

## 5.2 Einfluß interner Faktoren auf die Belastungsparameter beim breitensportlichen Fahrradfahren

In verschiedenen Teilstudien wurde der Einfluß des Alters, des Geschlechts und der Leistungsfähigkeit auf die Belastungsparameter beim breitensportlichen Fahrradfahren untersucht; die entsprechenden Ergebnisse werden in den folgenden Unterkapiteln diskutiert.

### 5.2.1 Einfluß des Alters auf die Belastungsparameter beim breitensportlichen Fahrradfahren im Vergleich zu fahrradergometrisch erhobenen Parametern

Der Einfluß des Alters auf die Belastungsparameter wurde bei den »Mountainbikern-1« sowie den »RennradfahrerInnen« systematisch untersucht. Als Diskussionsgrundlage sind übersichtshalber die Ergebnisse der fahrradergometrischen Untersuchung und des Feldtests der beiden Untersuchungskollektive nochmals in Abbildung 5.2–1 und Abbildung 5.2–2 zusammengefaßt gegenübergestellt.

			RennradfahrerInnen				Mountainbiker-1			
			n	$\bar{x}$	$\pm s$	p	n	$\bar{x}$	$\pm s$	p
Leistung	P-max (Watt)	AG1	34	259,7	52,1	.079 -	20	341,7	63,6	.000 **
		AG2	20	251,7	61,6		20	309,7	40,0	
		AG3	21	235,9	38,6		21	265,1	44,5	
	P-3mmol (Watt)	AG1	34	163,4	41,6	.570 -	20	240,9	51,0	.122 -
		AG2	20	172,6	44,9		20	216,0	38,8	
		AG3	21	168,7	33,3		21	199,9	49,4	
	P-rel (Watt/kg)	AG1	34	3,8	0,6	.006 **	20	4,4	0,5	.000 **
		AG2	20	3,7	0,6		20	4,1	0,4	
		AG3	21	3,3	0,6		21	3,4	0,5	
	Pist-von- Psoll (%)	AG1	34	137,0	20,6	.122 -	20	147,2	16,1	.588 -
		AG2	20	139,7	17,4		20	140,8	14,4	
		AG3	21	148,9	21,8		21	148,7	27,4	
Herz- frequenz	Hf-max (1/min)	AG1	34	183,1	8,1	.003 *	20	189,9	8,9	.000 **
		AG2	20	182,5	14,0		20	188,4	10,1	
		AG3	21	173,1	9,0		21	168,6	12,7	
	Hf-3mmol (1/min)	AG1	34	144,2	15,4	.151 -	20	165,2	12,0	.010 **
		AG2	20	154,2	21,7		20	160,8	14,3	
		AG3	21	148,0	15,7		21	147,8	14,1	
Belastungs- gefühl	RPE-max	AG1	34	18,7	1,1	.226 -	20	19,2	1,0	.053 -
		AG2	20	17,7	1,7		20	19,1	0,8	
		AG3	21	17,6	1,2		21	18,2	1,4	
	RPE- 3mmol	AG1	34	14,3	1,5	.226 -	20	15,9	1,7	.229 -
		AG2	20	14,5	1,8		20	15,1	0,8	
		AG3	21	14,5	1,3		21	15,2	1,4	
Laktat	La-max (mmol/l)	AG1	34	10,2	3,4	.001 **	20	9,8	2,2	.000 **
		AG2	20	8,5	3,6		20	10,3	1,7	
		AG3	21	7,1	2,1		21	7,8	2,0	

Abbildung 5.2–1: Mittelwerte und Standardabweichungen der fahrradergometrisch erhobenen Parameter jeweils für die verschiedenen Altersgruppen (AG1=20-29 Jahre; AG2=30-39 Jahre; AG3=ab 40 Jahre) sowie Auszüge der zweifaktoriellen Varianzanalyse für den Faktor Alter für die »RennradfahrerInnen« und »Mountainbiker-1«

			RennradfahrerInnen				Mountainbiker-1			
			n	$\bar{x}$	$\pm s$	p	n	$\bar{x}$	$\pm s$	p
Leistung	P <sub>mw</sub> (Watt)	AG1	34	142,7	33,9	.228 -	20	190,2	40,8	.010 **
		AG2	20	139,5	47,8		20	183,1	33,3	
		AG3	21	127,4	49,3		21	151,5	28,6	
	P <sub>max</sub> (Watt)	AG1	34	445,4	194,1	.139 -	20	658,9	170,6	.142 -
		AG2	20	359,8	88,0		20	586,8	140,6	
		AG3	21	397,9	158,7		21	497,6	175,1	
Herz- frequenz	H <sub>fmw</sub> (1/min)	AG1	34	149,7	16,2	.273 -	20	151,1	15,3	.004 **
		AG2	20	142,9	13,5		20	155,1	15,2	
		AG3	21	139,1	19,6		21	137,6	13,8	
	H <sub>fmax</sub> (1/min)	AG1	34	179,0	12,3	.278 -	20	179,9	10,7	.003 **
		AG2	20	173,1	16,2		20	181,6	11,3	
		AG3	21	167,9	17,9		21	167,0	13,5	
Tret- frequenz	T <sub>fmw</sub> (1/min)	AG1	34	60,5	12,9	.559 -	20	60,1	9,0	.285 -
		AG2	20	63,9	10,9		20	65,2	10,3	
		AG3	21	61,3	15,7		21	61,1	8,2	
	T <sub>fmax</sub> (1/min)	AG1	34	105,0	26,4	.737 -	20	113,7	13,9	.088 -
		AG2	20	101,6	15,2		20	105,8	8,0	
		AG3	21	104,0	12,3		21	104,4	13,3	
T <sub>f-pause</sub> (%)	AG1	34	8,6	5,4	.010 **	20	10,2	5,3	.551 -	
	AG2	20	7,5	6,2		20	7,4	5,4		
	AG3	21	12,3	7,8		21	8,4	4,7		
Geschwin- digkeit	v <sub>mw</sub> (km/h)	AG1	34	24,9	2,6	.250 -	20	18,9	3,9	.475 -
		AG2	20	25,8	4,4		20	19,9	3,0	
		AG3	21	24,6	4,5		21	19,5	2,6	
	v <sub>max</sub> (km/h)	AG1	34	38,8	5,9	.262 -	20	46,0	8,5	.002 **
		AG2	20	38,9	7,5		20	42,0	8,4	
		AG3	21	39,9	9,5		21	38,1	5,9	
Zeit	t <sub>-ges</sub> (hh:mm:ss)	AG1	34	00:54:46	00:12:05	.050 *	20	01:24:35	00:28:44	.213 -
		AG2	20	01:04:09	00:23:12		20	01:27:10	00:30:48	
		AG3	21	01:07:10	00:14:38		21	01:43:31	00:30:33	
	t <sub>-bel</sub> (%)	AG1	34	96,3	2,6	.132 -	20	97,2	3,2	.564 -
		AG2	20	96,2	4,4		20	97,7	3,7	
		AG3	21	94,7	4,0		21	98,7	1,4	
t <sub>-pause</sub> (%)	AG1	34	3,7	2,6	.132 -	20	2,8	3,2	.564 -	
	AG2	20	3,8	4,4		20	2,3	3,7		
	AG3	21	5,3	4,0		21	1,3	1,4		
Strecke	s (km)	AG1	34	22,3	6,3	.227 -	20	25,1	7,8	.116 -
		AG2	20	27,8	14,7		20	27,7	8,7	
		AG3	21	26,3	9,3		21	33,1	10,2	
Belastungs- gefühl	RPE	AG1	34	13,9	2,1	.027 *	20	14,1	1,9	.803 -
		AG2	20	13,1	2,1		20	14,4	1,5	
		AG3	21	12,4	1,7		21	14,0	1,6	
Laktat	La (mmol/l)	AG1	34	3,6	1,8	.500 -	20	3,0	1,6	.457 -
		AG2	20	3,3	1,9		20	3,6	1,9	
		AG3	21	2,9	1,0		21	2,6	1,2	
Energie- verbrauch	Ev (kcal)	AG1	34	519,9	145,9	.184 -	20	1055,3	356,7	.994 -
		AG2	20	640,9	410,1		20	1028,1	343,2	
		AG3	21	568,5	254,5		21	1047,6	331,9	

Abbildung 5.2–2: Mittelwerte und Standardabweichungen der im Feldtest erhobenen Parameter jeweils für die verschiedenen Altersgruppen (AG1=20-29 Jahre; AG2=30-39 Jahre; AG3=ab 40 Jahre) sowie Auszüge der zweifaktoriellen Varianzanalyse für den Faktor Alter für die »RennradfahrerInnen« und »Mountainbiker-1«

## Leistung

Im allgemeinen fand sich in der vorliegenden Untersuchung sowohl unter feldspezifischen als unter fahrradergometrischen Bedingungen mit wenigen Ausnahmen mit jeweils höherer Altersgruppe eine Reduzierung der verschiedenen Leistungsparameter, wie der unter feldspezifischen Bedingungen erhobenen mittleren und maximalen Leistung und der unter

ergometrischen Bedingungen erhobenen absoluten und relativen maximalen Leistung sowie der auf 3 mmol/l Laktat bezogenen Leistung. Statistisch signifikant war der Einfluß des Alters nur für die im Feldtest erhobene mittlere Leistung und die unter ergometrischen Bedingungen erhobenen maximalen Leistung für die »Mountainbiker-1« sowie die relative Leistungsfähigkeit für beide Probandenkollektive.

