



Thomas Moeller

## Leistung und Training im Triathlon

Zur Präzisierung der Leistungsstruktur in der Sportart Triathlon unter besonderer Berücksichtigung der Laufleistung mit Ableitungen zur Weiterentwicklung der Trainingsstruktur

## **Leistung und Training im Triathlon**

## **Die Reihe**

In der neuen *Schriftenreihe für Angewandte Trainingswissenschaft* möchte das Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT) zeitnah und themenorientiert wichtige Veranstaltungen des IAT dokumentieren, aktuelle Forschungsergebnisse aus der angewandten Trainingswissenschaft präsentieren sowie wissenschaftliche Qualifizierungsarbeiten veröffentlichen, die unter dem Dach des IAT entstanden sind. Die Schriftenreihe folgt der bisherigen Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, die von 1996-2014 vom Institut für Angewandte Trainingswissenschaft ebenfalls gemeinsam mit dem Meyer & Meyer Verlag Aachen herausgegeben wurde.

**Band 1:** Ulf Tippelt & Jürgen Wick (Hrsg.) – Angewandte Trainingswissenschaft im Forschungs- und Serviceverbund Leistungssport

**Band 2:** Ronny Lüdemann – Belastungsinduzierte Veränderungen der Kraft

**Band 3:** Thomas Moeller – Leistung und Training im Triathlon

**Band 4:** Ina Fichtner (Hrsg.) – Technologien im Leistungssport (April 2016)

Schriftenreihe für Angewandte Trainingswissenschaft  
Band 3

Thomas Moeller

# Leistung und Training im Triathlon

**Zur Präzisierung der Leistungsstruktur in der  
Sportart Triathlon unter besonderer Berücksichtigung  
der Lauffleistung mit Ableitungen zur Weiterentwicklung  
der Trainingsstruktur**

An der der Philosophischen Fakultät II  
Institut für Medien, Kommunikation und Sport  
Departement Sportwissenschaft  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
vorgelegte

## DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doctor philosophiae**  
(Dr. phil.)

vorgelegt von      Thomas Moeller  
geboren am        13.01.1972, in Zeitz

Gutachter:        **Prof. Dr. Kuno Hottenrott**  
                      **Prof. Arndt Pfützner**

Tag der  
Verteidigung:    15.07.2015

Meyer & Meyer Verlag

Herausgeber der Schriftenreihe für Angewandte Trainingswissenschaft:  
Institut für Angewandte Trainingswissenschaft Leipzig

Redaktionskollegium: Dr. U. Tippelt, Dr. H. Sandner, B. Franz, K. Henschel  
Assistenz des Redaktionskollegiums: B. Kühn

Anschrift:  
Marschnerstraße 29  
D-04109 Leipzig  
Tel.: 0341-4945-100  
Fax: 0341-4945-400  
iat@iat.uni-leipzig.de  
www.sport-iat.de

### **Leistung und Training im Triathlon**

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen  
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Details sind im Internet über  
<<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie das Recht der  
Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form – durch Fotokopie,  
Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reprodu-  
ziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, gespeichert, vervielfältigt oder  
verbreitet werden.

© 2016 by Meyer & Meyer Verlag, Aachen  
Auckland, Beirut, Dubai, Hügendorf, Hongkong, Indianapolis, Kairo, Kapstadt,  
Manila, Maidenhead, Neu-Delhi, Singapur, Sydney, Teheran, Wien



Member of the World Sport Publishers' Association (WSPA)

Titelbild: ©picture-alliance/dpa  
ISBN 978-3-8403-1183-3  
E-Mail: [verlag@m-m-sports.com](mailto:verlag@m-m-sports.com)  
[www.dersportverlag.de](http://www.dersportverlag.de)

# Inhalt

## Seite

Abkürzungsverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	11
1 Einleitung	14
2 Problemstellung	15
2.1 Zum Begriff Leistungsstruktur und sportartübergreifenden Leistungsstrukturmodellen	15
2.2 Leistungsstrukturmodelle im Schwimmen, im Radsport und im Laufen	20
2.3 Ansätze zur Beschreibung der Leistungsstruktur im Triathlon	29
2.4 Prognosemodelle für die Vorhersage von Wettkampfleistungen auf Basis von leistungsdiagnostischen Parametern	32
2.5 Theoriegeleiteter Modellansatz der Leistungsstruktur im Triathlon	36
2.6 Zum Begriff Trainingsstruktur	38
2.7 Ziel- und Aufgabenstellung	40
2.8 Wissenschaftliche Fragestellungen und Hypothesen	42
3 Untersuchungsmethodisches Vorgehen	44
3.1 Kennzeichnung der Untersuchungsgruppen	44
3.2 Untersuchungsverfahren	45
3.3 Statistische Auswertung	51
4 Ergebnisse	55
4.1 Zur Struktur der Wettkampfleistungen auf der ersten Erklärungsebene (horizontale interne Ordnung)	55
4.1.1 Analyse der Wettkampfleistung in der Teildisziplin Schwimmen	55
4.1.2 Analyse der Wettkampfleistung in der Teildisziplin Rad	56
4.1.3 Analyse der Wettkampfleistung in der Teildisziplin Lauf	59
4.1.4 Analyse von leistungsbestimmenden Merkmalen und Zusammenhängen innerhalb der Struktur der Wettkampfleistung	63
4.2 Zur Struktur der Leistungsfähigkeit auf der zweiten und dritten Erklärungsebene (interne horizontale Ordnung)	67
4.2.1 Leistungsbestimmende Faktorenkomplexe auf der zweiten Erklärungsebene	67
4.2.1.1 Analyse der Schwimmleistung	68
4.2.1.2 Analyse der Laufleistung	69
4.2.2 Leistungsbestimmende Faktoren und Leistungsvoraussetzungen auf der dritten Erklärungsebene im Quer- und Längsschnitt	71
4.2.2.1 Ergebnisse anthropometrischer Messungen	71
4.2.2.2 Ergebnisse der Leistungsdiagnostik im Schwimmen	73

