

Marian Hoffmann/Ilka Seidel/Thorsten Stein

ASPEKTE DER LEISTUNGS- STRUKTUR IN DER SPORTART TRIATHLON

Literatur und tabellarische Übersicht über Studien zur Leistungsvoraussetzung Ausdauer in der Sportart Triathlon

Literatur

- Åstrand, P.-O. & Rodahl, K. (1986). *Textbook of Work Physiology. Physiological Bases of Exercise*. New York: McGraw-Hill.
- Backhaus, K., Erichson, B. & Weiber, R. (2013). *Fortgeschrittene multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin: Springer.
- Basset, F. A. & Boulay, M. R. (2003). Treadmill and cycle ergometer tests are interchangeable to monitor triathletes annual training. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2 (3), 110-116.
- Bentley, D. J., Libicz, S., Jouglu, A., Coste, O., Manetta, J., Chamari, K. et al. (2007). The effects of exercise intensity or drafting during swimming on subsequent cycling performance in triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10, 234-243.
- Bernard, T., Vercauysen, F., Grego, F., Hausswirth, C., Lepers, R., Vallier, J.-M. et al. (2003). Effect of cycling cadence on subsequent 3 km running performance in well trained triathletes. *British Journal of Sports Medicine*, 37, 154-159.
- Bischoff, M. (1991). *Leistungsdiagnostik im Kurzdiszanztriathlon am Beispiel jugendlicher Leistungstriathleten*. Dissertation, Deutsche Sporthochschule Köln. Köln.
- Bossel, H. (1994). *Modellbildung und Simulation* (2. Aufl.). Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg.
- Brisswalter, J., Hausswirth, C., Smith, D., Vercauysen, F. & Vallier, J. M. (2000). Energetically optimal cadence vs. freely-chosen cadence during cycling: effect of exercise duration. *International Journal of Sports Medicine*, 21 (1), 60-64.
- Butts, N. K., Henry, B. A. & McLean, D. (1991). Correlations between VO_2max and performance times of recreational triathletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31 (3), 339-344.
- Deitrick, R. W. (1991). Physiological responses of typical versus heavy weight triathletes to treadmill and bicycle exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31, 367-375.
- Delextrat, A., Tricot, V., Bernard, T., Vercauysen, F., Hausswirth, C. & Brisswalter, J. (2003). Drafting during swimming improves efficiency during subsequent cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35 (9), 1612-1619.
- DTU (2015). *Medienbroschüre 2015 - Die Triathlon-Saison 2015 aus Sicht der DTU*. Frankfurt: Kommunikationsabteilung der Deutschen Triathlon Union e.V.
- Fröhlich, M., Klein, M., Pieter, A. & Emrich, E. (2008). Ökonomische Betrachtungen zur Wettkampfstuktur im olympischen Triathlon - ein explorativer Ansatz. *Leistungssport*, 38 (5), 42-46.
- Ganter, N. (2008). *Der Wechsel im Triathlon. Belastungsübergang vom Radfahren zum Laufen*. Saarbrücken: VDM Verlag.
- Hausswirth, C., Lehénaff, D., Dréano, P. & Savonen, K. (1999). Effects of cycling alone or in a sheltered position on subsequent running performance during a triathlon. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (4), 599-604.
- Hohmann, A. & Brack, R. (1983). Theoretische Aspekte der Leistungsdiagnostik im Sportspiel. *Leistungssport*, 13 (2), 5-10.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2014). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (6. Aufl.). Wiesbaden: Limpert.
- Holly, R. G., Barnard, R. J., Rosenthal, M., Applegate, E. & Pritikin, N. (1986). Triathlete characterization and response to prolonged strenuous competition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 18 (1), 123-127.
- Hue, O., Le Gallais, D., Boussana, A., Chollet, D. & Prefaut, C. (1999). Ventilatory responses during experimental cycle-run transition in triathletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (10), 1422-1428.
