



## Position Statements

### **Thesen zur aktuellen Laktatdiskussion Oktober 2008**

Autoren: Wahl, P.; Bloch, W.; Mester, J.

### **Thesen zum High Intensity Training (HIT) April 2009**

Autoren: Wahl, P.; Sperlich, B.; Hägele, M.; Bloch, W.; Mester, J.

### **Thesen zum Krafttraining im Kindes- und Jugendalter August 2009**

Autoren: Behringer, M.; vom Heede, A.; Kleinöder, H.; Mester, J.

### **Aerobe und anaerobe Belastung und Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter August 2009**

Autoren: Wahl, P.; Sperlich, B.; Mester, J.

Das Deutsche Forschungszentrum  
für Leistungssport Köln

Deutsche Sporthochschule Köln  
Am Sportpark Müngersdorf 6  
50933 Köln

Geschäftsstelle **m<sup>o</sup>mentum**

Tel.: 0221 4982-6068  
Fax.: 0221 4982-8180  
Email: [momentum@dshs-koeln.de](mailto:momentum@dshs-koeln.de)  
Web: [www.dshs-koeln.de/momentum](http://www.dshs-koeln.de/momentum)

© by DSHS-Köln 2009

## Thesen zur aktuellen Laktatdiskussion

1. Laktat ist in Deutschland seit Beginn der 70er und 80er Jahren international richtungsweisend erforscht worden.
2. Das hat erheblich dazu beigetragen, das Problem möglicher Überlastungen in die Aufmerksamkeit zu rücken und zu verringern.
3. Schwellenkonzepte (4mmol, IAS u.a. Schwellen) und Laktattests dienen und dienen noch heute dazu, Intensitäten und Umfänge in der Belastungsgestaltung fest zu legen.
4. In vielen Fällen wird aus Sorge vor zu hohen, intensiven Belastungen oft sehr umfangsorientiert trainiert.
5. Laktat wird in der Praxis immer noch als „Abfallprodukt“ verstanden. Das ist physiologisch falsch. Es ist ein Zwischenprodukt und Signalmolekül, das erhebliche Stoffwechsellpotenz besitzt. Einige Arbeitsgruppen sprechen bereits vom „Lactormone“.
6. Unter Belastung decken viele Gewebe (u.a. Herz, Skelettmuskel) ihren Energiebedarf durch die Oxidation von Laktat unter gleichzeitiger Reduktion der Glukose-Oxidation.
7. Hierbei spielen Transportvorgänge (Laktattransporter) und Stoffwechsellungsvorgänge eine wichtige Rolle, die trainierbar sind und die zurzeit intensiv untersucht werden.
8. International spricht man inzwischen wissenschaftlich von einer „Laktatrevolution“, die zu einem neuen Verständnis geführt hat. Diese Entwicklung ist in der deutschen Sportpraxis noch nicht zur Kenntnis genommen worden.
9. Schlüsse aus diesen Diskussionen beruhen darauf, dass dieser Stoffwechselweg bewusster und nicht vermeidend („Überschreitung von Schwellen“) eingesetzt werden sollte. Allerdings ist die Frage der Dosierung wichtig. Die Gefahr einer Überlastung besteht natürlich immer noch. Zu große Umfänge sind allerdings ebenfalls nicht produktiv.
10. Für die Frage der Dosierung der Belastung im Hochleistungsbe-  
reich stehen viele weitere und wichtigere diagnostische Parameter (Biomarker) als Laktat zur Verfügung, um den Belastungszustand eines Athleten zu erfassen. Diese werden in der Praxis des Leistungssports bislang so gut wie nicht eingesetzt.
11. Als Gründe für eine verzögerte Diskussion der Rolle des Laktats in der Sportpraxis kann angesehen werden, dass der Zeitversatz zwischen der Produktion des internationalen Wissens durch Forschung und der Anwendung der Erkenntnisse in der Praxis viel zu groß ist.
12. Die Halbwertszeit des Wissens im naturwiss. Bereich beträgt z.  
Zt. ca. 4,5 Jahre. Das bedeutet, dass nach ca. 8 Jahren die Hälfte des Wissens veraltet ist. Bis aktuelles Wissen in praxisorientierten Lehrbüchern, Lehrplänen, Rahmentrainingsplänen etc. aufgenommen und dann in der Praxis umgesetzt worden ist, kann es durchaus 8-10 Jahre dauern.

### Autoren:

Wahl, P.  
Bloch, W.  
Mester, J.

13. Eine Lösung im Sinne eines Bypasses zwischen Forschung und Praxis kann nur einerseits darin bestehen, dass für die Konditionsarbeit größere Teams mit Spezialisten um den Cheftrainer herum gebildet werden. Diese Personen müssen gut ausgebildet sein und einen direkten Kontakt mit der Forschung besitzen.