Dieser generelle Trend findet sich auch in der Literatur. So spiegelt sich in der allgemeinen Tendenz reduzierter Leistungsparameter mit jeweils höherer Altersgruppe die Abnahme der physischen Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter wider, welche in der Literatur schon vor Jahrzehnten von zahlreichen Autoren (u. a. ÅSTRAND 1958, HOLLMANN 1963, HUBER et al. 1980, LIESEN et al. 1979, ROBINSON 1938, SCHAUER et al. 1978) unter ergometrischen Bedingungen bestätigt werden konnte.

Die mit höherer Altersgruppe zu beobachtende geringere relative Leistungsfähigkeit beider Probandengruppen steht in Übereinstimmung mit ROST/HOLLMANN (1982) und ROST et al. (1991), die auf der Basis der wissenschaftlich gesicherten Altersabhängigkeit der maximalen aeroben Leistungsfähigkeit alters-, gewichts- und geschlechtsabhängige Normwerte für die maximale Leistung bei der Fahrradergometrie formulierten. Sie geben für Personen bis zum 30. Lebensjahr als relative Solleistung für den Mann 3 Watt/kg Körpergewicht und für die Frau mit 2,5 Watt/kg Körpergewicht an, welche sich jenseits des 30. Lebensjahres pro Jahr bei Männern um ein Prozent und bei Frauen um 0,8 Prozent reduziert.

Auch die bei den »Mountainbikern-1« mit höherer Altersgruppe reduzierte fahrradergometrisch ermittelte Leistung bei 3 mmol/l Laktat deckt sich mit Befunden von LIESEN et al. (1979, 1983) und HEINSBERG et al. (1980). So konnten diese mit zunehmendem Alter einen weitgehend zur maximalen Sauerstoffaufnahme parallelen Verlauf der Abnahme der körperlichen Leistungsfähigkeit bezogen auf einen belastungsinduzierten Blutlaktatspiegel von 4 mmol/l beobachten.

Als Ausnahme zu dem allgemeinen Trend einer mit höherem Alter reduzierten Leistung lagen bei den »RennradfahrerInnen« die mittleren Spitzenleistungen der ältesten Gruppe zwischen der jüngeren und der mittleren Altersgruppe. Dies kann durch die 9-12 Prozent höhere Leistungsfähigkeit (Pist-von-Psoll) der ältesten Gruppe gegenüber der beiden anderen Altersgruppen bedingt sein. Ursächlich hierfür können Trainingsanpassungen der ältesten Gruppe für das Fahrradtraining herangezogen werden, denn diese Gruppe trainierte im Altersgruppenvergleich im Mittel seit der längsten Zeitdauer von 12 Jahren und mit der längsten wöchentlichen Trainingdauer von 4,9 h/Woche. Weiterhin ist in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen, daß die im Mittel erbrachte höchste Spitzenleistung nicht zwangsläufig mit der Höhe der maximal fahrradergometrisch erbrachten Leistungsfähigkeit korrespondieren muß. So werden die im Feld erbrachten Leistungswerte - wie gezeigt (Kapitel 5.1.3) - nur kurzfristig erbracht und können je nach Krafteinsatz und Tretfrequenz in Abhängigkeit vom Gelände mal höher oder mal niedriger ausfallen.

Als weitere Ausnahme zum allgemeinen Trend einer mit höherem Alter reduzierten fahrradergometrisch ermittelten Leistung bei vergleichbarer

Stoffwechselbelastung von 3 mmol/l Laktat, wies die jüngste Altersgruppe die geringste Leistung bei 3 mmol/l Laktat auf. Die Ursache hierfür könnte in der im Vergleich zu den anderen Altersgruppen geringsten Leistungsfähigkeit (Pist-von-Psoll) der jüngsten Gruppe vermutet werden. Warum diese allerdings relativ niedrig ausfiel, kann auf der Grundlage des vorliegenden Datenmaterials nicht erklärt werden, denn die jüngste Gruppe ließe aufgrund ihres Trainingsverhaltens eine höhere Leistungsfähigkeit erwarten. Sie betrieben im Mittel vergleichbar der mittleren Altersgruppe mit 3,9 h/Woche die höchste Dauer an Sport exklusive des Fahrradfahrens, wobei die jüngste Altersgruppe einen relativ hohen Anteil an Ausdauersport aufwies und mit 4,5 h/Woche einen nur etwas geringeren wöchentlichen Umfang für das Fahrradtraining als die älteste Gruppe mit dem höchsten wöchentlichen Umfang entsprechend 4,9 h/Woche zeigte.

Die in Abhängigkeit vom Alter unter feldspezifischen Bedingungen erhobenen mittleren Leistungen spiegelten sich erwartungsgemäß auch in der entsprechenden Häufigkeitsverteilung in Leistungsklassen für die einzelnen Altersgruppen (Kapitel 3.2.3.2-3, Abbildung 3.2-13; Kapitel 3.3.3.2-3, Abbildung 3.3-14, Abbildung 3.3-15) wider. So wurde mit zunehmendem Alter bei beiden Untersuchungsgruppen entsprechend der mittleren Leistungswerte tendenziell ein höherer Anteil an niedrigen Leistungsklassen gewählt.

Insgesamt zeigt sich:

- ◆ Die in der Literatur unter fahrradergometrischen Bedingungen mit höherem Alter erwiesene Abnahme der maximalen Leistungsfähigkeit läßt sich sowohl unter ergometrischen Bedingungen als auch in der Wahl der mittleren und maximalen Leistung während einer Trainingsfahrt ohne Belastungsvorgaben unter feldspezifischen Bedingungen tendenziell bestätigen.
- ◆ Aufgrund des Trends einer mit höherer Altersgruppe reduzierten mittleren und maximalen Leistung des Feldtests ist zu vermuten, daß die Probanden eine altersbezogene Intensitätsfestlegung vorgenommen haben.

### Herzfrequenz

Im allgemeinen fand sich in der vorliegenden Untersuchung sowohl unter feldspezifischen als unter fahrradergometrischen Bedingungen mit wenigen Ausnahmen mit jeweils höherer Altersgruppe eine Reduzierung der verschiedenen Herzfrequenzparameter. Statistisch signifikant war der Einfluß des Alters für die »Mountainbiker-1« für die im Feldtest erhobene mittlere und maximale Herzfrequenz sowie für die fahrradergometrisch erhobene maximale und auf 3 mmol/l Laktat bezogene Herzfrequenz sowie für die »RennradfahrerInnen« nur für die fahrradergometrisch erhobene maximale Herzfrequenz.

Dieser generelle Trend findet sich auch in der Literatur. So stimmen die vorliegenden Untersuchungsergebnisse der mittleren im Feldtest erhobenen Herzfrequenzen in ihrer Tendenz mit den Befunden von NAMSONS (1992) überein, der bei Breitensportlichen Fahrradfahrern eine

statistisch signifikante Reduzierung der gemessenen maximalen als auch mittleren Herzfrequenzen bei jeweils älteren Gruppen beobachten konnte. Weiterhin ähneln die vorliegenden Ergebnisse der im Feldtest und Fahrradergometertest erhobenen maximalen Herzfrequenz in ihrer Tendenz der von zahlreichen Autoren unter ergometrischen Bedingungen belegten Abnahme der maximal erreichbaren Herzfrequenzen vom Kindesalter bis zum Greisenalter (ÅSTRAND et al. 1973, ÅSTRAND 1958, HOLLMANN 1961, KÖNIG et al. 1961, ROBINSON 1938, ROST/HOLLMANN 1982, SCHAUER 1978, SELIGER et al. 1978). Die tieferen Ursachen für die altersbedingte Verminderung der maximalen Schlagfrequenz wie auch für die gleichzeitig altersbedingte Reduzierung des maximalen Schlagvolumens mit der Konsequenz eines verringerten maximalen Herzzeitvolumens sind nach HOLLMANN et al. (1985a) letztendlich unbekannt. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, daß nach ISRAEL (1975) die altersbedingte Verminderung der maximalen Herzfrequenz Gültigkeit hat für nicht oder weniger trainierte Personen unter ergometrischen Bedingungen. Generell sei die maximale Herzfrequenz des gesunden Herzens stärker abhängig von der körperlichen Leistungsfähigkeit und dem sie verursachenden Bewegungsablauf als vom Lebensalter.

Die vorliegenden Ergebnisse zur Abnahme der fahrradergometrisch erhobenen Herzfrequenz bei gleicher Beanspruchung des Energiestoffwechsel entsprechend 3 mmol/l Laktat mit jeweils höherer Altersgruppe bei den »Mountainbikern-1« bestätigen die Befunde des Arbeitskreises um LIESEN (HEINSBERG et al. 1980, LIESEN/HOLLMANN 1981, LIESEN et al. 1979). Diese konnten - trotz weitgehender Unabhängigkeit der Herzschlagzahl vom Lebensalter bei gleicher Belastung im submaximalen Arbeitsbereich (ROST/HOLLMANN 1982) - unter fahrradergometrischen Bedingungen feststellen, daß mit zunehmendem Alter bei identischer Laktatkonzentration die Herzfrequenz abnimmt.

Als Ausnahme zu dem allgemeinen Trend einer mit höherem Alter reduzierten Herzfrequenz zeigte die mittlere Altersgruppe der »Mountainbiker-1« für die unter feldspezifischen Bedingungen erhobenen mittleren und maximalen Herzfrequenz die höchsten Werte. Dies könnte mit dem im Vergleich zu den anderen Altersgruppen gewählten höheren mittleren Treffrequenzen dieser Altersgruppe bedingt sein. So ist nach einer früheren Untersuchung der Autorin (KÖHLER 1987) an freizeitsportlichen Fahrradfahrern das Fahrradfahren mit hoher Umdrehungszahl bei kleinem Übersetzungsverhältnis (1. Gang) gegenüber dem Fahren mit geringeren Umdrehungszahlen bei größeren Übersetzungsverhältnissen (2. und 3. Gang) bei vergleichbarer Geschwindigkeit mit höheren Herzfrequenzen verbunden.

