

Elmar Kornexl, Barbara Hotter & Katharina Wirnitzer

Beanspruchungsintensität von Freizeitmountainbiker(inne)n unter alters- und geschlechtsspezifischen Aspekten

PERFORMANCE CAPACITY OF RECREATIONAL MOUNTAINBIKERS
CONSIDERING AGE- AND GENDER SPECIFIC ASPECTS

Zusammenfassung

Anhand von Herzfrequenzmessungen wurden Leistungsfähigkeit und Belastung von Freizeit-Mountainbikern (-MTBern) nach Alter und Geschlecht analysiert. 29 männliche und 22 weibliche MTBer der Altersklassen 20 - 30 und 50 - 65 Jahre wurden während eines Stufentests am Fahrradergometer und einer MTB-Tour hinsichtlich Herzfrequenz (HF) und Fahrzeit untersucht. Die durchschnittliche Beanspruchung während der MTB-Tour lag bei 89,5 % der im Labor bestimmten HF_{max} . Die Probanden bewältigten 90 % der gesamten Fahrzeit im Bereich von 80 - 100 % der HF_{max} . Die Gruppe der 50 - 65-jährigen MTBerinnen wies gegenüber den gleichaltrigen Männern eine geringfügig kürzere Fahrzeit bei signifikant höheren HFen auf.

Schlagworte: Mountainbiken – Herzfrequenz – Freizeit

Abstract

Performance capacity and performance load of leisure time mountain bikers (MTBers) were measured through heart rate monitoring and analysed by age and gender. Heart rate (HR) and total runtime were recorded in two groups of 29 male and 22 female MTBers (20-30 vs. 50-65 years) during an incremental laboratory test on a cycle ergo meter as well as during a MTB tour. Mean performance capacity to sustain exercise-induced stress during the MTB tour was 89.5% of the maximum HR (HR_{max}) determined in the laboratory test. The subjects spent 90% of total runtime within 90-100% of HR_{max} . In 50-65 year old female MTBers overall runtime was slightly lower with significantly higher measures of HR when compared to male subjects of the same age.

Key words: mountain biking – heart rate – leisure time

1 Problemstellung und Zielsetzung

Der Mountainbike-(MTB-)Sport hat sich in den letzten 30 Jahren zu einer beliebten Freizeitsportart entwickelt. In den Alpenländern üben etwa 5 % der Gesamtbevölkerung diese Sportart regelmäßig aus. Die Anzahl der Sportler, die nicht regelmäßig MTBen, beläuft sich in etwa auf das Dreifache. Die Relation von Männern und Frauen in dieser – im Vergleich zum Straßenradspport – noch relativ jungen Sportart beträgt 2,5 : 1. MTBen ist eine Freizeitbetätigung, die bei Sportler(inne)n aller Alters-

gruppen (15- bis 70-Jährige) beliebt ist. Ungefähr die Hälfte der MTBer ist zwischen 30 und 50 Jahren alt. Insgesamt nimmt das Durchschnittsalter unter den Freizeit-MTBern zu (Kronisch & Pfeifer, 2002; Statistik Austria, 2001).

In der Fachliteratur liegen Ergebnisse mehrerer demografischer Untersuchungen sowie erste Analysen über die Motive von MTBern vor (Bässler, 1997; Beier, 2001).

Erkenntnisse über die Auswirkungen auf die allgemeine Gesundheit, alters- und geschlechtsspezifische Aspekte sowie das Fahrkönnen sind noch kaum verfügbar.

In der Fachliteratur wurden bisher nur wenige Studien über Belastungsanalysen von (vorrangig professionellen und wettkampforientierten) MTBern veröffentlicht. Dabei lag das Hauptaugenmerk einerseits auf der – im Vergleich zum Rennradsport völlig verschiedenen – MTB-spezifischen physiologischen Charakteristik (Eigenschafts- und Anforderungsprofil: Baron, 2001; Impellizzeri, Rampinini, Sassi, Mognoni & Marcora, 2005; Lee, Martin, Anson, Grundy & Hahn, 2002; Wilber, Zawadzki, Kearny, Shannon & Disalvo, 1997). Andererseits lag der Fokus der vorliegenden Studien auf dem physiologischen Belastungsprofil sowie der Verteilung der Belastungsintensität auf die gesamte Fahrzeit für ausdauertrainierte Athlet(inn)en der MTB-Disziplinen Cross-Country (Impellizzeri, Sassi, Rodriguez-Alonso, Mognoni & Marcora 2002; Impellizzeri et al., 2005; Stapelfeldt, Schwirtz, Schumacher & Hillebrecht, 2004), Marathon (Wirnitzer & Kornexl, 2008) und Downhill (Hurst & Atkins, 2002, 2006). Altenberger, Arnold, Bachl, Baumgartl und Hörtnagl (1996) untersuchten die Auswirkungen eines achtwöchigen Trainings sowie eines MTB-Wettbewerbes auf ausgewählte Herzkreislauf-Parameter bei Hobbysportler(inne)n.

Über das Beanspruchungsprofil von Freizeit-MTBern finden sich derzeit noch keine Erhebungen. MTBer der zweiten Lebenshälfte (≥ 50 Jahre) waren ebenso wenig Gegenstand empirischer Studien wie geschlechtsspezifische Aspekte.

Deshalb war es das Ziel dieser Untersuchung, erste Erhebungen bezüglich der Beanspruchung von Freizeit-MTBern mittels Herzfrequenz(HF)-Analyse unter Berücksichtigung von geschlechts- und altersspezifischen Aspekten durchzuführen.

2 Methode

2.1 Stichprobe

Die Stichprobe (insgesamt 51 Proband(inn)en) umfasste durchwegs MTBer, die diese Sportart als Freizeitbetätigung ausführen. Die Proband(inn)en wurden ausschließlich nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- 1) Freizeitcharakter (MTBen neben anderen sportlichen Freizeitaktivitäten),
- 2) 7 bis 25 MTB-Touren pro Saison (jeweils 2 - 3 h Fahrzeit, 30 - 40 km Streckenlänge und 600 - 1000 m Höhendifferenz) und
- 3) keine Durchführung eines spezifischen Trainings und keine Teilnahme an Wettbewerben.