## Literatur

1. Brooks GA. Intra- and extra-cellular lactate shuttles. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 790-799.
2. Brooks GA. Lactate: link between glycolytic and oxidative metabolism. *Sports Med* 2007; 37: 341-343.
3. Cairns SP. Lactic acid and exercise performance : culprit or friend? *Sports Med* 2006; 36: 279-291.
4. Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, Raha S, Tarnopolsky MA. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 2006; 575: 901-911.
5. Gladden LB. Muscle as a consumer of lactate. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 764-771.
6. Gladden LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *J Physiol* 2004; 558: 5-30.
7. Gladden LB. A lactic perspective on metabolism. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40: 477-485.
8. Gladden LB. Current trends in lactate metabolism: introduction. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40: 475-476.
9. Juel C. Laktattransport im Skelettmuskel: Trainingsinduzierte Anpassung und Bedeutung bei körperlicher Belastung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 2004; 55: 157-160.
10. Philp A, Macdonald AL, Watt PW. Lactate--a signal coordinating cell and systemic function. *J Exp Biol* 2005; 208: 4561-4575.
11. Rakobowchuk M, Tanguay S, Burgomaster KA, Howarth KR, Gibala MJ, MacDonald MJ. Sprint interval and traditional endurance training induce similar improvements in peripheral arterial stiffness and flow-mediated dilation in healthy humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2008; 295: R236-R242.

### Kontakt:

Patrick Wahl  
Tel. 0221 4982 6071  
eMail: wahl@dshs-koeln.de

## Thesen zum High Intensity Training (HIT)

1. Während die physiologischen Reaktionen und Adaptationen auf ein hoch-umfangsorientiertes, niedrig-intensives Grundlagenausdauertraining (high volume training; HVT) mit mäßig trainierten Probanden einigermaßen gut bekannt sind, sind die Anpassungen unterschiedlicher Ausdauertrainingsprogramme bei hochtrainierten Ausdauerathleten, insbesondere angesichts der individuellen Reaktionen, weitgehend unbekannt [5].
2. Während Grundlagenausdauertraining bei mäßig trainierten Personen mit einer Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit und begleitenden physiologischen Parametern einhergeht, führen weitere Steigerungen des Belastungsumfangs im submaximalen Bereich bei hochtrainierten Athleten oft nicht zu Verbesserungen der aeroben Leistungsfähigkeit und der physiologischen Parameter (z. B.  $VO_2\text{max}$ ).
3. Häufig ist auch eine weitere Steigerung der Trainingsumfänge in Ausdauersportarten, aber auch in technik- oder taktikdominierten Sportarten, wie z.B. Mannschaftsspielen, auf Grund der anderen zu trainierenden Fähigkeiten, auch aus zeitlichen Gründen nicht möglich.
4. Trotzdem wurde und wird in vielen Fällen aus Sorge vor zu hohen, intensiven Belastungen oft mit großen Schwerpunkten sehr umfangsorientiert trainiert.
5. Laktat-basierte Trainingsableitungen und Analysen der sportspezifischen Belastungsanforderungen wurden dahingehend interpretiert, dass zur Verbesserung der aeroben Leistungsfähigkeit hauptsächlich niedrigintensiv und umfangsorientiert trainiert werden muss.
6. Hinzu kommt, dass umfangsorientiertes Training, z. B. im Schwimmen und im Rudern, mit dem Argument des Techniktrainings vertreten wird. Nicht hinreichend berücksichtigt wird hier aber, dass räumlich-zeitliche Merkmale einer Technik bei geringen Ausführungsgeschwindigkeiten völlig andere sein können als unter Wettkampfbedingungen.
7. Viele internationale Publikationen nehmen an, dass gut bis sehr gut ausdauertrainierte Personen bereits alle kardiorespiratorischen Anpassungen, die durch submaximales Training hervorgerufen werden, erreicht haben und eine weitere Steigerung des Belastungsumfanges zu keiner weiteren Leistungssteigerung führt [7].
8. Es wurde gezeigt, dass nur ein sehr geringer Anteil an hoch intensivem Training (HIT; „high intensity training“) in den Trainingsprogrammen vieler Spitzensportler vorkommt [1;4;8].
9. Heute muss man davon ausgehen, dass die dauerhaft submaximalen Belastungen dazu beitragen, dass ein für eine weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit benötigter Trainingsreiz langfristig nicht mehr vorhanden ist [9].
10. Hoch trainierte Athleten müssen demnach mit höheren Intensitäten trainieren, um weitere Steigerungen der  $VO_2\text{max}$  und der Ausdauerleistungsfähigkeit zu erreichen.
11. Dabei geht es keinesfalls um den völligen Verzicht grundlagenorientierter Ausdauerblöcke, sondern um das „Anreichern“ der Trainingsqualität durch das Einstreuen oder gezielte Blocken hoher bis höchster Intensitäten.
12. Auch wenn intensive Belastungen natürlich prinzipiell nicht neu sind, so ist mit dem „High Intensity (Interval) Training“ (HIT) in recht kurzer Zeit eine derartige Methode vehement in die interna-

### Autoren:

Wahl, P.  
Sperlich, B.  
Hägele, M.  
Bloch, W.  
Mester, J.

tionale wissenschaftliche Diskussion gekommen. Neu sind die große Zahl dieser Studien und die recht detaillierten Erkenntnisse zu den physiologischen Reaktionen.

