit geschieht und wie schnell diese Prozesse ablaufen. Erst daraus wird verständlich, warum die Blutlaktatkonzentration bei einer Belastung stabil bleiben, deutlich ansteigen oder nach Belastungsende noch weiter zunehmen kann.

Von der Glykolyse zum Laktat

Der Muskulatur stehen Kohlenhydrate als **Glukose im Blut** oder in gespeicherter Form als **Glykogen** zur Verfügung. Ein zentraler Weg ihrer Verarbeitung ist die **Glykolyse**.

Glukose wird schrittweise abgebaut; dabei wird Energie für die Muskelarbeit bereitgestellt. Als Zwischenprodukt entsteht Pyruvat. Dieses kann in den Mitochondrien weiter oxidiert oder reversibel zu Laktat umgewandelt werden.

Die Umwandlung von Pyruvat zu Laktat erfüllt dabei eine wichtige Funktion: Sie ermöglicht es, dass die Glykolyse auch bei hohem Energieumsatz weiterlaufen kann. Laktat entsteht deshalb nicht erst dann, wenn der Muskulatur angeblich „der Sauerstoff ausgeht“. Glykolyse und Laktatbildung finden auch bei niedrigen und moderaten Intensitäten statt.

Mit steigender Belastung nimmt dann meist auch der Umsatz an Kohlenhydraten zu. Dadurch entstehen mehr Pyruvat und potenziell auch größere Mengen Laktat. Wie stark dieser Weg genutzt wird, hängt unter anderem von der Intensität, der beteiligten Muskulatur und dem Trainingszustand ab.

Wichtig ist außerdem: Die Umwandlung zwischen Pyruvat und Laktat ist reversibel. Laktat ist kein metabolischer Endpunkt. Es kann später wieder zu Pyruvat werden und erneut in den Energiestoffwechsel eingehen.

Von der Glykolyse zum Laktat

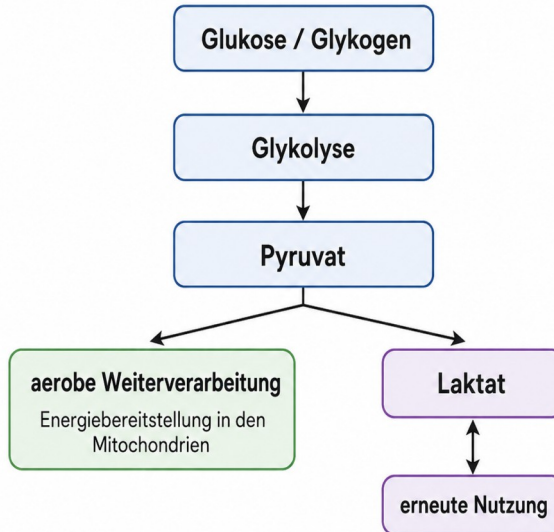


Abb.: Vereinfachter Weg von Glukose beziehungsweise Glykogen über die Glykolyse zu Pyruvat und Laktat. Laktat ist kein Endprodukt, sondern kann erneut in den Energiestoffwechsel eingehen.

Laktat wird gebildet, transportiert und genutzt

Laktat bleibt nicht zwangsläufig dort, wo es entsteht. Es kann die Muskelzelle verlassen, zwischen Zellen ausgetauscht oder über das Blut zu anderen Geweben transportiert werden. Dort steht es erneut als Energieträger oder Ausgangsstoff für weitere Stoffwechselwege zur Verfügung.

Für den Transport über Zellmembranen besitzt der Körper spezielle Transportproteine, die sogenannten **Monocarboxylat-Transporter**, kurz MCT. Über sie kann Laktat sowohl aus Zellen abgegeben als auch von anderen Zellen aufgenommen werden.

Innerhalb der Muskulatur übernehmen unterschiedliche Fasern gleichzeitig verschiedene Aufgaben. Muskelfasern mit hoher glykolytischer Aktivität geben Laktat ab, während stärker oxidative Fasern es aufnehmen und weiterverwenden. Dort wird es wieder zu Pyruvat umgewandelt und in den Mitochondrien oxidiert.