Als weitere Ausnahme zum allgemeinen Trend einer mit höherem Alter reduzierten Herzfrequenz fiel die fahrradergometrisch erhobene, auf 3 mmol/l Laktat bezogene Herzfrequenz bei der jüngsten Altersgruppe der »RennradfahrerInnen« in Relation zu den anderen Altersgruppen am niedrigsten aus. Dies erklärt sich aufgrund der hämodynamischen Reaktion auf die ebenfalls im Vergleich zu den anderen Altersgruppen niedrigsten, auf 3 mmol/l Laktat bezogenen Leistung. Wie weiter oben formuliert könnte die Ursache hierfür in der im Vergleich zu den anderen

Altersgruppen geringsten Leistungsfähigkeit (Pist-von-Psoll) der jüngsten Gruppe vermutet werden.

Insgesamt zeigte die im Feldtest beobachtete Reaktion der mittleren Herzfrequenz mit zunehmendem Alter bei beiden Untersuchungsgruppen ein gleichsinniges und sich vermutlich bedingendes Verhalten zu den während der Trainingsfahrten erhobenen Parametern RPE und Laktat. Bei den »RennradfahrerInnen« war eine Abnahme dieser drei Parameter mit jeweils höherer Altersgruppe zu beobachten, wenn auch sich die Unterschiede nur für den RPE-Wert als signifikant erwiesen. Bei den »Mountainbikern-1« wählte die mittlere Altersgruppe im Mittel die höchsten mittleren Herzfrequenzen verbunden mit den höchsten Laktatwerten und den höchsten RPE-Werten, wobei dies nur signifikant war für die mittlere Herzfrequenz (Hfmw). Vermutlich sind die im Vergleich der Altersgruppen geringste Leistungsfähigkeit der mittleren Altersgruppe (Pist-von-Psoll) der »Mountainbiker-1« und die höhere mittlere Tretfrequenz als Ursache für die entsprechenden höheren Herzfrequenz-, Laktat- und RPE-Werte anzuführen.

Generell scheinen die Probanden beider Kollektive bei der Intensitätsfestlegung ihrer Trainingsfahrten, bezogen auf die mittlere Herzfrequenz, einen Altersfaktor mitzuberücksichtigen, denn die Werte stimmen mit der auf zahlreichen Untersuchungen zur maximalen Sauerstoffaufnahme beruhenden Empfehlung HOLLMANN's et al. (1986) überein. Diese empfehlen dem männlichen und weiblichen Breitensportler unterhalb des 50. Lebensjahres für ein gesundheitsorientiertes Training Minuten-Pulszahlen zwischen 130-160, und ab dem 50. Lebensjahr die Anwendung der Faustformel »180 minus Lebensalter gleich Pulszahl im Training«.

Die unter feldspezifischen Bedingungen in Abhängigkeit vom Alter erhobenen mittleren Herzfrequenzen spiegelten sich, wie zu erwarten, auch in der entsprechenden Häufigkeitsverteilung in Herzfrequenzklassen für die einzelnen Altersgruppen (Kapitel 3.2.3.2-3, Abbildung 3.2.15; Kapitel 3.3.3.2-3, Abbildung 3.3-16, Abbildung 3.3-17) wider. So lagen entsprechend der mittleren Herzfrequenzen bei den »RennradfahrerInnen« mit jeweils höherer Altersgruppe die überwiegend belegten Herzfrequenzklassen jeweils weiter links bei niedrigeren Herzfrequenzklassen. Auch zeigte die mittlere Altersgruppe der »Mountainbiker-1« entsprechend der vergleichsweise höchsten mittleren Herzfrequenz einen weiter rechts liegenden und die älteste Altersgruppe entsprechend der niedrigsten mittleren Herzfrequenz einen deutlich weiter links liegenden Verlauf der Herzfrequenzklassenbelegung.

### Laktat

Im Feldtest wählten beide Untersuchungskollektive überwiegend mit zunehmendem Alter eine geringere Stoffwechselbelastung während der Trainingsfahrt. Hingegen ließ sich statistisch der Einfluß des Alters bei den beiden Probandenkollektiven nicht nachweisen. Dies bestätigt den Befund NAMSONS (1992), der im Feldtest an breitensportlichen Fahrradfahrern auch keinen statistisch signifikanten Einfluß des Alters auf die Laktat-

konzentrationen nach freier Fahrt feststellen konnte.

Als Ausnahme von dem Trend mit höherer Altersgruppe reduzierter Laktatwerte überstieg bei den »Mountainbiker-1« die mittlere Altersgruppe die Laktatwerte der ältesten und der jüngsten Altersgruppe. Diese im Altersgruppenvergleich höhere Stoffwechselbelastung sowie die höhere mittlere Herzfrequenz der mittleren Mountainbikealtersgruppe könnte vor dem Hintergrund einer altersentsprechenden Wahl der mittleren Leistung durch die im Vergleich zu den anderen Altersgruppen geringere Leistungsfähigkeit (Pist-von-Psoll) bedingt sein.

Insgesamt kann die mit zunehmendem Alter tendenzielle Abnahme der gewählten Stoffwechselbelastung der vorliegenden Untersuchung ein Hinweis auf eine altersentsprechende Intensitätsfestlegung sein, denn nach LIESEN et al. (1979) äußert sich die verminderte Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter in einer höheren metabolischen Belastung bei gleicher Herzfrequenz und einer sinkenden aerob-anaeroben Schwelle.

Der ergometrisch erhobene Laktatwert nach maximaler Belastung zeigte auch eine Altersabhängigkeit, mit zunehmendem Alter nahm auch hier die maximale Laktatkonzentration überwiegend ab. Diese Tendenz stimmt mit den Befunden von KEUL et al. (1978) und TZANKOFF/NORRIS (1979) überein, die unter ergometrischen Bedingungen eine kontinuierlich mit dem Alter abnehmende Laktatbildungsfähigkeit nach maximaler Arbeit nachweisen konnten.

Als Ausnahme zu einem nach maximaler ergometrischer Belastung mit höherem Alter reduzierten Laktatwert zeigte die mittlere Altersgruppe der »Mountainbiker-1« im Vergleich zu den anderen Altersgruppen die höchsten Laktatkonzentrationen. Vor dem Hintergrund einer im Vergleich zu den anderen Mountainbikealtersgruppen im Mittel niedrigsten Ausdauerleistungsfähigkeit (Pist-von-Psoll) und der vergleichsweise höchsten Stoffwechselbelastung im Feldtest, ist anzunehmen, daß die Trainingsintensitäten der mittleren Altersgruppe der »Mountainbiker-1« vermehrt in glykolytischen Bereichen lagen, und somit höhere Laktatwerte aufgrund verbesserter Anpassungen im glykolytischen System erreicht werden konnten.

## RPE

Die im Feldtest nach freier Fahrt erhobenen RPE-Werte zeigten für die »RennradfahrerInnen« mit zunehmendem Alter eine signifikante Abnahme. Eine Abnahme der RPE-Werte mit zunehmendem Alter bei gleicher Belastung konnten schon BORG/LINDERHOLM (1970) und BORG (1974) beobachten; erstere wiesen auf die gleichzeitig mit zunehmendem Alter reduzierende Leistungsfähigkeit und maximale Herzfrequenz hin. In der vorliegenden Studie ging die Abnahme der RPE-Werte auch gleichsinnig und altersentsprechend mit der Abnahme der mittleren Herzfrequenz und der mittleren Leistung einher. Dies bestätigt zudem die Befunde der Literatur, daß einerseits die Herz-Kreislaufleistung ein wesentlicher Stimulus für das Belastungsempfinden zu sein scheint (VÖLKER 1998), und daß der RPE-Wert maßgeblich von der Belastung mitbestimmt wird (BILLIGMANN 1980, ULMER et al. 1977, VÖLKER 1998). Die Gruppe der »RennradfahrerInnen« scheint die gewählte Bela-

stung somit "altersentsprechend zu empfinden". Bei den »Mountainbikern-1« hingegen war kein signifikanter Einfluß des Alters auf den RPE-Wert nachzuweisen; die mittlere Altersgruppe wies jedoch tendenziell entsprechend der höchsten mittleren Herzfrequenzwerte auch die höchsten RPE-Werte auf. Dies belegt wiederum den wesentlichen Stimulus des Herz-Kreislaufsystems für das Belastungsempfinden (VÖLKER 1998).

Obwohl der Einfluß des Alters auf die RPE-Werte nach maximaler Fahrradergometerarbeit statistisch nicht zu belegen war, weist dennoch die mit zunehmendem Alter abnehmende Tendenz der maximalen RPE-Werte in beiden Teilstudien neben der überwiegend statistisch abgesicherten Tendenz einer Abnahme der maximalen Leistung und der maximalen Herzfrequenz auch darauf hin, daß - wie soeben beschrieben - einerseits die Herz-Kreislaufleistung ein wesentlicher Stimulus für das Belastungsempfinden zu sein scheint (VÖLKER 1998), und daß andererseits der RPE-Wert maßgeblich von der Belastung mitbestimmt wird (BILLIGMANN 1980, ULMER et al. 1977; VÖLKER 1998).

### Tretfrequenz, Geschwindigkeit und weitere Parameter

Sowohl für die im Mittel gewählte mittlere als auch maximale Tretfrequenz während der Trainingsfahrten ließ sich kein statistischer Einfluß des Alters nachweisen. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Beobachtung NAMSONS's (1992) an freizeitsportlichen Fahrradfahrern, der auch keinen signifikanten Einfluß der mittleren Tretfrequenz im Feldtest im Vergleich einzelner Altersgruppen fand. In den verschiedenen Altersgruppen beider Untersuchungskollektive der vorliegenden Arbeit wurden annähernd gleiche mittlere Tretfrequenzen im Bereich von 60-65 U/min getreten; dieser Bereich entspricht den von NAMSONS's (1992) gemessenen mittleren Tretfrequenzen bei freier Trainingsfahrt.