13. Nahezu allen Studien mit mäßig bis gut trainierten Probanden, die HIT mit HVT vergleichen, zeigten kaum Anpassungsunterschiede der Ausdauerleistungsfähigkeit zwischen beiden Interventionen, teilweise sogar größere Verbesserungen nach HIT. Allerdings gibt es erhebliche Unterschiede in der Trainingszeit mit teilweise nur 1/10 des Gesamtumfangs von HVT [3].
14. Über die Effekte von HIT bei hochtrainierten Athleten ( $VO_{2,max} \geq 60 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) ist bisher weniger bekannt. Die bisher vorhandenen Studien zeigen jedoch mehrheitlich Verbesserungen der Leistung mit nur wenigen HIT-Einheiten pro Woche. Langzeitstudien fehlen jedoch komplett [2;6].
15. Eigene Untersuchungen im Nachwuchsbereich belegen, dass HIT auch hier sinnvoll eingesetzt werden kann. Die mit dieser Methode verbundene Zeitersparnis ist hier angesichts der zeitlichen Inanspruchnahme durch Schule und Freizeit von besonderer Bedeutung.
16. Die adaptiven physiologischen Mechanismen dahinter sind jedoch bis heute nicht hinreichend untersucht. Über die physiologischen Wirkungsmechanismen von HIT können zum jetzigen Zeitpunkt nur Hypothesen aufgestellt werden.
17. Die Auslenkungen des Systems, die bei HVT über die längere Dauer der Belastung zu Stande kommen, scheinen bei HIT in kürzerer Zeit zu entstehen. Grundsätzlich liegt die Vermutung nahe, dass die u. a. metabolischen und mechanischen Stimuli während HIT deutlich stärker wirken als bei HVT und diese auch für den Leistungssportler „ungewohnten“ Reize zu weitere Adaptationen führen. Eine weitere Vermutung wäre ein länger anhaltender „Nachbrenneffekt“ nach HIT.
18. Die physiologische Antwort auf hohe bis höchste Belastungsintensitäten deutet darauf hin, dass ein Training an oder nahe der  $VO_{2,max}$  den optimalen Stimulus für deren Steigerung bei hochtrainierten Athleten darstellt.
19. Auch unter dem Aspekt der Saisonperiodisierung könnte HIT eine wichtige Bedeutung zukommen. HIT könnte ein zusätzliches Werkzeug zur Feinststeuerung von Anpassungen darstellen. Wurden und werden bisher lange Trainingsphasen mit langen Grundlageneinheiten in der Vorbereitungsperiode verwendet, um z. B. Anpassungen im Faserspektrum der Skelettmuskulatur hervorzurufen, zeigen neue Untersuchungen, dass z. B. die Plastizität des Skelettmuskels deutlich größer ist und Shifts im Faserspektrum deutlich schneller von statten gehen als bisher angenommen.
20. So besteht die Möglichkeit, durch HIT-Blöcke das Training und die biologisch zugrunde liegenden Adaptationen deutlich feiner und öfter im Jahresverlauf zu steuern und auszulösen.
21. Die Frage der Dosierung bleibt weiterhin wichtig. Die Gefahr einer Überlastung besteht natürlich immer noch. Zu große Umfänge sind allerdings ebenfalls nicht produktiv.
22. Für die Frage der Dosierung der Belastung im Hochleistungsbereich stehen viele diagnostische Parameter (Biomarker) zur Verfügung, um den Belastungszustand eines Athleten zu erfassen. Diese werden in der Praxis des Leistungssports bislang so gut wie nicht einge-

**Kontakt:**

Patrick Wahl  
Tel. 0221 4982 6071  
eMail: wahl@dshs-koeln.de

## Literatur

1. Basset FA, Chouinard R, Boulay MR. Training profile counts for time-to-exhaustion performance. *Can J Appl Physiol* 2003; 28: 654-666.
2. Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein JP. Interval training at VO<sub>2</sub>max: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 156-163.
3. Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, Raha S, Tarnopolsky MA. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 2006; 575: 901-911.
4. Hewson DJ, Hopkins WG. Prescribed and self-reported seasonal training of distance runners. *J Sports Sci* 1995; 13: 463-470.
5. Kubukeli ZN, Noakes TD, Dennis SC. Training techniques to improve endurance exercise performances. *Sports Med* 2002; 32: 489-509.
6. Laursen PB, Blanchard MA, Jenkins DG. Acute high-intensity interval training improves Tvent and peak power output in highly trained males. *Can J Appl Physiol* 2002; 27: 336-348.
7. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med* 2002; 32: 53-73.
8. Robinson DM, Robinson SM, Hume PA, Hopkins WG. Training intensity of elite male distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23: 1078-1082.
9. Swain DP, Franklin BA. VO<sub>2</sub> reserve and the minimal intensity for improving cardiorespiratory fitness. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 152-157.

