

# Welche Anforderungen werden an einen Mountainbiker gestellt?

## Untersuchungen in einem Weltcuprennen

Der Mountainbikesport hat in den letzten Jahren eine boomartige Entwicklung genommen. Fast 50% aller heute verkauften Fahrräder sind Mountainbikes und der Sport erreicht damit eine zunehmende Bedeutung als Freizeitsport. Folgerichtig haben sich auch im Leistungssport seit seinen Anfängen in den 70er Jahren deutliche Veränderungen ergeben. So unterscheidet man heute im wesentlichen zwei Wettkampfdisziplinen. Beim Cross-Country-Rennen (CC) werden Fahrzeiten von 2-3 Stunden erreicht und totale Höhenunterschiede um 1500 m bewältigt. Der Start erfolgt als Massenstart, und die Strecke führt über Feld- und Waldwege oder Wiesen. Ein CC-Rennen ist von seiner Struktur her am ehesten mit einem Zeitfahren vergleichbar. Im Downhill-Rennen (DH) geht es um das möglichst schnelle Bewältigen einer Bergabstrecke. Diese ist etwa 3 km lang und weist eine Höhendifferenz von bis zu 300 m auf. Die Fahrzeiten bewegen sich hier um die 4 Minuten. In Downhill-Rennen können Fahrgeschwindigkeiten von bis zu 100 km/h erreicht werden (ARNOLD/FRIEDRICH/SOMMER 1997, 37). CC-Rennen wurden 1996 auch zum erstenmal im Rahmen der olympischen Spiele in Atlanta durchgeführt. Für die DH-Rennen scheint sich anzudeuten, daß sie in Zukunft olympisch werden könnten. Der Mountainbikesport hat sich damit als Leistungssport etabliert.

Betrachtet man die Belastungszeiten und die spezifischen Wettkampfanforderungen wird demnach in zwei völlig verschiedenen Kategorien gefahren. Durch das ständig wechselnde Gelände werden hohe Anforderungen an die konditionelle Ausbildung von Fahrern gestellt. Der Mountainbiker muß im CC-Rennen über eine gut ausgeprägte Grundlagenausdauer verfügen, muß in der Lage sein, über einzelne Teilabschnitte oberhalb der anaeroben Schwelle zu fahren und sollte auch über genügend Kraft verfügen, um kurze Antritte fahren zu können. Bei den DH-Rennen spielen insbesondere die Kraft, die Kraftausdauer und die anaerobe Ausdauer eine entscheidende Rolle. Zusätzlich ist bei beiden Disziplinen natürlich eine hoch ausgeprägte Gleichgewichtsfähigkeit eine wesentliche Einflußgröße, die sich z.B. in einer guten Fahrtechnik widerspiegelt.

Anders als z.B. im Bahnradsport sind diese Anforderungen aber nicht eindeutig aus den Wettkampfanforderungen zu definieren. Beim Sprinter im Bahnradsport sind die leistungsbestimmenden Faktoren relativ leicht zu ermitteln. Anders stellt sich dies im Mountainbikesport dar. Der Versuch einer wissenschaftlichen Präzisierung eines Anforderungsprofils Mountainbike ist bisher, vielleicht aufgrund der Komplexität der Disziplin, nicht unternommen worden. So werden in verschiedenen Veröffentlichungen zwar immer wieder trainingswissenschaftliche Empfehlungen gegeben, diese beruhen aber fast immer nur auf individuellen Erfahrungswerten (BRÜGGENJÜRGEN/KÜRSCHNER 1991,

GERIG/FRISCHKNECHT 1996, SCHMIDT 1997). Besonders häufig findet man in diesem Zusammenhang die Empfehlungen von aktuellen oder ehemaligen Spitzenfahrern. Dieses Vorgehen, das man mit der Orientierung an Meisterlehren vergleichen könnte, kann aus wissenschaftlicher Sicht nur als sehr unbefriedigend beurteilt werden. Eine genaue Analyse der Anforderungsstruktur der einzelnen Disziplinen und eine daraus abgeleitete Beschreibung eines Leistungsprofils liegt bis heute nicht vor (KÖHLER/VÖLKER 1994, 100). Lediglich einzelne Ansätze zur Klärung spezifischer Fragestellungen lassen sich in der Literatur finden. Diese vereinzelt Untersuchungen werden später noch ausführlicher dargestellt.

Um die soeben dargestellte Situation weiter zu beschreiben, verweisen wir auf das Ergebnis einer Literaturrecherche in der Datenbank SPOLIT. Unter den Schlagworten Radfahren bzw. Radsport finden sich eine Fülle von Untersuchungen (1113 Treffer) zum Straßenrad- bzw. Bahnrad-sport. Das Schlagwort Mountainbike ergibt aber lediglich 10 Treffer, unter denen sich noch eine Reihe von populär-wissenschaftlichen Veröffentlichungen befindet. Weitere Recherchen, z.B. im Internet, erbrachten ebenfalls keine wesentlichen Steigerungen dieser Zahlen. Auch dieses Ergebnis belegt, daß der Mountainbikesport bisher in der wissenschaftlichen Bearbeitung vernachlässigt worden ist.

## ***2. Zum Forschungsstand im Mountainbikesport***

Die präzise Kenntnis über die Leistungsstruktur und das Zusammenwirken von leistungsbestimmenden Faktoren ist eine wesentliche Voraussetzung für die Diagnose eines Leistungszustandes und darauf aufbauend ein optimales Training. Die Aufklärung dieser Bedingungsstruktur ist deshalb als erster Schritt anzugehen.

Daß sowohl die aerobe als auch die anaerobe Ausdauer von großer Bedeutung für den Mountainbiker sind, wird in den meisten Veröffentlichungen dargestellt (CINQUE 1987, BRÜGGENJÜRGEN/KÜRSCHNER 1991, LEDL-KURKOWSKI/DALUS/AIGNER 1994, GERIG/FRISCHKNECHT 1996, SCHMIDT 1997). Dabei werden z.T. einzelne physiologische Parameter als Normwerte angegeben, die die Fahrer erreichen müssen, um erfolgreich zu sein. So geben LEDL-KURKOWSKI/DALUS/AIGNER (1994, 78) an, daß die maximale Sauerstoffaufnahme ca. 80 ml/min/kg bei Männern und bei Frauen ca. 65 ml/min/kg erreichen müßte. Die auf das Körpergewicht relativierten Maximalleistungen sollten ca. 5,6 - 6,2 W/kg betragen. In ihrer eigenen Untersuchung an 11 männlichen und 3 weiblichen Mountainbikern stellen sie aber fest, daß diese Werte nicht annähernd erreicht werden. Im Rahmen eines Stufentests (120 Watt, 4 Minuten, 40 Watt Steigerung, 90 U/min) am Ende eines Aufbautrainings ermittelten sie maximale Sauerstoffaufnahmen von 65,8 ml/min/kg bei Männern und 50,5 ml/min/kg bei den Frauen. Auch die relative Maximalleistung lag mit 5,5 W/kg bei den Männern und 4,6 W/kg bei den Frauen deutlich unter den angegebenen Normwerten.

Aus den leistungsdiagnostischen Untersuchungen, die wir mit Nationalkaderfahrern durchführen, können wir diese Ergebnisse weitgehend bestätigen. So finden wir bei Weltcupfahrern eine maximale Sauerstoffaufnahme von 70,1 ml/min/kg (Männer, n=6) und

62,1 ml/min/kg (Frauen, n=4). Die relative Maximalleistung erreicht 5,9 W/kg bei Männern und 4,5 W/kg bei Frauen. Die Ergebnisse belegen zwar eine hohe Ausprägung der Ausdauerleistungsfähigkeit bei Mountainbikern, stimmen aber weitgehend nicht mit den in der Literatur gemachten Forderungen überein. Die Angabe von leistungsgruppenbezogenen Normwerten ist allerdings aus den uns schon vorliegenden Daten möglich. Kritisch bleibt anzumerken, daß alle Ergebnisse aus Laboruntersuchungen stammen. Erkenntnisse aus Wettkämpfen liegen überhaupt nicht vor.

Neben der Ausdauerleistungsfähigkeit werden immer wieder die Krafftfähigkeiten als leistungsbestimmend genannt. Trotz intensiver Recherche ist es uns nicht gelungen, Informationen über wissenschaftliche Untersuchungen im Mountainbikesport zu erhalten.

Einzelne Untersuchungen weisen darauf hin, daß ein positiver Zusammenhang zwischen der Maximalkraft und der aeroben Ausdauerleistung besteht (BÜHRLE u.a. 1988, 31).

Insbesondere die Abbruchleistung im Stufentest kann durch ein erhöhtes Maximalkraftniveau positiv beeinflusst werden (HICKSON u.a. 1988, MARCINIK u.a. 1991). KERNMAYER u.a. (1990) finden einen positiven Zusammenhang ( $r=0.70$ ) zwischen der Kraftausdauer und den Ergebnissen des 1000m- und 10000m-Zeitfahrens. Aus eigenen Untersuchungen im Rahmen der Leistungsdiagnosen können wir weiter vermuten, daß sich Mountainbiker hier nur wenig von anderen hoch ausdauertrainierten Fahrern, wie Bahnradfahrern bzw. Straßenfahrern, unterscheiden. Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang allerdings die Unterscheidung der beiden Disziplinen CC und DH.