4.2.2.3	Ergebnisse der Leistungsdiagnostik im Radfahren	76
4.2.2.4	Ergebnisse der Leistungsdiagnostik im Laufen	85
4.3	Analyse von Zusammenhängen zwischen den drei Erklärungsebenen des Modellansatzes (interne vertikale Ordnung)	91
4.3.1	Zusammenhang zwischen der Laufleistung ohne Vorbelastung und der Laufleistung im Triathlonwettkampf	91
4.3.2	Lineare Modellierung der Laufleistung auf der Basis von Parametern der komplexen Leistungsdiagnostik	95
4.3.3	Lineare Modellierung der Laufleistung auf der Basis von 30-m-fliegend sowie 1.000-m-Laufleistungen	103
4.3.4	Zusammenhang zwischen anthropometrischen Merkmalen und der Laufleistung	104
4.4	Analyse der Trainingsstrukturen im Triathlon	106
4.5	Zusammenfassung der Ergebnisse und Verifizierung der Hypothesen	112
5	Diskussion und Ableitungen	115
5.1	Modell der Leistungsstruktur im Triathlon für die Teildisziplin Lauf sowie Priorisierung leistungsrelevanter Merkmale und Trainingsziele	115
5.2	Ableitung von Orientierungswerten für Weltspitzenleistungen in der Teildisziplin Lauf	122
5.2.1	Quantifizierung prognostischer Laufzeiten im Triathlonwettkampf	122
5.2.2	Quantifizierung der prognostischen Laufzeiten ohne Vorbelastung	125
5.2.3	Quantifizierung von notwendigen Leistungsvoraussetzungen in der komplexen Leistungsdiagnostik	126
5.3	Evaluation der in der Leistungsdiagnostik im Lauf erhobenen Parameter	128
5.4	Methodendiskussion	131
5.4.1	Untersuchungsgruppen, Untersuchungsverfahren und Studiendesign	131
5.4.2.	Statistische Verfahren	135
5.4.3.	Zur Beziehung zwischen Training und Leistung als Voraussetzung für die Weiterentwicklung der Trainingsstruktur	135
6	Schlussfolgerungen für die Trainingsstruktur	138
7	Zusammenfassung	150
Literatur		155
Anhang		164

## Abkürzungsverzeichnis

A	Ausdauer
a. A.	allgemeine Athletik
AAE	Atemäquivalent
ABT	Aufbautraining
AF	Atemfrequenz
AMV	Atemminutenvolumen
AT	Allgemeines Training
AST	Anschlussstraining
AZV	Atemzugvolumen
BMI	Body-Mass-Index
DL	Dauerlauf
DLV	Deutscher Leichtathletik-Verband
DM	Deutsche Meisterschaft
DOSB	Deutscher Olympischer Sportbund
DSV	Deutscher Schwimm-Verband
DTU	Deutsche Triathlon-Union
EM	Europameisterschaft
FES	Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten
GA	Grundlagenausdauer
GA1-DL	Grundlagenausdauer 1 Dauerlauf
GA2-DL	Grundlagenausdauer 2 Dauerlauf
GA2-TL	Grundlagenausdauer 2 Tempolauf
GLT	Grundlagentraining
GPS	Global Positioning System
HF	Herzfrequenz
HF	Hauptfeld (auf der Radstrecke)
HF max	maximale Herzfrequenz
HLT	Hochleistungstraining
IAS	individuelle aerobe Schwelle
IAT	Institut für Angewandte Trainingswissenschaft
ITU	International Triathlon Union
KA	Kraftausdauer
KH	Körperhöhe
KLD	Komplexe Leistungsdiagnostik
KM	Körpermasse
KZA	Kurzzeitausdauer
KW	Kalenderwochen
La	Laktat
La max	maximaler Laktatwert
LBM	Lean body mass (fettfreie Körpermasse)
LZA	Langzeitausdauer
m	männlich
MAZ	Makrozyklus
MEZ	Mesozyklus