### Autoren:

Behringer, M.  
vom Heede, A.  
Kleinöder, H.  
Mester, J.

### 1. Risiko und Belastbarkeit:

- Bei adäquater Übungsauswahl und qualifizierter Betreuung, ist ein Krafttraining im Kindes- und Jugendalter als effektiv und sicher einzustufen.
- Das Risiko einer Epiphysenfugenschädigungen durch Krafttraining ist bei hoher Belastung biologisch vorhanden, wird aber bei geeigneter Anleitung im Allgemeinen als sehr niedrig eingestuft.
- Eine negative Beeinflussung des Körperwachstums oder der Skelettreife ist bei Beachtung einer ausgewogenen Energiebilanz nicht zu befürchten.

### 2. Strukturelle vs. nervale Adaptationen:

- Funktionale Anpassungen auf ein Krafttraining bei Kindern (präpubertär) wurden bislang einer funktionellen Verbesserung des Innervationsverhaltens im neuro-muskulären System zugeschrieben. Belastbare Daten hierzu fehlen jedoch bislang.
- Strukturelle Anpassungen im Sinne einer Hypertrophie wurden präpubertären Kindern aufgrund niedriger Sexualhormonspiegel hingegen bislang abgesprochen, können jedoch auftreten.
- Zurückzuführen ist diese Annahme auf zahlreiche Krafttrainingsinterventionsstudien, welche vergeblich versuchten mittels unpräziser Umfangsmessungen Veränderungen der Muskelmasse zu erfassen.
- Die bislang mit präziseren Messverfahren (z.B. MRT) durchgeführten Untersuchungen zeigen jedoch in der Mehrzahl deutliche Hinweise in Bezug auf die bislang umstrittene Hypertrophie.

### 3. Verletzungsprophylaxe:

- Da Sportverletzungen in der Regel neben dem Band- und Sehnenapparat die Muskulatur und den Knochen betreffen, liegt es nahe, durch eine Erhöhung der Größe, Dichte oder Verbesserung der mechanischen Eigenschaften dieser Strukturen Verletzungen vorzubeugen.
- Alle bislang durchgeführten Studien, welche ein prä-saisonales Konditionstraining bzw. ein modifiziertes Aufwärmprogramm mit Krafttrainingsanteilen durchführten, konnten die Verletzungsrate in der jeweiligen Primärsportart senken.
- Der Mineralgehalt der Knochen steht in einer antiproportionalen Beziehung zum Frakturrisiko. Ein Krafttraining im Nachwuchssport ist auch hier in der Lage, durch Förderung der Knochenmineralisation, einen positiven Effekt im Sinne der Verletzungsprophylaxe auszuüben.
- Bauch- und Rückenmuskulatur reduzieren gefährliche Scherkräfte auf die Wirbelsäule, so dass ihre Kräftigung fundamentaler Bestandteil aller Trainingsprogramme für Kinder und Jugendliche sein sollte.

### 4. Sicherheit beim Krafttraining:

- Maximale Lasten, wettkampforientiertes Gewichtheben und Bodybuilding sollten bis zur vollständigen körperlichen und skelettären Reifung vermieden werden.
- Alle Trainingsgeräte müssen in einem guten und sicheren Zustand, sowie auf die Größe der Kinder einstellbar sein.
- Eine medizinische Untersuchung durch einen Kinderarzt/Sportarzt sollte vor der ersten Trainingsaufnahme erfolgen.
- Anzeichen von Verletzungen oder Erkrankungen, bedingt durch das Krafttraining, sollten vor dem nächsten Training medizinisch unter-

### Kontakt:

Michael Behringer  
Tel. 0221 4982 3620  
eMail: behringer@dshs-koeln.de

sucht werden.

- Der Bewegungsablauf jeder Übung sollte zu Beginn ohne Last oder Widerstand erlernt werden, bis eine einwandfreie Durchführung gegeben ist.
- Solange die Technik nicht stabilisiert ist, sollten schnelle, explosive und ballistische Bewegungen vermieden werden
- Zu jedem Training sollte eine Vor- und Nachbereitung stattfinden. Dies beinhaltet ein ausführliches Aufwärmen vor dem Training, sowie eine Cool-Down-Phase nach dem Training.
- Übungen, die das Gleichgewicht, die Koordination und Motorik fordern, sollten in das Training eingebaut werden.

