

Entwicklung und Anwendung eines volleyballspezifischen Laufband-Ausdauertests

1 Problemstellung

Im Rahmen eines BISp-Projekts¹ wurde an der Universität Augsburg eine Trainingswirkungsanalyse in der Sportart Volleyball durchgeführt. Eine wissenschaftliche Trainingswirkungsanalyse besteht hierbei aus einem Abgleich zwischen Trainingsinput und Leistungsoutput. Trainingsdaten werden mit relevanten Einzelfähigkeiten und der resultierenden Wettkampfleistung in Beziehung gesetzt.

Ziel des Projekts ist zunächst die Entwicklung des diagnostischen Inventars, mit dessen Hilfe eine Trainingswirkungsanalyse im Sportspiel Volleyball durchgeführt werden kann. Daran anschließend erfolgt die Durchführung einer Trainingswirkungsanalyse innerhalb einer zweijährigen Trainingsintervention. Der folgende Beitrag stellt die Entwicklung und Anwendung des Verfahrens zur Messung der volleyballspezifischen Ausdauerfähigkeit in den Vordergrund.

2 Methode

2.1 Testentwicklung

Das Volleyballspiel ist durch stark ausgeprägte Intensitätswechsel gekennzeichnet. Es verlangt hohe Antrittsgeschwindigkeiten und nachfolgende kurzzeitige maximale Belastungen (Jansson, 1984). Die hierfür notwendige anaerob-alaktazide Energiebereitstellung macht es notwendig differenzierte Testverfahren heranzuziehen, will man die volleyballspezifische Ausdauerleistungsfähigkeit erfassen.

Dennoch werden in der Leistungsdiagnostik der Sportspiele überwiegend Testverfahren aus den typischen Ausdauersportarten mit „annähernd konstanten, zyklischen Belastungsanforderungen“ (Müller, Kornel & Leitenstorfer, 1992, S. 22) eingesetzt. Auf die tatsächlich gegebene Belastungsstruktur gehen sie damit nicht ein. Aufgrund der mangelnden Ähnlichkeit des Bewegungsablaufs von allgemeinen Testverfahren und der Wettkampfbelastung können somit nur Aussagen über die allgemeine Ausdauer gemacht werden, Aussagen über den Stand der volleyballspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit sind nicht möglich.

Um hier zu validen Ergebnissen zu gelangen, muss die spezifische Belastungsdynamik adäquat, im Sinne eines optimal imitierten Belastungs-Pausen-Verhältnisses,

1 BISp Projekt VF 0407/08/42/2003-2004

abgebildet werden (Bachl, Baron, Smekal & Tschan, 1994; Voigt & Marées, 1988). Es werden damit folgende Ansprüche an einen volleyballspezifischen Ausdauer-Test gestellt:

- Die Belastungsdichte soll der Aktionsdichte innerhalb der Ballwechsel im Volleyball ähneln, um eine standardisierte Abbildung der Volleyballbelastung zu erlangen.
- Es soll eine volleyballähnliche Ermüdungsakkumulation hervorgerufen werden.
- Neben dem momentanen Leistungsstand soll auch die Entwicklung der Ausdauerleistungsfähigkeit über den gesamten Saisonverlauf gemessen werden.

Um einen ökonomischen Testablauf zu gewährleisten, der den Trainings- und Wettkampfbetrieb möglichst nicht beeinflusst bzw. hiervon unabhängig durchgeführt werden kann, wurde ein Laufband-Ausdauer-Test entwickelt. Die Laufbandbelastung entspricht zwar nur im weitesten Sinne einer volleyballspezifischen Belastungsgestaltung, kann aber durch die Wahl entsprechender Belastungsparameter, im Sinne volleyballspezifischer Intervalle, Pausen und Intensitäten, dieser angepasst werden (vgl. Voigt & de Marées, 1988). Mehrere Studien (Begov & Kröger, 1986; Iwoilow, 1984; Voigt, 1984; Voigt & de Marées, 1988) ergaben größtenteils übereinstimmende Werte bezüglich der Dauer von Ballwechseln, den Pausen zwischen den Ballwechseln und der Dauer von Auszeiten und anderen Spielunterbrechungen. Anhand dieser Daten sowie der Analyse von eigenem Videomaterial aus der Vorsaison kann eine volleyballspezifische Belastung weitgehend imitiert werden.