Die unter feldspezifischen Bedingungen in Abhängigkeit vom Alter erhobenen mittleren Tretfrequenzen spiegelten sich anders als bei der Leistung und der Herzfrequenz nur teilweise in der entsprechenden Häufigkeitsverteilung in Tretfrequenzklassen für die einzelnen Altersgruppen (Kapitel 3.2.3.2-3, Abbildung 3.2-16; Kapitel 3.3.3.2-3, Abbildung 3.3-18) wider. Entsprechend der höchsten mittleren Tretfrequenz der mittleren Altersgruppe zeigte die mittlere Altersgruppe einen höheren Belegungsanteil bei den höheren Tretfrequenzen als die übrigen Altersgruppen. Bei den »Rennradfahrern« hingegen zeigte sich trotz der jeweils höchsten mittleren Tretfrequenz der mittleren Altersgruppe mit jeweils höherer Altersgruppe die Tendenz zur Nutzung höherer Tretfrequenzklassen. Es ist zu vermuten, daß die höchsten mittleren Tretfrequenzen der mittleren Altersgruppe der »Rennradfahrer« aufgrund des im Vergleich zu den anderen Altersgruppen prozentual niedrigsten Anteils an Tretfrequenzpausen resultierten.

Auch für die gewählte mittlere Geschwindigkeit während der Trainingsfahrten ließ sich kein statistischer Einfluß des Alters nachweisen; die Werte der verschiedenen Altersgruppen lagen in gleichen Dimensionen. Dieses Ergebnis kann somit den Befund NAMSONS's (1992) nicht bestätigen, der beim freizeitsportlichen Fahrradfahren mit zunehmendem Alter eine signifikante Abnahme der Durchschnittsgeschwindigkeit beobachten

konnte. Hingegen zeigte die vorliegende Untersuchung für die Gruppe der »Mountainbiker-1« eine statistisch signifikante Abnahme der im Mittel gemessenen Spitzengeschwindigkeiten. Dies kann zum einen in einer altersgemäßen geringeren absoluten Leistungsfähigkeit der älteren Probanden, zum anderen in Faktoren wie Angst oder mangelnde Koordination begründet sein.

Zu erwähnen bleibt noch, daß für beide Probandengruppen trotz eines vergleichsweise gegensinnigen Verlaufs des prozentualen Belastungsanteils von der Gesamtzeit insgesamt für beide Probandengruppen eine Zunahme der absoluten Belastungszeit mit dem Alter resultierte, als auch mit höherer Altersgruppe tendenziell längere Strecken gefahren wurden, wenn auch die Unterschiede nicht signifikant zu belegen waren. Als eine Ausnahme wies die mittlere Altersgruppe der »Rennradfahrern« die längste Fahrtstrecke auf. Dies erklärt bei einer im Vergleich zu den anderen Altersgruppen mittleren Belastungszeit die vergleichsweise höchste Durchschnittsgeschwindigkeit der mittleren Altersgruppe der »Rennradfahrer«.

### **5.2.2 Einfluß der Leistungsfähigkeit auf die Belastungsparameter beim breitensportlichen Fahrradfahren im Vergleich zu fahrradergometrisch erhobenen Parametern**

Der Einfluß der Leistungsfähigkeit auf die Belastungsparameter wurde bei den »Mountainbikern-1« systematisch untersucht. Die Ergebnisse der fahrradergometrischen Untersuchung und des Feldtests sind nochmals übersichtshalber in Abbildung 5.2–3 und Abbildung 5.2–4 zusammengefaßt dargestellt.

			Mountainbiker-1			
			n	$\bar{x}$	$\pm s$	p
Leistung	P-max (Watt)	LG1	21	270,3	36,1	.000 **
		LG2	20	320,4	37,1	
		LG3	20	325,6	78,4	
	P-3mmol (Watt)	LG1	21	197,6	35,9	.008 **
		LG2	20	227,0	46,5	
		LG3	20	232,3	57,6	
	P-rel (Watt/kg)	LG1	21	3,5	5,4	.000 **
		LG2	20	4,1	0,3	
		LG3	20	4,3	0,7	
	Pist-von- Psoll (%)	LG1	21	125,5	11,8	.000 **
		LG2	20	143,6	3,8	
		LG3	20	168,7	11,0	
Herz- frequenz	Hf-max (1/min)	LG1	21	182,5	14,4	.967 -
		LG2	20	185,3	8,3	
		LG3	20	178,4	18,6	
	Hf-3mmol (1/min)	LG1	21	157,8	14,0	.834 -
		LG2	20	159,6	12,3	
		LG3	20	155,8	19,3	
Belastungs- gefühl	RPE-max	LG1	21	18,5	1,3	.256 -
		LG2	20	19,1	0,8	
		LG3	20	18,8	1,3	
	RPE- 3mmol	LG1	21	15,4	1,4	.997 -
		LG2	20	15,2	1,2	
		LG3	20	15,2	1,6	
Laktat	La-max (mmol/l)	LG1	21	8,3	2,2	.010 **
		LG2	20	9,8	2,1	
		LG3	20	9,9	2,1	

Abbildung 5.2–3: Mittelwerte und Standardabweichungen der fahradergometrisch erhobenen Parameter jeweils für die verschiedenen Leistungsgruppen (Pist-von-Psoll: LG1≤37,8 %; LG2≥37,9 % ≤50,9 %; LG3≥51,0 %) sowie Auszüge der zweifaktoriellen Varianzanalyse für den Faktor Leistung für die »Mountainbiker-1«

			Mountainbiker-1			
			n	$\bar{x}$	$\pm s$	p
Leistung	Pmw (Watt)	LG1	21	159,4	29,0	.035 *
		LG2	20	186,6	34,2	
		LG3	20	178,6	45,5	
	Pmax (Watt)	LG1	21	530,6	151,5	.044 *
		LG2	20	609,7	157,7	
		LG3	20	601,4	202,0	
Herz- frequenz	Hfmw (1/min)	LG1	21	150,9	16,1	.569 -
		LG2	20	147,1	17,2	
		LG3	20	145,3	16,2	
	Hfmax (1/min)	LG1	21	178,4	14,9	.685 -
		LG2	20	175,9	10,5	
		LG3	20	173,7	14,6	
Tret- frequenz	Tfmw (1/min)	LG1	21	61,4	8,2	.997 -
		LG2	20	62,7	10,3	
		LG3	20	62,3	9,8	
	Tfmax (1/min)	LG1	21	103,0	12,9	.035 *
		LG2	20	107,6	8,8	
		LG3	20	113,5	13,5	
Tf-pause (%)	LG1	21	9,5	4,4	.891 -	
	LG2	20	7,7	5,7		
	LG3	20	8,8	5,5		
Geschwin- digkeit	vmw (km/h)	LG1	21	19,1	2,6	.483 -
		LG2	20	19,2	3,5	
		LG3	20	20,1	3,5	
	vmax (km/h)	LG1	21	39,6	7,7	.019 *
		LG2	20	41,2	7,9	
		LG3	20	45,2	8,4	
Zeit	t-ges (hh:mm:ss)	LG1	21	01:27:49	00:30:26	.486 -
		LG2	20	01:31:48	00:33:43	
		LG3	20	01:39:31	00:29:25	
	t-bel (%)	LG1	21	97,8	3,0	.648 -
		LG2	20	97,4	3,7	
		LG3	20	98,5	2,0	
t-pause (%)	LG1	21	2,2	3,0	.648 -	
	LG2	20	2,6	3,7		
	LG3	20	1,5	2,0		
Strecke	s (km)	LG1	21	26,6	9,9	.100 -
		LG2	20	27,1	7,1	
		LG3	20	32,4	10,4	
Belastungs- gefühl	RPE	LG1	21	14,3	1,5	.649 -
		LG2	20	13,9	1,8	
		LG3	20	14,3	1,8	
Laktat	La (mmol/l)	LG1	21	2,8	1,5	.466 -
		LG2	20	3,6	2,1	
		LG3	20	2,9	1,1	
Energie- verbrauch	Ev (kcal)	LG1	21	932,2	304,3	.093 -
		LG2	20	1073,1	349,0	
		LG3	20	1131,4	345,5	

Abbildung 5.2–4: Mittelwerte und Standardabweichungen der im Feldtest erhobenen Parameter jeweils für die verschiedenen Leistungsgruppen (Pist-von-Psoll: LG1 $\leq$ 37,8 %; LG2 $\geq$ 37,9 %  $\leq$ 50,9 %; LG3 $\geq$ 51,0 %) sowie Auszüge der zweifaktoriellen Varianzanalyse für den Faktor Leistung für die »Mountainbiker-1«

## Leistung

Die Leistungsgruppeneinteilung basierte auf dem prozentualen Anteil der ergometrisch ermittelten Istleistung von der Solleistung (Pist-von-Psoll).

Vor dem Hintergrund einer etwa gleich großen Grundgesamtheit der drei Leistungsgruppen lag der Istwert der LG1 bis zu 37,8 %, der LG2 über 37,8 % bis 50,9 % sowie der LG3 über 50,9 % über der alters- und gewichtsbezogenen Leistungsnorm nach ROST et al. (1991) (s. Kapitel 2.2.1). Erwartungsgemäß unterschieden sich die drei Leistungsgruppen hinsichtlich des Parameters Pist-von-Psoll statistisch signifikant voneinander. Folglich waren die Leistungsgruppen 1 bis 3 durch eine jeweils höhere Ausdauerleistungsfähigkeit gekennzeichnet, welche nach HECK (1990) entweder schon angeboren ist oder durch ein Ausdauertraining erworben wurde.