## 5. Trainingsmittel:

- Als Widerstandsquelle wird beim Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen häufig das eigene Körpergewicht empfohlen.
- Je nach ausgewählter Übung schwankt damit die Belastung zwischen deutlich sub- bis supramaximal und kann nur schlecht dosiert werden.
- Kindgerechte Kraftmaschinen, welche genau auf die Körpergröße der Kinder eingestellt werden können oder Freihantelübungen, ermöglichen hingegen eine feinere Abstufung des Widerstandes und beugen damit Überlastungen vor.
- Wesentliche Voraussetzung, unabhängig vom gewählten Trainingsmittel, ist das Erlernen der richtigen Bewegungstechnik vor Trainingsbeginn.

## 6. Trainingsplangestaltung:

- Periodisierung und Variation des Trainingsprogramms optimieren den Trainingsreiz und beugen einer Monotonie vor.
- Im Trainingsprogramm sollten alle Hauptmuskelgruppen berücksichtigt werden, wobei mit dem Training der primären Muskelgruppen von Ober- und Unterkörper begonnen werden sollte. Des Weiteren sollten sowohl ein- als auch mehrgelenkige Übungen enthalten sein.
- Die Übungen sollten über den vollen Bewegungsumfang durchgeführt werden.
- Bei gesundheitsbezogenen Zielen sollte eine Kombination mit Ausdauertraining gewählt werden.
- Anspruchsvollere Hantelübungen (Kreuzheben, Reißen, Stoßen, etc.) können unter Verwendung geeigneter Lasten und Einhaltung korrekter Übungsausführung in das Trainingsprogramm integriert werden.

**Tabelle 1: Periodisierung im Krafttraining im Nachwuchssport (nach Faigenbaum et al., 2009)**

	Anfänger	Fortgeschritten	Erfahren
Muskelaktion	Konzentrisch & Exzentrisch	Konzentrisch & Exzentrisch	Konzentrisch & Exzentrisch
Übungsauswahl	Ein- und Mehrgelenk	Ein- und Mehrgelenk	Ein- und Mehrgelenk
Intensität	50-70% 1RM	60-80% 1RM	70-85% 1RM
Volumen	1-2 Sätze X 10-15 Wdh.	2-3 Sätze X 8-12 Wdh.	≥3 Sätze X 6-10 Wdh.
Pausenzeit	1 min	1-2 min	2-3 min
Bewegungsgeschwindigkeit	Moderat	Moderat	Moderat
Häufigkeit (Tage/Woche)	2-3	2-3	3-4

RM = Repetition Maximum (Wiederholungsmaximum); Wdh. = Wiederholungen

## Literatur

1. American College of Sports Medicine. ACSMs Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia u.a.: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
2. Baker, D., Mitchell, J., Boyle, D., Currell, S., Currell, P., Wilson, G., Bird, S. P., O'Connor, D., and Jones, J. Resistance Training for Children and Youth: A Position Statement from the Australian Strength and Conditioning Association (ASCA). [www.strengthandconditioning.org](http://www.strengthandconditioning.org), 1-19. 2007. 12-11-2007.
3. Behm DG, Faigenbaum AD, Falk B, Klentrou P. Canadian Society for Exercise Physiology position paper: resistance training in children and adolescents. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 2008; 33: 547-561.
4. De Ste Croix MBA. Muscle strength. In: Armstrong N, ed. *Paediatric Exercise Physiology*. Churchill, Livingstone, Philadelphia: Elsevier; 2007. pp 47-69.
5. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, Jeffreys I, Micheli L, Nitka M, Rowland TW. Youth resistance training: Updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2009; 23: S1-S20.
6. Malina RM. Weight training in youth-growth, maturation, and safety: an evidence-based review. *Clin J Sport Med* 2006; 16: 478-487.
7. Rowland TW. *Children's Exercise Physiology*. Champaign: Human Kinetics; 2005.
8. Small EW, McCambridge TM, Benjamin HJ, Bernhardt DT, Brenner JS, Cappetta CT, Congeni JA, Gregory AJM, Griesemer BA, Reed FE, Rice SG. Strength training by children and adolescents. *Pediatrics* 2008; 121: 835-840.
9. Stratton G, Jones M, Fox KR, Tolfrey K, Harris J, Maffulli N, Lee M, Frostick SP. BASES position statement on guidelines for resistance exercise in young people. *Journal of Sports Sciences* 2004; 22: 383-390.