Die Frage nach den technischen Fertigkeiten, die leistungsbestimmend sind, kann ebenfalls nicht befriedigend beantwortet werden. Auch hier werden immer wieder allgemeine Aussagen ("runder Tritt", Lenkverhalten, Bremsverhalten) gemacht, konkrete Untersuchungen lassen sich aber nicht finden.

Daß neben den konditionellen Fähigkeiten und technischen Fertigkeiten auch noch andere Faktoren die Leistungserbringung beeinflussen können, zeigt eine Untersuchung von KÖHLER/VÖLKER/BARGFELD (1994). Sie verglichen in einem Experiment mit einem SRM-System die Auswirkung von verschiedenen Bodenbelägen auf die Leistungsabgabe, die Geschwindigkeit, die Trittfrequenz und die Herzfrequenz. Dabei stellten sie fest, daß ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen der Leistung und der erreichten Geschwindigkeit besteht. Der Bodenbelag hat aber einen großen Einfluß auf die absoluten Werte. So konnten die Fahrer auf der Straße die höchsten Geschwindigkeiten erreichen, während sie auf Wattboden (Wattenmeer!), bei gleicher Leistung, bis zu 10 km/h langsamer waren. Die Beschaffenheit des Bodens (und natürlich auch der Reifen) spielt demnach, zumindest für die erreichbaren Geschwindigkeiten, eine wichtige Rolle.

Zusammenfassend läßt sich aus der Analyse des Forschungsstandes zu den leistungsbestimmenden Faktoren feststellen, daß bisher zwar vereinzelt Untersuchungsergebnisse zu physiologischen Parametern (Laktat, Herzfrequenz) vorliegen, Aussagen über zu erbringende Leistungen und daraus resultierenden Geschwindigkeiten im Mountainbikesport bisher aber nicht veröffentlicht sind. Von besonderem Interesse sind dabei natürlich Erkenntnisse aus Wettkämpfen. Erst hier zeigen sich die Leistungsanforderungen in der entsprechenden Ausprägung. Wenn man ein Leistungsprofil beschreiben möchte, muß es

das Ziel sein, Daten aus hochklassigen Wettkämpfen zu erhalten. Um zumindest einen ersten Eindruck von den Anforderungen zu bekommen, die an einen Mountainbiker gestellt werden, konnten wir im Frühjahr 1997 bei einem Weltcuprennen in St. Wendel eine Pilotstudie durchführen (DSB Projekt Nr. 8205/), die im folgenden beschrieben werden soll.

### 3. Untersuchungsmethodik

Die Ermittlung eines Anforderungsprofils wurde von uns im wesentlichen mit zwei Untersuchungsmethoden angegangen. Zum einen führten wir eine Teilstreckenanalyse in einzelnen Streckenabschnitten durch, die Informationen über Leistungsunterschiede zwischen Spitzenfahrern und Plazierten aufzeigen sollte. Zum zweiten setzten wir Schoberer-Meßsysteme ein, die die Ermittlung von Leistung, Tretfrequenz, Geschwindigkeit und Herzfrequenz während des Rennens ermöglichen. Untersucht wurde das Weltcuprennen vom 27.04.97 in St. Wendel.

#### 3.1 Teilstreckenanalyse

Mittels einer Teilstreckenanalyse lassen sich Aussagen über den Rennverlauf in definierten Abschnitten machen. Anhand des Rennprofils wurde die Rennstrecke in drei Abschnitte eingeteilt.

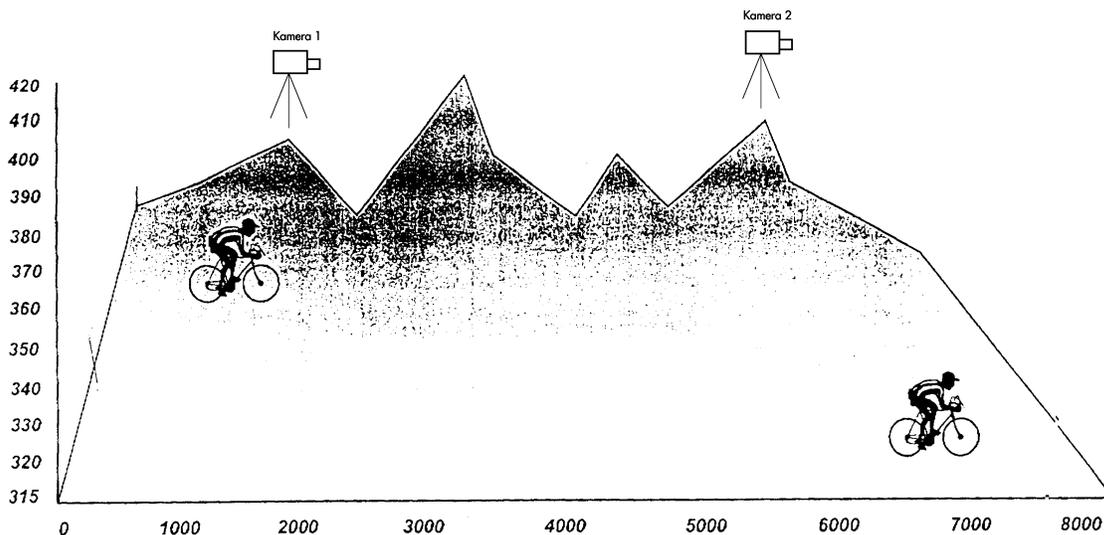


Abbildung 1 Profil der Rennstrecke in St. Wendel

Abschnitt 1 hatte eine Länge von 2,08 km und ist durch einen langen Anstieg charakterisiert. Im zweiten Abschnitt mit einer Länge von 3,51 km wechseln sich kleine Anstiege mit kürzeren Abfahrten ab. Darüber hinaus werden in diesem Abschnitt größere technische Ansprüche an den Fahrer gestellt. Der letzte Abschnitt besteht aus einer 3,38 km langen Abfahrt und endet im Ziel.

An den Enden der Abschnitte 1 und 2 wurden Videokameras mit eingblendeter Uhrzeit aufgestellt. Sie ermöglichten die sekundengenaue Erfassung der Durchgangszeiten der Fahrer. Der Parallelauf der Uhrzeiten der einzelnen Kameras wurde vor und nach dem Rennen überprüft. Es ergaben sich hierbei keine Abweichungen in der Zeitangabe. Am Ziel konnten die Zwischenzeiten aus den offiziellen Zeitnahmeprotokollen entnommen werden.

In die Auswertung gingen die Abschnittszeiten der ersten 10 Fahrer (Endplatzierung) und der deutschen Teilnehmer ein. Zusätzlich wurde noch die Rangplatzierung der einzelnen Fahrer ermittelt.

Aus den Zeiten und Streckenlängen konnten bei allen Fahrern mittlere Geschwindigkeiten für die einzelnen Abschnitte berechnet werden. Ein Vergleich mit den Berechnungen des Schoberer-Meßsystems bei den später beschriebenen Fahrern ergab eine hohe Übereinstimmung der aus der Teilstreckenanalyse berechneten mittleren Geschwindigkeiten und denen die in der Schoberer-Software ermittelt wurden. Der Vergleich von Werten aus der Teilstreckenanalyse mit denen aus dem Schoberer-System erscheint daher zulässig. Fehler können z.B. dadurch entstehen, daß die Fahrer beim Laufen das Rad vom Boden abheben. Das Schoberer-System kann in diesem Fall keine Strecken messen, die Geschwindigkeit fällt auf 0. Allerdings bewegt der Fahrer sich laufend auch nur sehr langsam, so daß keine großen Fehler entstehen können.

### ***3.2 Schoberer-Meßsystem***

Zwei Fahrer fuhren das komplette Hauptrennen mit dem Schoberer-Meßsystem. Von beiden Fahrern liegen Daten über die Leistung, die Trittfrequenz, die Geschwindigkeit und die Herzfrequenz vor. Diese wurden im Ein-Sekundenabstand elektronisch gespeichert und nach dem Rennen mittels eines PCs ausgelesen und weiterverarbeitet. Zusätzlich wird noch die entsprechende Uhrzeit abgespeichert, so daß eine sekundengenaue Zuordnung von Meßwerten möglich ist. Der Meßfehler der Schoberer-Meßsysteme liegt bei unter 1% und ermöglicht damit eine sehr genaue Messung der Leistung und weiterer interessierender Parameter.

## ***4. Darstellung der Ergebnisse***

### ***4.1 Teilstreckenanalyse***

Im Rahmen der Teilstreckenanalyse sind Vergleiche mit den weltbesten Fahrern möglich. Zum einen wird im folgenden die Rangentwicklung betrachtet, zum anderen werden in einem späteren Abschnitt Daten (Geschwindigkeiten, Strecken), die aus den Schoberer-Messungen erhalten wurden, mit denen weiterer Fahrer verglichen.

#### ***Rangentwicklung***

Für jeden Fahrer konnte aus der Videoanalyse der aktuelle Rang an den einzelnen Meßpunkten auf der Strecke ermittelt werden. Diese Rangentwicklung ist in Abbildung 2 und 3 grafisch dargestellt.