Auch andere Organe beteiligen sich am Laktatumsatz. Der Herzmuskel nutzt Laktat beispielsweise direkt als Energieträger. Ein Teil gelangt zur Leber und trägt dort zur Neubildung von Glukose bei.

Dieses Zusammenspiel wird häufig unter dem Begriff **Lactate Shuttle** zusammengefasst. Gemeint ist damit kein einzelner Stoffwechselweg, sondern das Prinzip, dass Laktat zwischen verschiedenen Zellen und Geweben transportiert und dort weiterverwendet wird. Laktat verbindet so unterschiedliche Bereiche des Energiestoffwechsels.

Laktatbildung ist nicht Laktatakkumulation

Dass während einer Belastung Laktat gebildet wird, bedeutet noch nicht, dass seine Konzentration im Blut ansteigen muss. Maßgeblich ist nicht allein die Bildung, sondern wie viel Laktat im Blut erscheint und wie viel gleichzeitig wieder daraus verschwindet.

Auch bei niedriger und moderater Belastung kann der Laktatumsatz bereits deutlich erhöht sein. Gelangt ungefähr so viel Laktat ins Blut, wie von Muskeln und anderen Geweben wieder aufgenommen wird, bleibt die Blutlaktatkonzentration weitgehend stabil. Ein konstanter Wert bedeutet deshalb nicht, dass kaum Laktat gebildet oder umgesetzt wird.

Verschiebt sich dieses Verhältnis, verändert sich auch die Blutlaktatkonzentration. Überwiegt das Auftreten von Laktat im Blut gegenüber Aufnahme und Verwertung, steigt sie an. Überwiegt dagegen das Verschwinden aus dem Blut, sinkt sie wieder.

Mit steigender Belastung können zunächst sogar beide Seiten gleichzeitig zunehmen. Es wird mehr Laktat umgesetzt, während gleichzeitig auch die Aufnahme und Verwertung steigen. Erst wenn diese Prozesse nicht mehr im gleichen Verhältnis zueinander stehen, verändert sich die Konzentration deutlicher.

Damit beschreibt ein Blutlaktatwert den momentanen Stand einer dynamischen Bilanz. Ein hoher Wert zeigt zunächst nur, dass die Blutlaktatkonzentration zu diesem Zeitpunkt erhöht ist. Aus der Konzentration allein lässt sich aber nicht ablesen, ob dies vor allem durch ein stärkeres Auftreten, eine veränderte Aufnahme und Verwertung oder durch das Zusammenspiel beider Seiten entstanden ist.

Laktatbildung ist nicht Laktatakkumulation

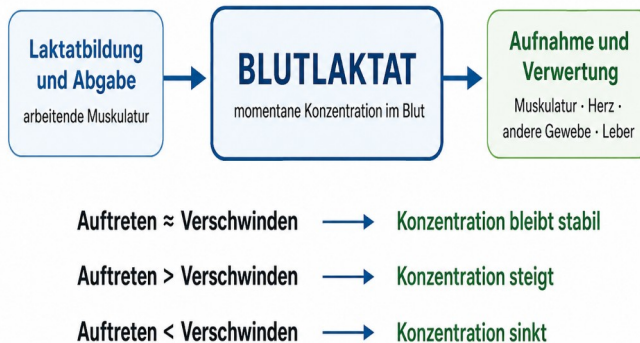


Abb.: Dynamische Bilanz von Laktatauftreten und -verschwinden im Blut.

MERKSATZ

Die Blutlaktatkonzentration ist eine dynamische Bilanzgröße – kein direkter Produktionsmesser.

Wie nutze ich Laktat im Training?

Bis hierhin ging es darum, Laktat zu verstehen, zuverlässig zu messen und sinnvoll zu interpretieren. Im Training stellt sich nun eine andere Frage: Wann liefert eine Blutprobe tatsächlich eine Information, aus der sich etwas für die Einheit oder die weitere Trainingsplanung ableiten lässt?