## Aerobe und anaerobe Belastung und Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter

### 1. Leistungsfähigkeit:

Die absolute Leistungsfähigkeit (W) steigt mit zunehmendem Alter, die relative Leistungsfähigkeit (W/kg) bleibt jedoch nahezu unverändert und ist bei Kindern (präpubertär) und Jugendlichen (intra- und postpubertär) wie bei Erwachsenen in hohem Maße trainingsabhängig.

### 2. Muskelfaser-Charakteristik:

- Kinder weisen einen größeren Anteil an Typ I Muskelfasern auf (65% bei 5jährigen vs. 50% bei 20jährigen). Daher haben Kinder eine geringere glykolytische aber höhere oxidative Leistungsfähigkeit. Insgesamt ist der totale relative muskuläre Energieumsatz (W/kg Muskelmasse) bei Kindern höher im Vergleich zu Erwachsenen.
- Hinzu kommt ein geringerer Muskelfaser-Durchmesser (40µm vs. 60 µm), welcher kürzere Diffusionsstrecken und eine höhere Kapillardichte mit sich bringt, was wiederum den oxidativen Stoffwechsel fördert.
- Die Mitochondrien/Myofibrillen Volumen Ratio ist bei Kindern und Erwachsenen ähnlich.

### 3. Energiespeicher:

- Die ATP & PCr –Konzentrationen (5 bzw. 17mmol/kg Feuchtmuskel) im Muskel zeigen keine Unterschiede zwischen Kindern & Erwachsenen. Die relative Leistungsfähigkeit für Belastungen bis ~15sec. ist in etwa gleich.  
Allerdings zeigen Kinder eine schnellere PCr-Resynthese-Rate während Erholung durch bessere ventilatorische Regulation und höhere oxidative Leistungsfähigkeit (s. oben).
- Leber & Muskel Glykogen-Speicher (g/kg) sind bei Kindern geringer (50-60%). Daher kann es evtl. zur schnelleren Entleerung der Glykogenspeicher bei Kindern kommen. Training erhöht aber in jedem Alter die Glykogenspeicher in der Muskulatur.

### 4. Enzym-Aktivität:

- Die Dichte & Aktivität oxidativer Enzyme ist bei Kindern höher. Sie zeigen eine größere Pyruvat-Oxidation bzw. eine größere aerobe Leistungsfähigkeit.
- Die Aktivität/Dichte anaerober Enzyme (LDH & PFK) ist bei Kindern jedoch geringer.
  - geringere ABSOLUTE (!) anaerobe Leistungsfähigkeit; relativ nicht
  - geringere ABSOLUTE (!) Blutlaktatwerte bei Kindern; relativ nicht
  - Training erhöht in jedem Fall die Enzym-Aktivität im Muskel (↑ 20-35% der PFK) → ↑ [La]
  - absolute Muskel-Laktat-Konzentrationen steigen mit zunehmendem Alter:
- Kinder weisen geringere H<sup>+</sup>-Ionen-Konzentrationen bzw. eine bessere pH-Regulation im Blut durch stärkere Ventilation nach Belastung auf. Dies begünstigt und begründet die kürzeren Erholungszeiten bei Kindern (s. unten).

### Autoren:

Wahl, P.  
Sperlich, B.  
Mester, J.

## 5. Aerober & anaerober Metabolismus:

- Die absolute  $\text{VO}_2\text{max}$  steigt mit zunehmendem Alter und Körpermasse. Die relative  $\text{VO}_2\text{max}$  bleibt bei Jungen weitgehend konstant, bei Mädchen fällt sie mit steigendem Alter auf Grund der veränderten Körperzusammensetzung.
- Kinder zeigen im Vergleich zu Erwachsenen geringere RQ-Werte bei gleicher prozentualer Belastung der  $\text{VO}_2\text{max}$ . Dabei ist die Fettoxidation um  $\sim 70\%$  höher und die KH-Nutzung um 23% niedriger.
- Die anaerobe Rephosphorylierung von ATP durch anaeroben Metabolismus ist bei Kindern eingeschränkt. Die späteren Veränderungen in diesem Bereich können zum einen durch Veränderungen der Glykolyse oder zum anderen durch Veränderungen der Faserrekrutierung bedingt sein. Die Laktatproduktion ist u. a. abhängig von der Rekrutierung motorischer Einheiten (glykolytisch vs. oxidativ). Hier zeigen Kinder eine eingeschränkte Nutzung schwer rekrutierbarer motorischer Einheiten, was wiederum in einer geringeren Laktatproduktion mündet.
- Manche Arbeitsgruppen belegen jedoch keine altersabhängigen Unterschiede beim anaeroben Metabolismus.
- Kinder zeigen (bedingt durch die höhere rel. aerobe Leistungsfähigkeit) eine höhere Laktatelimination aus dem Blut, was neben der geringeren Muskelmasse, die geringeren Blutlaktatspiegel erklärt.
- Der frühere Laktatpeak im Blut bei Kindern ist durch die kürzeren intramuskulären Diffusionsstrecken & Zirkulationszeiten zu erklären.
- Das Maximale Laktat Steady State (MaxLass) bleibt im Alternsgang nahezu gleich. Es kann im Alter von 10 Jahren zwischen 3 und 5 mmol/l liegen und unterscheidet sich damit nicht von Jugendlichen oder Erwachsenen.
- Kinder zeigen im Vergleich zu Erwachsenen ein ähnliches Laktat-Aufkommen, einen ähnlichen PCr breakdown, allerdings eine höhere aerobe Leistungsfähigkeit und somit einen höheren totalen relativen muskulären Energieumsatz (W/kgMM).