min	Minute
MIZ	Mikrozyklus
Mobi	Mobilisationstest im Laufen
MW-Diff.	Mittelwertsdifferenz
MZA	Mittelzeitausdauer
n	Anzahl der Fälle, Probanden oder Beobachtungen
NV	Normalverteilung
P	Leistung
P L3	Leistung bei 3 mmol/l Laktat
P L3 rel	körpermassensbezogene Leistung bei 3 mmol/l Laktat
P max	maximale Leistung
P max rel	maximale körpermassensbezogene Leistung
P rel	körpermassensbezogene Leistung
RTP	Rahmentrainingsplan
S	Schnelligkeit
SA	Schnelligkeitsausdauer
SF	Schrittfrequenz
SK	Schnellkraft
SD	Standardabweichung
SRM	Schoberer Rad Messtechnik (zur Leistungsmessung am Rad)
SSA	Sprintschnelligkeitsausdauer
Stufe	Dauerlaufstufentest im Laufen
TDL	Tempodauerlauf
TE	Trainingseinheit
TF	Flugzeit
TF	Tretfrequenz
TF max	maximale Tretfrequenz
TS	Stützzeit
TÜV	Technischer Überwachungsverein
U23	Altersklasse U23
v	Geschwindigkeit
v max	maximale Geschwindigkeit
v L3	Geschwindigkeit bei 3 mmol/l Laktat
VCO <sub>2</sub>	Kohlendioxidabgabe
VO <sub>2</sub> bzw. O <sub>2</sub>	Sauerstoffaufnahme
VO <sub>2</sub> max	maximale Sauerstoffaufnahme
VO <sub>2</sub> max rel	körpermassensbezogene maximale Sauerstoffaufnahme
VO <sub>2</sub> rel	körpermassensbezogene Sauerstoffaufnahme
w	weiblich
WA	wettkampfspezifische Ausdauer
WC	Weltcup
WM	Weltmeisterschaft
WCS	Weltmeisterschaftsserie (Word Championship Series)
ZK	Zugkraft

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1.* Modellansatz der verallgemeinerten Struktur sportlicher Leistungen (Leistungsvollzug und Leistungsfähigkeit) – Modifikation eines Strukturmodells von Gundlach (1980), (Schnabel, Harre & Krug, 2008)
- Abb. 2.* Leistungsstrukturmodell der Sportart Biathlon (Nitzsche, 1998)
- Abb. 3.* Korrelative Beziehungen von Leistungsmerkmalen zur Wettkampfleistung im Schwimmen (Schramm, 1987)
- Abb. 4.* Modelldarstellung zum Einfluss verschiedener Leistungsfaktoren auf das Erreichen von Weltbestleistungen im Straßenradsport (Kettmann, 1983)
- Abb. 5.* Zusammenhang von konditionellen Leistungsfaktoren, Messgrößen der Leistungsdiagnostik und der 4.000-m-Wettkampfleistung (Kettmann, 1988)
- Abb. 6.* Leistungsbestimmende Faktoren der Laufleistung (Hottenrott & Neumann, 2002)
- Abb. 7.* Struktureller Aufbau der wettkampfspezifischen Ausdauerfähigkeit (Hottenrott & Neumann, 2002)
- Abb. 8.* Stellenwert der Strukturelemente des Faktors Kondition auf unterschiedlichen Wettkampfstrecken (Bauersfeld & Schröter, 1992)
- Abb. 9.* Modellansatz zur Leistungsstruktur im Triathlon (die im Rahmen dieser Untersuchungen bearbeiteten Teilbereiche sind fett umrandet)
- Abb. 10.* Teilstreckenvermessung im Schwimmen (mit Grafik der ITU)
- Abb. 11.* Teilstreckenvermessung und Messpunkte im Laufen (mit Grafik der ITU), (vgl. Moeller, 2011)
- Abb. 12.* Verteilung der Leistungswerte im Radfahren im Triathlonwettkampf, HLT männlich; Daten auf eine Körpermasse von 68 kg normiert
- Abb. 13.* Verteilung der Laufgeschwindigkeiten der ersten 10 Athletinnen und Athleten im Triathlonwettkampf in den Jahren 2010 und 2011 (exakt auf 5.000 m bzw. 10.000 m interpolierte Strecke), Frauen und Männer (Elite weiblich und männlich), Juniorinnen und Junioren
- Abb. 14.* Entwicklung der Teilstreckenzeiten in der Teildisziplin Lauf, Frauen (Elite weiblich) (Moeller, 2011)
- Abb. 15.* Anteil von Wettkämpfen mit einer hohen Leistungsdichte (Platz 1-3 innerhalb von 10 s) in den letzten beiden Olympiazyklen sowie der Jahre 2009-2010 (EM, WM, WC, WCS, OS) (Moeller, 2011; Moeller, 2013)
- Abb. 16.* Vergleich der Laufgeschwindigkeiten über 10.000 m ohne Vorbelastung (linke Seite) zur Laufgeschwindigkeit mit Vorbelastung im Triathlonwettkampf (rechte Seite), HLT m (n = 25)
- Abb. 17.* Vergleich der Laufgeschwindigkeiten über 5.000 m ohne Vorbelastung (linke Seite) zur Laufgeschwindigkeit mit Vorbelastung im Triathlonwettkampf (rechte Seite), AST w (n = 32)
- Abb. 18.* Vergleich der Laufgeschwindigkeiten über 5.000 m ohne Vorbelastung (linke Seite) zur Laufgeschwindigkeit mit Vorbelastung im Triathlonwettkampf (rechte Seite), AST m (n = 95)
- Abb. 19.* Schematische Darstellung der drei extrahierten Faktoren und deren Variablen, AST m
- Abb. 20.* Differenz ( $v$  in m/s) zwischen der auf Basis des Modells prognostizierten und tatsächlichen Laufleistung über 5.000 m, AST m