Da in den Parameter Pist-von-Psoll die ergometrisch erhobene maximale und relative Leistungsfähigkeit einfließen, resultierte logischerweise auch die signifikante Zunahme der maximalen und relativen Leistung mit jeweils höherer prozentualer Istleistung von der Solleistung entsprechend einer höheren Ausdauerleistungsfähigkeit in der vorliegenden Untersuchung. Dementsprechend fanden zahlreiche Autoren (ÅSTRAND 1958, HOLLMANN 1963, HOLLMANN/LIESEN 1973a, HOLLMANN et al. 1981, LIESEN et al. 1975, MUSSHOFF et al. 1962, ROSKAMM et al. 1961) bei Ausdauertrainierten gegenüber Untrainierten, als Maß für das Bruttokriterium der maximalen Kreislauffähigkeit, eine höhere absolute bzw. höhere relative maximale Sauerstoffaufnahme; dieser Unterschied konnte teilweise bis ins siebte Lebensjahrzehnt beobachtet werden.

Die Ausdauerleistungsfähigkeit zeigte auch im Feldtest einen signifikanten Einfluß auf die im Mittel gewählten Durchschnitts- und Spitzenleistungen; mit zunehmender Ausdauerleistungsfähigkeit waren für die geringste Leistungsgruppe die niedrigsten, für die mittlere Leistungsgruppe die höchsten und für die höchste Leistungsgruppe mittlere Werte zu beobachten. Die im Vergleich der Leistungsgruppen absolut höchsten Leistungswerte für die mittlere und die mittlere maximale Leistung der mittleren Leistungsgruppe erklären sich vor dem Hintergrund, daß im Vergleich zu den anderen Leistungsgruppen in der LG2 mit im Mittel  $34,3 \pm 7,6$  Jahren die jüngsten Probanden und mit im Mittel  $78,9 \pm 10,3$  kg die schwersten Probanden befanden (Abbildung 3.3-1), die bei gleicher alters- und gewichts-unabhängiger Leistungsfähigkeit eine absolut höhere Leistungsfähigkeit aufweisen mußten.

Da im Vergleich der Probandenkollektive die mittleren Tretfrequenzen in ähnlichen Dimensionen ausfielen, ist zu vermuten, daß die vergleichsweise höhere Leistung der mittleren Leistungsgruppe durch einen vermehrten Krafteinsatz - bedingt durch die Wahl größerer Übersetzungen - realisiert wurde.

Die in Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit unter feldspezifischen Bedingungen erhobenen mittleren Leistungswerte spiegelten sich erwartungsgemäß auch in der entsprechenden Häufigkeitsverteilung der Leistungsklassen der einzelnen Leistungsgruppen (Kapitel 3.3.3.2-3, Abbildung 3.3-14) wider. So zeigte die geringste Leistungsgruppe im Vergleich der Leistungsgruppen entsprechend der niedrigsten mittleren Leistung tendenziell einen höheren Belegungsanteil bei den niedrigen Tretfrequenzklassen und die mittlere Leistungsgruppe entsprechend der

vergleichsweise höchsten mittleren Leistung tendenziell einen höheren Belegungsanteil bei den höheren Tretfrequenzklassen.

Die im Ergometertest ermittelten höheren Leistungen bei vergleichbarer Stoffwechselbelastung von 3 mmol/l Laktat mit höherer Leistungsfähigkeit entsprechen zahlreichen Befunden der Literatur (HOLLMANN/LIESEN 1973b, KEUL et al. 1980, SIMON et al. 1981). Diese konnten die Abnahme der Blutlaktatkonzentration auf einer gegebenen submaximalen Belastungsstufe bei Ausdauertrainierten gegenüber Untrainierten, gleichbedeutend mit einer höheren Leistung bei vergleichbarer Stoffwechselbelastung des Trainierten gegenüber dem Untrainierten, belegen. Die aero-anaerobe Schwelle wird somit bei Ausdauertrainierten auf eine höhere Belastungsstufe verschoben und damit erst bei höheren Herzfrequenzwerten erreicht (HOLLMANN et al. 1986, KINDERMANN et al. 1978, MADER et al. 1976, SIMON et al. 1981). Als Ursache ist eine vergrößerte metabolische Kapazität des trainierten Organismus zu nennen, sodaß der ausdauertrainierte Mensch den zusätzlichen Einsatz anaerober Stoffwechselvorgänge erst auf höheren Belastungsstufen als der untrainierte benötigt (HOLLMANN/LIESEN 1973a).

### Herzfrequenz

Mit höherer Leistungsfähigkeit wiesen die einzelnen Leistungsgruppen im Feldtest jeweils niedrigere mittlere und maximale Herzfrequenzen auf, wobei sich die Unterschiede statistisch nicht sichern ließen. Zu vergleichbaren Ergebnissen kam NAMSONS (1992) in einer Untersuchung an Breitensportlichen Fahrradfahrern, der auch im Feldtest mit höherer Ausdauerleistungsfähigkeit bei vergleichbarer metabolischer Belastung signifikant niedrigere mittlere Herzfrequenzen feststellen konnte; die Unterschiede ließen sich hingegen statistisch sichern.

In den vorliegenden Untersuchungsergebnissen spiegeln sich ansatzweise die Befunde zahlreicher Autoren (BORSKY et al. 1978, HOLLMANN 1963, HOLLMANN et al. 1985b, KEUL et al. 1980, MELLEROWICZ 1979, REINDELL et al. 1960) wider, die mit der Zunahme der Ausdauerleistungsfähigkeit eine Absenkung der Herzfrequenz auf vergleichbaren Belastungsstufen belegen konnten. ROST/HOLLMANN (1982) berichteten von vereinzelt Beobachtungen, daß beim Trainierten im Vergleich zum Untrainierten etwas geringere Maximalfrequenzen auftreten können. In diesem Zusammenhang nahmen ROST/HOLLMANN (1982) an, daß eine trainingsbedingte Verbesserung der Stoffwechselverhältnisse den sympathischen Antrieb senke; das unveränderte venöse Angebot müsse deshalb vom Herzen bei verminderter Frequenz mit einem gesteigerten Schlagvolumen bewältigt werden.

Die unter feldspezifischen Bedingungen in Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit erhobenen mittleren Herzfrequenzen spiegelten sich wie zu erwarten auch in der entsprechenden Häufigkeitsverteilung in Herzfrequenzklassen für die einzelnen Leistungsgruppen (Kapitel 3.3.3.2-3, Abbildung 3.3-16) tendenziell wider. So zeigte die Gruppe mit der höchsten Leistungsfähigkeit (LG3) entsprechend der vergleichsweise niedrigsten Durchschnittsherzfrequenz gegenüber der Gruppe mit mittlerer Leistungsfähigkeit (LG2) tendenziell einen höheren Belegungsanteil bei den

niedrigeren Herzfrequenzklassen, die Gruppe mit der geringsten Leistungsfähigkeit (LG1) entsprechend der höchsten Durchschnittsherzfrequenz tendenziell einen höheren Belegungsanteil bei den höheren Herzfrequenzklassen.

Die im Ergometertest mit der Zunahme der Leistungsfähigkeit zu erwartende Absenkung der Herzfrequenz bei vergleichbarer Laktatkonzentration (Hf-3mmol) und evtl. auch der maximalen Herzfrequenz (Hf-max) bestätigte sich hingegen nicht. Für beide Parameter zeigte die mittlere Leistungsgruppe die höchsten Werte, gefolgt von den Gruppen entsprechend geringerer und höherer Leistungsfähigkeit, wobei sich wie im Feldtest auch im Ergometertest die Unterschiede statistisch nicht sichern ließen. Die tendenziell höheren Werte für die mittlere Leistungsgruppe erklären sich durch das im Vergleich zu den anderen Leistungsgruppen geringste Durchschnittsalter (Abbildung 3.3-1), denn die maximale Herzfrequenz hängt vor allem weitestgehend vom Alter ab (ROST/HOLLMANN 1982) und sinkt mit zunehmendem Alter (s. Kapitel 5.2.1). Weiterhin könnten nach KEUL et al. (1978) auch anlagebedingte Faktoren (hyper-, normo-, hyperreaktive Typen) die Ursache für die höheren Herzfrequenzen der mittleren Altersgruppe sein, denn in Querschnittsuntersuchungen seien unterschiedliche Herzfrequenzen nicht immer ein Ausdruck einer unterschiedlichen Ausdauerleistungsfähigkeit, sondern könnten auch anlagebedingt variieren.

### Laktat

Im Feldtest wiesen die Leistungsgruppen mit der geringsten und der höchsten Leistungsfähigkeit eine vergleichbare Laktatkonzentration von 2,8 bzw. 2,9 mmol/l auf; die mittlere Leistungsgruppe zeigte einen mittleren Laktatwert von 3,6 mmol/l. Die Unterschiede ließen sich statistisch nicht sichern.

Seit Jahren ist bekannt, daß der Ausdauertrainierte gegenüber dem Untrainierten die gleiche Arbeit mit einem geringeren Laktatspiegel und einer niedrigeren Herzfrequenz leistet (HOLLMANN/LIESEN 1973a, KEUL et al. 1969 und 1980, KINDERMANN et al. 1978, LIESEN et al. 1977 und 1979). Umgekehrt ausgedrückt, erbringt der Trainierte bei vergleichbarer Stoffwechselbelastung eine höhere Leistung mit einer niedrigeren Herzfrequenz als der Untrainierte. Letzteres zeigte sich auch in vorliegendem Feldtest, denn die leistungsstärkste Gruppe (LG3) wies im Vergleich zur leistungsschwächsten Gruppe (LG1) im Feldtest eine höhere mittlere Leistung und eine niedrigere mittlere Herzfrequenz bei vergleichbaren Laktatwerten auf. Dies bestätigt somit den Einfluß der Leistungsfähigkeit auf die Parameter auch im Feldtest. LG2 erbrachte entsprechend ihrer mittleren Leistungsfähigkeit (Pist-von-Psoll) eine etwas höhere Leistung als die leistungsstärkste Gruppe mit einer deutlich höheren Stoffwechselbelastung.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse stimmen mit dem Befund von NAMSONS (1992) überein, der an Breitensportlichen Fahrradfahrern im Feldtest nach freier Belastung mit zunehmender Ausdauerleistungsfähigkeit auch keine signifikanten Veränderungen im Blutlaktatspiegel feststellen konnte. In dieser Untersuchung nahm die gewählte Stoff-

wechselbelastung mit zunehmendem Ausdauertrainingszustand tendenziell ab.