- Hue, O., Le Gallais, D., Chollet, D. & Préfaut C. (2000a). Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake in present triathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 25 (2), 102-113.
- Hue, O., Le Gallais, D., Boussana, A., Chollet, D. & Prefaut, C. (2000b). Performance level and cardiopulmonary responses during a cycle-run trial. *International Journal of Sports Medicine*, 21 (4), 250-255.
- Hue, O., Le Gallais, D. & Prefaut, C. (2001). Specific pulmonary responses during the cycle-run succession in triathletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11, 355-361.
- Kerr C. G., Trappe T. A., Starling R. D. & Trappe S. W. (1998). Hyperthermia during Olympic triathlon: influence of body heat storage during the swimming stage. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30 (1), 99-104.
- Kerr, C., Trappe, T. & Trappe, S. W. (1996). Maximal aerobic power in triathletes during swimming, cycling, and running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28 (5), Abstract 754.
- Knechtle, B., Wirth A., Rüst C. A. & Rosemann T. (2011). The relationship between anthropometry and split performance in recreational male ironman triathletes. *Asian Journal of Sports Medicine*, 2 (1), 23-30.
- Kohrt, W. M., Morgan, D. W. & Bates, B. (1987). Physiological responses of triathletes to maximal swimming, cycling, and running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 19 (1), 51-55.
- Kohrt, W. M., O'Connor, J. S. & Skinner, J. S. (1989). Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 21 (5), 569-575.
- Kreider, R., Boone, T., Thompson, W., Burkes, S. & Cortes, C. (1988). Cardiovascular and thermal responses of triathlon performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20 (4), 385-390.
- Laurenson, N. M., Fulcher, K. & Korkia, P. (1993). Physiological characteristics of elite and club level female triathletes during running. *International Journal of Sports Medicine*, 14 (8), 455-459.
- Letzelter, H. & Letzelter M. (1982). Die Struktur sportlicher Leistungen als Gegenstand der Leistungsdiagnostik in der Trainingswissenschaft. *Leistungssport*, 12 (5), 351-361.
- Letzelter, H. & Letzelter, M. (1983). *Leistungsdiagnostik. Beispiel Eisschnellauf. Niedernhausen/Taunus: Schors*.
- Millet, G. P. & Bentley, D. J. (2004). The physiological responses to running after cycling in elite junior and senior triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 25, 191-197.
- Millet, G. P., Vleck, V. E. & Bentley, D. J. (2011). Physiological requirements in triathlon. *Journal of Human Sport & Exercise*, 6 (2), 184-204.
- Miura, H., Kitagawa, K. & Ishiko, T. (1997). Economy during a simulated laboratory test triathlon is highly related to olympic distance triathlon. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 276-280.
- Neumann, G., Pfützner, A. & Hottenrott, K. (2004). *Das große Buch vom Triathlon*. Aachen: Meyer und Meyer.
- Nitzsche, K. & Böhm, A. (1998). *Biathlon. Leistung - Training - Wettkampf. Ein Lehrbuch für Trainer, Übungsleiter und Aktive* (1. Aufl.). Wiesbaden: Limpert.
- O'Toole, M. L. & Douglas, P. S. (1995). Applied physiology of triathlon. *Sports Medicine*, 19 (4), 251-267.
- O'Toole, M. L., Douglas, P. S. & Hiller, W. D. B. (1989). Lactate, oxygen uptake, and cycling performance in triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 10 (6), 413-418.
- O'Toole, M. L., Hiller, D. B., Crosby, L. O. & Douglas, P. S. (1987). The ultraendurance triathlete: a physiological profile. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 19 (1), 45-50.
- Pfützner, A. (1994). Koppeltraining - Hauptbestandteil einer triathlonspezifischen Fähigkeitsentwicklung. In M. Engelhardt, B. Franz, G. Neumann & A. Pfützner (Hrsg.), *Triathlon. Medizinische und methodische Probleme des Trainings* (S. 101-122). Hamburg: Czwalina.
- Pfützner, A. (1997). Koppeltraining - Hauptinhalt einer triathlonspezifischen Fähigkeitsentwicklung.

Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, 4 (2), 22-33.

Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E. & Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European Journal of Applied Physiology*, 112 (11), 3729-3741.

Rehrer, N. J., Brouns, F., Beckers, E. J., Hoor, F. & Saris, W. H. M. (1990). Gastric emptying with repeated drinking during running and bicycling. *International Journal of Sports Medicine*, 11 (3), 238-243.

Schabert, E. J., Selwyn, C. K., Gibson, A., Hawley, J. A. & Noakes, T. D. (2000). Prediction of triathlon race time from laboratory testing in national triathletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (4), 844-849.

Schnabel, G., Harre, D. & Krug, J. (2014). *Trainingslehre – Trainingswissenschaft. Leistung – Training – Wettkampf* (3., aktualisierte Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer.

Schneider, D. A., Lacroix, K. A., Atkinson, G. R., Troped, P. J. & Pollack, J. (1990). Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in triathletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22 (2), 257-264.

Schuylenbergh, R., Eynde, B. V. & Hespel, P. (2004). Prediction of sprint triathlon performance from laboratory tests. *European Journal of Applied Physiology*, 91 (1), 94-99.

Sleivert, G. & Rowlands, D. (1996). Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. *Journal of Sports Medicine*, 22 (1), 8-18.

Sleivert, G. & Wenger, H. A. (1993). Physiological predictors of short-course triathlon performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25 (7), 871-876.

Suriano, R. & Bishop, D. (2010). Physiological attributes of triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 340-347.

Thorhauer, H. A. (1981). Zu den Begriffen „Leistungsstruktur“ und „Anforderungsstruktur“ im Sport. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 30 (3), 206-212.

Town, G. P. & Tyll, P. (1990). Blood lactate threshold characterization in elite triathletes [Abstract]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22 (2), S66.

Vercruyssen, F., Brisswalter, J., Hausswirth, C. & Bernard, T. (2002). Influence of cycling cadence on subsequent running performance in triathletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (3), 530-536.

Vercruyssen, F., Suriano, R., Bishop, D., Hausswirth, C., Brisswalter, J. & J. (2005). Cadence selection affects metabolic responses during cycling and subsequent running time to fatigue. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 267-272.

Witt, M. (2000). Ergebnisse der Seilzugergometrie für die oberen Extremitäten bei Triathleten. In M. Engelhardt (Hrsg.), 15. *Internationales Triathlon-Symposium* (Triathlon und Sportwissenschaft, Bd. 15, S. 87-93). Hamburg: Czwalina.

Zhou, S., Robson, S. J., King, M. J. & Davie, A. J. (1997). Correlations between short-course triathlon performance and physiological variables determined in laboratory cycle and treadmill tests. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 37 (2), 122-130.

Korrespondenzadresse

Marian Hoffmann, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Sport und Sportwissenschaft, BioMotion Center, Engler-Bunte-Ring 15, 76131 Karlsruhe

E-Mail: marian.hoffmann@kit.edu

Auf den Seiten 3-7 folgt die doppelseitige tabellarische Übersicht über die Studien zur Leistungsvoraussetzung Ausdauer für die Sportart Triathlon

