

5.3 Einfluß äußerer Faktoren wie Böden und Gewicht auf die Belastungsparameter beim breitensportlichen Fahrradfahren

Wie bisher mehrfach angesprochen bestimmt neben der Steigung eines Geländes u. a. die Bodenbeschaffenheit die Leistungsanforderung und hämodynamische Reaktion beim breitensportlichen Fahrradfahren, insbesondere beim Mountainbiken. Auch das Gewicht hat einen deutlichen Einfluß auf die Belastungsparameter.

In sachlogischen Zusammenhängen wurden zwar schon im Verlauf der Diskussion einige Aspekte zum Einfluß der Böden und des Gewichts auf die Belastungsparameter aufgeführt und kritisch betrachtet, die Diskussion der Untersuchungsergebnisse der einzelnen Teilstudien zum Einfluß der Böden und des Gewichts soll dennoch unter diesem Unterpunkt konsistent erfolgen.

5.3.1 Einfluß verschiedener Böden auf die Belastungsparameter beim breitensportlichen Mountainbiking

Vorbemerkungen

Wie die Fragebogenauswertung der Teilstudien »Mountainbiker-1« und »Mountainbiker-2« bestätigte, zeigte sich insgesamt eine mit wechselnden Widerständen verbundene Nutzung vielfältiger Böden beim Mountainbiking.

Im Speziellen führten die »Mountainbiker« ihr Training auf verschiedenen Böden aus. Die »Mountainbiker-1« fuhren zu fast der Hälfte auf Waldboden, zu fast einem Drittel auf Asphalt und zu etwa einem Fünftel auf Schotter; Sand, Wiese oder sonstige Böden wurden insgesamt zu fast 7 Prozent genutzt (Abbildung 3.3-36). Auf der Grundlage einer frei zu beantwortenden Frage nach der Geländeart nannten gut die Hälfte der »Mountainbiker-2« als bevorzugten Boden den Waldboden und etwa ein Fünftel der Probanden den Asphalt; ein Proband fuhr auf Feldboden (Abbildung 3.4-23).

Die verschiedenen Böden zeigten auch eine subjektiv unterschiedlich eingeschätzte qualitative Beschaffenheit. So wurde bei den »Mountainbikern-1« der überwiegend gewählte Waldboden von 41,0 % der Probanden als weich eingeschätzt, Sand bzw. Wiese wurden von 23,0 bzw. 18,0 % der Probanden als weich empfunden. Der Schotterboden wurde überwiegend (37,7 % der Probanden) und der Asphalt eindeutig (88,5 % der Probanden) als hart eingestuft (Abbildung 3.3-37).

Vor diesem Hintergrund, einer beim Mountainbiking mit wechselnden Widerständen verbundenen Nutzung vielfältiger Böden einerseits und dem Mangel wissenschaftlich abgesicherter Erkenntnisse zum Einfluß verschiedener Böden auf die Belastungsparameter beim Mountainbiking andererseits, wurde ein systematischer Vergleich von Fahrradfahrten auf

vier verschiedenen Böden in drei subjektiv gewählten Geschwindigkeiten durchgeführt.

Insgesamt handelte es sich bei dem untersuchten Kollektiv um eine Gruppe von Freizeitsportlern, von denen man aufgrund ihres wöchentlichen Trainingsumfangs für zusätzlich zum Fahrradfahren betriebene Sportarten von im Mittel 6,8 h (Abbildung 3.5-14) und für das Fahrradfahren von im Mittel 6,1 h (Abbildung 3.5-16) einen relativ guten Trainingszustand annehmen kann. Eine objektive normbezogene Leistungsbeurteilung ist nicht möglich, da keine fahrradergometrischen Untersuchungsergebnisse vorliegen.

