

Diplomarbeit

Entwicklung der ergometrischen Leistungsfähigkeit bei Sportstudenten und Sportstudentinnen von 1986 bis 2009

eingereicht von

Peter Panzer

Mat.Nr.: 0531081

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Kardiologie, LKH Graz

unter der Anleitung von

**Ao. Univ.-Prof. Dr. med. univ. Friedrich Fruhwald
Prim. Priv.-Doz. Mag. DDr. Manfred Wonisch**

Graz, am

.....

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

VORWORT

Die sportwissenschaftliche Untersuchung im Rahmen des Aufnahmeverfahrens zum Sportstudium an der Karl-Franzens-Universität Graz liefert eine große Anzahl von Daten bezüglich der Leistungsfähigkeit der Studierenden. Vor der Ergometrie wird eine ausführliche medizinische Untersuchung durchgeführt, welche die Ausbelastbarkeit der Studierenden garantiert. Daraus ergibt sich ein relativ homogenes Kollektiv junger, belastbarer Menschen mit einer großen Anzahl an Einzeldaten. Die Vollständigkeit der Aufzeichnungen über einen Zeitraum von 24 Jahren ermöglicht es, Entwicklungen und Trends zu erkennen und darzustellen. Weiters ist es möglich, Korrelationen zwischen zwei oder mehreren verschiedenen Parametern herzustellen.

In der vorliegenden Arbeit versuche ich, anhand ausgewählter Variablen einen Überblick über die allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit einer gesunden, sportlich aktiven Bevölkerungsgruppe zu erhalten. Außerdem verfolge ich die über 20-jährige Entwicklung, versuche Trends zu erkennen und eventuelle Gründe dafür zu finden. Meines Erachtens haben die körperliche Fitness und eine sportliche Lebensweise, deren Grundlage in der Jugendzeit gelegt wird, erheblichen Einfluss auf die Gesundheit und die Gesundheitsprävention. Die Relevanz dieses Themas verlangt es, einen Überblick über den Ist-Zustand zu bekommen, Entwicklungsrichtungen zu erkennen und mögliche Prognosen zu stellen.

DANKSAGUNGEN

Hiermit möchte ich mich bei meinem Betreuer, Univ.-Prof. Dr. Friedrich Fruhwald von der Klinischen Abteilung für Kardiologie der Medizinischen Universität Graz, bedanken.

Mein weiterer Dank gilt Prim. Priv.-Doz. Mag. DrDr. Manfred Wonisch von der Rehabilitationsklinik St. Radegund bei Graz, der mich ebenfalls betreute.

Ein besonderer Dank gilt Univ.-Prof. Mag. Dr. Peter Hofmann und Frau Evelyn Schneider vom Universitäts-Sportinstitut Graz, die mich bei der Arbeit unterstützten.

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung

Um an der Universität Graz ein Sportstudium beginnen zu können, werden die Studierenden einem Auswahlverfahren unterzogen. Nach den sportmotorischen Tests folgt eine ergometrische Untersuchung, welche die Leistungsfähigkeit der zukünftigen Studentinnen und Studenten zum Ausdruck bringt. Ziel dieser Arbeit war es, die Leistungsfähigkeit der Grazer Sportstudierenden darzustellen und über den Zeitraum der letzten 24 Jahre zu verfolgen. Weiters wird versucht, Vergleiche mit altersentsprechenden Normwerten und dem Durchschnitt der österreichischen Gesamtbevölkerung herzustellen.

Methoden

Alle Sportstudierenden müssen sich vor Beginn des Studiums einer leistungsdiagnostischen Untersuchung unterziehen. Die Daten der letzten 24 Jahre wurden hinsichtlich Veränderungen über die Zeit ausgewertet. Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit wurde die maximal erbrachte Leistung (P_{max}), die maximal erbrachte Leistung pro kg Körpergewicht (P_{max}/kg) und die maximale Sauerstoffaufnahme bezogen auf das Körpergewicht (VO_{2max}/kg) herangezogen.

Ergebnisse

Die anthropometrische Auswertung ergab für die 1307 Sportstudenten einen Größenzuwachs von 2 cm und eine Gewichtssteigerung von 2 kg. Bei den 592 Sportstudentinnen war weder eine Größen- noch eine Gewichtssteigerung zu erkennen.

Die maximale Leistungsfähigkeit eines männlichen Sportstudenten beträgt im Durchschnittlich der letzten 24 Jahre 311 Watt, das sind 4,21 Watt/kg. Die maximale Sauerstoffaufnahme beträgt 3,6 l/min, das sind 49 ml/kg/min. Es zeigte sich ein Verlauf der maximalen Leistung pro kg Körpergewicht von 3,9 Watt/kg in den 80er Jahren und 4,3 Watt/kg in den 90er Jahren sowie von 2000 bis heute. Über die Zeit zeigte sich bei den Studenten eine Veränderung der VO_{2max}/kg von 46 ml/kg/min in den 80er Jahren über 49 ml/kg/min in den 90er Jahren bis hin zu 50 ml/kg/min nach dem Jahr 2000.

Bei weiblichen Sportstudierenden beträgt der Durchschnitt der letzten 24 Jahre eine maximal erbrachte Leistung von 211 Watt, das sind 3,48 Watt/kg. Die maximale Sauerstoffaufnahme beträgt 2,24 l/min bzw. 33,5 ml/kg/min. Bei den Studentinnen stieg die P_{max}/kg von 3,2 Watt/kg in den 80er Jahren über 3,5 Watt/kg in den 90er Jahren bis hin zu 3,6 Watt/kg ab dem Jahr 2000. Auch hier zeigte sich eine Veränderung der VO_{2max}/kg von 35 ml/kg/min in den 80er Jahren, ein Maximum von 38 ml/kg/min in den 90er Jahren und ein Rückgang auf das Ausgangsniveau von 35 ml/kg/min nach dem Jahr 2000.