Als Indikatoren der individuellen Beanspruchung wird auf die Herzfrequenz und die Laktatkonzentration zurückgegriffen (Binz, 1986; Voigt & de Marées, 1988).

Der nach diesen Kriterien entwickelte Laufbandtest (siehe Abb. 1) besteht aus einer Aufwärmphase, einer Belastungsphase und einer Nachbelastungsphase. In der Aufwärmphase erfolgen zwei dreiminütige Belastungen mit einer Geschwindigkeit von zunächst 8 km/h, dann 10 km/h. Hiernach wird ein erster Probesprint in der späteren Testgeschwindigkeit durchgeführt. Dieser dient neben der Erwärmung vor allem der Laufbandgewöhnung. In der Pause zwischen der Erwärmungsphase und dem „Probesprint“ wird das Ausgangslaktat gemessen. Innerhalb der Belastungsphase werden 3 Serien mit jeweils 5 Intervallen gelaufen. Der Proband wird in jedem Intervall 15 Sekunden bei einer Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h belastet. Durch den zusätzlichen Einfluss einer fünfprozentigen Steigung kann eine insgesamt höhere Belastung gewährleistet werden, da aus Sicherheitsgründen eine höhere Beschleunigung bzw. Laufgeschwindigkeit auf dem Laufband nicht zu verantworten ist. Zwischen den einzelnen Intervallen erfolgt eine Pause von 20 Sekunden, nach den Serien jeweils von 90 Sekunden. In der Nacherholungsphase findet die Laktatbestimmung statt. Die Messungen erfolgen direkt nach der Belastung, nach 2 Minuten und nach 5 Minuten. Die mehrfache Laktatbestimmung nach der Belastungsphase erfolgt aufgrund der zeitlich verzögerten Laktatausschwemmung vom Muskel zum Blut, um auch den tatsächlichen maximalen Wert der Laktatkonzentration zu erfassen (vgl. Hollmann & Hettinger, 2000).

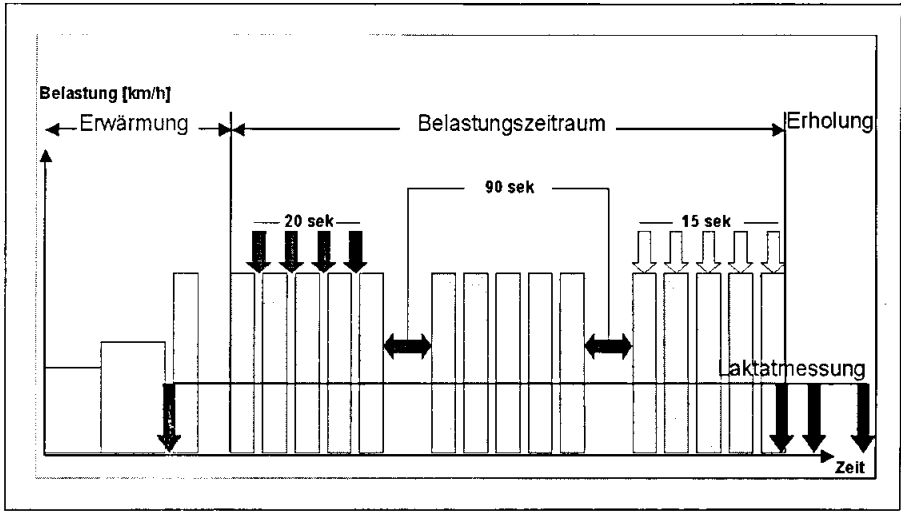


Abb. 1. Testaufbau des volleyballspezifischen Laufband-Ausdauerests.

Der Laufbandtest findet auf einem *HP Cosmos* Laufband statt. Die kontinuierliche Herzfrequenzmessung wird über ein *Polar* Herzfrequenz Messgerät durchgeführt und mit Hilfe des Softwareprogramms *HP Cosmos Para Graphics* direkt aufgezeichnet.