- Abb. 21.* Schematische Darstellung der zwei extrahierten Faktoren und deren Variablen, HLT m
- Abb. 22.* Differenz ( $v$  in m/s) zwischen der auf Basis des Modells prognostizierten und tatsächlichen Laufleistung über 10.000 m, HLT m
- Abb. 23.* Fähigkeitsbezogene relative Verteilung der Trainingsbereiche im Lauftraining aller vier Untersuchungsgruppen ( $n = 58$ )
- Abb. 24.* Entwicklung der mittleren Trainingsumfänge im Schwimmen, Radfahren, Laufen sowie der Gesamttrainingszeit und der Zeit für allgemeines Training im Vergleich der letzten beiden Olympiazyklen, AST w ( $n = 7$ )
- Abb. 25.* Entwicklung der mittleren Trainingsumfänge im Schwimmen, Radfahren, Laufen sowie der Gesamttrainingszeit und der Zeit für allgemeines Training im Vergleich der letzten beiden Olympiazyklen, AST m ( $n = 9$ )
- Abb. 26.* Entwicklung der mittleren Trainingsumfänge im Schwimmen, Radfahren, Laufen sowie der Gesamttrainingszeit und der Zeit für allgemeines Training im Vergleich der letzten beiden Olympiazyklen, HLT w ( $n = 13$ )
- Abb. 27.* Entwicklung der mittleren Trainingsumfänge im Schwimmen, Radfahren, Laufen sowie der Gesamttrainingszeit und der Zeit für allgemeines Training im Vergleich der letzten beiden Olympiazyklen, HLT m ( $n = 18$ )
- Abb. 28.* Modell der Leistungsstruktur im Triathlon für die Teildisziplin Lauf, AST m
- Abb. 29.* Modell der Leistungsstruktur im Triathlon für die Teildisziplin Lauf, HLT m
- Abb. 30.* Entwicklung der Laufgeschwindigkeit der Sieger bei internationalen Wettkampfhöhepunkten von 2001-2011 (exakt auf 10.000 m interpolierte Strecken), HLT m (Moeller, 2011)
- Abb. 31.* Entwicklung der Laufgeschwindigkeit der Siegerinnen bei internationalen Wettkampfhöhepunkten von 2001-2011 (exakt auf 10.000 m interpolierte Strecken), HLT w
- Abb. 32.* Zusammenhang zwischen dem jährlichen Trainingsumfang im Lauftraining (Mittelwerte pro Woche) und der Bestleistung in der Teildisziplin Lauf im Triathlonwettkampf im Zeitraum von 2006-2009 (exakt auf 10.000 m interpolierte Strecken), HLT m ( $n = 11$ )
- Abb. 33.* Entwicklung des jährlichen Gesamttrainingsumfangs eines Weltspizentriathleten im individuellen Längsschnitt (Junioreuropameister sowie Vizeweltmeister)
- Abb. 34.* Entwicklung der jährlichen Trainingsumfänge im Lauftraining und der Bestleistung in der Teildisziplin Lauf im Triathlonwettkampf eines Weltspizentriathleten im individuellen Längsschnitt (exakt auf 10.000 m interpolierte Strecken), (Moeller, 2011)
- Abb. 35.* Zusammenhang zwischen der Entwicklung der jährlichen Trainingsumfänge im Lauftraining und der Bestleistung in der Teildisziplin Lauf im Triathlonwettkampf im individuellen Längsschnitt eines Weltspitzenathleten (exakt auf 10.000 m interpolierte Strecken)