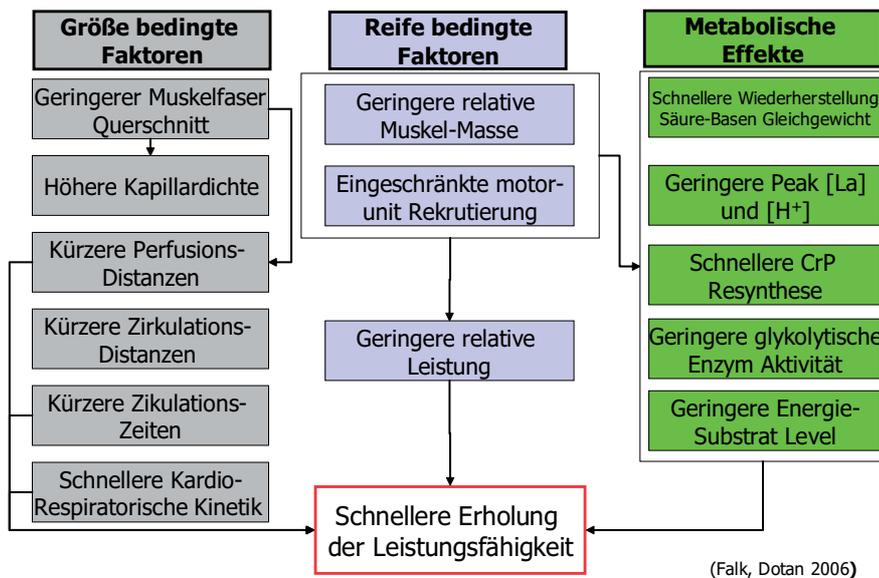
## 6. Sauerstoff-Aufnahme-Kinetik:

- In Bezug auf die  $\text{VO}_2$  Kinetik zeigen Kinder eine schnellere Regulation und Erholung der Ventilation, der Sauerstoffaufnahme und der HF im Vergleich zu Erwachsenen.
- Diese Unterschiede sind u. a. in den geringeren Körperdimensionen von Kindern begründet:
  - kürzere kardiovaskuläre Distanzen & Zirkulationszeiten
  - kleineres absolutes & relatives  $\text{O}_2$ -Defizit
  - kürzeren intramuskulären Diffusionsstrecken & Zirkulationszeiten.

Diese Unterschiede begünstigen, neben den oben genannten Faktoren, ebenfalls den aeroben Stoffwechsel.

## 7. Erholungsfähigkeit:

Nach max. anaeroben Belastungen zeigen Kinder eine schnellere Erholung/Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit (schnellere PCr-Re-synthese) und geringere RQ-Werte bedingt durch die höhere oxidative Kapazität. Kinder „müssen sich von weniger Ermüdung erholen“ und starten ihre Erholung nicht vom gleichen Punkt wie Erwachsene.



## 8. Training:

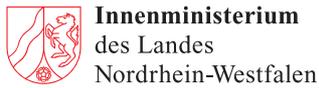
- Kinder neigen bei selbstgewählten Belastungen zu Intervallen zwischen 3-20 sec.
- Diese können durchaus laktazid sein.
- Die Regeneration von Kindern ist deutlich schneller im Vergleich zu Erwachsenen. Bei Pubertierenden ist die Erholungszeit schon verlängert. Diese Unterschiede sollten im Training berücksichtigt werden.
- Die hohe aerobe/oxidative Leistungsfähigkeit von Kindern sollte erhalten bzw. aufgebaut werden. Hier bieten sich, wie neue Studien zeigen auch intensive Intervalle an (high intensity training; HIT).