**Rangentwicklung Platz 1-10**

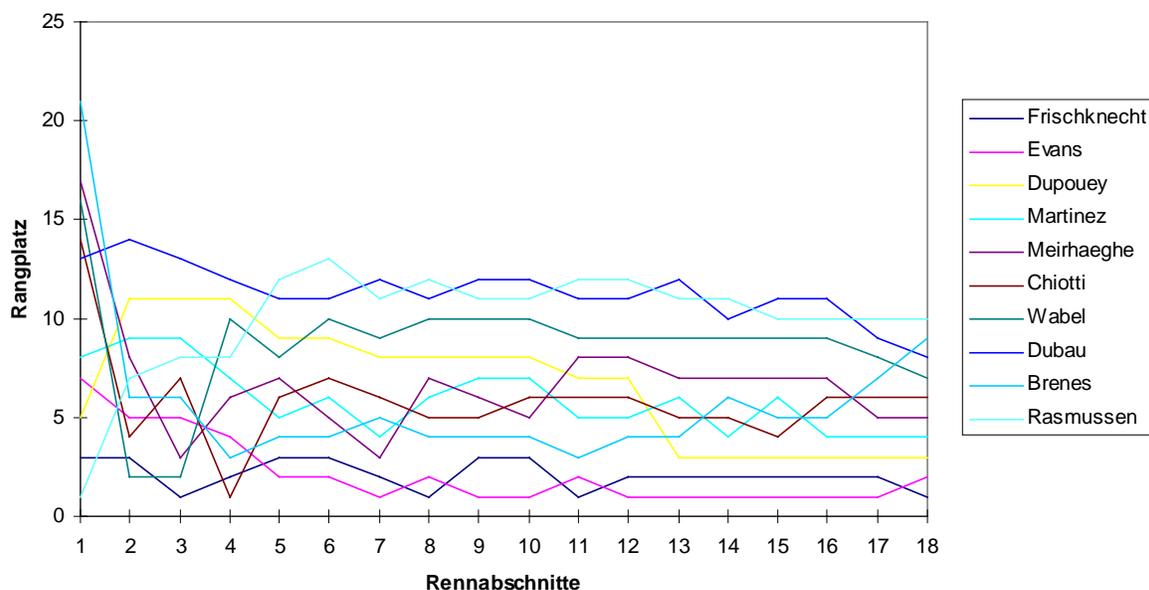


Abbildung 2 Rangentwicklung der Plazierungen 1-10 über die 18 Teilabschnitte (6 Runden á 3 Teilabschnitte)

**Rangentwicklung deutsche Fahrer**

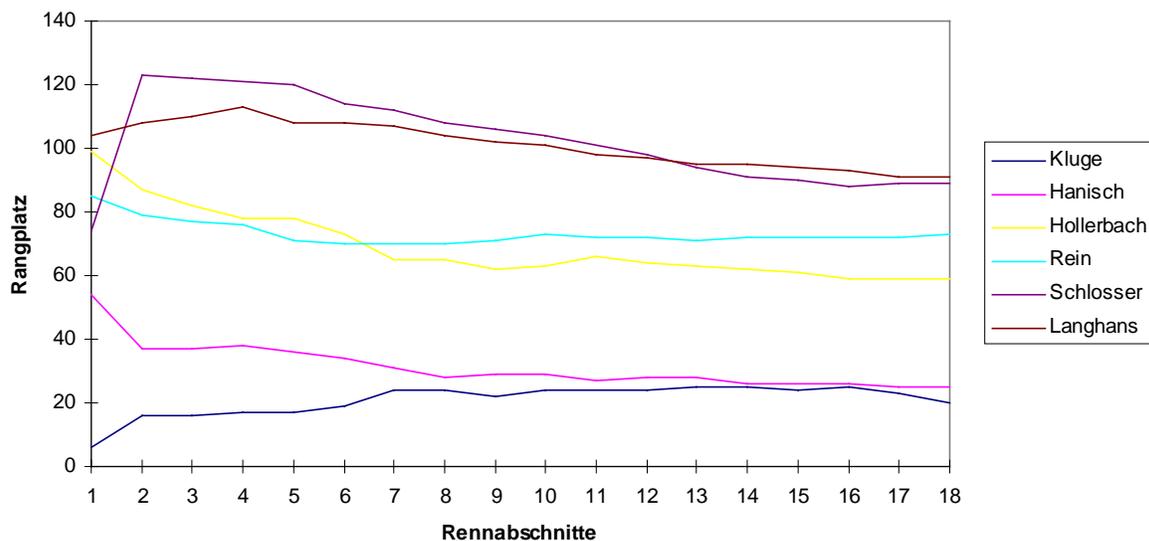


Abbildung 3 Rangentwicklung der deutschen Fahrer über die 18 Teilabschnitte (6 Runden á 3 Teilabschnitte)

In Abbildung 2 ist zu erkennen, daß schon sehr frühzeitig im Rennen relativ konstante Plazierungen erreicht werden. So sind alle Fahrer, die unter die ersten Zehn fahren nach nur ca.

6 Minuten unter den ersten 21 Fahrern. Bei der zweiten Zwischenzeit sind sogar schon 9 von 10 Fahrern unter den ersten 11.

Auf den hinteren Plätzen ergeben sich zwar noch größere Verschiebungen in der Rangfolge, aber insgesamt ergibt auch die Darstellung der deutschen Fahrer einen relativ konstanten Verlauf.

Ermittelt man die Korrelationen zwischen der Endplatzierung und der Platzierung an den jeweiligen Zwischenzeiten ergibt sich folgendes Ergebnis (n=16, Korrelationskoeffizienten fett gedruckt; Z1\_R1\_RA = Rang an der ersten Zwischenzeit in Runde 1):

	ZielRANG	Z1_R1_RA	Z2_R1_RA	ZIEL_R1_	Z1_R2_RA	Z2_R2_RA
RANG	<b>1.0000</b>	<b>.9264</b>	<b>.9841</b>	<b>.9862</b>	<b>.9872</b>	<b>.9859</b>
	( 16)	( 16)	( 16)	( 16)	( 16)	( 16)
	P= .	P= .000				
	ZIEL_R2_	Z1_R3_RA	Z3_R3_RA	ZIEL_R3_	Z1_R4_RA	Z2_R4_RA
RANG	<b>.9891</b>	<b>.9912</b>	<b>.9927</b>	<b>.9935</b>	<b>.9952</b>	<b>.9958</b>
	( 16)	( 16)	( 16)	( 16)	( 16)	( 16)
	P= .000	P= .000	P= .000	P= .000	P= .000	P= .000
	ZIEL_R4_	Z1_R5_RA	Z2_R5_RA	ZIEL_R5_	Z1_R6_RA	Z2_R6_RA
RANG	<b>.9968</b>	<b>.9970</b>	<b>.9983</b>	<b>.9981</b>	<b>.9980</b>	<b>.9994</b>
	( 16)	( 16)	( 16)	( 16)	( 16)	( 16)
	P= .000	P= .000	P= .000	P= .000	P= .000	P= .000

Schon an der ersten Zwischenzeit nach ca. 6 Minuten ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von 0,92. Nach ca. 19 Minuten erhält man an der zweiten Zwischenzeit in der ersten Runde schon einen Wert von  $r=0,98$ . Dies heißt nichts anderes, als daß nach nur 19 Minuten schon ein sehr hoher Zusammenhang zwischen der derzeitigen Position und dem Endergebnis besteht. Anders ausgedrückt heißt dies für die Fahrer, daß sie schon sehr früh im Rennen weit vorn platziert sein müssen, wenn sie nur annähernd eine Chance auf eine vordere Platzierung haben wollen. Am Rande kann hier angemerkt werden, daß man sehr ähnliche Ergebnisse in anderen Ausdauersportarten (z.B. Skilanglauf) mit der Charakteristik „Rennen gegen die Zeit“ erhält.

## 4.2 Schoberer-Meßsystem

Zunächst wurde für die zwei Fahrer, die mit Schoberer-System gefahren waren, eine Auswertung der Schoberer-Daten vorgenommen. Anhand der ermittelten Teilstreckenzeiten erfolgt eine Einteilung des Rennens in die jeweiligen Abschnitte. Bei 6 Runden ergeben sich 18 Abschnitte, die näher analysiert werden können. Die Rohdaten sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