Systematischer Vergleich von Fahrradfahrten auf vier verschiedenen Böden in drei subjektiv gewählten Geschwindigkeiten

Im Zusammenhang mit den frei gewählten Belastungen bei subjektiv gewählter Geschwindigkeit ist zunächst folgendes auffällig. Das Fahren in subjektiv festgelegter langsamer Geschwindigkeit war im Vergleich der Böden mit stark differierender Leistung und Herzfrequenz verbunden, wobei systematisch das Fahren auf Wattboden die höchsten, das Fahren auf Waldboden und Feldweg mittlere und das Fahren auf der Straße die niedrigsten Anfangswerte zeigte (Abbildung 5.3-1). Die gewählten Maximalwerte bei subjektiv festgelegter hoher Geschwindigkeit erreichten hingegen auf den einzelnen Böden trotz der unterschiedlichen Startbelastungen und -herzfrequenzen ähnliche Dimensionen. Sowohl die Herzfrequenz- als auch die RPE-Werte unterschieden sich bei hoher Geschwindigkeitsstufe nicht signifikant voneinander (Abbildungen 3.5-5 bis 3.5-7).

Es ist zu vermuten, daß die gewählte Anfangsgeschwindigkeit mit der Qualität des Bodens in Verbindung steht. Das Fahren auf einem weichen Untergrund wie dem Wattboden erlaubt das Fahren in vergleichsweise sehr geringer Geschwindigkeit und ist aufgrund des hohen Widerstandes verbunden mit einer vergleichsweise hohen Leistungsanforderung und hohen hämodynamischen Reaktion; eine wesentlich geringere Geschwindigkeitswahl wäre infolge eines Stabilitätsverlusts gar nicht möglich. Auf der Straße hingegen ist es bei absolut höherer Geschwindigkeit wegen des geringeren Rollwiderstandes möglich, eine niedrigere Belastung mit entsprechend niedrigerer Herzfrequenzreaktion zu wählen. Dies erklärt somit die unterschiedlichen Startbelastungen beim Fahren auf verschiedenen Böden. Die Endgeschwindigkeit wurde beim Fahren auf den verschiedenen Böden hingegen so gewählt, daß das Leistungs- und das Herzfrequenzspektrum nach oben bis in gleiche Dimensionen weitgehend ausgeschöpft wurden.

Somit resultierte ein in umgekehrt proportionaler Abhängigkeit vom Widerstand des Bodens stehendes Leistungs- und Herzfrequenzspektrum beim Fahren auf den verschiedenen Böden; je höher der Widerstand des Bodens, desto höher war die mögliche Startbelastung und -herzfrequenz und um so geringer das verbleibende Leistungs- und Herzfrequenzspektrum für das Fahren auf dem speziellen Boden. Mit der Zunahme des Widerstands des Bodens lag somit das verfügbare Leistungs- und Herzfrequenzspektrum zunehmend im höheren Belastungsbereich.