Diskussion

Unsere Langzeituntersuchung zeigt, dass die Sportstudenten größer und schwerer geworden sind, wohingegen die Studentinnen auf gleichem Niveau geblieben sind. Die Leistungsfähigkeit stieg bei den Studenten leicht an, bei den Studentinnen hingegen blieb sie auf einem konstanten Niveau.

ABSTRACT

Introduction

At the university of Graz, students have to pass a selection procedure to be allowed to begin their studies at the sports department. After motoric testing, students have to pass the bicycle testing to detect their performance. The aim of this thesis is to describe the physical ability of sports students of the university of Graz in a period of the last 24 years. Moreover, there is a comparison done with standard values which are age-matched as well as with the average value of the Austrian population.

Methods

Every sports student has to undergo an exercise testing before the beginning of his studies. The data of the last 24 years are analyzed regarding their development. The evaluation of performance was built on the maximum power output (Pmax), the maximum power output per body weight (Pmax/kg) and the maximum oxygen intake per kg body weight (VO₂max/kg).

Results

The anthropometric analysis of the 1307 male students shows an increase in height of 2 cm and an increase in weight of 2 kg. The analysis of the 592 female students shows neither an increase in weight nor in height. The maximum power output of male students during the last 24 years, averages 311 Watt, which equals 4,21 Watt/kg. The maximum oxygen uptake reaches in 3,6 l/min which is 49 ml/kg/min. I found that the maximum output per kg was 3,9 Watt/kg during the eighties and increased to 4,3 Watt/kg in the nineties as well as from the year 2000 up to now.

The maximum power output of female students during the last 24 years averages 211 Watt/kg which equals 3,48 Watt/kg. The maximum oxygen uptake results in 2,24 l/min which is 33,5 ml/kg/min. The Pmax of female students increased from 3,2 Watt/kg in the eighties to 3,5 Watt/kg in the nineties up to 3,6 Watt/kg since the year 2000. The maximum oxygen uptake develops from 35 ml/kg/min in the eighties

to a maximum value of 38ml/kg/min in the nineties back to 35 ml/kg/min since the year 2000.

Discussion

Our long term analysis shows that male sports students became taller and heavier in weight whereas female students stayed on a stable level. The human performance of male students grew slightly, the performance of female students stayed on a constant level.

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	3
Danksagungen	4
Zusammenfassung	5
Abstract	7
Glossar und Abkürzungen	11
Abbildungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	14
1 Einleitung	15
1.1 Leistungsfähigkeit	15
1.2 Ziel der Arbeit	15
1.3 Relevanz auf die Entwicklung zukünftiger Leistungsdiagnostik	16
1.4 Relevanz der Darstellung und Interpretation der allgemeinen Leistungsfähigkeit	17
2 Material und Methode	18
2.1 Materialien	18
2.1.1 Ergometrie.....	18
2.1.2 Beschreibung der verfügbaren Daten	18
2.1.2.1 Herzfrequenz	18
2.1.2.2 Wattleistung	19
2.1.2.3 Arterieller Blutdruck	21
2.1.2.4 Krümmung der Herzfrequenzkurve (KHR).....	22
2.2 Methode	22
2.2.1 Zeitreihenauswertung.....	22
2.2.2 Korrelationen.....	23
3 Ergebnisse – Resultate	24
3.1 Auswertung der Werte in Zeitreihen	24
3.1.1 Altersentwicklung	24

3.1.1.1	Studenten.....	24
3.1.1.2	Studentinnen.....	26
3.1.2	Größenentwicklung.....	27
3.1.2.1	Studenten.....	27
3.1.2.2	Studentinnen.....	28
3.1.3	Gewichtsentwicklung.....	29
3.1.3.1	Studenten.....	29
3.1.3.2	Studentinnen.....	30
3.1.4	Body-Mass-Index (BMI).....	31
3.1.5	Maximalleistungsentwicklung	32
3.1.6	Maximalleistung pro kg Körpergewicht.....	33
3.1.7	Herzfrequenz-Belastungsbeginn (HFstart) Verlauf.....	36
3.1.8	Maximale Herzfrequenz (HFmax) Verlauf.....	37
3.1.9	Erholungsherzfrequenz.....	38
3.1.10	Physical Work Capacity (PWC) / kg-Vergleiche	39
3.1.10.1	Sportstudenten / Soll-Leistung.....	39
3.1.10.2	Sportstudentinnen / Soll-Leistung	40
3.1.11	Arterieller Blutdruck zu Belastungsbeginn.....	40
3.1.12	Krümmungswert der Herzfrequenzkurve (KHR-Wert).....	41
3.1.13	Korrelationen.....	42
3.1.13.1	Prognose der maximalen Leistung (P_{max}) auf Grundlage der Ruheherzfrequenz (HFstart).....	42
3.1.13.2	Prognose der maximalen Leistung (P_{max}) auf Grundlage der HF40-Leistung	44
3.1.13.3	Zusammenhang der Erholungsherzfrequenz (HFE3) mit der maximalen Leistung (P_{max}).....	46
3.1.13.4	Zusammenhang der Schwellenherzfrequenz (HFS) mit der maximalen Leistung (P_{max}).....	47
3.1.13.5	Zusammenhang der Schwellenleistung (PS) mit der maximalen Leistung (P_{max}).....	49
3.1.14	Bewertung des Leistungszustandes auf Grundlage der maximalen Sauerstoffaufnahme	50
3.1.15	Berechnungsmöglichkeiten.....	52
4	Diskussion	53
	Literaturverzeichnis.....	56

Glossar und Abkürzungen

BMI	Body-Mass-Index
HFstart	Herzfrequenz vor Belastungsbeginn
HFS	Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle
HFE3	Erholungsherzfrequenz nach 3 Minuten
HF40	Herzfrequenz bei 40 Watt
HFmax	Maximal erreichte Leistungsfähigkeit
KHR	Krümmung der Herzfrequenzkurve
PS	Leistung an der anaeroben Schwelle
Pmax	Maximale Leistung in Watt
Pmax/kg	Maximale Leistung pro Kilogramm Körpergewicht
PWC	Physical Work Capacity
PWC130	Physical Work Capacity bei Herzfrequenz 130
VO2max	Maximale Sauerstoffaufnahme in Milliliter pro Minute
VO2max/kg	Maximale Sauerstoffaufnahme auf Körpermasse bezogen