## Tabellenverzeichnis

- Tab. 1. *Leistungsphysiologische Parameter der Olympischen Distanz (Neumann, Pfützner & Hottenrott, 2010)*
- Tab. 2. *Leistungsstrukturelle Aspekte der Teildisziplinen und des Wechsels (modifiziert nach Pfützner & Ernst, 2000)*
- Tab. 3. *Ergebnisse zu Prädiktoren aus den Laufdisziplinen (vgl. Saß, 2010)*
- Tab. 4. *Ergebnisse zu Prädiktoren im Radsport bzw. der Teildisziplin Rad im Triathlon*
- Tab. 5. *Ergebnisse zu Prädiktoren der Teildisziplin Lauf im Triathlon (vgl. Saß, 2010)*
- Tab. 6. *Untersuchungsprogramm und Wettkampfhöhepunkt im Trainingsjahresverlauf*
- Tab. 7. *Teilstreckengeschwindigkeiten im Schwimmen (WM-Finale Budapest 2010 und vorolympischer Test-WK London 2011), schnellste Schwimmerin bzw. schnellster Schwimmer (vgl. Moeller, 2011)*
- Tab. 8. *Ergebnisse der Leistungsmessung in der Teildisziplin Rad bei ausgewählten internationalen Wettkämpfen von 2002-2011, Männer (Elite männlich)*
- Tab. 9. *Ergebnisse der Leistungsmessung in der Teildisziplin Rad bei ausgewählten internationalen Wettkämpfen 2010-2011, Frauen (Elite weiblich)*
- Tab. 10. *Prozentualer Zusammenhang der benötigten Zeit auf den drei Teilstrecken (zusammengefasste Werte), (Moeller, 2013)*
- Tab. 11. *Clusterzentren der Teilzeiten im Triathlonwettkampf am Beispiel des olympischen Testwettkampfs WCS London 2011, Männer (Elite männlich), (Moeller, 2011)*
- Tab. 12. *Rangkorrelationskoeffizienten (Spearman's Rho) für die Teilabschnitte des Triathlons von ausgewählten Wettkämpfen 2010 und 2011*
- Tab. 13. *Ergebnisse der Leistungstests über 50 m, 400 m und 1.500 m im Schwimmen, AST w und HLT w*
- Tab. 14. *Ergebnisse der Leistungstests über 50 m, 400 m und 1.500 m im Schwimmen, AST m und HLT m*
- Tab. 15. *Bivariate korrelative Beziehungen zwischen den Schwimmleistungen über 50 m, 400 m und 1.500 m*
- Tab. 16. *Ergebnisse der Leistungstests im Lauf, AST w und HLT w*
- Tab. 17. *Ergebnisse der Leistungstests im Lauf, AST m und HLT m*
- Tab. 18. *Bivariate korrelative Beziehungen zwischen den Geschwindigkeiten auf den Laufstrecken 30 m fliegend, 1.000 m und 5.000 m, AST w und AST m*
- Tab. 19. *Ergebnisse der anthropometrischen Untersuchungen, AST w und HLT w*
- Tab. 20. *Ergebnisse der anthropometrischen Untersuchungen, AST m und HLT m*
- Tab. 21. *Stufentestergebnisse im Schwimmkanal, HLT m und AST m*
- Tab. 22. *Stufentestergebnisse im Schwimmkanal, HLT w (AST w entfällt, da nur drei Datensätze vorhanden)*
- Tab. 23. *Bivariate korrelative Beziehungen zwischen den Stufentestergebnissen im Schwimmkanal*

- Tab. 24. *Stufentestergebnisse im Schwimmen, AST m und HLT m (4 x 400 m im Becken)*
- Tab. 25. *Stufentestergebnisse im Schwimmen, AST w und HLT w (4 x 400 m im Becken)*
- Tab. 26. *Bivariate korrelative Beziehungen der Stufentestergebnisse im Schwimmen (4 x 400 m im Becken)*
- Tab. 27. *Stufentestergebnisse im Radfahren, AST w und HLT w*
- Tab. 28. *Stufentestergebnisse im Radfahren, AST m und HLT m*
- Tab. 29. *Entwicklung der Parameter der Leistungsdiagnostik im Radstufentest im individuellen Längsschnitt der Frauen über einen mittleren Zeitraum von ca. fünf Jahren (n = 11)*
- Tab. 30. *Entwicklung der Parameter der Leistungsdiagnostik im Radstufentest im individuellen Vergleich der Männer über einen mittleren Zeitraum von ca. fünf Jahren (n = 15)*
- Tab. 31. *Ergebnisse der Leistungsdiagnostik im Lauf im Dauerlaufstufentest und im Mobilisationstest, AST w und HLT w*
- Tab. 32. *Ergebnisse der Leistungsdiagnostik im Lauf im Dauerlaufstufentest und im Mobilisationstest, AST m und HLT m*
- Tab. 33. *Entwicklung der Parameter der Leistungsdiagnostik im Laufen im individuellen Vergleich der Frauen über einen mittleren Zeitraum von ca. fünf Jahren (n = 15)*
- Tab. 34. *Entwicklung der Parameter der Leistungsdiagnostik im Laufen im individuellen Vergleich der Männer über einen mittleren Zeitraum von ca. sechs Jahren (n = 11)*
- Tab. 35. *Faktorenladungsmatrix zur Teildisziplin Lauf, AST m (n = 48)*
- Tab. 36. *Einfluss der drei extrahierten Faktoren Ausdauerleistungsfähigkeit, Sauerstoffaufnahme und Mobilisation auf die 5.000-m-Laufleistung, AST m*
- Tab. 37. *Faktorenladungsmatrix zur Teildisziplin Lauf, HLT m (n = 25)*
- Tab. 38. *Prüfung des Einflusses der zwei extrahierten Faktoren auf die 10.000-m-Laufleistung (multiple Regression, HLT m)*
- Tab. 39. *Korrelationskoeffizienten zwischen 30-m-, 1.000-m- und 5.000-m-Laufgeschwindigkeiten, AST m und AST w*
- Tab. 40. *Korrelationskoeffizienten zwischen der 5.000-m- und 10.000-m-Laufgeschwindigkeit und anthropometrischen Merkmalen, HLT m (n = 15) und AST m (n = 51)*
- Tab. 41. *Vergleich der erhobenen Trainingsumfänge im Zeitraum 2000-2010 (Jahresumfangskennziffern bei 48 Kalenderwochen), AST w und HLT w*
- Tab. 42. *Vergleich der erhobenen Trainingsumfänge im Zeitraum 2000-2010 (Jahresumfangskennziffern bei 48 Kalenderwochen), AST m und HLT m*
- Tab. 43. *Vergleich der erhobenen Trainingsumfänge im Zeitraum 2000-2010 (Jahresumfangskennziffern bei 48 Kalenderwochen), AST w und AST m*
- Tab. 44. *Vergleich der erhobenen Trainingsumfänge im Zeitraum 2000-2010 (Jahresumfangskennziffern bei 48 Kalenderwochen), HLT w und HLT m*
- Tab. 45. *DTU-Konzeption der Trainingsjahresumfänge (Delahaye, 2003)*