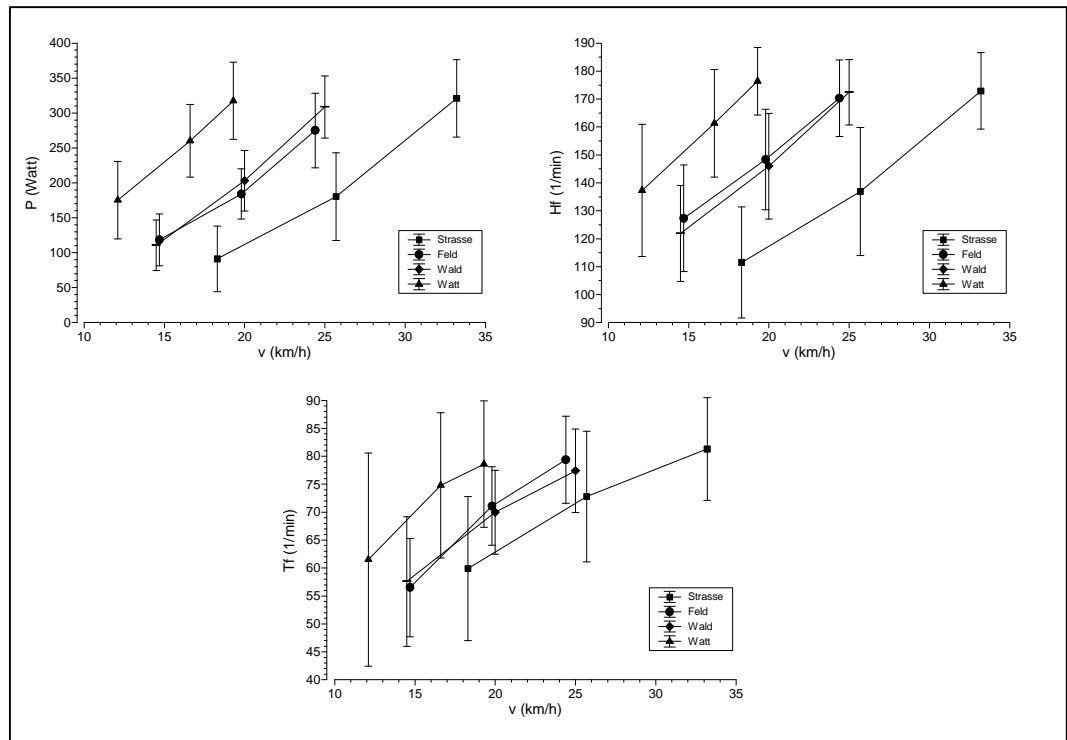


Abbildung 5.3–1: Leistung, Herzfrequenz und Tretfrequenz in Abhängigkeit von der absoluten Geschwindigkeit beim Fahrradfahren auf 4 verschiedenen Böden in drei subjektiv festgelegten Geschwindigkeitsstufen für die freizeitsportlichen Fahrradfahrer (Studie „Vergleich verschiedener Böden“) (n=22)

Beim Radfahren mit absolut gleicher Geschwindigkeit resultierten für die unterschiedlichen Böden trotz der Wahl unterschiedlicher Übersetzungen z. T. beachtliche Unterschiede in der Leistung, der Herzfrequenz und der Tretfrequenz (Abbildung 5.3–1). Bezogen auf 19 km/h ergab der Vergleich der Böden bei linearer Interpolation der Werte eine Differenz der Werte von im Mittel 212 Watt für die Leistung, von 61 min^{-1} für die Herzfrequenz und von 17 min^{-1} für die Tretfrequenz (Abbildung 5.3–2); die zu erbringende Leistung bei 19 km/h lag beispielsweise auf Wattboden etwa dreimal höher als bei vergleichbarer Geschwindigkeit auf der Straße (311,1 Watt zu 99,5 Watt). Insgesamt zeigte der Vergleich der Böden für die genannten Parameter die jeweils höchsten Werte auf Wattboden und die jeweils niedrigsten auf der Straße; die Werte für das Fahren auf Feld- und Waldboden lagen für alle genannten Parameter jeweils etwa in der Mitte der Extremwerte von Straße und Wattboden.

Parameter Boden	Interpolierte Werte bei 19 km/h		
	P (Watt)	Hf (1/min)	Tf (1/min)
Straße	99,5	113,8	61,1
Wald	182,9	141,6	67,7
Feld	171,6	145,0	68,8
Watt	311,1	174,7	78,2

Abbildung 5.3–2: Leistung, Herzfrequenz und Tretfrequenz bezogen auf 19 km/h bei linearer Interpolation für die freizeitsportlichen Fahrradfahrer (Studie „Vergleich verschiedener Böden“) (n=22)

Die beobachtete beachtliche Differenz besonders der Leistung und der Herzfrequenz beim Fahren auf unterschiedlichen Böden belegt somit, daß der Untergrund ein stark mitbestimmender Faktor für das breite Spektrum der Leistungsanforderung und der resultierenden hämodynamischen Reaktion beim Mountainbiken ist. Daher sollten mountainbikespezifische Trainingsempfehlungen immer eine Angabe zum entsprechenden Boden enthalten.

Trotz der großen absoluten Differenzen beim Fahren auf unterschiedlichen Böden bei vergleichbarer Geschwindigkeit blieben die Beziehungen Geschwindigkeit und Leistung sowie Geschwindigkeit und Herzfrequenz jeweils trotz unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit weitgehend konstant (Abbildung 5.3-1). Sie zeigten jeweils für die 4 Böden überwiegend einen statistisch abgesicherten linearen (Abbildung 3.5-11) und im Verhältnis zur Geschwindigkeit statistisch abgesicherten parallel verschobenen Anstieg, wobei gleiche Anstiege für die Leistung in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit im Vergleich der Böden nur für den oberen Leistungsbereich ab 176 Watt zu sichern waren (Abbildung 3.5-12).

Die Beziehung Geschwindigkeit und Tretfrequenz zeigte überwiegend keine statistisch abgesicherten linearen Beziehungen; gleiche Anstiege fanden sich nur im oberen Tretfrequenzbereich ab 68 min⁻¹ (Abbildung 3.5-11, Abbildung 3.5-12).