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Altersentwicklung Studienanfänger	24
Abbildung 2: Altersentwicklung Studienanfängerinnen	26
Abbildung 3: Größenentwicklung Studienanfänger	27
Abbildung 4: Größenentwicklung Studienanfängerinnen	28
Abbildung 5: Gewichtsentwicklung Studienanfänger	29
Abbildung 6: Gewichtsentwicklung Studienanfängerinnen.....	30
Abbildung 7: Body-Mass-Index – Grazer Sportstudierende.....	31
Abbildung 8: Pmax F und Pmax M – Sportstudenten - und Studentinnen im Vergleich zum Normwert.....	33
Abbildung 9: Pmax/kg – Sportstudenten im Vergleich zum Normwert.....	34
Abbildung 10: Pmax/kg – Sportstudentinnen im Vergleich zum Normwert	35
Abbildung 11: HFstart – Studenten und Studentinnen	36
Abbildung 12: HFmax – Studenten und Studentinnen.....	37
Abbildung 13: HFE3 – Studenten und Studentinnen	38
Abbildung 14: PWC/kg – Sportstudenten / Soll-Leistung.....	39
Abbildung 15: PWC/kg – Sportstudentinnen / Soll-Leistung	40
Abbildung 16: Vergleich der positiven und der negativen KHR in Prozent bei Sportstudierenden	41
Abbildung 17: Zusammenhang der HFstart mit der Pmax bei Studenten	42
Abbildung 18: Zusammenhang der HFstart mit der Pmax bei Studentinnen	43
Abbildung 19: Zusammenhang der HF40 mit der Pmax bei Studenten	44
Abbildung 20: Zusammenhang der HF40 mit Pmax bei Studentinnen.....	45
Abbildung 21: Zusammenhang der HFE3 mit der Pmax bei Studenten	46

Abbildung 22: Zusammenhang der HFE3 mit der Pmax bei Studentinnen	47
Abbildung 23: Zusammenhang der HFS mit der Pmax bei Studenten	48
Abbildung 24: Zusammenhang der HFS mit der Pmax bei Studentinnen	48
Abbildung 25: Zusammenhang der PS mit der Pmax bei Studenten	49
Abbildung 26: Zusammenhang der PS mit der Pmax bei Studentinnen.....	50

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Maximale Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von Alter und Gewicht Frauen / Werte in Watt (nach Schreinicke ¹⁰).....	19
Tabelle 2: Maximale Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von Alter und Gewicht Männer / Werte in Watt (nach Schreinicke ¹⁰)	20
Tabelle 3: Pulsbezogene Soll-Leistungen (PWC) bei Männern und Frauen in Watt/kg Körpergewicht bei Puls 130, 150 und 170 ⁽¹¹⁾	20
Tabelle 4: Berechnete Werte für die maximale Sauerstoffaufnahme (V_{O2max} , V_{O2max}/kg) mit dazugehörigen Werten für die durchschnittliche Maximalleistung (P_{max} , P_{max}/kg).....	51
Tabelle 5: Berechnete Werte für die maximale Sauerstoffaufnahme (V_{O2max} , V_{O2max}/kg) mit dazugehörigen Werten für die durchschnittliche Maximalleistung der Sportstudenten und -studentinnen.....	51

1 EINLEITUNG

1.1 Leistungsfähigkeit

Unter Leistungsfähigkeit versteht man das Erfüllen einer bestimmten Anforderung. Sie ist trainierbar und von Faktoren wie Alter, Geschlecht, Gesundheitszustand, Talent, Trainingszustand und Umweltbedingungen abhängig.(1) Im Aufnahmeverfahren zum Sportstudium in Graz wird die Leistung mit Hilfe der Fahrradergometrie überprüft und mit definierten leistungsdiagnostischen Merkmalen dargestellt und dokumentiert. Die Anforderungen an die Studierenden sind vielfältig und setzen sich aus den Komponenten Ausdauer, Schnelligkeit, Beweglichkeit, Kraft, Schnellkraft, koordinativen und sportspezifischen Fähigkeiten zusammen.

1.2 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, anhand eines großen Datensatzes, der die Ergebnisse der Ergometrie im Rahmen der Aufnahme zum Sportstudium beinhaltet, eine Aussage über die Entwicklung der Leistungsfähigkeit zu treffen. Aufgrund der getrennten Datensätze für männliche und weibliche Studierende ist es möglich, zum einen die Auswertung dieser beiden Gruppen separat durchzuführen, zum anderen aber auch mögliche Unterschiede in der Entwicklung aufzuzeigen und mögliche Ursachen dafür zu finden.

Weiters bietet es sich an, Korrelationen zwischen zwei oder mehreren Variablen herzustellen und dadurch mit der Selektion einiger ausgewählter Variablen ein Gesamtbild des Leistungszustandes einer Person oder Gruppe darzustellen.

Die Leistungsdiagnostik im Rahmen des Aufnahmeprozesses zum Sportstudium bietet sich auch an, einen allgemeinen Einblick in die Leistungsfähigkeit junger Menschen zu bekommen, was aufgrund der protektiven Fähigkeiten sportlicher Aktivitäten große Wichtigkeit hat. Es existiert ein deutlicher Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Sport und der physischen sowie psychischen Gesundheit.(2,3)

Die sportmotorischen Tests sowie die ärztliche Untersuchung, die der Ergometrie vorausgehen und eine Vorselektion bedeuten, garantieren einen gewissen Fitnesslevel der Testteilnehmer/innen.

Da es sich um Jahrgangsdurchschnittswerte handelt, können einige Studierende mit besonderen athletischen Fähigkeiten Ausschläge in der Leistungskurve bewirken.