Quelle	n	Distanz/ Leistung	Körper- größe (cm)	Körper- gewicht (kg)	VO ₂ max (ml/min/kg) S	VO ₂ max (ml/min/kg) R	VO ₂ max (ml/min/kg) L	VT (% VO ₂ max) R
Basset & Bouley, 2003	M = 4 W = 4	Amateur/ Kader	170 ± 8	60,7 ± 10		62,8 ± 7,2	67,1 ± 5,9	
Bentley et al., 2007	M = 9		175,8 ± 6,5	69,5 ± 7,2		69,3 ± 3,6		
Bernard et al., 2003	M = 9	SD/OD	179 ± 3,9	70,8 ± 3,8		68,1 ± 6,5		67 ± 3,6
Bischoff, 1991	M = 15	Amateur	177,9 ± 4,87	67,1 ± 5,01		61,2 ± 4,0		
Brisswalter et al., 2000	M = 10		178 ± 3,3	67,5 ± 3		66,4 ± 3,4		
Butts et al., 1991	M = 16 W = 7					56,5 ± 8,5 48,2 ± 3,8	62,0 ± 8,4 50,7 ± 2,6	
Deitrick, 1991	M = 7 M = 7			66,6 ± 5,9 90,9 ± 3,2		60,5 ± 6,2 51,9 ± 3,9	69,9 ± 5,5 55,6 ± 4,1	
Delextrat et al., 2003	M = 8		183 ± 7	74 ± 7		66,2 ± 6,8		
Holly et al., 1986	M = 4 M = 2 W = 3	Top 15 Amateur LD					72 58,3 58,7	
Hue et al., 1999	M = 9		178,7 ± 10,1	69,8 ± 9,5		70,0 ± 3,8	71,7 ± 4,9	67,0 ± 8,0
Hue et al., 2000a	M = 29 davon M = 6 Elite	OD		68 ± 7,8 69,9 ± 7,3		69,1 ± 7,2 75,9 ± 5,2	70,2 ± 6,2 78,5 ± 3,6	65,3 64,5
Hue et al., 2000b	M = 8 M = 5	Elite	179,5 ± 2,3 182,4 ± 4,0	71,4 ± 2,2 72,2 ± 3,4		64,7 ± 2,4 75,7 ± 2,3	64,2 ± 2,1 76,3 ± 3,2	66,9 ± 4,5 64,7 ± 3,0
Hue et al., 2001	M = 10		181,7 ± 2,6	72,2 ± 2,3		67,1 ± 1,6	68,7 ± 2,6	
Kerr et al., 1996	M = 7	Amateur	178 ± 5	68 ± 6	50,5 ± 6,5	59,4 ± 6,1	63,2 ± 5,7	
Kerr et al., 1998	M = 5				51,8 ± 2,7	60,8 ± 3,0	64,3 ± 2,7	
Knechtle et al., 2011	M = 184	LD	180 ± 6	76,3 ± 8,3				
Kohrt et al., 1987	M = 13	MD		69,8 ± 5,6	52,5 ± 5,2	57,9 ± 5,7	60,5 ± 5,6	
Kohrt et al., 1989	M = 8 W = 6	MD	71,1 ± 2,5 55,3 ± 1,4	47,8 ± 1,7	56,0 ± 1,3	58,4 ± 1,4		
Kreider et al., 1988	M = 9		179,4 ± 6,3	72,8 ± 6,7	51 ± 7,8	64,3 ± 8,5	68,1 ± 11,9	
Laurenson et al., 1993	W = 10 W = 9	Elite Amateur OD	167 ± 6,8 166,8 ± 8,1	56,4 ± 6,1 59,5 ± 5,3			65,6 ± 6,0 60,4 ± 3,1	

Tabelle (Teil 1): Studien zur Leistungsvoraussetzung Ausdauer in der Sportart Triathlon

Legende: VT = ventilatorische Schwelle; S = Schwimmen, R = Radfahren, L = Laufen; M = Männer, W = Frauen; LD = Langdistanz; MD = Mitteldistanz; OD = olympische Distanz; SD = Sprintdistanz; k. A. = keine Angaben; MW ± SD