Dies erklärt sich vor dem Hintergrund folgender weiterer Sachverhalte.

1) Da sich einerseits die Tretfrequenzen bei gleicher Geschwindigkeitsstufe unabhängig vom Boden nicht nennenswert voneinander unterscheiden und andererseits mit jeweils höherer Geschwindigkeitsstufe signifikant höhere Tretfrequenzen zu beobachten waren (Abbildung 3.5-5), kann vermutet werden, daß die Wahl der Tretfrequenz unabhängig vom Boden, aber in einer gewissen Abhängigkeit von der Geschwindigkeit erfolgt.

Durch die jeweilige Wahl höherer Tretfrequenzen bei jeweils höherer Geschwindigkeitsstufe bestätigte sich die Umsetzung eines alt bekannten Grundsatzes der Trainingslehre, mit höherer Tretfrequenz die Kraftkomponente beim Fahrradfahren zu reduzieren.

2) Weiterhin war für die Wahl der Übersetzung ein systematischer und signifikanter Einfluß der verschiedenen Böden und der Geschwindigkeit erkennbar (Abbildung 3.5-5, Abbildung 3.5-6). Die Probanden wählten bei jeweils höherer Geschwindigkeitsstufe auf allen vier Böden ein höheres Übersetzungsverhältnis (Abbildung 3.5-4); auch wurden in der Reihenfolge Watt, Feld, Wald und Straße auf allen Geschwindigkeitsstufen jeweils mit größeren Übersetzungen gefahren.

Somit läßt sich vermuten, daß die Probanden beim Fahren auf Böden, die einen unterschiedlichen Widerstand bieten, durch die entsprechende Wahl der Tretfrequenzen - unabhängig vom Boden, aber in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit - und der entsprechenden Übersetzungsverhältnisse - in Abhängigkeit von Boden und Geschwindigkeit - für gleiche Kraftbelastungen sorgten. Dies könnte als Erklärung für die konstante Beziehung zwischen Herzfrequenz bzw. Leistung und Geschwindigkeit sowie der nicht systematischen Beziehung von Tretfrequenz und

Geschwindigkeit, jeweils unabhängig von der Bodenbeschaffenheit, herangezogen werden.

Resümee

Vor dem Hintergrund der Feldtestuntersuchung auf vier verschiedenen Böden in drei unterschiedlichen subjektiv gewählten Geschwindigkeiten sollen folgende Erkenntnisse zusammenfassend hervorgehoben werden:

- ◆ Bei vergleichbarer Geschwindigkeit bestanden beim Fahren auf unterschiedlichen Böden deutliche Differenzen insbesondere für die Leistung, aber auch für die Herzfrequenz und die Tretfrequenz.
- ◆ Bei Wahrung der konstanten Beziehung von Geschwindigkeit und Leistung bzw. Geschwindigkeit und Herzfrequenz unabhängig vom Widerstand des Bodens lag mit der Zunahme des Widerstands des Bodens das verfügbare Leistungs- und Herzfrequenzspektrum zunehmend im höheren Belastungsbereich.
- ◆ Die Wahl der Tretfrequenz erfolgte geschwindigkeitsabhängig und unabhängig vom Boden; die Wahl der Übersetzung wurde durch die gewählte Geschwindigkeit und den entsprechenden Böden bedingt.

5.3.2 Einfluß von Gewicht auf die Belastungsparameter beim breitensportlichen Fahrradfahren

Vorbemerkungen

Da diese Untersuchung nur an 5 Probanden durchgeführt wurde, kann sie nur Tendenzen aufzeigen. Eine Generalisierung der Ergebnisse bedarf der Abprüfung an einem größeren Probandenkollektiv.

Bei dem untersuchten fünfköpfigen Kollektiv handelte es sich um eine Gruppe, deren fahrradergometrisch ermittelte Leistungsfähigkeit im Mittel 48 Prozent über der alters- und gewichtsabhängigen Norm lag (s. Kapitel 2.2.1, Kapitel 3.6.4).