Die Auswahl der Proband(inn)en erfolgte insofern zufällig, als MTBer, die im Zeitraum von vier Wochen vor Beginn der Studie im Gelände angetroffen wurden und den Kriterien entsprachen, zur Teilnahme am Projekt eingeladen wurden. Die hinsichtlich Alter und Geschlecht ungleiche Stichprobengröße (Tabelle 1) entstand durch unvorhersehbare Ausfälle von Proband(inn)en.

Tab. 1: Stichprobenverteilung nach Alter, Geschlecht, Körperhöhe (cm), Körpermasse (kg) und Tourenanzahl pro Jahr. Die Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichung (SD) angegeben.

Alter	Geschlecht	Probanden	Alter	Körperhöhe	Körpermasse	Touren
20 - 30	männlich	17	25 (± 4)	179 (± 6)	74 (± 3)	12 (± 3)
	weiblich	13	24 (± 3)	165 (± 5)	56 (± 4)	10 (± 2)
50 - 65	männlich	12	62 (± 3)	175 (± 2)	77 (± 5)	14 (± 3)
	weiblich	9	58 (± 3)	165 (± 2)	57 (± 3)	13 (± 4)

2.2 Datenerhebung

Um das ausdauerspezifische Leistungsniveau beurteilen und die im Feldtest erhobenen Belastungsparameter einstufen zu können, wurden die Proband(inn)en zunächst einem Ausbelastungstest im Labor unterzogen. Am nächsten Tag erfolgte die Belastungsanalyse während einer MTB-Tour (Feldtest). Die *HF* wurde während der gesamten Belastungszeit in Labor- und Feldtest aufgezeichnet (Polar S725 und 625X, Polar Electro Oy, Kempele, Finland). Im Anschluss wurden die *HF*-Daten mittels einer spezifischen Software (Polar Precision Performance 4 SW, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) analysiert.

2.2.1 Labortest

Mittels Fahrradergometer (Ergometrics 900, Ergoline, Germany) wurde ein maximaler aerober Leistungstest durchgeführt (beginnend mit 50 W, Stufensteigerung jeweils 50 W alle 2 min bis zur Erschöpfung symptomlimitiert: Marsh & Martin, 1997; Harnish, Swensen & Pate, 2001). Dabei wurden die folgenden leistungsphysiologischen Parameter erhoben:

- maximale Herzfrequenz: HF_{max} ($S \cdot min^{-1}$),
- maximale und relative Leistung: P_{max} (W) und P_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$),
- maximale Sauerstoff-Aufnahme: VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$).

Maximale und relative Leistung und maximale Sauerstoffaufnahme werden im Labor erhoben, um eine Einstufung der allgemeinen Leistungsfähigkeit der Proband(inn)en zu ermöglichen, im Feldtest werden sie nicht mehr erfasst. Die P_{max} beinhaltet die voll getretene und anteilmäßig die nicht ausgetretene Belastungsstufe.

Die Sauerstoff-Aufnahmefähigkeit wurde unter Inkaufnahme von Ungenauigkeiten (Kindermann, Dickhut, Niess, Röcker & Urhausen, 2007) nach Wassermann, Hansen, Sue und Whipp (1987) berechnet: $VO_{2max} = (W \cdot kg^{-1} \cdot 12) + 3,5$

Die Zahl 12 entspricht, bei einer Leistungssteigerung von 1 W, einer Zunahme der Sauerstoffaufnahme um $12 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$. Die Zahl 3,5 entspricht dem Grundumsatz ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

2.2.2 Feldtest

Eine MTB-Strecke mit unterschiedlichen Steigungen sollte von den MTBern mit der individuell bevorzugten Beanspruchung absolviert werden (Abbildung 1). Um die Konkurrenzsituation weitgehend auszuschalten, erfolgte für jeden Biker/jede Bikerin ein Einzelstart. Die Proband(inn)en mussten auf einer Streckenlänge von 6,9 km eine Höhendifferenz von 600 m bewältigen.

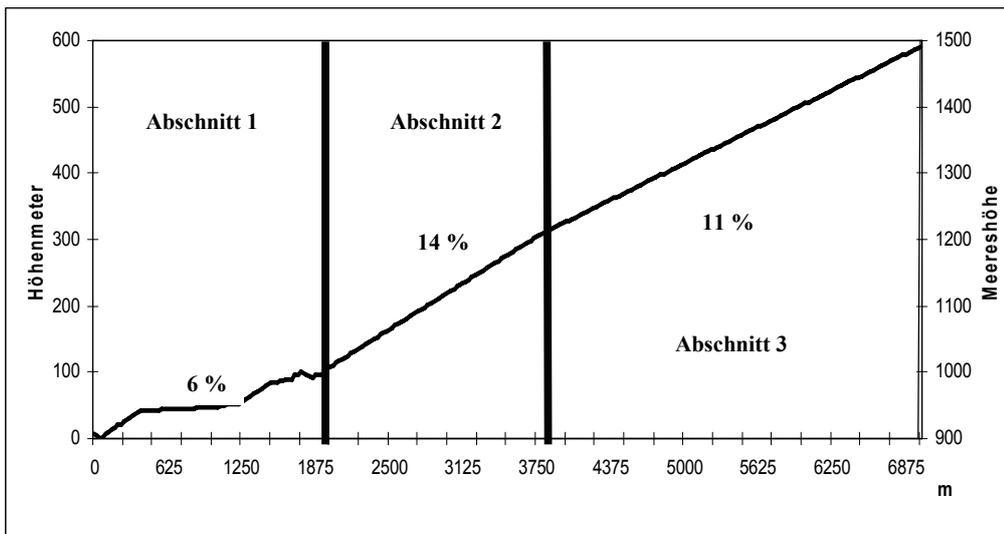


Abb. 1: Streckenprofil nach Abschnitten (Steigung in %)

Folgende Variablen wurden erfasst bzw. berechnet:

- Fahrzeit in Sekunden (sec),
- absolute HF: HF_{abs} ($\text{S} \cdot \text{min}^{-1}$),
- relative HF: HF_{rel} in Prozent der im Labortest erreichten HF_{max} ($\% HF_{max}$).