VT (% VO ₂ max) L	Körperfett (%)	VO ₂ max (l/min) R	VO ₂ max (l/min) L	Training/ Woche (km) S	Training/ Woche (km) R	Training/ Woche (km) L	HFmax (S/min)
				17,4 ± 6,5	265,5 ± 231,7	50,8 ± 8,8	191 ± 8,0 R 195 ± 8,4 L
							184,7 ± 2,7 R
				9,1 ± 1,9	220,5 ± 57,1	51,1 ± 8,9	185,4 ± 4,9 R
		3,91		8,6 ± 5,4	251 ± 97	51,6 ± 20,3	
							187,3 ± 6 R
		k. A. 2,9 ± 0,3	k. A. 3,1 ± 0,2				
	7,4 ± 1,8 11,9 ± 3,6						
	13 ± 3	4,0 ± 0,47					190 ± 9 R
	7,1 10,2 12,6		5,24 4,45 3,6				
63,3 ± 6,0				14,8 ± 5,9	267,5 ± 95,7	44,4 ± 15,7	189,9 ± 9 R
66,4 64,8		4,70 ± 0,49 5,30 ± 0,36	4,81 ± 0,42 5,49 ± 0,25	13,5 ± 5,5 16,3 ± 2,4	222,0 ± 100,8 345,0 ± 52,4	38,5 ± 14,1 55,8 ± 5,8	180 ± 11 R 174 ± 3 R 188 ± 7 L 184 ± 5 L
68,8 ± 2,7 66,7 ± 2,5				16,8 ± 0,7 18,1 ± 1,5	264,5 ± 39,6 327,7 ± 36,8	41,8 ± 6,1 57,2 ± 5,9	
	8,4 ± 3,8	4,14 ± 0,50	4,41 ± 0,50				158 ± 13 S 178 ± 13 R 184 ± 13 L
		4,17 ± 0,26	4,4 ± 0,24				
	15,1 ± 4,5			6,2 ± 3,1	194 ± 76,6	45 ± 15,9	
							178 ± 10 S 190 ± 7 R 192 ± 7 L
11,6 ± 0,9	15,1 ± 1,4			5,7 ± 1,0	211,1 ± 23,0	55,1 ± 5,2	174 ± 3 S 179 ± 3 R 182 ± 3 L
		3,01 ± 0,1	3,85 ± 0,1	6,3 ± 2,9	180 ± 106	54 ± 11,4	188 ± 7,2 S 186 ± 8,5 R 194 ± 7,8 L
				10,5 ± 4,0 9,2 ± 4,2	205,2 ± 76,6 131,8 ± 82,7	46,3 ± 20,4 33,6 ± 10,5	