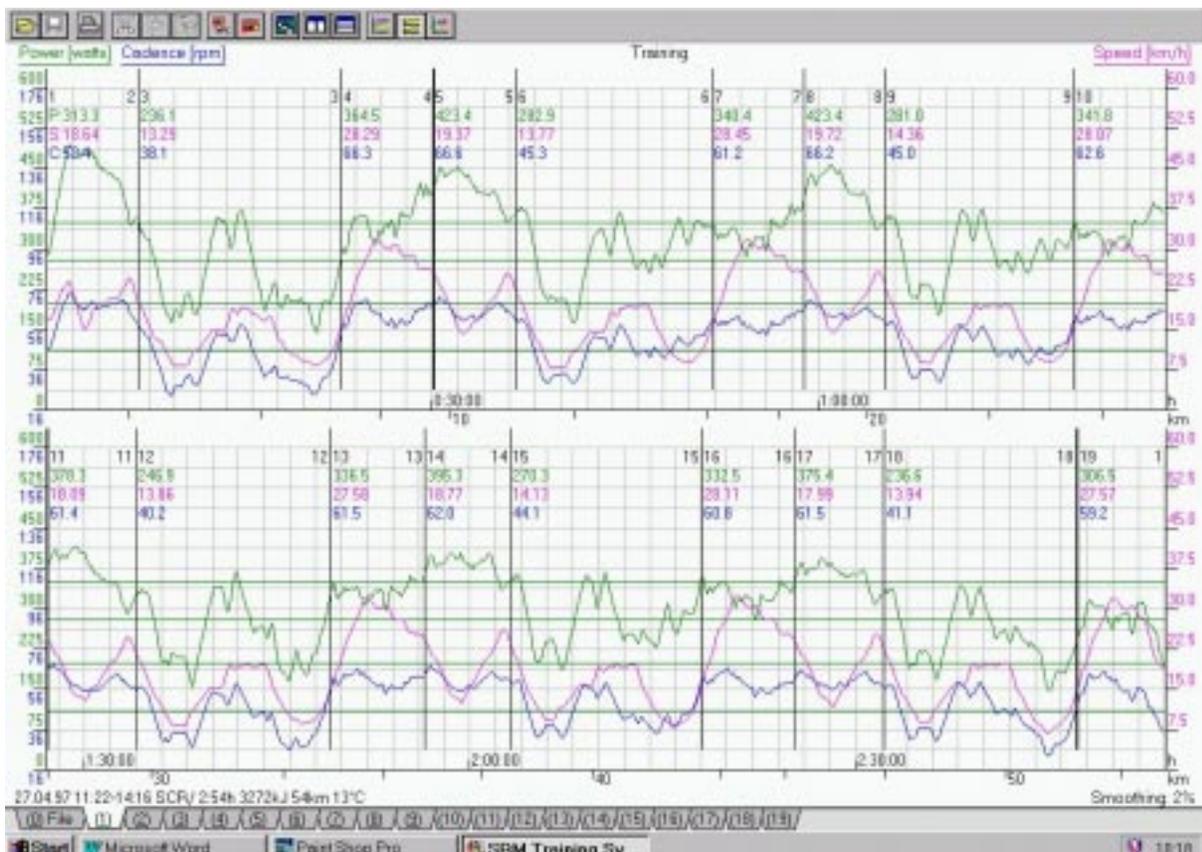


Abbildung 4 SRM-Protokoll des Fahrers SCR

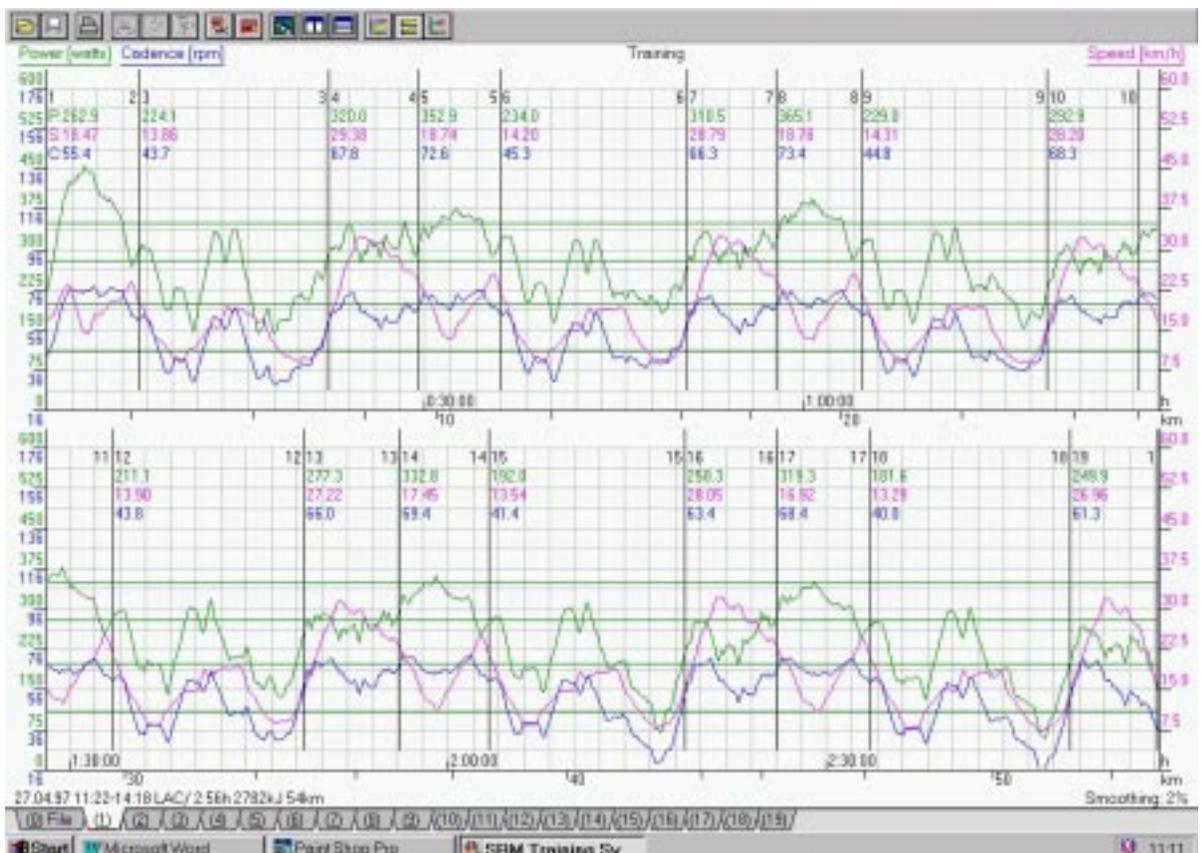


Abbildung 5 SRM Protokoll des Fahrers LAC

Die beiden Fahrer erreichten die Plazierungen 95 (SCR) und 98 (LAC). Sie befanden sich damit eher im Hinterfeld des Rennens. In den Grafiken ist der jeweilige Abschnitt mit einer Nummer bezeichnet. Es folgen dann die mittlere Leistung in Watt, die mittlere Geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde und die mittlere Trittfrequenz in Umdrehungen pro Minute.

Beispiel (Abbildung 4): Abschnitt 5, der den Anstieg in der zweiten Runde definiert, hat folgende Kennwerte: 423,4 Watt; 19,37 km/h; 66,6 U/min.

Die beiden Fahrer zeigen absolut gesehen unterschiedlich hohe Leistungen erreichen aber trotzdem annähernd gleiche Plazierungen (vergl. Abbildung 6). Dies läßt sich mit den Gewichtsunterschieden zwischen beiden erklären. Fahrer SCR wiegt 77 kg, während Fahrer LAC nur 69 kg wiegt. Bei beiden Fahrern ist im Laufe des Rennens ein Absinken der absoluten Leistungswerte festzustellen.

Vergleicht man den Geschwindigkeitsverlauf, erkennt man, daß sich beide Fahrer nur geringfügig unterscheiden (vergl. Abbildung 7). Hier wird deutlich, daß der Gewichtsfaktor eine entscheidende Rolle für die Leistungserbringung spielt. Auf diesen Aspekt wird in der weiteren Auswertung noch ausführlicher eingegangen werden.

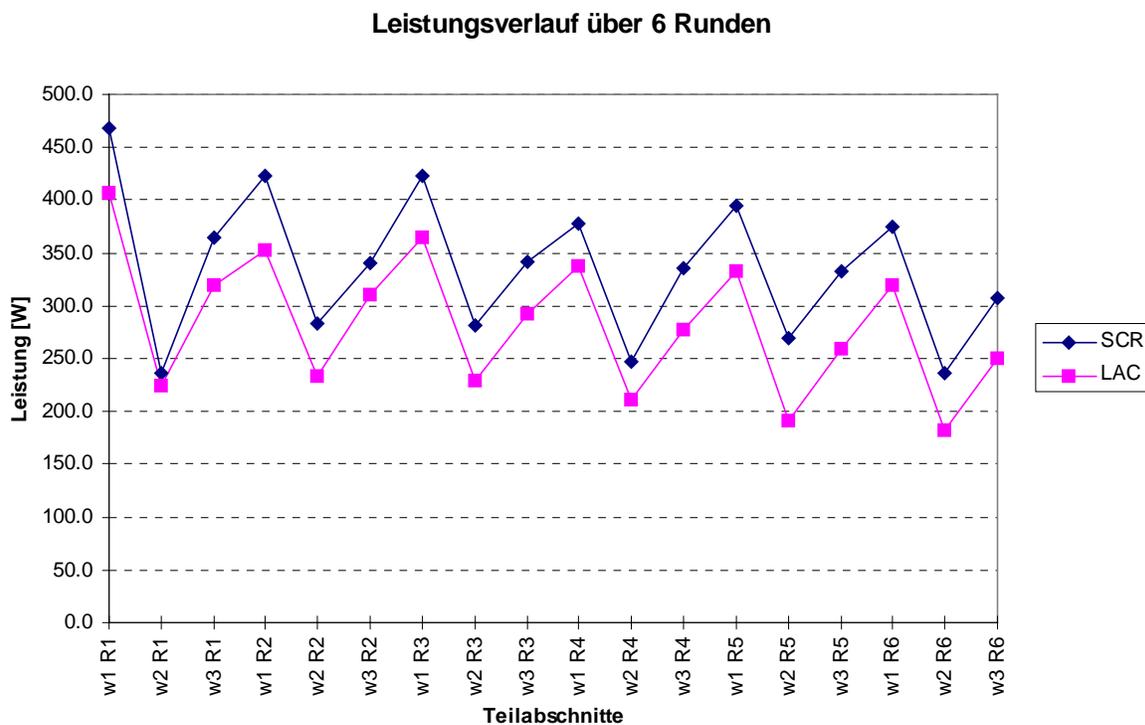


Abbildung 6 Verlauf der mittleren Leistung über 6 Runden (w1R1 = Leistung [Watt] in Abschnitt 1 in Runde 1)