In der Fachliteratur hat sich für Cross-Country- oder Marathon-Rennen die Einführung von Kategorien zur Beschreibung von Belastungsintensität und Belastungsverlauf während der gesamten Fahrzeit mehrfach bewährt (Impellizzeri et al., 2002, 2005; Stapelfeldt et al., 2004; Wirnitzer & Kornexl, 2008). Um Vergleiche zu ermögli-

chen, wurde die relative Beanspruchung während der MTB-Tour in Anlehnung an Neumayr, Pfister, Mitterbauer, Gänzer, Sturm, Eibl und Hörtnagl (2002) in vier Kategorien unterteilt:

- Kategorie I: < 70 % der HF_{max}
- Kategorie II: 70 - 80 % der HF_{max}
- Kategorie III: 80 - 90 % der HF_{max}
- Kategorie IV: > 90 % der HF_{max}

2.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS für Windows (Version 15.0) und beinhaltet bei metrischen Daten die Berechnung von arithmetischen Mittelwerten, Standardabweichungen und Korrelationskoeffizienten (r) nach Pearson. Zur Überprüfung der Einflussfaktoren Alter und Geschlecht und deren Wechselwirkung wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse unter Verwendung eines allgemeinen linearen Modells durchgeführt. Die Normalverteilung der Daten wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest (Korrektur nach Lilliefors) und die Varianzhomogenität (η^2) mithilfe des Levene-Tests überprüft. Statistisch signifikante Differenzen wurden für $p \leq 0,05$ definiert.

3 Ergebnisse

Da die Labordaten deutliche Unterschiede nach Alter und Geschlecht aufwiesen, erschien eine getrennte Auswertung der im Feldtest gewonnenen Daten sinnvoll.

3.1 Labortest

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse des Stufentests.

Tab. 2: Laborwerte nach Alter und Geschlecht. Maximale HF: HF_{max} (S.min⁻¹), maximale und relative Leistung: P_{max} (W) und P_{rel} (W.kg⁻¹), maximale Sauerstoffaufnahme: VO_{2max} (ml.kg⁻¹.min⁻¹). Die Werte sind als Mittelwerte ± Standardabweichung (SD) angegeben. Signifikante Unterschiede sind grau hinterlegt.

Alter	Geschlecht	HF_{max}	P_{max}	P_{rel}	VO_{2max}
20 - 30	männlich	188 (±8)	376 (±40)	5,2 (±0,8)	56,1 (±7,7)
	weiblich	184 (±13)	265 (±35)	4,7 (±0,5)	51,3 (±6,3)
	gesamt	186 (±9)	330 (±67)	5,0 (±0,7)	54,0 (±7,0)
50 - 65	männlich	155 (±16)	261 (±28)	3,4 (±0,5)	38,2 (±5,2)
	weiblich	170 (±17)	221 (±33)	3,8 (±0,6)	42,1 (±4,6)
	gesamt	161 (±16)	244 (±40)	3,5 (0,5)	39,2 (±5,0)
Gesamt	männlich	174 (±20)	336 (±66)	4,5 (±1,0)	49,9 (±11,0)
	weiblich	179 (±12)	250 (±43)	4,4 (±0,7)	48,3 (±7,0)
	gesamt	176 (±17)	302 (±72)	4,5 (±1,0)	49,3 (±9,0)

3.2 Feldtest

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der MTB-Tour.

Tab. 3: Felddaten nach Alter und Geschlecht. Fahrzeit (sec), absolute und relative HF: HF_{abs} (S.min⁻¹) und HF_{rel} (% HF_{max}), Signifikanzwert (p), partielle Effektgröße (η^2). Die Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichung (SD) angegeben.

Deskriptive Statistiken	Alter	Geschlecht	Fahrzeit		HF_{abs}		HF_{rel}		
	20 - 30	männlich	3.007 (\pm 632)			162 (\pm 13)		86,1 (\pm 4,6)	
		weiblich	3.645 (\pm 526)			161 (\pm 13)		87,5 (\pm 5,8)	
		gesamt	3.283 (\pm 662)			162 (\pm 13)		86,7 (\pm 5,1)	
50 - 65	männlich	4.273 (\pm 978)			134 (\pm 14)		86,7 (\pm 4,0)		
	weiblich	4.196 (\pm 585)			150 (\pm 16)		87,8 (\pm 6,2)		
	gesamt	4.240 (\pm 815)			141 (\pm 17)		87,2 (\pm 5,0)		
Gesamt	männlich	3.531 (\pm 1003)			151 (\pm 19)		86,3 (\pm 4,0)		
	weiblich	3.870 (\pm 604)			157 (\pm 15)		87,6 (\pm 5,8)		
	gesamt	3.677 (\pm 864)			153 (\pm 18)		86,9 (\pm 5,0)		
Tests der Zwischen-subjekteffekte	Quelle		p	η^2	p	η^2	p	η^2	
	Korrigiertes Modell		0,000	0,384	0,000	0,430	0,826	0,019	
	Geschlecht		0,169	0,040	0,070	0,068	0,392	0,016	
	Alter		0,000	0,303	0,000	0,347	0,772	0,002	
	Geschlecht * Alter		0,082	0,063	0,040	0,087	0,931	0,000	

3.2.1 Fahrzeit

Die durchschnittliche Fahrzeit betrug 1 Stunde, 1 Minute und 17 Sekunden (\pm ca. 15 min). Die daraus berechnete mittlere Geschwindigkeit beträgt 6,73 (\pm 1,28) km/h.

Die geschlechtsspezifische Differenz in der Fahrzeit beträgt zwar knapp 6 min zugunsten der Männer, ist aber nicht signifikant. Die 20 - 30-jährigen Männer zeigten eine signifikant geringere Fahrzeit ($p = 0,01$) als die gleichaltrigen Frauen. Bei den 50 - 65-Jährigen hingegen wiesen die Frauen eine um 1 Minute und 17 Sekunden geringere Fahrzeit als die Männer auf (vgl. Abbildung 2).

Die altersspezifischen Unterschiede in der Fahrzeit sind deutlich ausgeprägt (16 min) und hoch signifikant ($p = 0,001$). 30 % der Varianz (η^2) in der Fahrzeit sind auf den Faktor Alter zurückzuführen. Die Wechselwirkung zwischen den Faktoren Alter und Geschlecht ist deutlich erkennbar, aber nicht signifikant.