1.3 Relevanz auf die Entwicklung zukünftiger Leistungsdiagnostik

Man kann davon ausgehen, dass es gewisse Zusammenhänge von Herzfrequenzen zu bestimmten Belastungszeiten und der maximalen Leistungsfähigkeit (P_{max}) gibt. Es sollte möglich sein, von definierten Herzfrequenzbereichen während einer Ergometrie, wie der Herzfrequenz zu Belastungsbeginn oder der Herzfrequenz bei 40 Watt Leistung (HF40), auf die Maximalleistung zu schließen. Im Kapitel Korrelationen versuche ich die Möglichkeiten einer submaximalen Leistungsdiagnostik aufzuzeigen.

Ausdauertraining ist einerseits zwar ein wichtiger Faktor in der Rehabilitation von kardiologischen Patienten und Patientinnen, andererseits steigt während starker Belastung auch das Risiko für kardiale Belastungen an. Der Belastungsbereich sollte in diesem Training generell mindestens 10 Pulsschläge pro Minute unter dem Bereich belastungsinduzierter Symptome liegen.(4) Wenn man von submaximalen Bereichen auf die maximale Herzfrequenz schließt bzw. die Trainingsfrequenzen berechnet, könnte man dadurch diese belastungsinduzierten Symptome vermeiden.

1.4 Relevanz der Darstellung und Interpretation der allgemeinen Leistungsfähigkeit

Sportliche Aktivität verbessert neben der motorischen Komponente auch metabolische Einflussfaktoren. Sie fördert die Lipolyse, fördert die Fettsäureoxidation, reduziert den Insulinspiegel und die Serumtriglyceridkonzentration und beugt dadurch Erkrankungen wie dem metabolischen Syndrom und dessen Folgen vor.(5,6)

Da man körperliche Fitness mit leistungsdiagnostischen Fakten gut objektivieren und dokumentieren kann, bilden diese Ergometrieergebnisse eine gute Grundlage zum Vergleich mit anderen definierten Gruppen.

Diese Arbeit sollte aufgrund der großen Anzahl ausgewerteter Teilnehmer/innen einerseits eine gute Übersicht über die durchschnittlichen Werte dieses Kollektivs geben und andererseits auch Trends über einen längeren Zeitraum aufzeigen können.

2 MATERIAL UND METHODE

2.1 Materialien

2.1.1 Ergometrie

Im Rahmen der Untersuchung zur Aufnahme zum Sportstudium wird eine ergometrische Untersuchung am Fahrradergometer durchgeführt. Die Beurteilung der Leistungsfähigkeit setzt eine maximale Ausbelastung voraus.(7) Vorausgesetzt wird die positive Absolvierung der sportmotorischen Tests sowie ein ärztliches Attest zur Tauglichkeit zur Ausbelastung.

Werden standardisierte, wiederholbare Leistungen und leicht zu messende Leistungen vollbracht, kann aus den begleitenden Veränderungen von Herz-Kreislauf-Größen auf die Leistungsfähigkeit des Menschen rückgeschlossen werden. Auf einem Ergometer wird in der Regel dynamische Arbeit geleistet. Dabei werden während der Leistung gemessene Reaktionen des Organismus, wie die Zunahme der Sauerstoffaufnahme, der Atem- und Herzfrequenz oder die veränderte Laktatkonzentration im Vergleich zu den Ruhewerten, mit der jeweiligen physikalisch definierten Leistung in Beziehung gesetzt.(8)

2.1.2 Beschreibung der verfügbaren Daten

2.1.2.1 Herzfrequenz

Die Herzfrequenz ist, als Kurve dargestellt, ein einfach zu erkennender, guter Indikator in der Leistungsbeurteilung. Dynamische Belastungen führen zu einer Steigerung des Herzzeitvolumens, das sich aus Herzfrequenz und Schlagvolumen zusammensetzt.(7) Die Herzfrequenz zeigt bei Herzgesunden typischerweise einen nicht ganz linearen, s-förmigen Verlauf. Die maximale Herzfrequenz nimmt mit dem Alter ab, der individuelle Maximalwert ist aber einer großen Streuung unterworfen.(7)

Das Absinken der Herzfrequenz nach der Belastung lässt Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit zu. Ein schnelleres Abfallen spricht für eine größere Leistungsfähigkeit.

2.1.2.2 Wattleistung

Die auf dem Ergometer erbrachte Leistung wird in Watt bzw. in Watt/kg angegeben.

Physikalisch ist die Leistung (Watt) als Arbeit pro Zeiteinheit definiert.(9)

Die Leistung ist in Abhängigkeit von Alter und Gewicht zu beurteilen.

Tabelle 1: Maximale Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von Alter und Gewicht Frauen / Werte in Watt (nach Schreinicke¹⁰)

Alter		20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60–64
		Werte in Watt								
Gewicht	40–45	110	105	100	95	90	90	85	75	75
	46–49	115	110	105	100	100	95	90	85	80
	50–53	120	115	110	105	100	100	95	90	85
	54–57	125	120	120	115	110	105	100	100	95
	58–61	130	125	125	120	115	115	105	100	100
	62–65	135	135	130	125	120	120	110	110	105
	66–69	140	140	135	130	130	125	120	115	110
	70–73	150	145	140	135	130	130	125	120	115
	74–77	155	150	145	140	135	135	130	125	120
78+	160	155	150	145	140	140	135	130	130	

Tabelle 2: Maximale Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von Alter und Gewicht
Männer / Werte in Watt (nach Schreinicke¹⁰)

Alter		20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60–64
		Werte in Watt								
Gewicht	60–65	200	210	200	185	175	170	155	150	135
	66–69	225	215	205	195	180	175	160	155	140
	70–73	230	220	210	200	190	180	165	160	145
	74–77	235	225	215	205	195	185	170	165	150
	78–81	240	230	220	210	200	190	170	170	150
	82–85	245	235	225	215	205	195	185	175	160
	86–89	250	240	230	220	210	200	190	180	170
	90–93	255	245	235	225	215	205	195	185	175
	94+	260	250	240	230	220	210	200	190	180

Auch ohne vollständige Ausbelastung ist eine Beurteilung der submaximalen Leistungsfähigkeit möglich, wenn sie auf bestimmte Herzfrequenzen normiert wird.