**Geschwindigkeitsverlauf über 6 Runden**

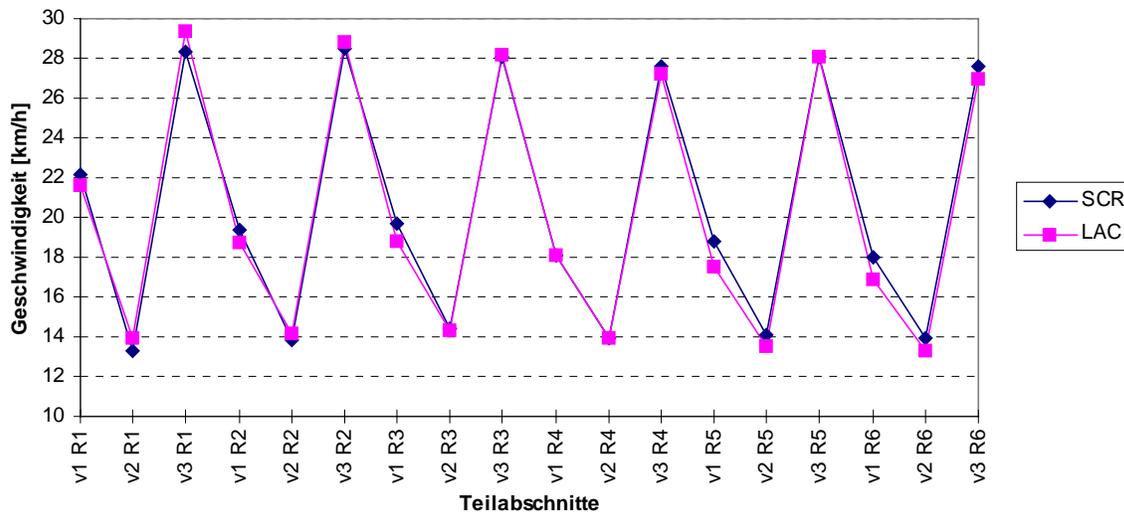


Abbildung 7 Verlauf der mittleren Geschwindigkeit über 6 Runden ( $v1R1$  = Geschwindigkeit [km/h] in Abschnitt 1 in Runde 1)

Bezüglich der Trittfrequenzen ergeben sich geringe Unterschiede zwischen den beiden Fahrern. LAC bevorzugt etwas höhere Trittfrequenzen als SCR. Absolut liegen die Werte zwischen ca. 75 und 40 U/min, in sehr kurzen Phasen treten aber auch höhere Tretfrequenzen auf. Im Mittel wird über das gesamte Rennen eine Trittfrequenz zwischen 52,4 U/min (SCR) und 55,4 U/min (LAC) gefahren (vergl. Abbildung 8).

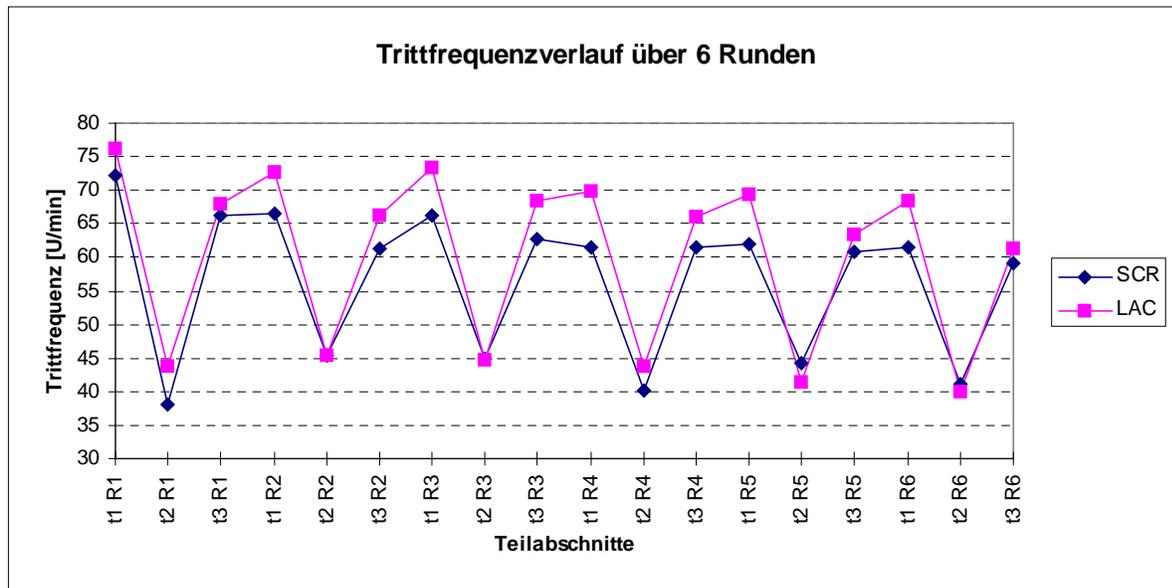


Abbildung 8 Verlauf der mittleren Trittfrequenz über 6 Runden ( $t1R1$  = Trittfrequenz [U/min] in Abschnitt 1 in Runde 1)

Analysiert man die Verteilung der erbrachten Leistung über das Rennen, kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Beim Fahrer SCR werden 59% des Rennens mit mehr als 350 Watt gefahren. Weitere 14% liegen oberhalb von 280 Watt und ca. 2% oberhalb von 240 Watt. Insgesamt werden ca. 75% des Rennens bei Leistungen von mehr als 240 Watt gefahren.

Ein ähnliches Bild findet sich bei Fahrer LAC. 39% liegen oberhalb von 350 Watt, 19% höher als 280 Watt und ca. 5% höher als 240 Watt. Dies ergibt eine Summe von 63% die mit mehr als 240 Watt gefahren werden.

Da beide Fahrer bei ca. 240 Watt den Übergang von vorwiegend aerober Energiebereitstellung zu anaerober Energiebereitstellung aufweisen (Ergebnisse der Leistungsdiagnose vom 17.04.97), kann daraus gefolgert werden, daß beide  $\frac{2}{3}$  bis zu  $\frac{3}{4}$  des Rennens im Bereich jenseits der anaeroben Schwelle bestreiten. Dies zeigt sich auch in den Herzfrequenzen, die meist nicht unter 165 Schläge/min fallen. Die Auswertung der Herzfrequenzen von LAC ergab, daß bei ihm im Mittel eine Herzfrequenz von 180 Schlägen/min auftritt, was bei ihm Belastungen im anaeroben Bereich entspricht. Eine Mittelwertbildung war bei SCR wegen häufiger Ausfälle der Herzfrequenzmessung nicht möglich.

Zusammengefaßt ergibt sich, daß das untersuchte Mountainbikerennen zu großen Anteilen oberhalb der anaeroben Schwelle bewältigt wird. Die Trittfrequenzen unterschieden sich deutlich von denen, die auf der Straße (80-100 U/min) gefahren werden. Sie liegen im Mittel niedriger.

### ***4.3 Vergleiche von Schoberer-Daten mit der Teilstreckenanalyse***

Im folgenden sollen Daten aus den Schoberer-Systemen mit denen von anderen Fahrern verglichen werden. So ist z.B. interessant, wie sich die Geschwindigkeitsverläufe von Spitzenfahrern entwickeln. Hierzu werden die Zeiten aus der Teilstreckenanalyse herangezogen. Zur leichteren Differenzierung gehen die Mittelwerte der Plazierungen 1-3, 4-10, 20 (Kluge) und 25 (Harnisch), und 95 und 98 in die Auswertung ein.

In den Abbildungen 9, 10 und 11 sind die mittleren Geschwindigkeiten [km/h] für die jeweiligen Plazierungsbereiche grafisch dargestellt.