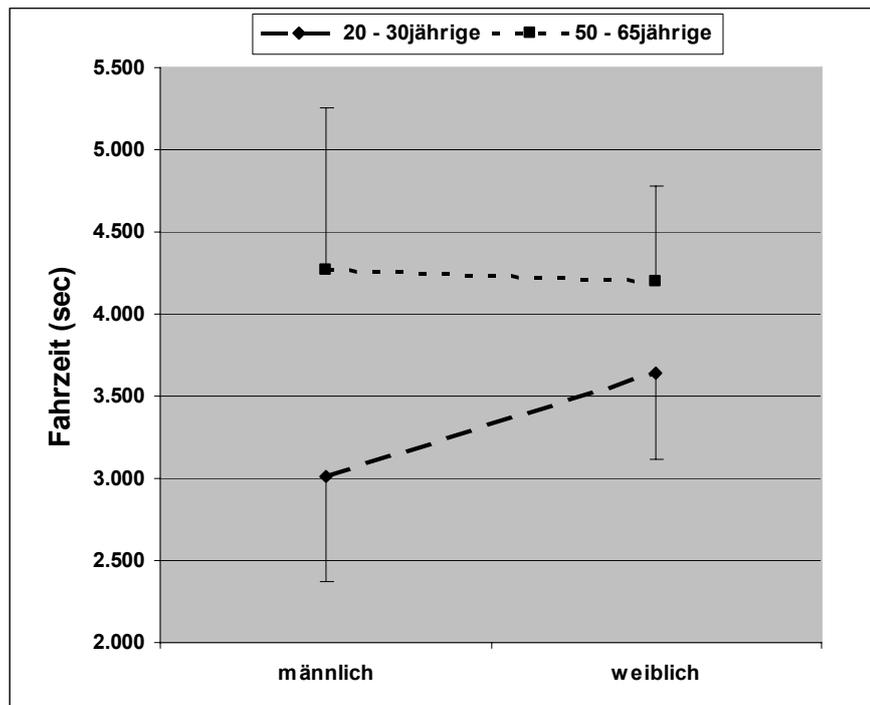


Abb. 2: Fahrzeit in Wechselwirkung mit Geschlecht und Alter

3.2.2 Herzfrequenz

Die durchschnittliche absolute HF lag während der gesamten Fahrzeit für die Stichprobe bei $153 (\pm 18)$ $S \cdot \text{min}^{-1}$, die mittlere relative HF bei $86,9 (\pm 5)$ % der HF_{max} .

In der HF_{abs} weisen die Frauen $6 S \cdot \text{min}^{-1}$ mehr auf als die Männer ($p = 0,07$). Bei den 20 - 30-jährigen MTBern ist der geschlechtsspezifische Unterschied sehr gering, bei den 50 - 65-jährigen weisen die Frauen eine um $16 S \cdot \text{min}^{-1}$ höhere HF als gleichaltrige Männer auf ($p = 0,01$).

Altersspezifisch liegt die absolute HF der 20 - 30-Jährigen um $21 S \cdot \text{min}^{-1}$ höher ($p = 0,001$) als bei den 50 - 65-Jährigen. Knapp 35 % der Varianz (η^2) in der HF_{abs} sind auf das Alter zurückzuführen. Es besteht eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Alter und Geschlecht ($p = 0,04$).

Für die HF_{rel} ergeben sich sowohl geschlechts- als auch altersspezifisch nur minimale Unterschiede und es besteht keine Wechselwirkung zwischen den Faktoren Alter und Geschlecht.

Abbildung 3 stellt die Verteilung der Beanspruchungskategorien (HF_{rel}) auf die gesamte Fahrzeit dar. Summiert man den prozentuellen Anteil der Kategorien III und IV,

so zeigt sich, dass die Proband(inn)en während 89,9 % der gesamten Fahrzeit eine relative Beanspruchung von 80 - 100 % der im Labor erfassten HF_{max} aufweisen. Insgesamt absolvierten die MTBer 10,1 % der Fahrzeit in Bereichen < 80 % der HF_{max} .

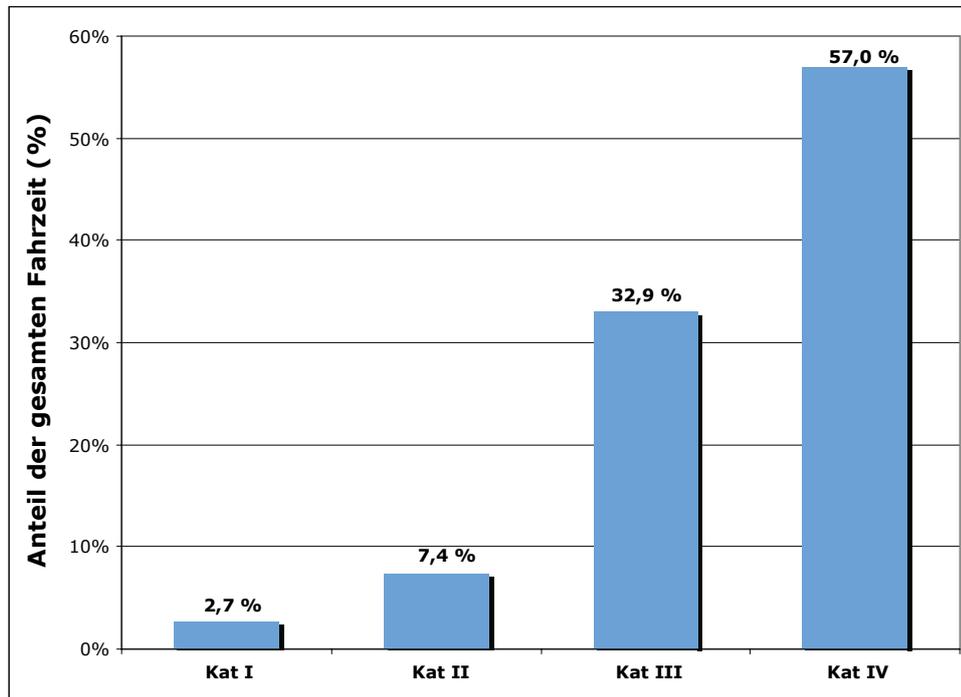


Abb. 3: Verteilung der mittleren relativen HF nach den Kategorien (Kat.) I bis IV auf die gesamte Fahrzeit. Kat. I: < 70 % HF_{max} , Kat. II: $70 - 80$ % HF_{max} , Kat. III: $80 - 90$ % HF_{max} und Kat. IV: > 90 % HF_{max} (HF_{max} : Werte des Labortests)

Tabelle 4 zeigt die HF nach Streckenabschnitten. Zwischen den Abschnitten 1 und 2 sowie 1 und 3 bestehen bei allen Teilstichproben signifikante Unterschiede ($p = 0,001$) in der absoluten und der relativen HF. Zwischen den Abschnitten 2 und 3 sind die Unterschiede in allen Stichproben minimal und nicht signifikant.