Im Ergometertest zeigten die drei Leistungsgruppen mit jeweils höherer Leistungsfähigkeit auch höhere Laktatwerte nach maximaler Belastung, der Einfluß der Leistungsfähigkeit war statistisch signifikant. Dies stimmt mit den Befunden von HOLLMANN/LIESEN (1973b) überein, die bei Trainierten höhere maximale Laktatspiegel als beim Untrainierten feststellen konnten. Als Begründung führen HOLLMANN/LIESEN (1973b) eine höhere Motivation oder die prozentual größere Glykogendepots in der Muskulatur des Trainierten gegenüber dem Untrainierten an.

### RPE

Die im Feldtest frei gewählten Belastungsintensitäten waren im Vergleich der Leistungsgruppen mit ähnlichen mittleren RPE-Werten verbunden - entsprechend eines subjektiven Belastungsempfindens zwischen »etwas anstrengend« und »anstrengend«. Da die frei gewählten Belastungen der verschiedenen Leistungsgruppen im Mittel zudem dem für Breitensportler empfohlenen Stoffwechselbelastungsbereich von 2-4 mmol/l Laktat (HOLLMANN et al. 1986) entsprechen, ist zu schlußfolgern, daß die Probanden eine ihrem Leistungsvermögen angemessene Belastungsintensität auch über das Belastungsempfinden zu steuern vermögen.

Da sich auch der bei fahrradergometrischer Belastung erhobene, auf 3 mmol/l Laktat bezogene RPE-Wert und der maximale RPE-Wert im Vergleich der Leistungsgruppen statistisch nicht voneinander unterschieden, scheinen mehr oder weniger ausdauertrainierte Personen trotz unterschiedlicher hämodynamischer und metabolischer Reaktionen über ein gleiches Belastungsempfinden bei vergleichbarem Laktatspiegel von 3 mmol/l zu verfügen.

### Tretfrequenz, Geschwindigkeit und weitere Parameter

Im Feldtest bevorzugten die Probanden unabhängig von ihrer Leistungsfähigkeit vergleichbare mittlere Tretfrequenzen zwischen 61 und 63 U/min. Verschiedene Autoren (ISRAEL et al. 1976, MARSH/MARTIN 1997, POULUS/VOS 1982, ULMER 1973a und 1973b) weisen bei trainierten Radsportlern im Vergleich zu Untrainierten, bzw. bei Radsportlern mit guter im Vergleich zu schlechter physischer Verfassung, auf die Wahl höherer Tretfrequenzen hin. Von daher wären auch im vorliegenden Feldtest für die besser Ausdauertrainierten höhere mittlere Tretfrequenzen zu erwarten gewesen. Letzteres konnte NAMSONS (1992) bei freizeitsportlichen Fahrradfahrern im Feldtest, wenn auch statistisch nicht gesichert, beobachten. Es ist zu vermuten, daß bei den Probanden der vorliegenden Untersuchung die Unterschiede bzgl. der Ausdauerleistungsfähigkeit zu gering waren, um entsprechende Unterschiede in der im Mittel gewählten Tretfrequenz beobachten zu können, zumal es sich bei allen um radfahrerspezifisch trainierte Personen handelte. Hingegen ließ sich ein Einfluß der Ausdauerleistungsfähigkeit auf die mittleren Spitzentretfrequenzen bestätigen, denn die Gruppen mit höherer Leistungsfähigkeit wiesen statistisch signifikant höhere mittlere Spitzentretfrequenzen auf.

Die unter feldspezifischen Bedingungen in Abhängigkeit vom Alter erhobenen mittleren Tretfrequenzen spiegelten sich in der entsprechenden Häufigkeitsverteilung in Tretfrequenzklassen für die einzelnen Leistungssgruppen (Kapitel 3.3.3.2-3, Abbildung 3.3-18) wider. Entsprechend einer vergleichsweise ähnlichen mittleren Tretfrequenz war auch die Häufigkeitsbelegung der einzelnen Tretfrequenzklassen für die unterschiedlichen Leistungsgruppen vergleichbar.

Da die Geschwindigkeit ein Resultat aus Tretfrequenz und Übersetzung ist, verwundert es nicht, daß ähnlich des Ergebnisses der Tretfrequenz kein signifikanter Einfluß der Leistungsfähigkeit auf die mittleren Durchschnittsgeschwindigkeiten zu verzeichnen war, hingegen sich mit jeweils höherer Leistungsfähigkeit auch im Mittel statistisch signifikant höhere Spitzengeschwindigkeiten einstellten.

Weiterhin ist zu erwähnen, daß die Probandengruppen mit jeweils höherer Leistungsfähigkeit im Mittel - wenn auch statistisch nicht zu sichern - eine weitere Trainingsstrecke und längere Gesamtfahrzeit respektive Belastungsdauer bevorzugten. Dies ist wiederum als die Grundlage zur Erhaltung bzw. Verbesserung ihrer entsprechenden Leistungsfähigkeit anzusehen.

### **5.2.3 Einfluß des Geschlechts auf die Belastungsparameter beim breitensportlichen Fahrradfahren im Vergleich zu fahrradergometrisch erhobenen Parametern**

Der Einfluß des Geschlechts auf die Belastungsparameter wurde bei den »AlltagsfahrradfahrerInnen« sowie den »RennradfahrerInnen« systematisch untersucht. Die Ergebnisse der fahrradergometrischen Untersuchung und des Feldtests der beiden Untersuchungskollektive sind nochmals übersichtshalber in Abbildung 5.2-5 und Abbildung 5.2-6 zusammengefaßt gegenübergestellt.

			AlltagsfahrradfahrerInnen				RennradfahrerInnen			
			n	$\bar{x}$	$\pm s$	p	n	$\bar{x}$	$\pm s$	p
Leistung	P-max (Watt)	Männer	17	248,6	31,7	0,000 **	40	287,2	39,1	.000 **
		Frauen	10	182,0	41,3		35	209,4	27,7	
	P-3mmol (Watt)	Männer	17	184,6	32,3	0,001 **	40	182,6	42,9	.000 **
		Frauen	10	138,1	27,2		35	149,9	28,2	
	P-rel (Watt/kg)	Männer	17	3,3	0,5	0,458 -	40	3,8	0,7	.003 **
		Frauen	10	3,1	0,7		35	3,4	0,5	
	Pist-von-Psoll (%)	Männer	17	124,5	22,0	0,708 -	40	136,8	22,5	.111 -
		Frauen	10	128,0	25,5		35	145,9	17,0	
Herz-frequenz	Hf-max (1/min)	Männer	17	176,6	9,0	0,499 -	40	182,0	9,6	.154 -
		Frauen	10	180,8	22,3		35	178,1	12,2	
	Hf-3mmol (1/min)	Männer	17	149,8	11,6	0,287 -	40	143,3	17,3	.018 *
		Frauen	10	155,9	17,6		35	153,3	16,7	
Belastungs-gefühl	RPE-max	Männer	17	18,6	1,5	0,187 -	40	18,3	1,5	.253 -
		Frauen	10	17,8	1,6		35	17,9	1,3	
	RPE-3mmol	Männer	17	16,0	1,6	0,304 -	40	14,0	1,4	.253 -
		Frauen	10	15,3	1,8		35	14,8	1,6	
Laktat	La-max (mmol/l)	Männer	17	7,3	2,6	0,526 -	40	10,2	3,2	.000 **
		Frauen	10	6,6	2,3		35	7,3	2,9	

Abbildung 5.2–5: Mittelwerte und Standardabweichungen der fahradergometrisch erhobenen Parameter differenziert für Männer und Frauen sowie Auszüge der ein- bzw. zweifaktoriellen Varianzanalyse für den Faktor Geschlecht für die »AlltagsfahrradfahrerInnen« und die »RennradfahrerInnen«