### Kontakt:

Patrick Wahl  
 Tel. 0221 4982 6071  
 eMail: wahl@dshs-koeln.de

## Literatur

1. Beneke R, Heck H, Schwarz V, Leithauser R. Maximal lactate steady state during the second decade of age. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1996; 28: 1474-1478.
2. Beneke R, Hutler M, Jung M, Leithauser RM. Modeling the blood lactate kinetics at maximal short-term exercise conditions in children, adolescents, and adults. *Journal of Applied Physiology* 2005; 99: 499-504.
3. Beneke R, Hutler M, Leithauser RM. Anaerobic performance and metabolism in boys and male adolescents. *Eur J Appl Physiol* 2007; 101: 671-677.
4. Beneke R, Hutler M, Leithauser RM. Carbohydrate and fat metabolism related to blood lactate in boys and male adolescents. *Eur J Appl Physiol* 2009; 105: 257-263.
5. Boisseau N, Delamarche P. Metabolic and hormonal responses to exercise in children and adolescents. *Sports Med* 2000; 30: 405-422.
6. Falk B, Dotan R. Child-adult differences in the recovery from high-intensity exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 2006; 34: 107-112.
7. Hebestreit H, Mimura K, Baror O. Recovery of Muscle Power After High-Intensity Short-Term Exercise - Comparing Boys and Men. *Journal of Applied Physiology* 1993; 74: 2875-2880.
8. Ratel S, Bedu M, Hennegrave A, Dore E, Duche P. Effects of age and recovery duration on peak power output during repeated cycling sprints. *Int J Sports Med* 2002; 23: 397-402.
9. Ratel S, Duche P, Hennegrave A, Van Praagh E, Bedu M. Acid-base balance during repeated cycling sprints in boys and men. *J Appl Physiol* 2002; 92: 479-485.
10. Ratel S, Duche P, Williams CA. Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Med* 2006; 36: 1031-1065.
11. Ratel S, Lazaar N, Dore E, Baquet G, Williams CA, Berthoin S, Van Praagh E, Bedu M, Duche P. High-intensity intermittent activities at school: controversies and facts. *J Sports Med Phys Fitness* 2004; 44: 272-280.
12. Ratel S, Lazaar N, Williams CA, Bedu M, Duche P. Age differences in human skeletal muscle fatigue during high-intensity intermittent exercise. *Acta Paediatr* 2003; 92: 1248-1254.
13. Ratel S, Williams CA, Oliver J, Armstrong N. Effects of age and recovery duration on performance during multiple treadmill sprints. *Int J Sports Med* 2006; 27: 1-8.



**Innenministerium**  
des Landes  
Nordrhein-Westfalen



**Ministerium für Innovation,  
Wissenschaft, Forschung  
und Technologie des Landes  
Nordrhein-Westfalen**



**Deutsche  
Sporthochschule Köln**  
German Sport University Cologne



Olympiastützpunkte  
Rheinland  
Rhein-Ruhr  
Westfalen



**LANDESPORTBUND**  
*Wir bringen Menschen in Bewegung*

Positionstatements  
Ausgabe 1/ 09

Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport Köln ist gem. § 29 HFG-NRW eine Zentrale Wissenschaftliche Einrichtung der Deutschen Sporthochschule Köln. Die Deutsche Sporthochschule Köln ist eine Körperschaft Öffentlichen Rechts. Sie wird vertreten durch den Rektor.

## Förderer

- Innenministerium NRW
- Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie NRW
- Sportstiftung NRW
- ARAG
- IBM
- TOYOTA
- DSHS Köln

## Kooperationen

- LandesSportBund NRW
- Olympiastützpunkte Rheinland Rhein-Ruhr Westfalen

## Impressum

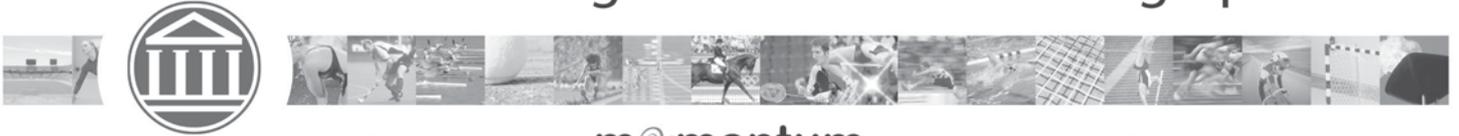
Das Deutsche Forschungszentrum  
für Leistungssport Köln

Deutsche Sporthochschule Köln  
Am Sportpark Müngersdorf 6  
50933 Köln

Vorsitzender des Vorstandes:  
Prof. Dr. J. Mester  
Geschäftsführerin: E. Engelmeyer

Kontakt:  
Geschäftsstelle **m@mentum**  
Tel.: 0221 4982-6068  
Fax.: 0221 4982-8180  
Email: [momentum@dshs-koeln.de](mailto:momentum@dshs-koeln.de)  
Web: [www.dshs-koeln.de/momentum](http://www.dshs-koeln.de/momentum)  
© DSHS Köln 2009

# Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport Köln



Deutsche Sporthochschule Köln

**m<sup>o</sup>mentum**

[www.dshs-koeln.de/momentum](http://www.dshs-koeln.de/momentum)



Eine Initiative  
aus Nordrhein-Westfalen