3.2.3 Korrelation Fahrzeit – Herzfrequenz

Für die Gesamtstichprobe ergibt sich zwischen Fahrzeit und HF eine signifikante negative Korrelation (HF_{abs} : $r = -0,48$, $p = 0,001$ und HF_{rel} : $r = -0,13$, $p = 0,001$): Je kürzer die Fahrzeit, desto höher liegt die HF. Die Korrelation wird allerdings von den 20 - 30-jährigen Proband(inn)en bestimmt. Die jungen MTBer weisen bei beiden Geschlechtern signifikante Koeffizienten für HF_{abs} und HF_{rel} auf (HF_{abs} : männlich: $r =$

-0,46, $p = 0,001$; weiblich: $r = -0,59$, $p = 0,001$ und HF_{rel} : männlich: $r = -0,63$, $p = 0,001$, weiblich: $r = -0,50$, $p = 0,001$).

Bei den 50 - 65-Jährigen ist der Koeffizient der HF sehr gering und liegt für beide Geschlechter nahe bei Null (HF_{abs} : $r = -0,09$, HF_{rel} : $r = -0,03$). D. h. bei den älteren MTBern besteht kein Zusammenhang zwischen Fahrzeit und HF .

Tab. 4: Mittelwerte \pm Standardabweichung (SD) der HF_{abs} (S.min⁻¹) und HF_{rel} (% HF_{max}) nach Alter und Geschlecht für die einzelnen Streckenabschnitte

Alter	Geschlecht	Abschnitt 1		Abschnitt 2		Abschnitt 3	
		HF_{abs}	HF_{rel}	HF_{abs}	HF_{rel}	HF_{abs}	HF_{rel}
20 – 30	männlich	154 (± 13)	81,6 ($\pm 4,7$)	168 (± 14)	89,1 ($\pm 5,3$)	166 (± 13)	88,0 ($\pm 5,4$)
	weiblich	148 (± 22)	80,4 ($\pm 11,5$)	170 (± 12)	92,0 ($\pm 4,3$)	167 (± 14)	90,8 ($\pm 5,3$)
50 – 65	männlich	119 (± 16)	77,0 ($\pm 6,6$)	142 (± 14)	91,6 ($\pm 4,0$)	143 (± 16)	92,3 ($\pm 4,0$)
	weiblich	137 (± 25)	79,6 ($\pm 11,8$)	164 (± 14)	95,5 ($\pm 4,5$)	164 (± 13)	95,6 ($\pm 5,3$)
Gesamt		142 (± 28)	79,9 ($\pm 12,0$)	161 (± 16)	91,4 ($\pm 6,0$)	160 (± 18)	90,9 ($\pm 7,0$)

4 Diskussion

Nach umfangreichen Literaturrecherchen scheint die vorliegende Studie die erste Untersuchung zu sein, die sich mit der Beanspruchung von Freizeit-MTBern unter Berücksichtigung von geschlechts- und altersspezifischen Aspekten beschäftigt. Sie liefert *zwei Hauptergebnisse*.

Einerseits lag die durchschnittliche Beanspruchung während der gesamten MTB-Tour bei knapp 87 % der im Labor bestimmten HF_{max} . Für die Streckenabschnitte 2 und 3 (zusammen 83,3 % der Gesamtstrecke: ca. 500 Höhenmeter auf 5 km), wurden beachtliche 91 % der HF_{max} für die Stichprobe berechnet.

Die Beanspruchung von Freizeitsportler(inne)n in anderen Alpinsportarten erreicht nicht annähernd dieses Niveau (vgl. Tabelle 5).

Weiters sind die hohe Beanspruchungstoleranz und die Leistungsfähigkeit 50 - 65-jähriger MTBerinnen im Vergleich zu den gleichaltrigen Männern bemerkenswert (Fahrzeit, HF_{abs} , HF_{rel}). Sowohl im Labor- als auch im Feldtest liegen die erfassten Messwerte zum Teil über denen der männliche MTBer. Dies lässt den Schluss zu, dass bei den älteren MTBerinnen eine Selektion von gut trainierten, besonders leistungsfähigen und sehr motivierten Frauen vorliegt.

Tab. 5: Absolute und relative HF von Freizeitsportlern in Alpinsportarten (Alpiner Skilauf incl. Aufstiegshilfen): HF_{abs} (S.min⁻¹) und HF_{rel} (% HF_{max}). Die Werte sind als Mittelwerte angegeben.

Sportart	HF_{abs}	HF_{rel}	Autor
Bergwandern	103 – 154	–	Burtscher (2001); Burtscher et al. (2005)
Alpiner Skilauf	127 – 162	66	Burtscher et al. (2005); Gatterer et al. (2007)
Skitouren	–	70 - 74	Pühringer und Burtscher (2000)
Nordic Walking	–	62 - 68	Jöllenbeck und Grüneberg (2006)

4.1 Labortest

Die Ergebnisse des Labortests zeigen für die erfassten MTBer eine insgesamt gute Leistungsfähigkeit auf. Die HF_{max} entspricht dem allgemein für Fahrradergometer akzeptierten Richtwert von 210 minus Lebensalter ($\pm 10\%$) (Kindermann et al., 2007, S. 45). In der HF_{max} weisen die jungen MTBer erwartungsgemäß signifikant höhere Werte auf ($p = 0,01$) als ältere. Auffallend ist der signifikant niedrigere Wert der HF_{max} der 50 - 65-jährigen Männer (155 ± 16 S.min⁻¹, $p = 0,05$) im Vergleich zu den gleichaltrigen Frauen. Auch in den Parametern $P_{relativ}$ und VO_{2max} zeigen die 50 - 65-jährigen Frauen auffallend hohe Werte verglichen mit gleichaltrigen Männern, die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant.