Anfänglich zeigten sich in der Durchführung des Tests einige Schwierigkeiten, die in der Validierungsphase behoben werden konnten. So wurde die Aufwärmphase von zuerst 1,5 Minuten auf die oben genannten zweimal 3 Minuten ausgedehnt, um dem Probanden eine ausreichende Laufbandgewöhnung zu ermöglichen.

Es zeigte sich außerdem ein Einfluss von Technikvariationen auf die Beanspruchung. Eine Spielerin lief die zweite Serie eines Tests mit der Vorfußtechnik, was sich in einer erhöhten Herzfrequenz niederschlug. Daraufhin wurden die Spielerinnen instruiert, möglichst einheitlich mit einer Lauftechnik zu laufen.

2.2 Forschungsdesign

2.2.1 Untersuchungsablauf

Im Rahmen des Projekts wurde die Damen-Volleyball Bundesliga Mannschaft des VC Augsburg über zwei Trainingsjahre wissenschaftlich begleitet. An monatlichen Messzeitpunkten durchliefen die Spielerinnen eine komplexe Sprungkraft- und Ausdauerdiagnostik, die Trainingsdaten werden dokumentiert und die Spielleistung mit Hilfe eines Spielbeobachtungsverfahrens erfasst. Der Erhebungszeitraum der Diagnostik erstreckt sich über die Saison 2002/2003 sowie die Saison 2003/2004.

Sie wurde monatlich durchgeführt. Der erste Termin wurde zu jeder Saison zu Beginn des Mannschaftstrainings festgesetzt, um den Ausgangsleistungsstand einer

jeden Spielerin zu erfassen. Daran anschließend folgten 7 weitere Diagnosetermine zu markanten Zeitpunkten der Trainingsperiodisierung sowie ein letzter Test zu Saisonende. Insgesamt konnten so in jeder Saison 9 Erhebungstermine realisiert werden.

An einem Diagnostiktermin durchlief jede Spielerin zunächst die Sprungkraftdiagnostik. Nach einer vollständigen Erholung folgte dann die Durchführung des Ausdauertests.

2.2.2 Stichprobe

Insgesamt nahmen 13 Spielerinnen an den Diagnoseterminen teil. In der Saison 2002/2003 konnte die Ausdauerdiagnostik mit 9 Spielerinnen absolviert werden. Nach Ablauf der Saison verließen jedoch 3 Spielerinnen den Verein und standen somit dem Projekt nicht mehr zur Verfügung. Dafür konnten die Tests mit 4 hinzu gewonnenen Spielerinnen in der Saison 2003/2004 durchgeführt werden. Aufgrund von Krankheiten und Verletzungen kam es jedoch immer wieder zu Schwankungen innerhalb der Stichprobengröße (siehe Tab. 1).

Tab. 1. Anzahl der Spielerinnen an den Erhebungsterminen.

Erhebungstermin	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Saison 2002/2003	6	5	6	3	6	7	6	4	5
Saison 2003/2004	7	5	6	6	7	9	6	4	3

2.2.3 Variablen

Als Variablen für die volleyballspezifische Ausdauerleistungsfähigkeit wurden folgende Parameter herangezogen:

- Verlauf der Herzfrequenz im Test
- Maximale Herzfrequenz (HF_{max}) im gesamten Belastungszeitraum und innerhalb der Serie (HF_{max1} , HF_{max2} , HF_{max3})
- Erholungswert (HF_{min}) nach der 1. und 2. Serie, Herzfrequenz (HF) 2 und 5 Minuten nach Belastungsende
- Pulserholungsrate zwischen den Belastungsintervallen (E_1 , E_2 , E_3)
- Mittlere Pulserholungsrate innerhalb einer Serie ($HF_{Erholung}$)

$$HF_{Erholung} = \frac{\sum_{i=2}^4 (HF_{max} I_i - HF_{min} I_i)}{3}$$

$HF_{max} I_i$ = Maximale Herzfrequenz nach Intervall i

$HF_{min} I_i$ = Minimale Herzfrequenz nach Intervall i

Neben der Herzfrequenz sollte die Laktatakkumulation Aufschluss über die Ausdauerleistungsfähigkeit geben. Es wurden folgende Werte in die Analyse aufgenommen:

- Laktatkonzentration [mmol/l] im Anschluss an die Erwärmungsphase
- Laktatkonzentration [mmol/l] zu Belastungsende
- Laktatkonzentration [mmol/l] 2 Minuten nach Belastungsende
- Laktatkonzentration [mmol/l] 5 Minuten nach Belastungsende

3 Ergebnisse

3.1 Querschnittliche Ergebnisse

Der Ausdauerstest soll in erster Linie den aktuellen Stand der volleyballspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit messen. Dieser spiegelt sich bereits in der qualitativen Betrachtung der Herzfrequenzkurven während des Tests wieder.

Der Vergleich der Herzfrequenzkurven dreier Spielerinnen illustriert den individuellen Leistungsstand. Abbildung 2 stellt die Testergebnisse zu Beginn der Vorbereitungsperiode 2002/2003 graphisch dar. Libera und Zuspielerin zeigen mit bis zu 180 Schläge/min sehr hohe Herzfrequenzen. Eine Erholung zwischen den Intervallen findet kaum statt, und auch in den Serienpausen gelingt es den beiden Spielerinnen nicht, sich bis auf unter 150 Schläge/min zu erholen.

Im Gegensatz dazu ist die Erholungsfähigkeit der Angreiferin bereits zu Beginn der Vorbereitungsperiode gut ausgeprägt. Es gelingt ihr, vor allem innerhalb der zwei ersten Serien, sich bis auf 140 Schläge/min zu erholen. Zwischen den Serien erreicht sie sogar einen Erholungspuls bis unter 100 Schläge/min. Bei der Interpretation der maximalen Herzfrequenzen müssen die individuellen Besonderheiten berücksichtigt werden. Hier zeigen sich jedoch bei den drei Spielerinnen keine gravierenden Unterschiede.

Neben der Herzfrequenz diente die Laktatkonzentration als weiterer Indikator der individuellen Beanspruchung. Die Laktatentwicklung innerhalb von Intervallbelastungen ist bisher nicht eindeutig interpretierbar und lässt darauf schließen, dass die anaerobe Glykolyse nicht den Hauptteil der Energiebereitstellung ausmacht. Ähnliche Schlüsse lässt eine vergleichende Studie von Begov und Kröger (1986) zu:

„In recht vielen Situationen reicht die jeweilige Pausenlänge aus, um eine Wiederherstellung/Wiederauffüllung der Speicher durch Oxidationsprozesse ohne gravierenden Laktatanstieg zu gewährleisten. Die Energie wird also von den energiereichen Phosphaten geliefert – ohne dass eine wesentliche Beanspruchung der Glykolyse mit Milchsäurebildung auftritt“ (S. 173).

Und auch Voigt und de Marées (1988) zeigen in ihrer Untersuchung zu Belastungsintensitäten in den Sportspielen, dass „im Volleyball nur in einem geringen Teil der Ballwechsel eine Versorgung mit Hilfe der anaerob-laktaziden Energiebereitstellung notwendig (ist)“ (S. 105).

Der querschnittliche Vergleich der Laktatakkumulation weist bei den Spielerinnen keinen einheitlichen Verlauf auf (siehe Abb. 3). Eine steigende Laktatkonzentration mit der Belastungsdauer, wie sie bei den traditionellen Stufentests vorzufinden ist, kann nicht gezeigt werden.