- Tab. 46. *Verhältnis der realisierten Trainingsumfänge im Vergleich zur Trainingskonzeption*
- Tab. 47. *Prognostizierte Laufzeiten im Triathlonwettkampf und Laufzeiten ohne Vorbelastung sowie über die Unterdistanz von 1.000 m für die vier Altersbereiche für 2012 und 2016 (durch Abschätzung entstandene Werte in Klammern), (vgl. Moeller, 2013)*
- Tab. 48. *Ableitung der notwendigen Leistungsvoraussetzungen aus den KLD-Daten für Laufleistungen im Weltspitzenbereich 2012 und 2016 anhand des Modells (Faktorenanalyse und multiplen Regression), (Näherungsverfahren, „ideale Norm“)*
- Tab. 49. *Ableitung der notwendigen Leistungsvoraussetzungen aus den KLD-Daten für Laufleistungen im Weltspitzenbereich 2012, AST w und HLT w („statistische Norm“)*
- Tab. 50. *Ableitung der notwendigen Leistungsvoraussetzungen aus den KLD-Daten für Laufleistungen im Weltspitzenbereich 2012, AST m und HLT m („statistische Norm“)*
- Tab. 51. *Zusammenfassender Vergleich der erhobenen Trainingsumfänge im Zeitraum 2000-2010 (Jahresumfangskennziffern bei 48 KW), alle vier Untersuchungsgruppen*
- Tab. 52. *Individuelle Fallbeispiele jährlicher Trainingsumfänge (48 KW) deutscher Weltspitzentriathleten der Jahre 2007-2009, HLT m (Weltmeister, Vizeweltmeister, Olympiasieger)*
- Tab. 53. *Vergleich der jährlichen Trainingsumfänge im Weltspitzenbereich von Triathleten und Spezialisten, HLT m (in Anlehnung an Platonov, 1999)*
- Tab. 54. *Vergleich des Leistungsniveaus von Triathleten und Spezialisten auf Basis aktueller Weltrekorde in den Teildisziplinen des Triathlon, HLT m*
- Tab. 55. *Vorschlag für die Gestaltung der Trainingsstruktur im Triathlon Olympische Distanz für den Zeitraum von 2013-2016 für alle vier Untersuchungsgruppen*

# 1 Einleitung

In den Ausdauersportarten haben Leistungsentwicklung und Leistungsdichte weiter zugenommen. In jährlich neuen Weltrekorden und WM-Bestleistungen spiegelt sich die unverändert hohe Dynamik der Leistungsentwicklung wider. Im Triathlon der Weltbesten ist dies anhand der schneller werdenden Gesamtzeiten sowie an den kleiner werdenden Rückständen der Platzierten beim Zieleinlauf erkennbar.

Kennzeichnend für die forcierte Entwicklung der Wettkampfleistungen sind unter anderem die zunehmende Einflussnahme und Erkenntnisse von Wissenschaft und Forschung, deren Beginn für die Sportart Triathlon etwa auf das Jahr 1988 festgelegt werden kann (Franz, 2001). Seither bestehen auch Bemühungen, die Aufhellung leistungsstruktureller Einflussgrößen im Triathlon voranzutreiben. Die entstandenen Modellansätze zur Darstellung der sportlichen Leistung wurden unter theoretischem, vor allem aber unter trainingspraktischem Aspekt entwickelt. So wurden zwar in zunehmendem Maße Leistungsstrukturmodelle erarbeitet, die aber überwiegend „durch empirische Abschätzung“ der unterschiedlichen Einflussgrößen entstanden. Somit fehlen in vielen Fällen wissenschaftliche Belege, um diese Modelle als Grundlage für die Vervollkommnung der Trainingsstruktur zu nutzen.

Somit ist zu konstatieren, dass es sich trotz der gekennzeichneten Ansätze und Fortschritte als Problem erweist, dass in der Mehrzahl der Sportarten wie auch im Triathlon, Leistungsstrukturmodelle noch nicht auf einer fundierten Datenbasis beruhen und meist nicht entsprechend statistisch belegt sind. Hinzu kommt, dass eine Reihe von Einflussgrößen nur begrenzt erfassbar ist. Davon ausgehend ergeben sich Aufgabenstellungen sowohl für die Sportwissenschaft als auch für die Trainingspraxis.

Leistungsstrukturmodelle sind keine fest gefügten Schemata, sondern sie werden stets mit Veränderungen oder Modifikationen im sportlichen Umfeld oder in der Sportart selbst konfrontiert und weiterentwickelt (z. B. Wettkampfgeln, Veränderungen an Geräten, materielle Ausrüstung einschließlich Bekleidung, neue bewegungstechnische Lösungen). Dies gilt zum Beispiel für das Sportschwimmen, in dem durch technische Veränderungen (Delfinbewegung) in den Bereichen Start und Wende wettkampfbestimmende Faktoren eine höhere Bedeutung erlangten (Graumnitz & Küchler, 2008).