Im Vergleich zu den in der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik dokumentierten Normwerten liegt die VO_{2max} der MTBer bei beiden Geschlechtern und Altersgruppen auf dem Niveau von gut trainierten und ausdauerorientierten Freizeitsportler(inne)n. Die Normwerte jüngerer Sportler liegen für Männer zwischen 52 - 65 ml.kg⁻¹.min⁻¹ und für Frauen zwischen 45 - 50 ml.kg⁻¹.min⁻¹. Für ältere Sportler liegen die Normwerte für Männer und Frauen jeweils bei ca. 40 ml.kg⁻¹.min⁻¹ und ca. 37 ml.kg⁻¹.min⁻¹ (ACSM, 2006; Badtke, 1999; Impellizzeri & Marcora, 2007; Kindermann et al., 2007).

In der Fachliteratur finden P_{max} und P_{rel} als Indikatoren für die Ausdauer-Leistungsfähigkeit breite Akzeptanz und Anwendung. Erwartungsgemäß fanden sich für die P_{max} signifikant bessere Werte für männliche und junge MTBer im Vergleich zu älteren und weiblichen MTBern ($p = 0,001$). In der absoluten und der relativen Leistung erreichten die 20 - 30-jährigen MTBer das Niveau von gut trainierten Freizeit-MTBern und wettkampforientierten Amateuren. Für sie liegen Werte von $P_{rel} \geq 4,5$ W.kg⁻¹ für Frauen und $P_{rel} \geq 5,0$ W.kg⁻¹ für Männer vor (Impellizzeri, Ebert, Sassi, Menaspa, Rampinini & Martin, 2008; Kindermann et al., 2007; Rost, 2004; Stapelfeld et al., 2004; Wilber et al., 1997; Wirnitzer & Kornexl, 2008; Wirnitzer, 2009). Die Auswahl des Testprotokolls (Stufensteigerung und -dauer) beeinflusst allerdings deutlich die maximalen Werte (Faria, Parker & Faria, 2005). Daher ist die Diskrepanz zwischen VO_{2max} und P_{rel} vermutlich auf das verwendete Stufenprotokoll zurückzuführen.

ren. Die Ergebnisse von Altenberger et al. (1996) für Hobby-MTBer während des Stufentests im Labor (50 W/50 W/3 min) sind mit den aktuellen Resultaten vergleichbar und in guter Übereinstimmung mit HF_{max} (192 S.min⁻¹) und VO_{2max} (55,5 ml.kg⁻¹.min⁻¹). Die von Altenberger et al. (1996) dokumentierten geringeren Werte in P_{max} (303 W) und $P_{relativ}$ (4,2 W.kg⁻¹) dürften aus der um eine Minute längeren Stufendauer resultieren.

4.2 Feldtest

Die Messwerte des Feldtests kennzeichnen den MTB-Sport als sehr beanspruchend und bestätigen den Proband(inn)en ein hohes Leistungsniveau. Die Labordaten werden bestärkt. Die Streubreite zeigt in allen Parametern ein individuell sehr unterschiedliches Leistungsniveau der Proband(inn)en. Da die Größe der Teilstichproben fallweise gering ist, ist eine Interpretation jeweils mit Vorsicht vorzunehmen.

4.2.1 Fahrzeit

Die höhere HF_{max} und die höhere motorische Leistungsfähigkeit der 20 - 30-jährigen MTBer zeigen sich in der deutlich kürzeren Fahrzeit im Vergleich zu den 50 - 65-jährigen. Dieser altersspezifische Unterschied kann durch die allgemeine Abnahme der HF_{max} und der motorischen Leistungsfähigkeit vom frühen zum späten Erwachsenenalter begründet werden (Kindermann et al., 2007: Männer ca. 30 %, Frauen ca. 20 %).

Ebenso sind die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Fahrzeit bei den 20 - 30-jährigen MTBern stark ausgeprägt. Erwartungsgemäß wiesen die Frauen dieser Altersstufe eine längere Fahrzeit auf, was im Wesentlichen auf die allgemein geringere motorische Leistungsfähigkeit der Frauen zurückzuführen ist. Die im Labortest erhobene höhere Leistungsfähigkeit der 50 - 65-jährigen Frauen gegenüber gleichaltrigen Männern findet durch eine kürzere Fahrzeit der Frauen entsprechende Bestätigung.

4.2.2 Herzfrequenz

Die durchschnittlich über etwa 61 Minuten aufrecht erhaltene Beanspruchung von annähernd 87 % der HF_{max} ist für Freizeitsportler bemerkenswert und vergleichbar mit den hohen Belastungsintensitäten im MTB-Cross-Country von 90 - 91 % HF_{max} (Impellizzeri et al., 2002, 2005; Stapelfeldt et al., 2004) und im MTB-Marathon von 85 - 88 % HF_{max} (Wirnitzer & Kornexl, 2008; Wirnitzer, 2009).

Durchschnittlich wurden 56 min der gesamten Fahrzeit in den Kategorien III und IV gefahren, hingegen nur etwa 6 min mit einer Beanspruchung von < 80 % der HF_{max} .

Trotz der im Vergleich zu Abschnitt 2 verminderten Steigung in Abschnitt 3 fuhren die MTBer beide Teilstücke mit annähernd gleicher Beanspruchungsintensität. Es zeigten sich keine signifikanten Änderungen in der HF (absolut und relativ). Die Probanden wählten offensichtlich eine subjektiv zu bewältigende, konstante Beanspruchung und reagierten vermutlich mit einer Zunahme der Fahrgeschwindigkeit

auf die um 3 % geringere Steigung im letzten Abschnitt. Ob diese Beanspruchung der aerob-anaeroben Schwelle entspricht, müsste geprüft werden.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen vermuten, dass eine relative Beanspruchung von etwa $90 (\pm 5) \%$ der HF_{max} (Impellizzeri et al., 2002, 2005; Stapelfeldt et al., 2004; Wirnitzer & Kornexl, 2008; Wirnitzer, 2009) eine für den MTB-Sport allgemein charakteristische Belastungsintensität darstellt. Es drängt sich hier die Überlegung auf, die Zuteilung der HF_{rel} zu einer der vier Frequenzkategorien durch die individuelle Bestimmung der anaeroben Schwelle zu ersetzen und alters- und leistungsspezifische Aspekte mitzubedenken (vgl. dazu Pokan et al., 2004 und Hofmann et al., 2001).