### Geschwindigkeit im Abschnitt 1 (Anstieg)

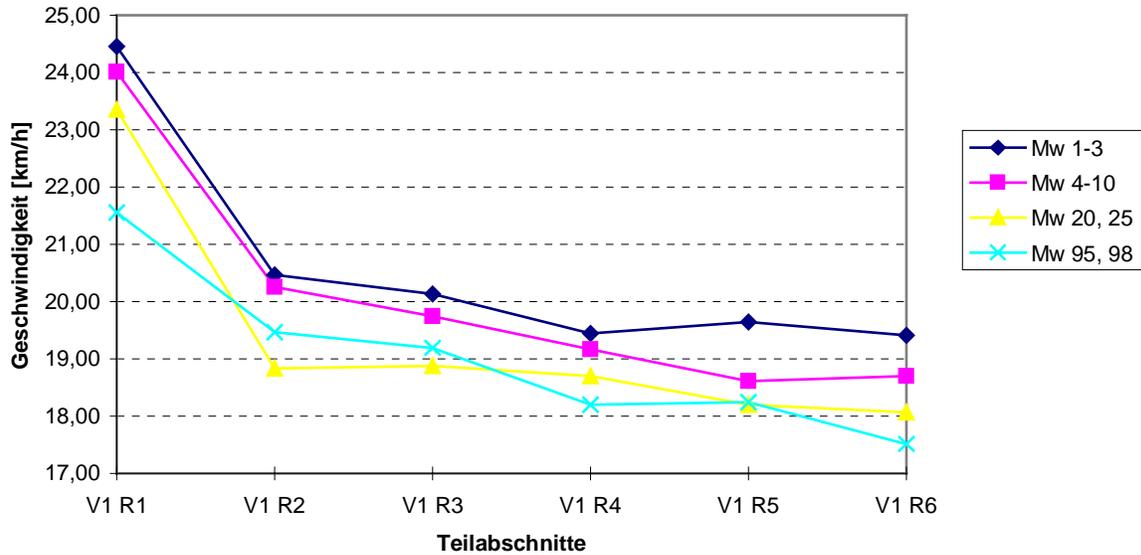


Abbildung 9 Mittlere Geschwindigkeiten [km/h] im Abschnitt 1 über 6 Runden (Anstieg)

Im Abschnitt 1 (Anstieg) weisen alle vier Gruppen nur relativ geringe Unterschiede in den Geschwindigkeiten auf. Die maximalen Differenzen liegen bei 3 km/h, reduzieren sich aber vor allem im weiteren Verlauf des Rennens. Ab der zweiten Runde bewegen sie sich zwischen 1,5 und 2 km/h. Insgesamt ist in allen Leistungsgruppen ein Abfall der mittleren Geschwindigkeiten im Abschnitt 1 festzustellen.

### Geschwindigkeit im Abschnitt 2 ("technischer Abschnitt")

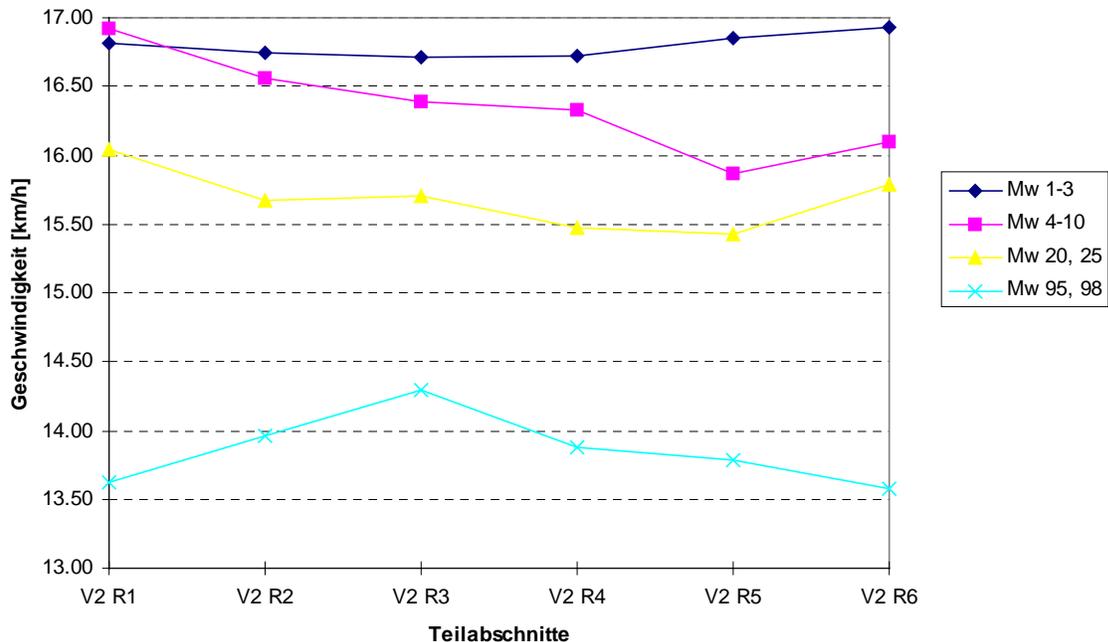


Abbildung 10 Mittlere Geschwindigkeiten [km/h] im Abschnitt 2 über 6 Runden (Mittelteil)

Im Abschnitt 2 (Mittelteil) der Strecke liegen die maximalen Differenzen auch bei ca. 3 km/h, dieser Abstand bleibt aber weitestgehend erhalten. Eine Angleichung der Geschwindigkeiten wie im Abschnitt 1 ist nicht festzustellen. Die Spitzenfahrer sind am Ende des Rennens sogar noch in der Lage ihre Geschwindigkeiten zu steigern, während die anderen Gruppen eher abfallen. Gerade in diesem Mittelteil scheinen sich die Plazierungen auszdifferenzieren. Die Auftrennung der einzelnen Leistungsgruppen wird relativ deutlich.

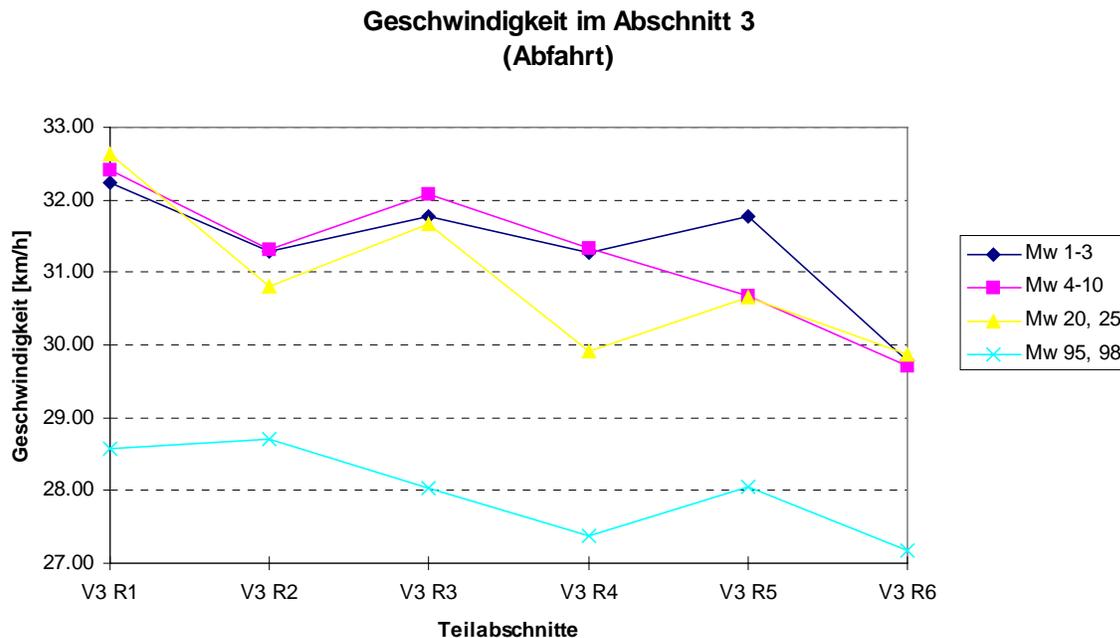


Abbildung 11 Mittlere Geschwindigkeiten [km/h] im Abschnitt 3 über 6 Runden (Abfahrt)

In der Abfahrt erreichen die Fahrer mit Plazierungen unter 25 annähernd gleiche Leistungen. Lediglich die weiter hinten plazierten Athleten fallen hier gegenüber den anderen Gruppen ab. Es ist zu vermuten, daß diese Fahrer die Abfahrt zur Erholung benötigen, was dadurch bestätigt wird, daß hier immer wieder Phasen mit niedrigen Leistungen und relativ geringen Trittfrequenzen zu finden sind. Bei allen Gruppen läßt sich eine Reduktion der mittleren Geschwindigkeiten im Laufe des Rennens erkennen.

Von Interesse ist nun, wie weit die Fahrer der Plazierungen 95, 98 ihre Leistungen steigern müßten, um eine vordere Platzierung zu erreichen. Mittels der im folgenden beschriebenen Modellrechnung, die den Einfluß des Körpergewichts berücksichtigt, ist eine annähernde Bestimmung dieser Leistungsdifferenzen möglich. Das Gewicht des Fahrrades bleibt hier ausgeklammert, da man davon ausgehen kann, daß hier nur unwesentliche Unterschiede bestehen.

Geht man von einer linearen Beziehung zwischen Leistung und Geschwindigkeit aus, was bei einer Vernachlässigung von Rad- und Luftwiderstandsleistung möglich ist, kann man aus den ermittelten mittleren Geschwindigkeiten und den dazu notwendigen Leistungen für die jeweiligen Rennabschnitte hypothetische Wattleistungen berechnen (zur Annahme einer

linearen Beziehung vergl. GRESSMANN 1993, 58). Sinnvollerweise relativiert man diese auf das Körpergewicht, um eine Vergleichbarkeit von verschiedenen Athleten herzustellen. Als Ergebnis erhält man einen Faktor, der für ein vorgegebenes Gewicht eine Berechnung der notwendigen Leistung für eine bestimmte Geschwindigkeit ermöglicht. Die Berechnung dieser Faktoren bezieht sich in der folgenden Auswertung natürlich immer auf die einzelnen Teilabschnitte der Strecke.