Ausgehend von diesem Beispiel wird deutlich, dass die Leistungsstruktur eine enge Verzahnung zur Trainingspraxis (Trainingsstruktur) hat. In Wechselwirkung beeinflussen sich Leistungs- und Trainingsstruktur. Deshalb ist es Zielstellung der Arbeit, ausgehend von einem Leistungsstrukturmodell und der Betrachtung der Trainingsstruktur, Ableitungen zur Weiterentwicklung des Trainingssystems zu erarbeiten.

## 2 Problemstellung

Die Optimierung der individuellen Leistungsfähigkeit ist die wichtigste Zielgröße im Trainingsprozess des Spitzensports. Dies erfordert eine planmäßige und systematische Trainingsintervention. Die dafür notwendige Anwendungssicherheit wächst mit dem Stand der Erkenntnisse zur Strukturierung der sportlichen Leistung (Leistungsstruktur) und davon ausgehend mit den adäquaten Ableitungen für das leistungssportliche Training (Trainingsstruktur). In engem Zusammenhang dazu sind trainingsbegleitende Untersuchungen erforderlich, die darauf zielen, einzelne Leistungsbereiche der Wettkampfleistung zu erfassen und Fortschritte sowie Defizite zu ermitteln. Davon ausgehend werden wiederum Hinweise für die Weiterentwicklung des Trainingsprozesses abgeleitet.

Es wird deutlich, dass Leistungs- und Trainingsstruktur sich gegenseitig bedingen und eine Einheit bilden, wobei die Wettkampfleistung zwar den entscheidenden Teilbereich darstellt, aber vor allem durch diagnostische Maßnahmen und durch die Trainingsdokumentation entscheidend ergänzt wird.

Konzepte für eine zielgerichtete Planung und Steuerung der Belastungsgestaltung dürften bei den führenden Sportnationen in vielen Sportarten, wenn auch in unterschiedlicher Qualität, vorhanden sein. Die Sportwissenschaft versucht seit ca. 30 Jahren, diese Zusammenhänge in Modellvorstellungen umzusetzen. Als problematisch ist einzuschätzen, dass die Modellansätze überwiegend beschreibenden Charakter haben oder ausschließlich durch die Einschätzung von Experten entstanden sind. Aufgrund dieser Defizite fehlen auch weitgehend die wissenschaftlichen Belege bzw. Grundlagen für die Weiterentwicklung der Trainingsstruktur.

### 2.1 *Zum Begriff Leistungsstruktur und sportartübergreifenden Leistungsstrukturmodellen*

Veränderungen von Gegenständen und Prozessen in der Natur und Gesellschaft setzen ein tieferes Eindringen in ihre inneren Zusammenhänge voraus. Dazu gehören die Ermittlung von Faktoren und Bedingungen sowie insbesondere die Erkundung ihres Zusammenwirkens. Der innere Zusammenhang, der innere Aufbau wird allgemein als Struktur eines Prozesses bezeichnet (Schnabel, 1975). Auf der Ebene des Sports wird der Sportler selbst zum Mittelpunkt einer zielgerichteten Einwirkung und unterliegt vielfältigen Einflüssen und Zusammenhängen.

Schnabel, Harre und Krug (2008) definierten die Leistungsstruktur wie folgt:

„Der innere Aufbau (das Gefüge) der sportlichen Leistung aus bestimmenden Elementen und ihren Wechselbeziehungen (Kopplungen). Zu den bestimmenden Elementen gehören einerseits die Leistungskomponenten des aktuellen Leistungsvollzuges, das sind die Teilleistungen und Teilprozesse, ausgedrückt in Kennwerten, Kennlinien und Merkmalen, sowie bestimmte komplexere Charakteristika wie Inhalt, Komposition bzw. Choreografie, andererseits die Leistungsfaktoren und die sie konstituierenden Leistungsvoraussetzungen“ (Schnabel, Harre & Krug, 2008, S. 45).

Schon in den 60er- und 70er-Jahren wurden erste wesentliche Ansätze zur Aufhellung der Struktur der sportlichen Leistungen erarbeitet. Zugrunde lag die Erkenntnis, dass eine wissenschaftlich begründete Trainingsgestaltung von den Faktoren ausgehen muss, die die sportliche Leistung maßgeblich bestimmen. Dies galt sowohl für die Einzelfaktoren als auch für die Wechselbeziehungen. So konnte Haunschild (1975) in einer Literaturstudie zum Problemkreis Leistungsstruktur schon 1975 auf mehr als 90 Titel verweisen. Die Autoren stellten teilweise ein theoretisches Modell als sportartenübergreifende Darstellung in den Vordergrund (Schnabel, 1975; Gundlach, 1980), zum Teil wurden auch konkrete Bezüge in Sportarten untersucht, wobei stets der Modellcharakter als Ausgangspunkt gewählt wurde (Ballreich, 1979; Mahlo, 1994; Letzelter & Letzelter, 1982 und 1983; Nitzsche, 1998; Verchoshanskij, 1971; Verchoshanskij & Tatjan, 1975). Des Weiteren wurde der Begriff Leistungsstruktur für eine Sportartengruppe oder zum Beispiel unter biologischen und physiologischen Aspekten verwendet. In einigen Fällen ist dabei nur eine Strukturebene einbezogen bzw. bearbeitet worden.