4.3 Einflussfaktoren

4.3.1 Alter

Der in der Fachliteratur allgemein bekannte Einfluss des Lebensalters auf einen Großteil der leistungsrelevanten physiologischen Parameter (ACSM, 2006; Kindermann et al., 2007) wird durch Labor- und Feldtest bestätigt.

In den im Labortest erfassten Parametern (HF_{max} , P_{max} , P_{rel} , VO_{2max}) liegen hochsignifikante Unterschiede zwischen beiden Altersgruppen vor ($p = 0,001$). Entsprechend der mit zunehmendem Erwachsenenalter eintretenden Reduzierung der maximalen HF ergaben sich in Labor- und Feldtest signifikante altersspezifische Unterschiede für die MTBer ($p = 0,01$). Im Feldtest zeigten sich ebenfalls hochsignifikante Differenzen ($p = 0,001$) in Fahrzeit und HF_{abs} , nicht aber in der HF_{rel} . Letzteres heißt, der individuelle Grad relativer Beanspruchung von MTB'ern beider Altersgruppen ist annähernd gleich. Aus der Korrelation von Fahrzeit und HF (absolut und relativ) kann abgeleitet werden, dass die Fahrzeit der 20 - 30-jährigen MTBer vorrangig von der Intensität der Beanspruchung (HF) abhängig ist. Das heißt, je größer die Beanspruchung, umso kürzer war die Fahrzeit.

Bei 50 - 65-jährigen MTB'ern besteht diese Korrelation allerdings nicht. Die Fahrzeit wird also auch von anderen Faktoren, wie zum Beispiel Motivation, Kraft der Rumpf- und Beinmuskulatur, psychische Belastung durch Unsicherheiten, Überforderung oder Angst sowie Fahrtechnik, entscheidend mitbestimmt (Impellizzeri & Marcora, 2007; Wirnitzer & Kornexl, 2008).

4.3.2 Geschlecht

In Übereinstimmung mit der Fachliteratur (ACSM, 2006; Kindermann et al., 2007) weisen die Laborwerte in der P_{max} eine signifikant höhere Leistungsfähigkeit der Männer auf. In den Parametern P_{rel} , HF_{max} und VO_{2max} sind die geschlechtsspezifischen Unterschiede nicht signifikant. Diese Auffälligkeiten werden auch im Feldtest bestätigt.

Im Feldtest sind die 20 - 30-jährigen Männer in der Fahrzeit signifikant überlegen, bei den 50 - 65-jährigen ist die Fahrzeit der Frauen geringfügig kürzer. In der HF ergibt sich nur bei der HF_{max} ein signifikanter Unterschied: Die 50 - 65-jährigen Mountainbikerinnen weisen erstaunlicherweise um 15 Schläge höhere Frequenzen auf als die Männer ($p = 0,01$).

Die höheren absoluten HF -Werte der Frauen während Ausdauerbelastungen werden in der Fachliteratur mehrfach dokumentiert und mit dem – im Vergleich zu Männern – reduzierten Hämoglobingehalt und O_2 -Puls der Frauen begründet (Astrand, Rodahl, Dahl & Stromme, 2003; Hottenrott, 2007a, 2007b). Warum in der vorliegenden Studie die Differenzen nur bei den 50 - 65-jährigen weiblichen MTB'ern auftreten, lässt sich mit den vorliegenden Daten nicht erklären.

Die 50 - 65-jährigen weiblichen MTB'er weisen insgesamt eine deutlich höhere Leistungsfähigkeit auf als gleichaltrige Männer. Die Ursache dürfte in einer besonderen Auslese weiblicher Freizeitsportler in dieser Sportart begründet sein: Nur trainierte, leistungsstarke Frauen stellen sich den MTB-spezifischen Anstrengungen in der zweiten Lebenshälfte. Eine weitere Ursache könnte eine generell höhere Leistungsmotivation älterer Frauen im Freizeitsport sein, die durch ein höheres Gesundheitsbewusstsein und einen gewissen Konkurrenzdruck bedingt ist.

5 Conclusio

Die Freizeitsportart MTB stellt hohe Ansprüche an die Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit des Herzkreislauf-Systems, kann aber bei gutem Trainingszustand von beiden Geschlechtern bis weit in die zweite Lebenshälfte betrieben werden. Dies bestätigen die vorliegenden Messwerte von Labor- und Felduntersuchungen. Es gibt nur wenige Freizeitsportarten, bei denen die relative HF über eine Dauer von einer Stunde oder mehr zwischen 80 - 100 % HF_{max} liegt. Bemerkenswert ist die mit den Männern durchaus vergleichbare Leistungsfähigkeit der 50 - 65-jährigen MTB'erinnen. Es scheint für diese Sportart eine spezifische Selektion von leistungsstarken Frauen vorzuliegen.

Die vorliegende Erhebung hat weitere Fragen aufgeworfen:

- Warum weisen nur die älteren MTB'erinnen gegenüber den gleichaltrigen Männern eine höhere HF auf und nicht auch die jüngeren?
- Worin liegen die genauen Ursachen für die fehlende Korrelation zwischen Fahrzeit und der HF (absolut und relativ) bei den 50-jährigen MTB'ern? Welche anderen Faktoren gewinnen in dieser Altersstufe entscheidenden Einfluss auf die Fahrzeit?
- Gibt es für die Bewältigung längerer Steigungen eine subjektiv als bewältigbar empfundene Belastungshöhe und liegt sie auf der Höhe der aerob-anaeroben Schwelle?