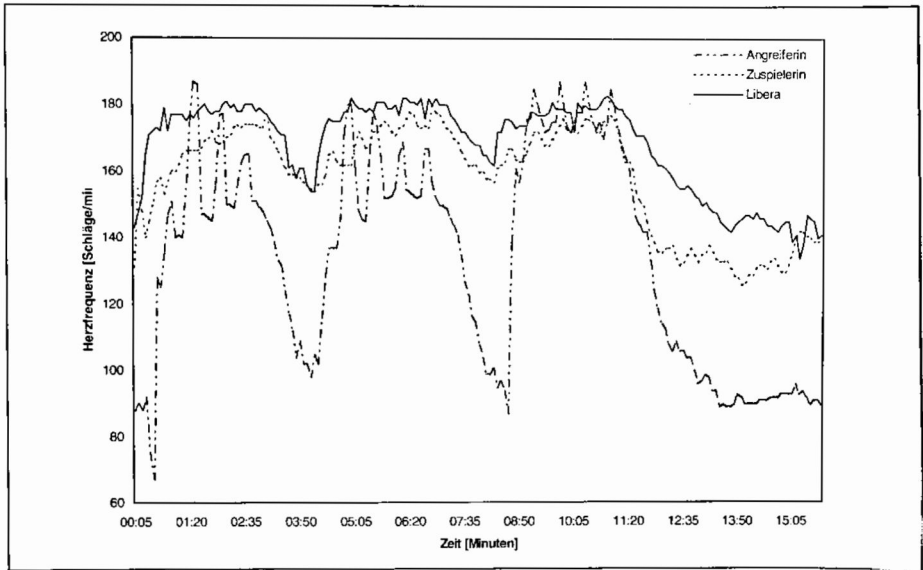


Abb. 2. Herzfrequenzverläufe einzelner Spielerinnen zu Beginn der Saison 2002/2003.

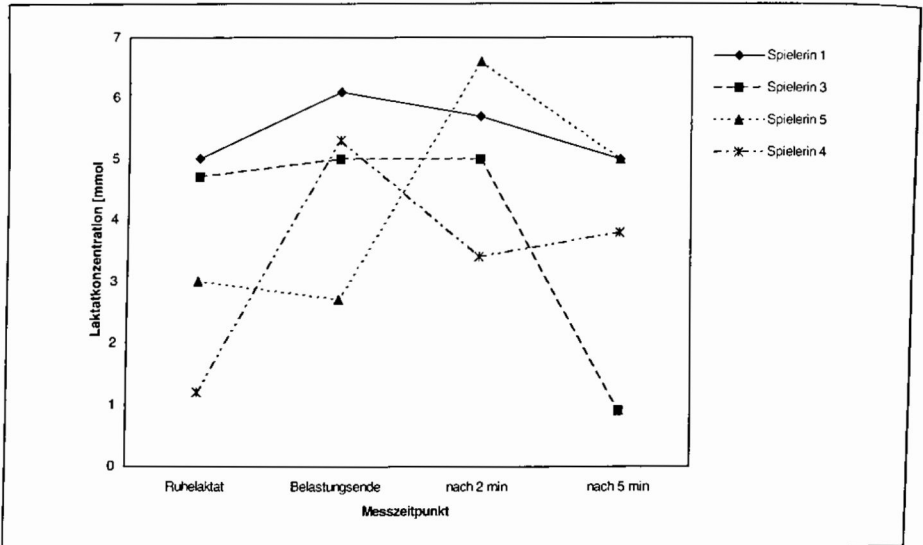


Abb. 3. Laktatkurven im Spielervergleich.

Es lassen sich jedoch bereits in der qualitativen Betrachtung der Laktatkurven individuelle Besonderheiten in der Laktatakkumulation ausmachen. So steigt die Laktat-

konzentration bei der Spielerin 4 zunächst stark an, fällt nach der Belastung zunächst ab, in der letzten Messung erhöht sich der Wert jedoch wieder. Bei Spielerin 5 dagegen ist zunächst eine Senkung der Laktatkurve zu beobachten, die Laktatkonzentration steigt jedoch nach Belastungsende noch erheblich an. Die allgemein sehr hohen Laktatkonzentrationen bis über 6 mmol/l weist bei allen Spielerinnen einen großen Einfluss der anaerob-laktaziden Energiegewinnung nach.