			AlltagsfahrradfahrerInnen				RennradfahrerInnen			
			n	$\bar{x}$	$\pm s$	p	n	$\bar{x}$	$\pm s$	p
Leistung	P <sub>mw</sub> (Watt)	Männer	17	82,0	17,5	0,000 **	40	163,2	33,6	0,000 **
		Frauen	10	49,0	21,7		35	108,3	31,1	
	P <sub>max</sub> (Watt)	Männer	17	255,1	66,5	0,000 **	40	502,1	163,5	0,000 **
		Frauen	10	150,8	56,9		35	303,1	78,3	
Herz- frequenz	H <sub>fmw</sub> (1/min)	Männer	17	125,0	16,9	0,567 -	40	144,0	16,5	0,064 -
		Frauen	10	129,3	20,7		35	146,2	17,6	
	H <sub>fmax</sub> (1/min)	Männer	17	153,2	19,1	0,229 -	40	174,6	16,6	0,067 -
		Frauen	10	162,4	18,2		35	174,3	14,4	
Tret- frequenz	T <sub>fmw</sub> (1/min)	Männer	17	47,8	7,3	0,031 *	40	65,7	12,7	0,001 **
		Frauen	10	40,6	8,8		35	56,9	12,2	
	T <sub>fmax</sub> (1/min)	Männer	17	82,4	6,9	0,075 -	40	108,1	24,5	0,102 -
		Frauen	10	76,4	9,7		35	99,0	12,7	
	T <sub>f-pause</sub> (%)	Männer	17	7,8	5,1	0,016 *	40	6,6	4,6	0,000 **
		Frauen	10	13,8	6,7		35	12,5	7,1	
Geschwin- digkeit	v <sub>mw</sub> (km/h)	Männer	17	17,9	1,7	0,089 -	40	26,6	3,7	0,301 -
		Frauen	10	16,7	1,9		35	23,2	2,6	
	v <sub>max</sub> (km/h)	Männer	17	29,4	3,3	0,025 *	40	42,1	7,4	0,355 -
		Frauen	10	26,6	2,2		35	35,6	5,7	
Zeit	t <sub>ges</sub> (hh:mm:ss)	Männer	17	00:50:22	00:25:37	0,519 -	40	01:02:02	00:20:40	0,168 -
		Frauen	10	00:43:42	00:25:37		35	00:59:17	00:11:55	
	t <sub>bel</sub> (%)	Männer	17	95,0	3,3	0,087 -	40	97,4	2,5	0,000 **
		Frauen	10	92,4	4,3		35	94,1	3,9	
	t <sub>pause</sub> (%)	Männer	17	5,0	3,3	0,087 -	40	2,6	2,5	0,000 **
		Frauen	10	7,6	4,3		35	5,9	3,9	
Strecke	s (km)	Männer	17	14,4	7,3	0,307 -	40	27,3	11,8	0,354 -
		Frauen	10	11,4	7,1		35	22,0	6,7	
Belastungs- gefühl	RPE	Männer	17	10,8	1,2	0,776 -	40	13,7	1,9	0,045 *
		Frauen	10	11,0	3,1		35	12,8	2,3	
Laktat	La (mmol/l)	Männer	nicht erhoben				40	3,4	1,5	0,533 -
		Frauen					35	3,2	1,9	
Energie- verbrauch	Ev (kcal)	Männer	17	293,3	144,7	0,023 *	40	677,3	302,9	0,000 **
		Frauen	10	168,0	99,5		35	438,3	146,9	

Abbildung 5.2–6: Mittelwerte und Standardabweichungen der im Feldtest erhobenen Parameter differenziert für Männer und Frauen sowie Auszüge der ein- bzw. zweifaktoriellen Varianzanalyse für den Faktor Geschlecht für die »AlltagsfahrradfahrerInnen« und »RennradfahrerInnen«

## Leistung

Im Feldtest wählten die Frauen gegenüber den Männern in beiden Teilstudien im Mittel signifikant niedrigere Durchschnittsleistungen als auch signifikant niedrigere Spitzenleistungen. Hier spiegeln sich die auf Befunden der fünfziger Jahre beruhenden Aussagen von HOLLMANN/HETTINGER (1990) und ROST/HOLLMANN (1982), die für die Frau gegenüber dem Mann aufgrund ihres relativ geringeren Anteils an Muskulatur an der gesamten Körpermasse eine um 20-30 Prozent niedrigere absolute Leistungsfähigkeit, bzw. gewichtsbezogen eine um 15-20 Prozent geringere relative Leistungsfähigkeit, beobachten konnten. Gleiches war in der vorliegenden Untersuchung unter ergometrischen Bedingungen zu beobachten, denn die Frauen beider Untersuchungskollektive zeigten gegenüber den Männern eine signifikant niedrigere maximale sowie eine niedrigere relative Leistung, wobei letztere nur für

die »RennradfahrerInnen« statistisch zu sichern war. Auch war die Leistung bei vergleichbarer Stoffwechselbelastung von 3 mmol/l Laktat bei den Frauen gegenüber den Männern in beiden Untersuchungskollektiven signifikant erniedrigt. Diese Tendenz entspricht nach HOLLMANN/MADER (1980) Befunden HOLLMANN's der sechziger Jahre. Er konnte belegen, daß die aerob-anaerobe Schwelle bzw. die O<sub>2</sub>-Dauerleistungsgrenze entsprechend der höchsten Belastungsstufe, die noch voll aerob getätigt werden kann, ohne eine Sauerstoffschuld einzugehen, bei untrainierten weiblichen Personen des 3. Lebensjahrzehnts im Mittel und als Absolutwert um 25 % niedriger liegt als bei männlichen Personen. Trotz der insgesamt niedriger liegenden maximalen kardiopulmonalen Kapazität sei jedoch laut der genannten Autoren die Frau genauso belastbar wie der Mann.

Die in Abhängigkeit vom Geschlecht unter feldspezifischen Bedingungen erhobenen mittleren Leistungen spiegelten sich erwartungsgemäß auch in der entsprechenden Häufigkeitsverteilung der Leistungsklassen der einzelnen geschlechtsspezifischen Gruppen (Kapitel 3.1.3.2-4, Abbildung 3.1-14, Abbildung 3.1-15; Kapitel 3.2.3.2-3, Abbildung 3.2-13, Abbildung 3.2-14) wider. So wiesen die Frauen in beiden Teilstudien gegenüber den Männern entsprechend der jeweils geringeren mittleren Leistung einen höheren Belegungsanteil bei den niedrigeren Leistungsklassen auf.

### Herzfrequenz

Die Frauen beider Untersuchungskollektive wählten im Feldtest, wenn auch statistisch nicht gesichert, geringfügig höhere mittlere Herzfrequenzen als die Männer. Vor dem Hintergrund einer gleichen Stoffwechselbelastung - zumindest für die »RennradfahrerInnen«, denn bei den »AlltagsfahrradfahrerInnen« wurde kein Laktat erhoben - entspricht dies den Befunden von HOLLMANN et al. (1985a und 1986), die beobachten konnten, daß Frauen in jeder Altersstufe bei einer höheren Pulsfrequenz als Männer ihre anaerobe Schwelle erreichen.

Gleiches konnte auch in der vorliegenden Untersuchung unter fahrradergometrischen Bedingungen beobachtet werden, denn die auf 3 mmol/l Laktat bezogene Herzfrequenz war bei den Frauen beider Untersuchungskollektive gegenüber den Männern erhöht. Dies ließ sich allerdings nur für die »RennradfahrerInnen« statistisch sichern. Die weniger ausgeprägte Differenz der auf 3 mmol/l Laktat bezogenen Herzfrequenz der »AlltagsfahrradfahrerInnen« erklärt sich vor dem Hintergrund, daß die Frauen dieses Kollektivs um durchschnittlich 10 Jahre jünger waren als die Männer (Abbildung 5.2-1). So nimmt, wie verschiedene Autoren (HEINSBERG et al. 1980, LIESEN/HOLLMANN 1981, LIESEN et al. 1979) unter ergometrischen Bedingungen feststellen konnten, mit zunehmendem Alter bei identischer Laktatkonzentration die Herzfrequenz ab. Die beobachtete niedrigere anaerobe Schwelle der Frauen läßt nach HOLLMANN et al. (1985a und 1986) auf eine - relativ gesehen - höhere periphere aerobe Kapazität der Frau gegenüber dem Mann schließen.

Die während der Trainingsfahrten im Mittel erreichten Spitzenherzfrequenzen sowie die ergometrisch erhobenen maximalen Herzfrequenzen bewegten sich für die Männer und die Frauen beider Untersuchungs-

kollektive in vergleichbaren Dimensionen. Dies stimmt mit zahlreichen Befunden verschiedener Autoren überein, die prinzipiell gleiche maximal erreichbare Herzfrequenzen für Männer und Frauen gleichen Alters beobachten konnten (ÅSTRAND 1967, HOLLMANN 1963, HOLLMANN/LIESEN 1973a, HOLLMANN et al. 1986, ROST/HOLLMANN 1982).

Die unter feldspezifischen Bedingungen in Abhängigkeit vom Geschlecht erhobenen mittleren Herzfrequenzen spiegelten sich wie zu erwarten auch in der entsprechenden Häufigkeitsverteilung in Herzfrequenzklassen für die geschlechtsspezifischen Gruppen (Kapitel 3.1.3.2-4, Abbildung 3.1-16, Abbildung 3.1-17; Kapitel 3.2.3.2-3, Abbildung 3.2-15) wider. So zeigten die Frauen in beiden Teilstudien gegenüber den Männern entsprechend der geringfügig höheren mittleren Herzfrequenz tendenziell einen höheren Belegungsanteil bei den höheren Herzfrequenzklassen.

### Laktat

Die rennradfahrenden Frauen wählten im Feldtest gegenüber den Männern eine im Mittel unwesentlich niedrigere metabolische Belastung, verbunden mit einer unwesentlich erhöhten mittleren Herzfrequenz und einer signifikant niedrigeren mittleren Leistung. Hierin spiegelt sich tendenziell - wie in den vorangegangenen Absätzen beschrieben - die bei vergleichbarer metabolischer Belastung höhere Herzfrequenz und niedrigere absolute Belastung der Frau gegenüber dem Mann wider (HOLLMANN et al. 1985a und 1986).

Weiterhin könnte die geringfügig niedrigere metabolische Belastung der Frauen bei etwas höherer Herzfrequenz für eine höhere Leistungsfähigkeit sprechen, wie sie sich auch mit Hilfe des Parameters »Pist-von-Psoll« bestätigen lässt, denn die Frauen dieses Kollektivs wiesen gegenüber den Männern eine um ca. 9 Prozent höhere Leistungsfähigkeit auf.

Über das geschlechtsspezifische Verhalten der Laktatwerte im Feldtest lassen sich nur für die »RennradfahrerInnen« Angaben machen, da bei den »AlltagsfahrradfahrerInnen« im Feldtest kein Laktat erhoben wurde.