Die folgenden Beispiele und Praxisprotokolle zeigen, wie Laktat gezielt in bestehende Trainingseinheiten integriert werden kann – ohne aus jedem Training einen Leistungstest zu machen.

Wann lohnt sich eine Messung überhaupt?

Nicht jede Trainingsfrage braucht eine Blutprobe. Bei vielen Einheiten liefern Leistung oder Pace, Herzfrequenz und Belastungsempfinden bereits ausreichend Informationen. Zusätzlichen Nutzen liefert Laktat vor allem dann, wenn gerade die metabolische Reaktion interessiert: Bleibt eine konstante Belastung über längere Zeit stabil? Verhält sich eine bekannte LT1-nahe Leistung noch wie erwartet? Wie entwickelt sich die Reaktion über mehrere Schwellenintervalle? Oder soll eine standardisierte Einheit später als Referenz dienen?

Dafür muss nicht ständig gemessen werden. Gerade für Verlaufskontrollen ist eine gezielt wiederholte Referenzeinheit meist aussagekräftiger als viele einzelne Werte aus beliebigen Trainingseinheiten.

Trainingssituation	Zusätzlicher Nutzen einer Laktatmessung
lockere Einheit mit eindeutig niedriger Beanspruchung	gering
Technik-, Regenerations- oder sehr lockere Grundlagenarbeit	gering
klar gesteuerte Intervalle, bei denen nur Leistung und Ausführung interessieren	gering
konstante Belastung nahe einem metabolischen Übergangsbereich	hoch
Überprüfung der metabolischen Stabilität über längere Zeit	hoch
standardisierte Vergleichseinheit	hoch
gezielte Kontrolle längerer Schwellenintervalle	hoch
kurze maximale Belastung zur VLamax-Bestimmung	notwendig für das gewählte Verfahren

Tab.: Der Nutzen von Laktatmessungen hängt von der Trainingssituation ab.

Eine Blutlaktatmessung kostet Zeit, kann die Einheit unterbrechen und verlangt einen sauberen Ablauf. Der Aufwand lohnt sich nur, wenn die zusätzliche Information tatsächlich gebraucht wird.

Ein einfacher Filter hilft: Kann ich meine Trainingsfrage mit Watt, Pace, Herzfrequenz und Körpergefühl bereits ausreichend beantworten? Wenn ja, braucht es meist keine Laktatmessung.

Grundlagentraining, LT1 und Zone 2

Im Grundlagentraining ist Laktat vor allem dann interessant, wenn die metabolische Stabilität einer bekannten Belastung überprüft werden soll. Bei einer lockeren bis moderaten Dauerbelastung zählt weniger ein bestimmter mmol/l-Zielwert als die Frage, wie sich die Konzentration über längere Zeit entwickelt.

Bleibt die Blutlaktatkonzentration nach der Anfangsphase weitgehend stabil, spricht dies dafür, dass die gewählte Leistung über diesen Zeitraum ohne zunehmende Akkumulation bewältigt wird. Steigt sie dagegen trotz unveränderter Leistung kontinuierlich an, zeigt sich eine weniger stabile Laktatreaktion, als der einzelne frühe Messwert vermuten ließ.

Einen besonderen Zusatznutzen kann Laktat dort liefern, wo sich eine Grundlagenbelastung dem ersten Übergangsbereich nähert. Deutlich darunter liefert eine zusätzliche Blutprobe häufig wenig Information: Eine lockere Einheit bleibt auch ohne Messung erkennbar locker. Nahe LT1 kann dagegen die Frage sinnvoll sein, ob eine bestimmte Leistung noch eine stabile Reaktion hervorruft.

Dabei sollte nicht versucht werden, während jeder Grundlagenfahrt einem bestimmten mmol/l-Wert hinterherzufahren. Herzfrequenz, Leistung und Belastungsempfinden bleiben die primären Steuergrößen. Laktat dient eher als gelegentliche Kontrolle, ob eine bekannte Belastung metabolisch so reagiert wie erwartet.