3.2 Längsschnittliche Ergebnisse

Es wird von einer Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit im Saisonverlauf ausgegangen. Sie ist abhängig vom Trainingszustand, vom Saisonzeitpunkt und anderen externen Faktoren. Die Ausdauerdiagnostik fand daher, dem Periodisierungsschema entsprechend, in monatlichen Abständen statt. Die Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit innerhalb der Spielsaison kann anhand der Herzfrequenzverläufe anschaulich dargestellt werden. Abbildung 4 veranschaulicht den Verlauf der Herzfrequenz einer Spielerin zu drei Erhebungszeitpunkten (Beginn des Mannschaftstrainings, Saisonbeginn, Saisonende). Im Eingangstest zeigt sich zunächst eine Anpassung der Pulswerte über die drei Serien sowie nur geringe Erholungsraten zwischen den Intervallen. Die Herzfrequenz ist insgesamt, besonders innerhalb der ersten Serie mit über 180 Schläge/min als sehr hoch einzuordnen.

Zu Saisonbeginn zeigt sich eine verbesserte volleyballspezifische Ausdauer. Die maximale Herzfrequenz ist deutlich gesunken und die Spielerin startet optimal vorbereitet in die Saison. Zum Ausgangstest im April am Saisonende kann dieser Leistungsstand nicht gehalten werden. Die maximalen Herzfrequenzen steigen wieder an und auch die Erholungsraten zwischen den Intervallen verschlechtern sich deutlich.

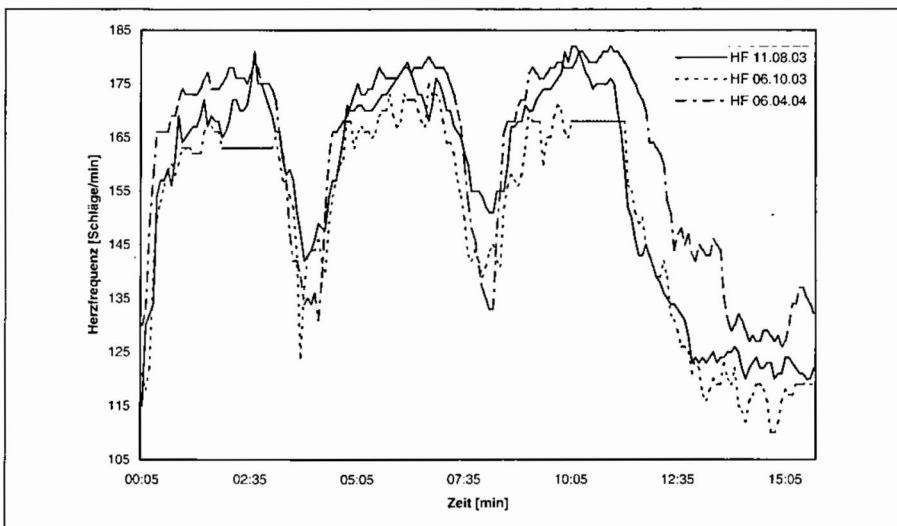


Abb. 4. Herzfrequenzverlauf in der Saison2003/2004 (Spielerin 3).

Der Verlauf der berechneten Ausdauerparameter lässt sich dagegen nicht eindeutig interpretieren. In der Abbildung 5 werden die Parameter maximale Herzfrequenz, der Mittelwert über die mittlere Pulserholungsrate über alle Serien sowie die Laktatkonzentration 2 Minuten nach Belastungsende einander gegenüber gestellt. Auffällig ist hier eine Verschlechterung der maximalen Herzfrequenz während der Saison. Eine Ausnahme bildet der 4.11.2002 an dem nur eine sehr geringe maximale Herzfrequenz erreicht wird. Entgegengesetzt reagiert die mittlere Pulserholungsrate auf den Trainingsverlauf. Hier muss ein Zusammenhang zwischen der maximalen Herzfrequenz und der Erholungsrate berücksichtigt werden. Die Laktatkonzentration verändert sich während der gesamten Saison dagegen nur leicht. Insgesamt ist ein Trend zu einer allgemeinen Erhöhung zu verzeichnen, eine Ausnahme bildet auch hier der 4.11.2002.

Festzustellen bleibt, dass sich die Ausdauerparameter während der Saison verändern, jedoch kein kontinuierlicher Zusammenhang zur Trainingsperiodisierung festzustellen ist. Ein Grund hierfür könnte der Umstand sein, dass innerhalb der untersuchten Mannschaft kein explizites Ausdauertraining in der Trainingsplanung integriert war, unmittelbare Adaptationserscheinungen daher auch nicht erwartet werden konnten.