Dies wird mit dem Ausdruck Physical Working Capacity (PWC) bezeichnet. Die PWC170 ist demnach die Leistung bei einer Herzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute. Die pulsbezogene Leistungsfähigkeit ist gewichtsbezogen und altersunabhängig zu beurteilen.(11)

Tabelle 3: Pulsbezogene Soll-Leistungen (PWC) bei Männern und Frauen in Watt/kg Körpergewicht bei Puls 130, 150 und 170⁽¹¹⁾

PWC	Männer (Watt/kg)	Frauen (Watt/kg)
PWC 130	1,5	1,25
PWC 150	2	1,6
PWC 170	2,5	2

2.1.2.3 Arterieller Blutdruck

Bei zunehmender Arbeitsbelastung kommt es zu einem kontinuierlichen Anstieg des systolischen Blutdrucks, während der diastolische Druck weitgehend unverändert bleibt. Der arterielle Mitteldruck steigt mäßig an. Wenn trotz des starken Anstiegs des Herzzeitvolumens der diastolische Druck kaum erhöht ist, kann dies nur auf drastische Verminderung des totalen peripheren Widerstands zurückzuführen sein. Die Ursache dafür ist die starke Vasodilatation in der arbeitenden Muskulatur.(8) Die Blutdruckamplitude ist bei trainierten Sportlern/Sportlerinnen durch das gesteigerte Schlagvolumen höher.(12)

Der Blutdruck sollte bei untrainierten gesunden Personen unter maximaler Belastung systolisch nicht über 250 mmHg oder nicht mehr als 140 mmHg über dem Ausgangswert liegen.(13) Allerdings sind bei ausdauertrainierten, leistungsfähigeren Personen in Abhängigkeit der Maximalleistung auch deutlich höhere systolische Blutdruckwerte durchaus physiologisch. Unter extremen Bedingungen können systolische Werte von 300 mmHg erreicht werden.(14) Eine Belastungshypertonie liegt daher dann vor, wenn der Blutdruck, gemessen bei der Fahrradergometrie auf einer gegebenen Wattstufe, den nach der Formel: $RR_{syst} = 120 + 0,4 * (\text{Watt} + \text{Lebensalter in Jahren})$ errechneten Wert übersteigt.(15) Liegt eine Belastungshypertonie vor, so ist diese ein Vorzeichen für eine zukünftige Hypertonie und die Belastbarkeit ist aufgrund einer pathologischen Blutdruckregulation eingeschränkt.(16,17,18)

Ein sehr schneller Blutdruckabfall nach Belastungsbeginn kann auf eine Hauptstammstenose der linken Koronararterie hinweisen. Andere Ursachen von Blutdruckabfällen sind supraventrikuläre oder ventrikuläre Arrhythmien, vasovagale Reaktionen, linksventrikuläre Abflussbahnostruktionen, Wirkung von Antihypertensiva oder Hypovolämie.(19)

In der Nachbelastungsphase kommt es zu unverzüglichem Abfall des systolischen Blutdrucks. Der systolische Blutdruck sollte 3 Minuten nach Belastungsabbruch weniger als 90 % des Wertes unter maximaler Belastung betragen. Der Blutdruck sollte in der dritten Nachbelastungsminute auf jeden Fall deutlich niedriger sein als in der ersten Nachbelastungsminute.(7)

2.1.2.4 Krümmung der Herzfrequenzkurve (KHR)

Die Herzfrequenzleistungskurve zeigt gewöhnlich einen s-förmigen Verlauf mit einer Abflachung unter submaximaler Belastung.(20) Conconi nutzte diese Abflachung der Herzfrequenzkurve zur Bestimmung eines Deflexionspunktes und setzte diesen in Bezug zur anaeroben Schwelle.(21,22) Untersuchungen zeigten, dass diese Abflachung der Herzfrequenzleistungskurve bei gesunden, jungen Menschen in 85 % der Fälle auftritt und gegebenenfalls zur unblutigen Bestimmung der anaeroben Schwelle herangezogen werden kann. Die Stärke der Krümmung der Herzfrequenzleistungskurve wird mit dem K-Wert ausgedrückt.(20)

2.2 Methode

2.2.1 Zeitreihenauswertung

Die leistungsdiagnostischen Daten, welche im Rahmen der ergometrischen Tests entstanden sind und vom Sportinstitut der Universität archiviert werden, werden in ihrem Verlauf beobachtet und beschrieben. Es wird versucht, mögliche Veränderungen zu erkennen und Tendenzen zu erfassen. Um diese Informationen möglichst plastisch darzustellen, werden Grafiken als Hilfsmittel verwendet, die diese Zeitverläufe aufzeichnen sollen. Die Merkmale wurden in Klassen geordnet und mittels WinSTAT© statistisch ausgewertet. Es wurde einerseits eine Gesamtstatistik für Studentinnen und Studenten erstellt, andererseits wurden die Studierenden einzelner Semester zusammengefasst und dadurch Semester- und Jahres-Durchschnittswerte berechnet. Die Grafiken wurden schließlich mit Hilfe der Software EXCEL 2007 erstellt.

2.2.2 Korrelationen

Es werden einige Ergometriedaten in Bezug zueinander gesetzt und mögliche Abhängigkeiten dargestellt, mit dem Ziel, Voraussagen bezüglich der maximalen Leistungsfähigkeit anhand submaximaler Leistung zu stellen. Die Herzfrequenzwerte HF40, die Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle(HFS), die Herzfrequenz vor Belastungsbeginn(HFstart) und die Erholungsherzfrequenz(HFE3) wurden mit Pmax in Verbindung gebracht. Die histogrammisch und rechnerisch bestätigten normalverteilten Variablen wurden, um funktionelle Zusammenhänge zwischen den Daten zu analysieren, mittels linearer Regression in EXCEL 2007 korreliert. Die linearen Zusammenhänge wurden sowohl grafisch als Gerade als auch durch das Bestimmtheitsmaß R^2 dargestellt.