Praxisprotokoll 1: Aerobe Konstantbelastung

Für eine einfache Verlaufskontrolle eignet sich eine gleichmäßige Belastung auf dem Rad oder beim Laufen. Nach dem Einrollen beziehungsweise Einlaufen wird eine Leistung oder Pace gewählt, die klar im geplanten Grundlagenbereich liegt, und anschließend möglichst konstant gehalten.

Schritt	Durchführung
Belastung	etwa 45–60 min bei konstanter Leistung beziehungsweise Pace
Messpunkte	z. B. nach 15, 30 und 45 min
zusätzlich erfassen	Herzfrequenz und RPE
zentrale Frage	Bleibt die Laktatreaktion im Verlauf weitgehend stabil?

Ein annähernd stabiler Verlauf spricht zunächst dafür, dass die gewählte Belastung unter diesen Bedingungen metabolisch gut kontrolliert bleibt. Ein zunehmender Anstieg sollte nicht isoliert bewertet werden, sondern gemeinsam mit Herzfrequenz und Belastungsempfinden. Der Nutzen dieses Protokolls liegt gerade in seiner Einfachheit. Es soll keine neue Schwelle bestimmen, sondern zeigen, wie sich eine bekannte submaximale Belastung über die Zeit verhält.

Praxisprotokoll 2: LT1-nahe Trainingsbelastung überprüfen

Ist eine LT1-nahe Referenz aus einer früheren Diagnostik bekannt, kann diese Belastung gelegentlich im Training kontrolliert werden.

Dazu wird die bisherige LT1-nahe Referenzleistung beziehungsweise Referenzpace etwa 20 bis 30 Minuten konstant gehalten. Eine erste Messung erfolgt nach ausreichender Anpassungszeit, eine weitere gegen Ende der Belastung.

Bleibt die Laktatkonzentration relativ stabil und passen Herzfrequenz sowie Belastungsempfinden zum bekannten Bild, spricht das dafür, dass die Belastung weiterhin als kontrollierte LT1-nahe Referenz geeignet ist. Zeigt sich dagegen ein

klarer, fortschreitender Anstieg, sollte die Belastung nicht allein aufgrund eines früher bestimmten LT1-Wertes weiterhin als metabolisch stabil angesehen werden.

Auch hier geht es ausdrücklich nicht um eine neue Schwellenbestimmung aus zwei Blutproben. Die Einheit beantwortet lediglich die praktische Frage, ob sich eine bekannte LT1-nahe Belastung unter längerer konstanter Beanspruchung weiterhin so verhält wie erwartet.

Schwellenorientiertes Training

Bei längeren Schwellenintervallen ist ein Laktatanstieg grundsätzlich nicht überraschend. Interessant ist vielmehr, wie sich die Reaktion über mehrere gleichartige Wiederholungen entwickelt. Bleiben die Werte bei konstanter Leistung auf einem ähnlichen Niveau oder steigen nur moderat an, unterscheidet sich die Belastungscharakteristik deutlich von einer Serie, in der Laktat, Herzfrequenz und Belastungsempfinden von Intervall zu Intervall stark zunehmen.

Ob ein solcher Verlauf erwünscht ist, hängt vom Trainingsziel ab. Auch Pausenlänge und Intervallstruktur gehören zum Trainingsreiz; Werte verschiedener Intervallformate sollten deshalb nicht unmittelbar miteinander verglichen werden.

Praxisprotokoll 3: Laktatverlauf bei Schwellenintervallen

Eine einfache Variante besteht beispielsweise aus drei bis vier längeren Intervallen von etwa 6 bis 10 Minuten bei jeweils gleicher Leistung beziehungsweise Pace. Die Erholung dazwischen bleibt ebenfalls konstant.

Die Blutprobe wird nach jedem Intervall mit derselben kurzen Verzögerung genommen. Zusätzlich werden Herzfrequenz und RPE dokumentiert.