Quelle	n	Distanz/ Leistung	Körper- größe (cm)	Körper- gewicht (kg)	VO ₂ max (ml/min/kg) S	VO ₂ max (ml/min/kg) R	VO ₂ max (ml/min/kg) L	VT (% VO ₂ max) R
Millet & Bentley, 2004	M = 7	Junioren	176,7 ± 4,6	66,9 ± 6,8		74,7 ± 5,7		74,4 ± 10,0
	M = 9	Elite	177,9 ± 4,8	70,2 ± 5,2		74,3 ± 4,4		83,9 ± 4,5
	W = 6	Junioren	169,0 ± 5,2	59,1 ± 3,7		60,1 ± 1,8		77,0 ± 11,1
	W = 9	Elite	167,2 ± 5,4	60,3 ± 6,6		61,0 ± 5,0		80,5 ± 7,9
Miura et al., 1997	M = 17		171,1 ± 6,0	62,8 ± 5,1	57,7 ± 6,8	61,12 ± 8,1	63,8 ± 8,1	
O'Toole et al., 1989	M = 8	LD	178 ± 6,6	74,7 ± 10	49,1 ± 10,2	66,7 ± 10,1	68,8 ± 10,4	
	W = 6		168,5 ± 4,7	60,3 ± 4,6	39,7 ± 11,9	61,6 ± 7	65,9 ± 8,1	
O'Toole et al., 1989	M = 14		180,2 ± 8,2	73,7 ± 8		Peak 57,4 ± 7,5		61 ± 2,2
	W = 10		171 ± 9	58 ± 7				
Plews et al., 2012	M = 1	Elite	181	73,9			72,5	
	W = 1		164	57,1			68,2	
Rehrer et al., 1990	M = 20			72,9 ± 1,8		60,8 ± 1,4	61,6 ± 1,1	
Schabort et al., 2000	M = 5	Kader OD	181 ± 1,64	72,1 ± 4,7		Peak 69,9 ± 4,5	Peak 74,7 ± 5,3	
	W = 5		167 ± 4,2	59,3 ± 5,8				
Schneider et al., 1990	M = 10	Amateur				70,3 ± 6,0	75,4 ± 7,3	66,8 ± 3,7
Schuylenbergh et al., 2004	M = 10	SD	179 ± 2	67,5 ± 2,5				
Sleivert & Wenger, 1993	M = 18	OD	180, ± 1,5	76,2 ± 2,1	49,9 ± 1,4	60,1 ± 1,5	63,7 ± 1,6	81,4 ± 1,3
	W = 7		166,4 ± 2,1	59,3 ± 2,1	38,1 ± 2,4	51,1 ± 2,0	51,4 ± 1,3	74,8 ± 1,9
Town et al., 1990	M = 11	Elite			61,2	67,1	69,4	
Vercruyssen et al., 2002	M = 8	Amateur	180,6 ± 81	71,1 ± 6,5		68,7 ± 3,2	69,9 ± 5,5	69,9 ± 3,3
Vercruyssen et al., 2005	M = 8	OD	178,3 ± 5,7	73,3 ± 6,0		67,6 ± 3,6	68,9 ± 4,6	
Zhou et al., 1997	M = 10					61,2 ± 3,2	63,3 ± 2,8	

Tabelle (Teil 2): Studien zur Leistungsvoraussetzung Ausdauer in der Sportart Triathlon

Legende: VT = ventilatorische Schwelle; S = Schwimmen, R = Radfahren, L = Laufen; M = Männer, W = Frauen; LD = Langdistanz; MD = Mitteldistanz; OD = olympische Distanz; SD = Sprintdistanz; k. A. = keine Angaben; MW ± SD

VT (% VO ₂ max) L	Körperfett (%)	VO ₂ max (l/min) R	VO ₂ max (l/min) L	Training/ Woche (km) S	Training/ Woche (km) R	Training/ Woche (km) L	HFmax (S/min)
	10,8 ± 1,3 10,4 ± 2,1 20,0 ± 3,2 21,2 ± 2,9	4,98 ± 0,44 5,21 ± 0,34 3,55 ± 0,23 3,67 ± 0,42					195,0 ± 8,5 R 187,6 ± 8,9 R 193,3 ± 7,9 R 184,3 ± 7,1 R
							178,1 ± 13,5 S 184,9 ± 12,0 R 191,4 ± 12,3 L
	9,9 ± 3,5 14,8 ± 4,7	4,97 ± 0,91 3,7 ± 0,41	5,1 ± 0,85 3,94 ± 0,41				
						21,5 h 24,5 h	
		4,5 ± 0,2	4,4 ± 0,2				
	9,7 ± 2,4 19,5 ± 2,4	Peak 5,0 ± 0,4 3,6 ± 0,4	Peak 5,3 ± 0,5 3,7 ± 0,3				
71,9 ± 6,6		VT 3,87 ± 0,33					
		5,0 ± 0,1	5,1 ± 0,1				
85 ± 1,3 85,0 ± 2,1		4,6 ± 0,1 3,0 ± 0,1	4,8 ± 0,1 3,0 ± 0,1				
70,1 ± 3,4							186,4 ± 6,9 R 190,1 ± 5,7 L
		4,9 ± 0,4	5,0 ± 0,5				