Unter ergometrischen Bedingungen waren für die »AlltagsfahrradfahrerInnen« geschlechtsbezogen vergleichbare maximale Laktatwerte zu beobachten, die maximal erreichten Laktatwerte der »RennradfahrerInnen« zeigten hingegen für die Männer signifikant höhere Werte als für die Frauen. Generell sind die maximal erreichbaren Laktatspiegel bei Erwachsenen ohne Geschlechterunterschied gleich (ÅSTRAND 1952, HOLLMANN/LIESEN 1973b), denn beide Geschlechter verfügen über identische Voraussetzungen hinsichtlich der Ausnutzung ihrer metabolischen Möglichkeiten bis zum hohen Ermüdungsgrad. Die signifikant erhöhten maximalen Laktatwerte der rennradfahrenden Männer im Vergleich zu den rennradfahrenden Frauen könnten, vor dem Hintergrund vergleichbar hoher maximaler Herzfrequenzen, in einem schlechteren Trainingszustand der Männer im Vergleich zu den Frauen begründet sein. Dies kann auch durch die um ca. 9 Prozent geringere prozentuale Ist- von der Sollleistung der Männer gegenüber der Frauen bestätigt werden. Weiterhin könnte eine Mehrbeanspruchung des glykolytischen Stoffwechsels bei den rennradfahrenden Männern als Folge der gegenüber den rennradfahrenden Frauen zusätzlich zum Fahrradfahren vermehrt

ausgeübten Sportsportarten (Abbildung 3.2-30) höhere maximale Laktatwerte bedingen.

### RPE

Die Frauen und Männer des Kollektivs der »AlltagsfahrradfahrerInnen« wiesen während der Trainingsfahrten ein gleiches Belastungsempfinden auf; die RPE-Werte der rennfahrenden Frauen waren hingegen gegenüber den rennfahrenden Männern statistisch signifikant erniedrigt. Da sich die im Feldtest erhobenen mittleren Herzfrequenzen der Männer und Frauen für beide Kollektive statistisch nicht voneinander unterscheiden, kann ein systematischer Zusammenhang zwischen dem objektiven Parameter Herzfrequenz und dem Belastungs- bzw. Beanspruchungsempfinden im Feldtest nur für die Gruppe der »AlltagsfahrradfahrerInnen« bestätigt werden. Die statistisch erniedrigten RPE-Werte im Feldtest der rennfahrenden Frauen gegenüber den rennfahrenden Männern könnten dadurch bedingt sein, daß die Frauen die Belastung aufgrund der gewählten statistisch geringeren mittleren Tretfrequenzen in Verbindung mit einer statistisch gesicherten höherer Tretfrequenzpause und einer statistisch gesicherten geringeren prozentualen Belastungszeit als weniger anstrengend empfanden als die Männer.

Unter ergometrischen Bedingungen zeigten weder der maximale RPE-Wert noch der RPE-Wert bezogen auf 3 mmol/l einen statistisch gesicherten Einfluß des Geschlechts. Dies steht in Übereinstimmung mit BORG/LINDERHOLM (1970), die auch keine signifikanten Unterschiede in der Wahl des RPE-Wertes zwischen Männern und Frauen finden konnten.

Da sich in der vorliegenden Studie auch die im Ergometertest erhobenen maximalen Herzfrequenzen für beide Teilstudien und die Herzfrequenz bezogen auf 3 mmol/l Laktat für die »AlltagsfahrradfahrerInnen« für die verschiedenen Geschlechter statistisch nicht unterscheiden, bestätigen sich in der vorliegenden Untersuchung unter ergometrischen Bedingungen überwiegend die in der Literatur beschriebenen engen Zusammenhänge zwischen objektiven Parametern und dem Belastungs- bzw. Beanspruchungsempfinden (BORG 1962, BORG/LINDERHOLM 1970, EDWARDS et al. 1972, SKINNER 1969, VÖLKER 1998).

### Tretfrequenz, Geschwindigkeit und weitere Parameter

Interessant ist die Tatsache, daß in beiden Teilstudien die Frauen statistisch signifikant geringere mittlere Tretfrequenzen bevorzugten als die Männer. Dies stimmt mit Untersuchungen von REINSCHMIDT/SÜESS (1992) überein, die für Frauen im Vergleich zu Männern eine um ca. 10 U/min niedrigere optimale Tretfrequenz entsprechend des höchsten Leistungswertes an der aeroben Schwelle beobachten konnten. Auch waren bei den Frauen der vorliegenden Studie die im Mittel erreichten Spitzentretfrequenzen für beide Teilstudien im Vergleich zu den Männern geringer, wenn auch sich diese Unterschiede als statistisch nicht signifikant erwiesen. Ob ursächlich für die niedrigeren mittleren und maximalen Tretfrequenzen die Frauen dieser Untersuchungskollektive im Vergleich zu

den Männern über ein geringeres Maß an Kraft verfügten, welche jedoch notwendig ist für das Erreichen einer gegebenen Tretfrequenz, oder aber eine weniger ausgeprägte radfahrtspezifische Koordinationsfähigkeit aufwiesen, läßt sich im Rahmen dieser Untersuchung nicht klären.

Es fällt weiterhin auf, daß die Frauen beider Kollektive statistisch signifikant mehr im Freilauf fuhren als die Männer (Tf-pause), und daß die Frauen beider Kollektive zudem mit einer prozentual geringeren Belastungszeit in Bezug auf die Gesamtzeit radfahren als die Männer. Letzteres ließ sich für die »RennradfahrerInnen« auch statistisch sichern. Die Frauen sorgten somit während der Trainingsfahrten für deutlich mehr kurzfristige Erholungsphasen als die Männer. In diesem Zusammenhang ist zu vermuten, daß die Frauen bei gleicher hämodynamischer Belastung wie die Männer - beide Geschlechter beider Untersuchungskollektive wählten vergleichbare mittlere Herzfrequenzen während der Trainingsfahrten - aufgrund des Pedalierens mit signifikant niedrigeren Tretfrequenzen und der damit verbundenen erhöhten Kraftanstrengung mehr Erholungsphasen benötigten als die Männer.

Die unter feldspezifischen Bedingungen in Abhängigkeit vom Geschlecht erhobenen mittleren Tretfrequenzen spiegelten sich in der entsprechenden Häufigkeitsverteilung in Tretfrequenzklassen für die einzelnen geschlechtsspezifischen Gruppen (Kapitel 3.1.3.2-4, Abbildung 3.1-18, Abbildung 3.1-19; Kapitel 3.2.3.2-3, Abbildung 3.2-16, Abbildung 3.2-17) tendenziell wider. So wiesen die Frauen gegenüber den Männern bei beiden Probandenkollektiven überwiegend einen weiter links liegenden Verlauf der Tretfrequenzklassenbelegung entsprechend niedrigerer Tretfrequenzbereiche auf.

Die Frauen beider Teilstudien wählten im Feldtest im Mittel sowohl geringere mittlere als auch geringere maximale Geschwindigkeiten als die Männer, statistisch signifikant waren die Unterschiede nur für die maximale Geschwindigkeit bei den »AlltagsfahrradfahrerInnen«. Die Wahl der niedrigeren mittleren und maximalen Geschwindigkeiten der Frauen im Vergleich zu den Männern erfolgte entsprechend der absolut niedrigeren mittleren und maximalen Leistung beider Untersuchungskollektive erwartungsgemäß.

Zu erwähnen bleibt noch, daß die Frauen beider Untersuchungskollektive im Vergleich zu den Männern eine etwas geringere Gesamtfahrtzeit respektive Belastungszeit und in Verbindung hiermit eine kürzere Fahrtstrecke aufwiesen. Die Unterschiede ließen sich hierbei allerdings statistisch nicht sichern. Eine kürzere Belastungsdauer der Frauen gegenüber den Männern konnte in der vorliegenden Untersuchung zwar dokumentiert werden, ist jedoch als kein geschlechtsspezifisches Kriterium zu werten. So steht nach HOLLMANN/MADER (1980) zeitlich gesehen einer im Vergleich zum Mann gleich langen Ausdauerbelastung der Frau nichts im Wege, wenn sich die Frau entsprechend der aerob-anaeroben Schwelle in einem absolut niedrigeren Leistungsbereich bewegt.

#### **5.2.4 Schlußfolgerung zum Einfluß des Alters, der Leistungsfähigkeit und des Geschlechts auf die Belastungsparameter beim breitensportlichen Fahrradfahren**

Die in der Literatur bestehenden Erkenntnisse zum Einfluß des Alters, der Leistungsfähigkeit und des Geschlechts auf die in der vorliegenden Studie erhobenen Parameter konnten überwiegend im Fahrradergometertest, aber auch im Feldtest bestätigt werden, sowie weitere Einflüsse des Alters, der Leistungsfähigkeit und des Geschlechts auf radfahrerspezifische Parameter des Feldtests dokumentiert werden.

Die radfahrerspezifische Literaturanalyse (s. Kapitel 4) ergab für die allgemein radfahrerspezifische Literatur und besonders für die mountainbike-spezifischen Literatur ein überwiegendes Fehlen konkreter, detaillierter, nach sportlicher Ambition, Alter, Geschlecht und Trainingszustand differenzierter sowie disziplinspezifischer Angaben zur Trainingssteuerung und Trainingsgestaltung. Vor diesem Hintergrund und basierend auf den aus der Untersuchung gewonnenen Erkenntnissen bezüglich spezifischer Besonderheiten beim Fahrradfahren im Feldtest für die verschiedenen Disziplinen, differenziert nach Alter, Leistungsfähigkeit und Geschlecht, wird der Bedarf an der Entwicklung entsprechend differenzierter Trainingsempfehlungen deutlich.