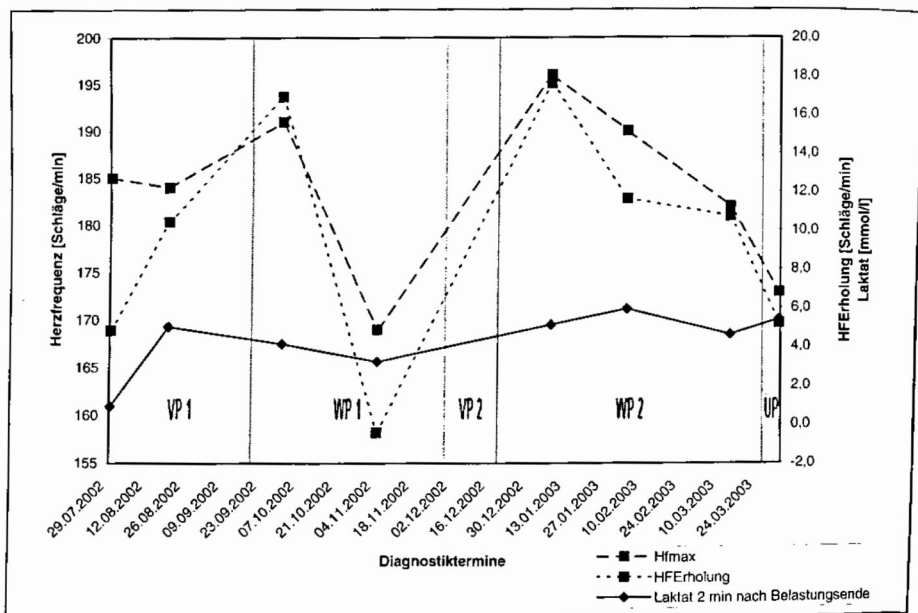


Abb. 5. Ausdauerparameter im Saisonverlauf 2002/2003 (Spielerin 3).

Die Individualität der Laktatakkumulation wird vor allem im längsschnittlichen Vergleich deutlich. Abbildung 6 illustriert die Laktatkurven einer Spielerin in der Saison

2002/2003. Auffällig sind die relativ hohen Eingangswerte zu Beginn des Tests. Direkt zu Belastungsende wird dagegen eine geringere Laktatkonzentration gemessen. Erst in der Erholungsphase im Anschluss des Tests findet eine Laktatakkumulation statt. Die Analyse aller Testergebnisse zeigt einen einheitlichen Trend der Laktatkurve, was als Indiz für eine individuelle Laktatakkumulation gewertet werden kann.

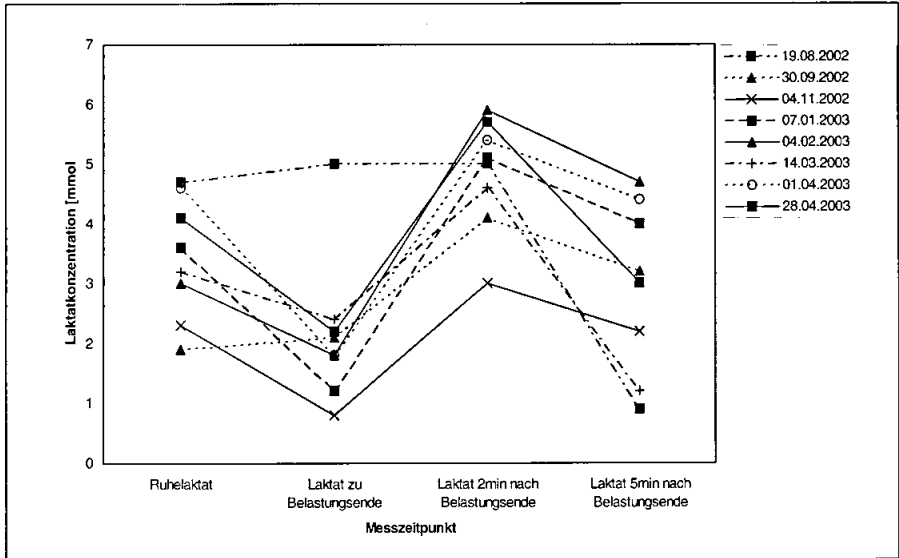


Abb. 6. Laktatkurven im Saisonverlauf 2002/2003 (Spielerin 3).