Die relativ hohe Leistungsfähigkeit der Untersuchungsgruppe war sicherlich ein Resultat des im Fragebogen angegebenen relativ hohen Trainingsumfangs der einzelnen Probanden. Alle 5 Probanden fuhren im Mittel 8,4 h/Woche mit dem Mountainbike (Abbildung 3.6-12), drei Probanden fuhren außer mit dem Mountainbike noch im Mittel 6,5 h/Woche mit dem Fahrrad (Abbildung 3.6-11), und 4 Probanden übten neben dem Fahrradfahren noch im Mittel 2,9 h/Woche andere sportliche Aktivitäten aus (Abbildung 3.6-10). Nur ein Proband betrieb neben dem Fahrradfahren keinen weiteren Sport (Abbildung 3.6-9).

Systematischer Vergleich von Fahrradfahrten ohne und mit unterschiedlichen Zusatzlasten

Da neben einer vorgegebenen fixen Tretfrequenz von 75 U/min das einmal festgelegte in einem schmalen Bereich wählbare Übersetzungsverhältnis und somit auch die Geschwindigkeit über alle vier Fahrten gleich blieb, unterschieden sich die unabhängigen Variablen (T_{fmw} , T_{fmax} , v_{mw} , v_{max} , t_{ges} , s) erwartungsgemäß bei den Fahrten mit unterschiedlichen Lasten mit einer Ausnahme statistisch nicht voneinander (Abbildung 3.6-5, Abbildung 3.6-6). Nur die mittlere Geschwindigkeit beim Fahren mit Zusatzlast von 45 kg war mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % signifikant niedriger als bei allen anderen Fahrten mit Zusatzlast. In diesem Zusammenhang ist zu vermuten, daß die Probanden nicht über eine genügende Kraftausdauer bei der Fahrt mit der hohen Zusatzlast verfügten, um die entsprechende Geschwindigkeit halten zu können.

Hingegen nahmen mit jeweils höherem Gewicht im Mittel alle abhängigen Variablen ausnahmslos (P_{mw} , P_{max} , H_{fmw} , H_{fmax} , RPE, La_{max} , E_v) signifikant zu (Abbildung 3.6-5, Abbildung 3.6-6). Im Speziellen war die konstante Zunahme der Zusatzlast - um jeweils 15 kg bis insgesamt 45 kg bei vorgegebener konstanter Trittfrequenz - mit einer linearen Erhöhung der mittleren Leistung und folglich des mittleren näherungsweise berechneten Energieverbrauchs sowie einer linearen Erhöhung der mittleren Herzfrequenz verbunden (Abbildung 3.6-6, Abbildung 3.6-7). In Korrespondenz hiermit stieg auch der mittlere RPE-Wert mit zunehmender Zusatzlast linear an und bestätigt somit indirekt den hohen Zusammenhang von RPE und Herzfrequenz (BORG 1962, BORG/LINDERHOLM 1970, EDWARDS et al. 1972, SKINNER 1969) sowie von RPE und Leistung (ULMER et al. 1977). Die gefundenen linearen Verläufe für die genannten Parameter der vorliegenden Untersuchung ließen sich ausnahmslos statistisch sichern.

Die mit zunehmender Zusatzlast beobachtete lineare Zunahme des Laktats hingegen muß vor dem Hintergrund der einzelnen Fahrten relativiert werden. Mit der Zunahme von Gewicht bzw. Leistung ist nach heutiger wissenschaftlicher Erkenntnis im unteren Belastungsbereich kein oder nur ein mäßiger Laktatanstieg zu erwarten, um dann im Bereich des aerob-anaeroben Übergangs deutlich anzusteigen. Solch ein eher exponentieller Verlauf fand sich für drei von 5 Fahrten. Ein Proband zeigte mit der Zunahme der Zusatzlast einen linearen Anstieg bis 3,4 mmol/l Laktat. Von diesem Probanden ist anzunehmen, daß dieser die gewählte Leistung selbst bei einer Zusatzlast von 45 kg aerob bewältigen konnte und somit erst bei höherer Zusatzlast in den exponentiellen Laktatanstiegsbereich gelangen würde. Ein weiterer Proband zeigte trotz eines Endlaktats von 5,5 mmol/l bei 45 kg Zusatzlast auch einen mit der Zunahme der Zusatzlast eher linearen Laktatanstieg. Ob der aerob-anaerobe Übergang bei diesem Probanden etwas in höhere Laktatwerte verschoben ist, oder ob sich in dieser Meßreihe ein Meßfehler eingeschlichen hat, muß offen bleiben.