Beispiel: Die beiden Athleten SCR und LAC erreichten im Mittel im ersten Abschnitt des Rennens folgende Werte:

	mittl. Leistung [Watt]	mittl. Geschw [km/h]	mittl. Rel. Leist. [Watt/kg]
SCR	410,6	19,37	5,33
LAC	352,2	18,6	5,10

SCR wiegt 77 kg, LAC 69kg.

Daraus folgt, daß ein Geschwindigkeitsfaktor berechnet werden kann, der eine Vorhersage der Geschwindigkeit bzw. bei bekannter Geschwindigkeit die Berechnung der relativen Leistung ermöglicht.

V-Faktor [km/h / Watt/kg]:

SCR	$19,37/5,33 = 3,63$
LAC	$18,60/5,10 = 3,65$

Aus diesen beiden Angaben wurde ein mittlerer V-Faktor bestimmt und für die weiteren Verrechnungen verwendet. Kennt man die mittlere Geschwindigkeit eines Fahrers kann man nun hochrechnen, wieviel relative Leistung der Fahrer erbringen mußte. Diese berechneten Werte lassen sich als hypothetische relative Leistungen beschreiben. Über die Kenntnis des Gewichts des Fahrer kann dann sogar die absolute Leistung berechnet werden.

Beispiel: Die Erstplatzierten fahren eine mittlere Geschwindigkeit im ersten Abschnitt der ersten Runde von 24,46 km/h. Teilt man diese Geschwindigkeit durch den v-Faktor (3,64) erhält man die hypothetische relative Leistung von 6,72 [Watt/kg]. Geht man weiter davon aus, daß ein Fahrer wie Frischknecht ca. 65 kg wiegt, so mußte er im Mittel 436,8 Watt leisten. Er leistete somit etwas mehr als der Fahrer SCR konnte aber aufgrund seines geringeren Gewichts einen größeren Vorsprung herausfahren.

In Abbildung 12 sind diese hypothetisch berechneten relativen Leistungen grafisch dargestellt. Die ersten 6 Werte entsprechen dem ersten Abschnitt, die zweiten 6 dem zweiten Abschnitt und die letzten 6 Werte dem dritten Abschnitt.

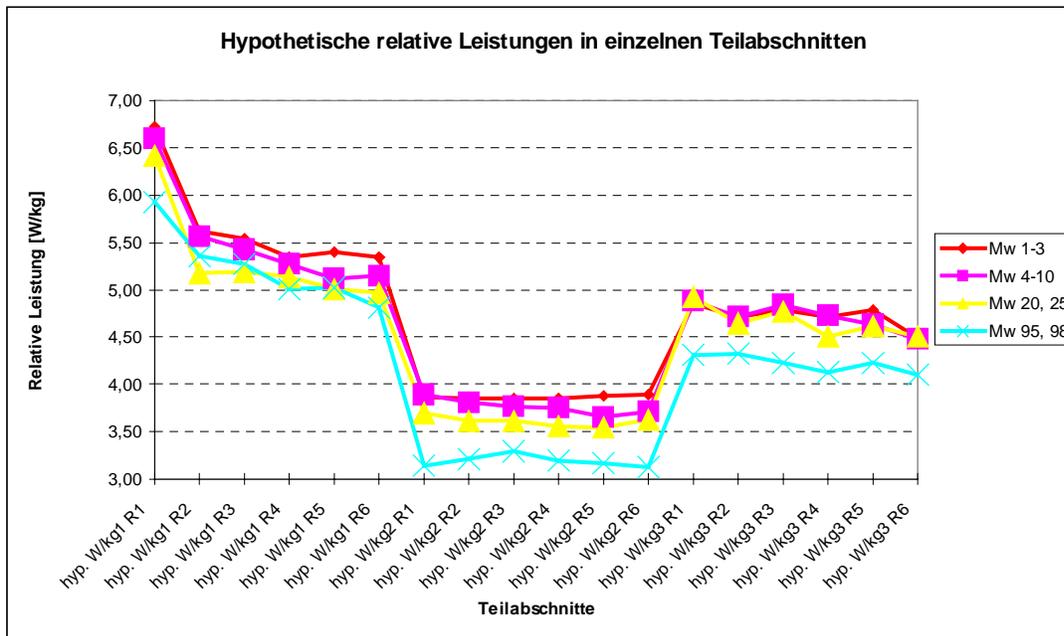


Abbildung 12 Hypothetisch berechnete relative Leistungen [Watt/kg] in den drei Abschnitten über 6 Runden

Es wird deutlich, daß in den drei Abschnitten unterschiedliche relative Leistungen notwendig sind. Insbesondere im zweiten und dritten Abschnitt entstehen größere Differenzen. Exemplarisch läßt sich aus den Werten berechnen, welche Leistungen notwendig wären, um in der Spitzengruppe mitzufahren. Dies ist im folgenden für den Mittelwert der Athleten SCR und LAC an jeweils einem Beispiel aus der zweiten Runde dargestellt.

Abschnitt	rel. Leistung-Ist [W/kg]	rel. Leistung-Soll [W/kg]	Proz. Differenz [%]
1	5,35	5,63	-4,97%
2	3,21	3,85	-16,62%
3	4,33	4,72	-8,26%

Am Beispiel des Athleten SCR würde das folgende absolute Leistungen ergeben (Körpergewicht 77 kg):

Abschnitt	Leistung-Ist [W]	Leistung-Soll [W]	Proz. Differenz [%]
1	412	434	-5%
2	247	296	-17%
3	333	363	-8%

Diesem Athleten fehlen also je nach Abschnitt zwischen 5 und 17 % an absoluter Leistung. Wäre er in der Lage, seine Leistungen um diese Werte zu steigern, könnte er vordere Plätze belegen.

Diese Abschätzungen stellen allerdings eher eine Unterschätzung der realen Situation dar. Dadurch, daß Faktoren wie z.B. der Luftwiderstand aus der Betrachtung ausgeklammert wurden, sind die prozentualen Differenzen unter Umständen sogar noch etwas höher einzuschätzen.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die große Differenz im mittleren Abschnitt. Dieser, von uns eher als technisch anspruchsvoll beurteilter Abschnitt ist durch einen häufigen Wechsel von kurzen Stichen und Abfahrten gekennzeichnet. Gerade der Wechsel zwischen kurzen Antritten und damit immer wieder auftretenden kurzen anaeroben Belastungen und den

folgenden Flachstücken bzw. Abfahrten scheint dem dargestellten Athleten nicht ausreichend zu gelingen.

## ***5. Diskussion der Ergebnisse***

Die durchgeführten Teilstreckenanalysen haben aufgezeigt, daß

1. schon früh im Rennen ein hoher Zusammenhang der Zwischenplatzierungen mit der Endplatzierung besteht. Dies bedeutet, daß die Leistungsunterschiede schon sehr früh im Rennen zu einer Ausdifferenzierung führen. Gute Fahrer unterscheiden sich von schlechteren Fahrern dadurch, daß sie von Anfang an Spitzenpositionen erreichen. Ein Vorfahren von hinteren Plätzen auf vordere Ränge findet sich im Rennen von St. Wendel nicht! Dies unterstreicht noch einmal den Zeitfahrcharakter eines Mountainbikerennens. Allerdings sollte daraus nicht als Schlußfolgerung abgeleitet werden, daß leistungsschwächere Fahrer von Beginn an versuchen sollten, auf vordere Plätze zu fahren. Im Verlauf des Rennens zeigt sich nämlich, daß die stärkeren Fahrer zusätzlich auch noch geringere Leistungseinbußen bzw. z.T. sogar Leistungszuwächse aufweisen. Auch dies führt zur Ausdifferenzierung der leistungsstarken von den leistungsschwächeren Fahrern.

2. insbesondere einzelne Abschnitte des Rennens große Bedeutung für die Ausdifferenzierung der Fahrer haben. Das hier verwandte grobe Raster (3 Teilabschnitte) zeigt, daß in definierten Teilabschnitten wertvolle Informationen über Stärken und Schwächen von einzelnen Fahrern ermittelt werden können. So könnten die relativ großen Unterschiede im zweiten Abschnitt wie folgt interpretiert werden: im Abschnitt 2 wird von den Fahrern ein ständiger Belastungswechsel abgefordert. Eine sehr gut ausgeprägte anaerobe Kapazität (alaktazid, laktazid) und eine verbesserte Erholungsfähigkeit (Laktatelimination, Phosphatresynthese, aerobe Kapazität) könnten insbesondere in Abschnitten mit derartigen wechselnden Belastungen Leistungsdifferenzierungen bewirken. Sollte sich diese Hypothese bestätigen, müßten im Training des Mountainbikers natürlich entsprechende Inhalte verankert werden. In einer komplexen Leistungsdiagnose sind dann die Tests dem oben ansatzweise skizzierten Anforderungsprofil anzupassen. In diesem Zusammenhang wäre es sinnvoll, einen spezifischen anaeroben Test zu entwickeln, der der ständig wechselnden Belastung in einem Mountainbikerennen gerecht wird. Gedacht ist hierbei an eine intervallähnliche Belastung, die im Wechsel anaerobe und aerobe Belastungen vorgibt. Dabei ist aus theoretischen Überlegungen zum Energiestoffwechsel (anaerobe Kapazität, Erholungsfähigkeit) und den dann vorliegenden Ergebnissen aus Wettkämpfen ein Testprotokoll zu entwickeln. Eine Validierung der Leistungsdiagnose anhand von Wettkampfdaten könnte hier wichtige Hinweise geben.