4 Schlussfolgerungen

Mit dem entwickelten Laufband-Ausdauerstest gelingt es Belastungen zu induzieren, welche der volleyballspezifischen Intervallbelastung nahe kommen. In einer Einzelfallanalyse kann die individuelle volleyballspezifische Ausdauerleistungsfähigkeit deskriptiv über den Verlauf der Herzfrequenz bestimmt werden. Anhand der Berechnung differenzierter Ausdauerparameter ist es möglich, die Ausdauerleistungsfähigkeit quantitativ zu erfassen.

Die Belastungsreaktionen können außerdem längsschnittlich verglichen werden. Innerhalb einer ersten qualitativen Einzelfallanalyse lassen sich folgende Einflussgrößen auf den individuellen Kurvenverlauf ausmachen: Der aktuelle Leistungsstatus, die Wirksamkeit des Ausdauertrainings, Trainingspausen, Verletzungen, Krankheit, Lauftechnik und Adaptationen an die Versuchsanordnung. Schwierigkeiten bereitet indes die Interpretation der längsschnittlichen Entwicklung der berechneten Ausdauerparameter bzw. der Vergleich dieser Entwicklungen.

Innerhalb der Trainingswirkungsanalyse ist der Test dazu geeignet die volleyballspezifische Ausdauerleistungsfähigkeit als leistungsrelevante Einzelfähigkeit zu erfassen. Auf der Grundlage der Testergebnisse können zudem trainingssteuernde Maßnahmen durch den Trainer generiert werden.

Literatur

- Bachl, N., Baron, R., Smekal, G., & Tschann, H. (1994). Validität sportartspezifischer Leistungsdiagnostik. In D. Clasing, H. Weicker, & D. Böning (Hrsg.), *Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik* (S. 165-174). Stuttgart: Gustav Fischer.
- Begov, F. & Kröger, C. (1986). Entwicklung eines leistungsdiagnostischen Testverfahrens für Kaderspieler im Volleyball. In R. Andresen (Hrsg.), *Beiträge zur Sportspielforschung* (S. 168-186). Ahrensburg: Czwalina.
- Binz, K. (1986). Konstruktion und erste Validierung eines fussballspezifischen Ausdauertests. In H. Mechling, D. Schmidtbleicher, & S. Starischka (Hrsg.), *Aspekte der Bewegungs- und Trainingswissenschaft. Motorisches Lernen – Leistungsdiagnostik – Trainingssteuerung* (S. 245-259). Clausthal-Zellerfeld: dvs.
- Hollmann, W. & Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin* (4. Auflage). Stuttgart: Schattauer.
- Iwollow, A.W. (1984). *Volleyball – Biomechanik und Methodik*. Berlin: Sportverlag.
- Jansson, R. (1984). Zur Erfassung der Belastungsstruktur im Volleyballspiel – Grundlage der Trainingsperiodisierung. In E. Christmann (Red.), *Volleyball trainieren. 9. Symposium des Deutschen Volleyballverbandes 1983* (S. 87-94). Ahrensburg: Czwalina.
- Müller, E., Kornexl, E., & Leitenstorfer, W. (1992). Fussballspezifischer Ausdauerest. *Leistungssport*, 22(2), 22-26.
- Voigt, H.-F. (1984). Zur Ermittlung von Trainingsinhalten für die langfristige Trainingsplanung. In R. Andresen & G. Hagedorn (Hrsg.), *Steuerung des Sports in Training und Wettkampf* (S. 68-82). Ahrensburg: Czwalina.
- Voigt, H.-F. & de Marées, H. (1988). Entwicklung und Einsatz eines volleyballspezifischen Laufbandtests. In F. Dannenmann (Hrsg.), *Training und Methodik des Volleyballspiels. 13. Symposium des Deutschen Volleyballverbandes 1987* (S. 100-119). Ahrensburg: Czwalina.