Die Auffassungen zur Leistungsstruktur waren vor allem in den 70er und 80er Jahren uneinheitlich. Sowohl in der Terminologie als auch in den Inhalten bestanden solche Unterschiede, dass sie kaum miteinander vergleichbar waren. Noch 2008 schätzen Schnabel et al., (2008, S. 46) aufgrund der unterschiedlichen Auffassungen wie folgt ein:

„Ein Großteil der bisher bekannt gewordenen Struktur- und Systemmodelle der sportlichen Leistung bedarf einer kritischen Überprüfung, inwieweit sie weitgehenden wissenschaftlichen Ansprüchen genügen und damit auch trainingsmethodisch hinreichend relevant sind“.

Einen wesentlichen Vorstoß zur Gewinnung übereinstimmender theoretischer Ausgangspositionen und zur Schaffung einer einheitlichen terminologischen Plattform leistete Schnabel (1975), indem er sich mit der Leistungsstruktur als Kategorie der Trainingsmethodik auseinandersetzte.

Er differenziert zwischen Struktur der Wettkampfleistung, verstanden als Struktur des Leistungsvollzugs, und der Struktur der Leistungsfähigkeit. Als Strukturelemente der Wettkampfleistung „gelten die im aktuellen Leistungsvollzug wirksamen und feststellbaren leistungsbestimmenden Parameter, Komplexmerkmale [...] und Teilbewegungen bzw. Teilhandlungen“ (Schnabel, 1975, S. 130). Dagegen fußt die Struktur der Leistungsfähigkeit vorrangig auf vier Faktorenkomplexen, die in sich weiter differenziert sind und gegenseitige Abhängigkeiten aufweisen:

- die Persönlichkeitsqualitäten des Sportlers,
- die konditionellen Fähigkeiten,
- die technisch-kordinativen Fähigkeiten und Fertigkeiten und
- die taktischen Fähigkeiten.

Je nach Spezifik der jeweiligen Disziplin ist ihre Wertigkeit unterschiedlich.

Zu beachten bleiben stets die schon angesprochenen Veränderungen in der Leistungsstruktur der Sportart oder in der individuellen Struktur, z. B. in Abhängigkeit vom Trainingsalter. Es kann jedoch erwartet werden, dass das Gefüge der einbezogenen Parameter im Vergleich von „Leistungsgruppen“ weitgehend übereinstimmt. Hierbei ist die Geschlechtsspezifität in der Leistungsstruktur zu beachten und auch zu bestimmen.

Weiterführende Modellierungen von „Leistungsstruktursystemen“ sind verstärkt ab 1991 entwickelt (Martin, Carl & Lehnertz) und u. a. von Schnabel, Harre und Krug (2008) zusammengefasst und vertieft worden. Perl, Lames und Glitsch (2002) bezeichnen das Modell der Struktur der sportlichen Leistungen von Gundlach (1980) als das nach wie vor anerkannteste Modell in der Trainingswissenschaft. Auch Schnabel et al. (2008) beziehen sich bei der Darstellung des Systems und der Struktur des Leistungsvollzugs auf Gundlach. Er geht von den hierarchisch aufeinander aufbauenden, wechselseitigen Ebenen aus, welche die mechanischen Strukturen des Körpers, die Mechanismen der Energiebereitstellung und die Bewegungs- und Handlungsregulation umfassen. Die Betrachtung erfolgt unter den Aspekten „Leistungsvollzug, Vollzugsebenen und Leistungsvoraussetzungen“ (Schnabel et al., 2008, S. 48).

Jede Ebene wird im Leistungsvollzug nur durch den Einfluss der übergeordneten Ebene (bzw. Ebenen) wirksam. Ebenso kann die übergeordnete Ebene nur mit der untergeordneten Ebene leistungswirksam werden. Bedeutsam erscheint auch die Person-Umwelt-Relation, die jedoch nicht ausführlich dargestellt wird (Schnabel et al., 2008). Beim Modellansatz von Gundlach (1980) ist hervorzuheben, dass die Strukturierung der sportlichen Leistung schon in der heute überwiegenderen Form eines Pyramidenmodells ausgewiesen wurde.

Auch Ballreich (1979) und Letzelter und Letzelter (1982) gingen von Leistungspyramiden aus. Die pyramidale Hierarchisierung fußt auch hier auf verschiedenen Ebenen. Zielebene ist die Wettkampfleistung. In beiden Quellen wird von Erklärungsebenen ausgegangen. Von Letzelter und Letzelter (1982) werden drei konkrete Arbeitsschritte formuliert, von denen der erste theoretisch und die beiden folgenden empirisch bearbeitet werden:

1. Hierarchisierung,
2. Beziehung interner Ordnung und
3. Priorisierung.

„Hierarchisierung bedeutet Gliederung nach verschiedenen Ebenen oder Modellstufen, die nicht umkehrbar aufeinander aufbauen und einen abnehmenden Komplexitätsgrad vorweisen. Die Differenzierung erfolgt vertikal [...]“ (Letzelter & Letzelter, 1982; S. 352).