Literatur

- Altenberger, H., Arnold, M., Bachl, N., Baumgartl, P. & Hörtnagl, H. (1996). Die Auswirkungen eines 2-monatigen Trainings und eines Mountainbike-Wettkampfes auf Herz-, Kreislauf- und Blutparameter bei Hobbysportlern (Ärzte). *Österreichisches Journal für Sportmedizin*, 26 (3/4), 84-93.
- American College of Sports Medicine (ACSM). (2006). *Guidelines for exercise testing and prescription* (7th ed.). M. H. Whaley, P. H. Brubaker, & R. M. Otto (Eds.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Astrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Stromme, S. B. (Eds.). (2003). *Textbook of Work Physiology* (4th ed.). Human Kinetics.
- Badtke, C. (Hrsg.). (1999). *Lehrbuch der Sportmedizin*. Heidelberg, Leipzig: Barth.
- Bässler, R. (1997). *Freizeit und Sport in Österreich*. Wien: Research u. Consulting.
- Baron, R. (2001). Aerobic and anaerobic power characteristics of off-road cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (8), 1387-1393.
- Beier, K. (2001). *Anreizstrukturen im Outdoorsport*. Schorndorf: Hofmann.
- Burtscher, M. (2001). *Kardiovaskuläre Belastungsreaktionen beim Bergwandern*. Institut für Sportwissenschaften, Universität Innsbruck (Eigenverlag).
- Burtscher, M., Faulhaber, M., Kornexl, E. & Nachbauer, W. (2005). Kardiorespiratorische und metabolische Reaktionen beim Bergwandern und alpinen Skilauf. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 155 (7-8), 129-135.
- Faria, E. W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2005). The science of cycling: physiology and training – part 1. *Sports Medicine*, 35 (4), 285-312.
- Gatterer, H., Faulhaber, M., Flatz, M., & Burtscher, M. (2007). Cardiovascular responses to alpin skiing in elderly experienced skiers. In Müller, Lindinger, Stöggel & Fastenbauer (Hrsg.), *Skiing and Science, 4th ICSS, Salzburg, Dezember 2007, Abstract book* (S. 171).
- Harnish, C. R., Swensen, T. C., & Pate, R. R. (2001). Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (6), 1052-1055.
- Hofmann, P., Duviillard, P. v., Seibert, F. J., Pokan, R., Wonisch, M., Lemura, L. M., & Schwabberger, G. (2001). % HR_{max} target heart performance curve deflection. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33 (10), 1726-1731.
- Hottenrott, K. (2007a). *Trainingskontrolle mit Herzfrequenz-Messgeräten*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Hottenrott, K. (2007b). Ausdauertraining unter besonderer Berücksichtigung des Frauenherzens. Neue Herzfrequenzformel. *Medicalsports*, 4, 14-16.
- Hurst, H. T., & Atkins, S. (2002). The physiological demands of downhill mountain biking as determined by heart rate monitoring. *Communication to the 7th Annual Congress of the European College of Sports Sciences, 2002, Athens, Greece*.
- Hurst, H. T., & Atkins, S. (2006). Power output of field-based downhill mountain biking. *Journal of Sports Science*, 24 (10), 1047-1053.
- Impellizzeri, F. M., Sassi, A., Rodriguez-Alonso, M., Mognoni, P., & Marcora, S. (2002). Exercise intensity during off-road cycling competitions. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (11), 1808-1813.

- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Sassi, A., Mognoni, P., & Marcora, S. (2005). Physiological correlates to off-road cycling performance. *Journal of Sports Science*, 23 (1), 41-47.
- Impellizzeri, F. M., & Marcora S. M. (2007). The Physiology of Mountain Biking. *Sports Medicine*, 37 (1), 59-71.
- Impellizzeri, F. M., Ebert, T., Sassi, A., Menaspa, P., Rampinini, E., & Martin, D. T. (2008). Level ground and uphill cycling ability in elite female mountain bikers and road cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 102 (3), 335-341.
- Jöllenbeck, T. & Grüneberg, C. (2006). *Prävention durch Nordic Walking. Gesundheitsbezogene Effekte für Bewegungsapparat und Herzkreislaufsystem*. Zugriff am 13. 9. 2007 unter: <http://www.bad-sassendorf.de>
- Kindermann, W., Dickhut, H. H., Niess, A., Röcker, K. & Urhausen, A. (2007). *Sportkardiologie*. Darmstadt: Steinkopff.
- Kronisch, R., & Pfeifer, R. P. (2002). Mountainbiking injuries. An update. *Sports Medicine*, 32 (8), 523-537.
- Lee, H., Martin, D. T., Anson, J. M., Grundy, D., & Hahn, A. G. (2002). Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal of Sports Science*, 20 (12), 1001-1008.
- Marsh, A. P., & Martin, P. E. (1997). Effect of cycling experience, aerobic power, and power output on preferred and most economical cycling cadences. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29 (9), 1225-1232.
- Neumayr, G., Pfister, R., Mitterbauer, G., Gänzer, H., Sturm, W., Eibl, G., & Hörtnagl, H. (2002). Exercise intensity of cycle-touring events. *International Journal of Sports Medicine*, 23 (7), 505-509.
- Pokan, R., Bachl, N., Benzer, W., Hofmann, P., Mayr, K., Schmid, P., Smekal, G. & Wonisch, M. (2004). Leistungsdiagnostik und Trainingsherzbestimmung in der kardiologischen Rehabilitation. *Journal für Kardiologie*, 11, 446-452.
- Pühringer, R. & Burtscher, M. (2000). Belastungswahl beim Skitourengehen in Abhängigkeit vom individuellen Trainingszustand. In W. Schobesberger (Hrsg.), *Jahrbuch 2000. Jahrbuch Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin*, 167-174.
- Rost, R. (2004). *Sport- und Bewegungstherapie bei inneren Krankheiten*. Köln: Deutscher Ärzteverlag.
- Stapelfeldt, B., Schwirtz, A., Schumacher, Y. O., & Hillebrecht, M. (2004). Workload Demands in Mountain Bike Racing. *International Journal of Sports Medicine*, 25 (4), 294-300.
- Statistik Austria. (2001). *Freizeitaktivitäten. Ergebnisse des Mikrozensus. September 1998*. Wien.
- Wassermann, K., Hansen, J. E., Sue, D., & Whipp, B. (1987). *Principles of exercise testing and interpretation*. Philadelphia: Febiger.
- Wilber, R. L., Zawadzki, K. M., Kearny, J. T., Shannon, M. P., & Disalvo, D. (1997). Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29 (8), 1090-1094.
- Wirnitzer, K. C., & Kornexl, E. (2008). Exercise intensity during an eight-day mountain bike marathon race. *European Journal of Applied Physiology*, 104 (6), 999-1005. Epub 2008 Sep 6.
- Wirnitzer, K. C. (2009). Nutrition strategy during an eight-day mountainbike stage race – a case study. Vegan nutrition pattern of a female mountainbiker. Invited Book Chapter by Novapublishers, New York, USA. In *Aerobic Exercise: Types, Duration and Health Benefits*. Acceptance for publication confirmed on 18th February 2009.