Der mit zunehmender Zusatzlast im Mittel beobachtete lineare Laktatanstieg ist somit als Resultat verschiedener individuellen Laktatreaktionen

aufgrund unterschiedlicher Beanspruchung der einzelnen Probanden zu interpretieren.

Sportpraktische Bedeutung

Bedeutung hat diese Untersuchung vor allem für Tourenradfahrer, die mit Gepäck reisen. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, daß eine Fahrt mit einem zusätzlichen Gewicht von z. B. 30 kg im Vergleich zu einer Fahrt ohne Zusatzlast bei leicht ansteigendem Gelände, bei einer mittleren Übersetzung und bei einer Tretfrequenz von 75 U/min verbunden war mit einer um 45 Watt höheren Leistung, mit einer um 10 min^{-1} höheren Herzfrequenz, mit einem höheren Laktatspiegel je nach individueller Beanspruchungsreaktion und mit einem höheren subjektiven Belastungsempfinden (3,4 Punkte) (Abbildung 3.6-4). Eine Fahrt unter erschwerten Bedingungen z. B. in einem steileren Gelände, auf einem Boden mit hohem Rollwiderstand oder mit Gegenwind wäre mit noch extremeren Reaktionen der einzelnen Parameter verbunden. So sollte man sich vor der Fahrt konkrete Gedanken über die Höhe einer Zusatzlast und das Ausmaß der damit verbundenen physiologischen Reaktionen bzw. den Anstrengungsgrad machen.

In diesem Kontext sei auch auf die Beachtung der Höhe des Eigengewichtes des Fahrrades hingewiesen; denn besonders unter erschwerten Bedingungen resultiert auch beim Radfahren mit einem schweren Fahrrad (z. B. 20 kg) eine wesentlich höhere Belastungsintensität als beim Fahren mit einem relativ leichten Fahrrad (z. B. 10 kg). In diesem Zusammenhang konnte BOBRITZ (1998) bei einer Analyse zum Einfluß des Windwiderstandes (bis 3,9 m/s Windgeschwindigkeit) auf die Fahrleistung beim Fahrradfahren auf ebener Straße zeigen, daß das Gewicht des Fahrrades den höchsten Einfluß ausübte.

Ein direkter Transfer zur Bedeutung dieser Untersuchung für Übergewichtige ist nicht möglich, da Personen mit Adipositas das zusätzliche Gewicht direkt am Körper tragen und aufgrund des Mißverhältnisses von aktiver Muskelmasse und Fettmasse eine im Vergleich zu Normalgewichtigen unterschiedliche physiologische Reaktion aufweisen. Dennoch ist zu vermuten, daß eine Fahrradfahrt eines mit 30 kg übergewichtigen Menschen unter den soeben beschriebenen Voraussetzungen mindestens die oben beschriebenen physiologischen Reaktionen aufweist, bzw. aufgrund seiner im Vergleich zum Normalgewichtigen geringeren Leistungsfähigkeit noch wesentlich extremeren physiologische Reaktionen zeigen wird. Somit kann das Fahren unter erschwerten Bedingungen, wie oben aufgeführt, für Übergewichtige infolge der hohen Beanspruchung unmöglich oder nur unter Nutzung günstiger Übersetzungsverhältnisse und mit niedriger Geschwindigkeit möglich sein.

Resümee

Mit jeweils höherer Zusatzlast - von jeweils 15 kg bis insgesamt 45 kg - resultierten im Mittel signifikant höhere Belastungsparameter wie mittlere Leistung, mittlere Herzfrequenz, RPE-Wert, maximaler Laktatwert, mittlerer näherungsweise errechneter Energieverbrauch.

Von daher ist bei einer Tourenplanung und -durchführung die Höhe des zusätzlichen Gepäcks und auch des Eigengewichts des Fahrrades im Hinblick auf eine höhere Belastungsintensität - besonders unter erschwerten Bedingungen wie steilerem Gelände, Boden mit erhöhtem Widerstand oder Gegenwind - zu berücksichtigen. Aufgrund einer relativ höheren Beanspruchung übergewichtiger gegenüber normalgewichtigen Menschen gilt dies um so mehr für Übergewichtige, die ohnehin schon ein absolut höheres Gewicht zu transportieren haben.