Aus den SRM-Messungen ergeben sich ebenfalls einige interessante Aspekte:

Beide Fahrer fahren über 2/3 des Rennens mit Leistungen, die oberhalb der anaeroben Schwelle liegen. Dies ist auf den ersten Blick sehr überraschend. Bei Fahrzeiten von 2:30 Stunden müssen die Fahrer über eine gut ausgeprägte Erholungsfähigkeit verfügen, um diese hohen Leistungen aufrecht zu erhalten. Daß die Belastungen weitgehend oberhalb der anaeroben Schwelle angesiedelt sind, belegen auch die geringen Schwankungen in der Pulsfrequenz. Kritisch bleibt anzumerken, daß die anaerobe Schwelle üblicherweise aus dem Stufentest ermittelt wird. Denkbar wäre in diesem Zusammenhang auch eine Unterschätzung der Schwelle im Stufentest. So wissen wir aus den Ergebnissen eines maximalen Kurztests über 75s, daß die Fahrer hier nach ca. 60 s ein Leistungsplateau erreichen. Dieses bewegt sich bei

den hier beschriebenen Fahrern zwischen 350 und 380 Watt. Aus weiteren Untersuchungen mit Bahnradfahrern wissen wir, daß die Leistungen, die in diesem Plateau erreicht werden, z.T. über mehrere Minuten (>10 min) aufrechterhalten werden können. Da die Energiebereitstellung dann überwiegend aerob erfolgen muß, trotzdem aber deutlich höhere Leistungen als die der anaeroben Schwelle aus dem Stufentest gemessen werden, ist zumindest eine gewisse Skepsis gegenüber der anaeroben Schwelle aus dem Stufentest angebracht. Aus den Ergebnissen läßt sich zumindest ableiten, daß für den Mountainbiker durch die ständig wechselnden Belastungen eine gute Erholungsfähigkeit Voraussetzung für hohe Leistungen ist. Die Entwicklung dieser Erholungsfähigkeit (Laktatelimination, Phosphatresynthese, aerobe Kapazität) sollte daher auch wesentlicher Bestandteil des Trainings sein.

Der Einfluß des Körpergewichts wird durch die SRM-Messungen deutlich. Der Fahrer SCR muß aufgrund seines höheren Gewichts höhere absolute Leistungen erbringen, um die gleichen Fahrgeschwindigkeiten wie der Fahrer LAC zu erreichen. Kommen dann noch ungünstige Bodenverhältnisse hinzu, verschlechtern sich die Leistungsvoraussetzungen von schweren Fahrern weiter. Die obige Modellrechnung konnte zeigen, daß im ersten Abschnitt (Anstieg) ca. 5-7 Watt pro Kilogramm Körpergewicht aufgebracht werden mußten. Eine Gewichtsreduktion, die optimalerweise am Fahrrad vorgenommen wird, kann zu weiteren Steigerungen der Fahrgeschwindigkeit führen.

Abschließend muß angemerkt werden, daß es sich bei dieser Untersuchung um eine erste Pilotstudie handelt. Die mit dem SRM-System untersuchten Fahrer gehörten nicht zu den vorderen Plazierten. Es ist daher anzustreben, weitere Untersuchungen mit höherklassigen Athleten durchzuführen. Dadurch kann auch die Zahl der untersuchten Fälle erhöht werden. Weitere Untersuchungen in Weltcuprennen bzw. bei deutschen Spitzenrennen werden im Rahmen eines vom Bundesinstitutes für Sportwissenschaft finanzierten Projekts durchgeführt werden.

## **6. Literatur**

- ARNOLD, M.P./FRIEDERICH, N.F./SOMMER, C.J.: Das Mountainbike - ein moderner Kniekiller?  
Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie 1997, 45, 1, 37-39
- BRÜGGENJÜRGEN, B./KÜRSCHNER, M.: Handbuch für Mountain-Biking. Technik - Training -  
Tourenvorbereitung. Aachen 1991
- BÜHRLE, M./HUBER, G./JAKOB, E./KIBELE, A./STOCKHAUSEN, W.: Der Einfluß des  
Maximalkraftniveaus auf die Kraft-Ausdauer-Leistungen im anaeroben und aeroben Bereich.  
Abschlußbericht BISP Projekt 040/06/07/87. Freiburg 1988
- CINQUE, C.: Mountain biking: does rough terrain make rugged riders? The physician and  
sportsmedicine, 1987, 15, 3, 184-190
- DUDLEY, G.A./DJAMIL, R.: Incompatibility of endurance- and strength-training modes of exercise.  
Journal of applied Physiology 1985, 59, 1446-1451
- FREUND, H./OYO, S./HEITZ, A./MARBACH, J./GARTNER, M./PAGE, A.: Comparative lactate  
kinetics after short and prolonged submaximal exercises. International Journal of Sports  
Medicine 1990, 11, 284-288
- GERIG, U./FRISCHKNECHT, T.: Mountainbiking. In: WEISS, C. (Red.): Handbuch Radsport.  
München 1996, 305-376
- GRESSMANN; M.: Fahrradphysik und Biomechanik. Kiel 1993.
- HECK, H.: Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik. Studienbrief der  
Trainerakademie Köln des Deutschen Sportbundes. Schorndorf 1990

- HICKSON, R.C./DVORAK, B.A./GOROSTIAGA, E.M./KUROWSKI, T.T./FOSTER, C.: Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology* 1988, 65, 2285-2290
- HILLEBRECHT, M./SCHWIRTZ, A./STAPELFELDT, B./SCHUMACHER, O./MÜLLER, P./JÖRDENS, K.: Anforderungsprofil Mountainbike - eine Pilotstudie. Projektbericht DSB Nr. 8205/5, Freiburg 1997
- HULL, M.L./WANG, E.L./MOORE, D.F.: An empirical model for determining the radial force-deflection behavior of off-road bicycle tires. 1996. [http://cyclingscience.com/cs/spring96\\_01.html](http://cyclingscience.com/cs/spring96_01.html)
- KERNMAYER, F./HABER, P./PODOLSKY, A.: Aerobe Kapazität, Maximalkraft, Kraftausdauer und sportliche Leistung bei Radrennfahrern. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 1990, 41, 244-248
- KÖHLER, B./VÖLKER, K.: Belastungscharakteristika beim Mountainbiking - Plädoyer für eine sorgfältige sportmedizinische Betreuung. *TW Sport und Medizin* 1994, 6, 100-104
- KÖHLER, B./VÖLKER, K./BARGFELD, A.: Belastungscharakteristika beim Mountainbikefahren auf verschiedenen Böden. In: LIESEN, H./WEISS, M./BRAUN, M. (Hrsg.): *Regulations- und Repairmechanismen*. 33. Sportärztekongreß, Köln 1994, 129-137
- LEDL-KURKOWSKI, E./DALUS, E./AIGNER, A.: Ausdauer-Leistungsfähigkeit von Mountainbikefahrern. *Österreichisches Journal für Sportmedizin* 1994, 24, 76-78
- LINDSAY, F.H./HAWLEY, J.A./MYBURGH, K.H./SCHOMER, H.H./NOAKES, T.D./DENNIS, S.C.: Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine and science in sports and exercise* 1996, 28, 11, 1427-1434
- MARCINIK, E.J./POTTS, J./SCHLABACH, G./WILL, S./DAWSON, P./HURLEY, B.F.: Effects of strength training in lactate threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1991, 23, 739-743
- NEEDLE, S.A./HULL, M.L.: An off-road bicycle with adjustable suspension kinematics. 1997. [http://cyclingscience.com/cs/spring97\\_01.html](http://cyclingscience.com/cs/spring97_01.html)
- SCHMIDT, A.: *Mountainbiketraining für Anfänger und Profis*. Aachen 1997
- SCHWIRTZ, A./STOCKHAUSEN, W./CORDES, T./HILLEBRECHT, M./ OEHME, W./LYCHARTZ, S.: Sportwissenschaftliche Beratung mit Hilfe einer Trainings- und Leistungsdatendokumentation im Radsport. In: PERL, J. (Hrsg.): *Sport und Informatik V*. Köln 1997a, 25-38
- SCHWIRTZ, A./STAPELFELDT, B./HILLEBRECHT, M./STOCKHAUSEN, W.: Muskuläre Koordination und Beanspruchung im Stufentest bei Eliteradfahrern. Beitrag beim 4. Symposium der dvs-Sektion Biomechanik, Prävention und Rehabilitation, Oldenburg im April 1997b (in Druck)
- SEIFERT, J.G./ LUETKEMEIER, M.J./SPENCER, M.K./MILLER, D./BURKE, E.R.: The effects of mountain bike suspension systems on energy expenditure, physical exertion, and time trial performance during mountain bicycling. *Int. J. Sports Med.* 1997, 18, 197-200
- STOCKHAUSEN, W.: *Medizin*. In: WEISS, C. (Red.): *Handbuch Radsport*. München 1996, 421-500
- ZINTL, F.: *Trainingslehre*. In: WEISS, C. (Red.): *Handbuch Radsport*. München 1996, 73-116