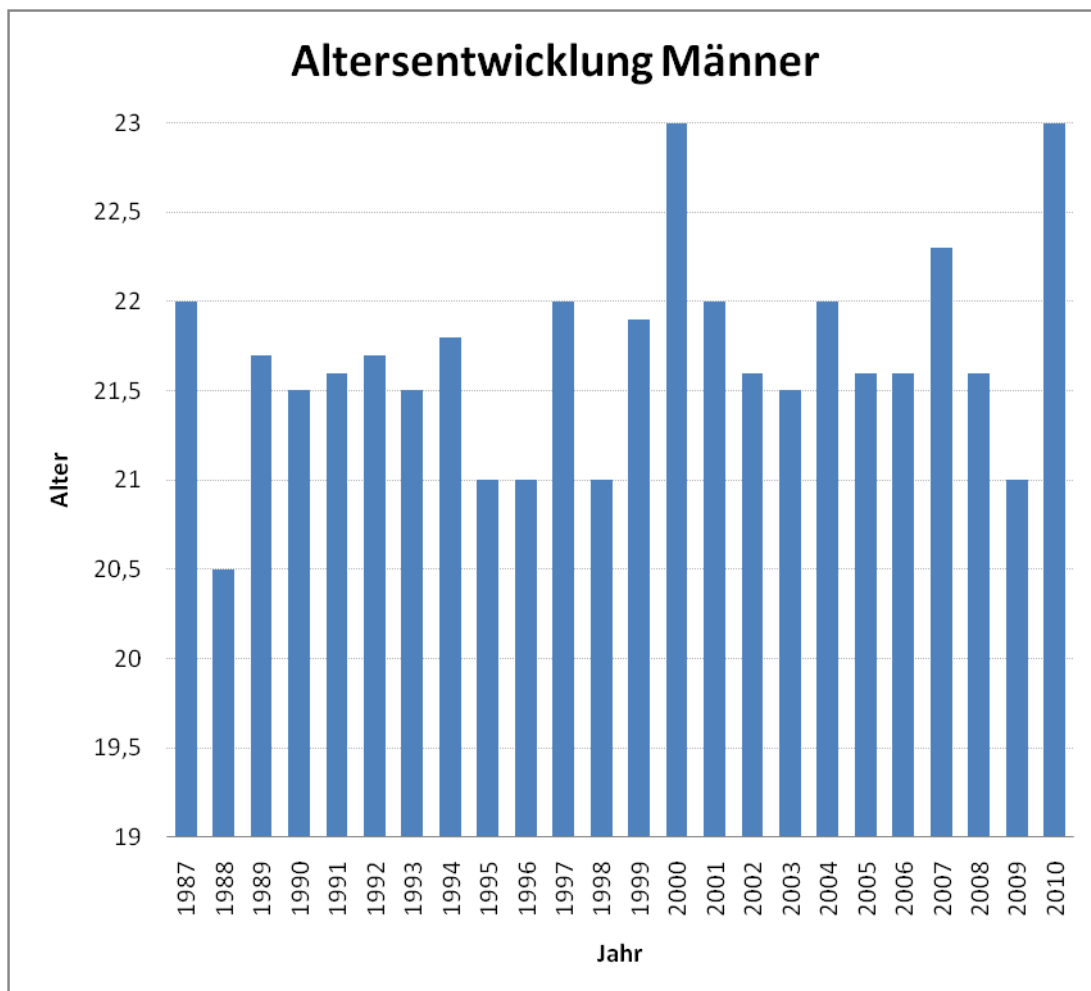
3 ERGEBNISSE – RESULTATE

3.1 Auswertung der Werte in Zeitreihen

3.1.1 Altersentwicklung

3.1.1.1 Studenten

Für die letzten 25 Jahre beträgt das Durchschnittsalter der männlichen Studienanfänger (n=1216) 21,7 Jahre, mit einer Standardabweichung (STABW) von 2,7. In den Jahren 1986–1998 kann man einen Altersverlauf zwischen 20,5 und 22 Jahren erkennen.



Zu einem ersten Spitzenwert kommt es im Jahr 2000, danach pendelt sich das Alter der Studienanfänger auf etwas höherem Niveau als in den Jahren davor zwischen 21,5 und 22 Jahren ein. Aktuell steigt die Alterskurve wieder auf 23 Jahre.

Betrachtet man die Gesamtentwicklung über den Zeitraum der letzten 25 Jahre, kann man feststellen, dass das Durchschnittsalter jährlichen Schwankungen unterliegt, aber ein leichtes Ansteigen zu erkennen ist.

Männliche Studienanfänger sind durchschnittlich 1,5 Jahre älter als weibliche, was unter anderem durch den Präsenz- bzw. Zivildienst zu erklären ist, weiters kann angenommen werden, dass einige Studenten vor dem Sportstudium zunächst einen anderen Bildungsweg eingeschlagen hatten.

3.1.1.2 Studentinnen

Im Durchschnitt beginnen weibliche Sportstudierende ihr Studium mit 20,3 Jahren (n=547). Die STABW beträgt 2,3. Betrachtet man den Altersverlauf, erkennt man in den 1980er-Jahren ein relativ niedriges Durchschnittsalter zwischen 19,5 und 20 Jahren, einen ersten Altersgipfel von 21 Jahren im Jahr 1995 und schließlich ab dem Jahr 2000 ein etwas höheres Durchschnittsalter zwischen 20,5 und 21,5 Jahren.

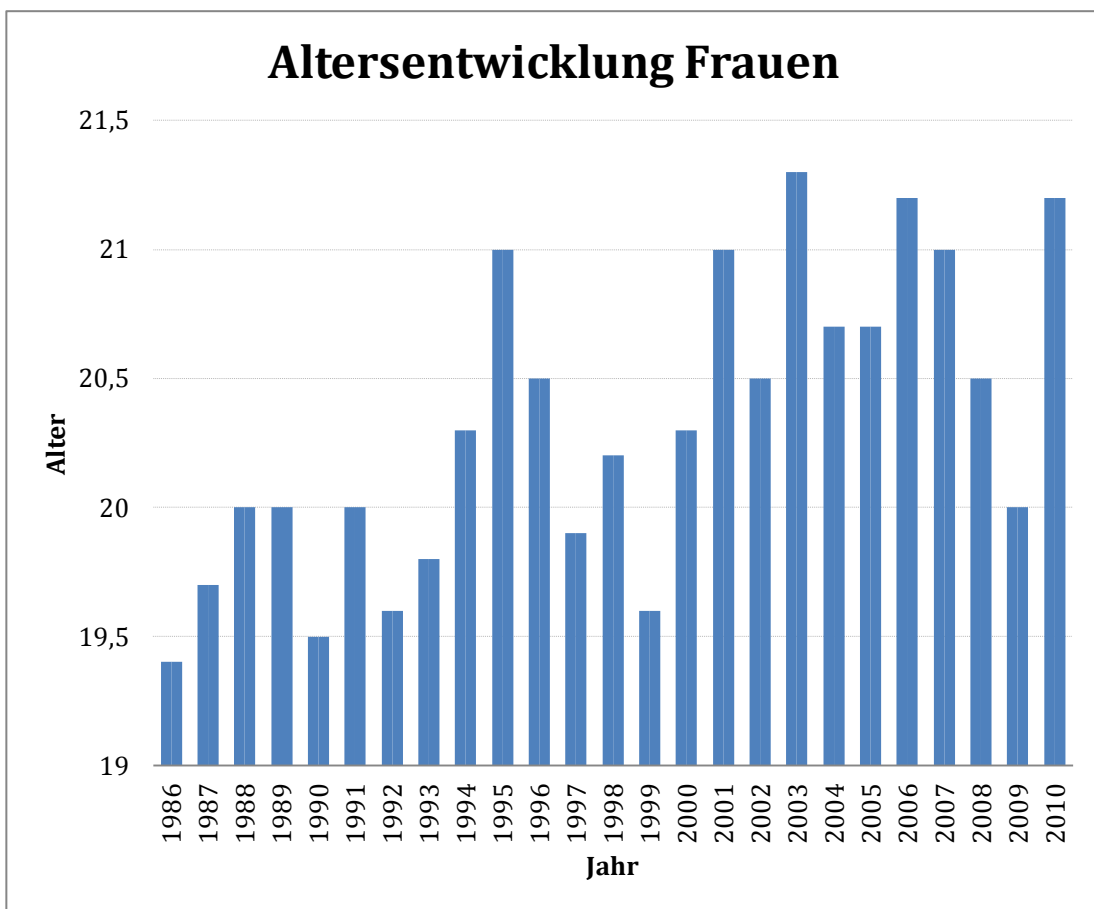


Abbildung 2: Altersentwicklung Studienanfängerinnen

3.1.2 Größenentwicklung

3.1.2.1 Studenten

Der durchschnittliche Sportstudent (n=1218) ist 179,5 cm groß mit einer STABW von 7,5. In den 1980er-Jahren verläuft die Körpergröße ziemlich genau am 179-cm-Wert, ist dann in den nächsten Jahren sehr großen jährlichen Schwankungen unterworfen, sinkt zum Beispiel vom Jahr 1997 auf das Jahr 1999 um 5 cm von 182 cm auf 177 cm. Ab dem Jahr 2000 kann man einen leichten Trend nach oben auf Werte zwischen 180 cm und 181 cm erkennen. Die durchschnittliche Körpergröße österreichischer Männer in der Altersgruppe der 20- bis 21-Jährigen beträgt 180 cm.(23)

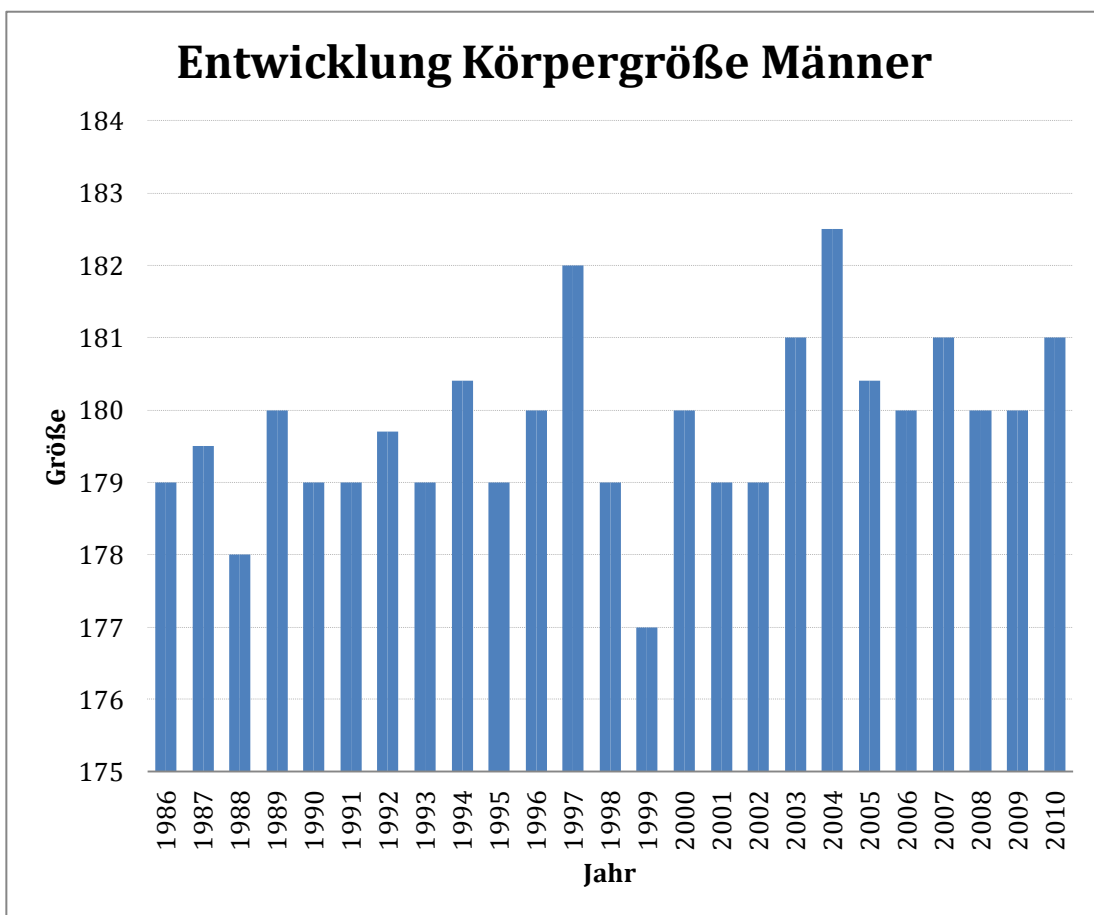


Abbildung 3: Größenentwicklung Studienanfänger

3.1.2.2 Studentinnen

Die durchschnittliche Sportstudentin ist 166,8 cm groß (n=490), die STABW beträgt 5,6. Betrachtet man den Verlauf der Körpergrößenkurve, lässt sich ein wellenförmiger Verlauf mit Jahreswerten zwischen 165 cm und 169 cm feststellen. Die Werte bleiben über die letzten 25 Jahre im selben Bereich, ein Auf- oder Abwärtstrend ist nicht zu erkennen.

Die Durchschnittsösterreicherin in der Altersgruppe von 20 bis 21 Jahren ist mit 172 cm um 5 cm größer als die Durchschnittssportstudentin.(23)

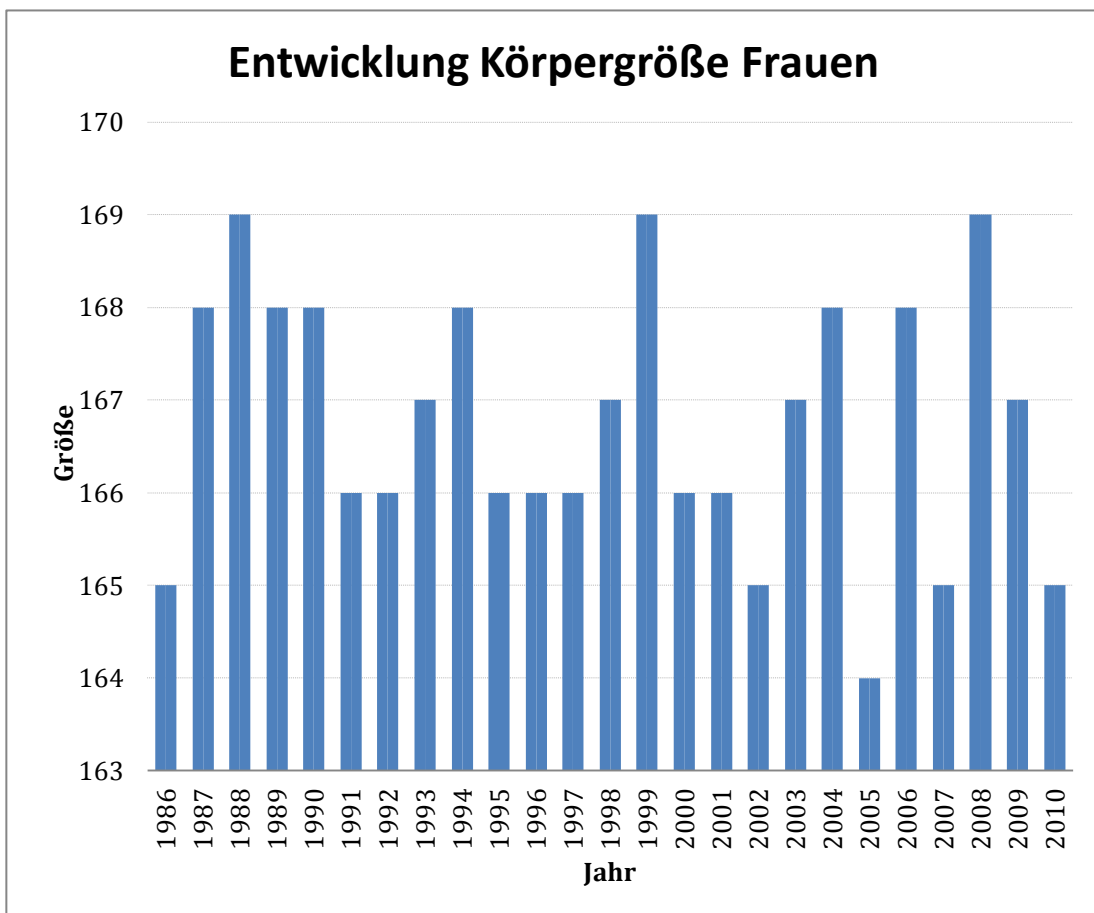


Abbildung 4: Größenentwicklung Studienanfängerinnen

3.1.3 Gewichtsentwicklung

3.1.3.1 Studenten

Das Durchschnittsgewicht der männlichen Sportstudierenden zu Studienbeginn beträgt 74 kg (n=1273), die STABW beträgt 7,3. 1986 bis 1989 beläuft sich das Durchschnittsgewicht auf 72 kg, ab 1990 kann man einen Aufwärtstrend um 2 kg erkennen. Allgemein kann man sagen, dass in den letzten 25 Jahren das Gewicht um 2–3 kg gestiegen ist.

Im Durchschnitt ist ein Sportstudent um 1 kg leichter als der österreichische Durchschnitt der Männer in der Altersklasse 20 bis 21 Jahre, der bei 75 kg liegt.(23)

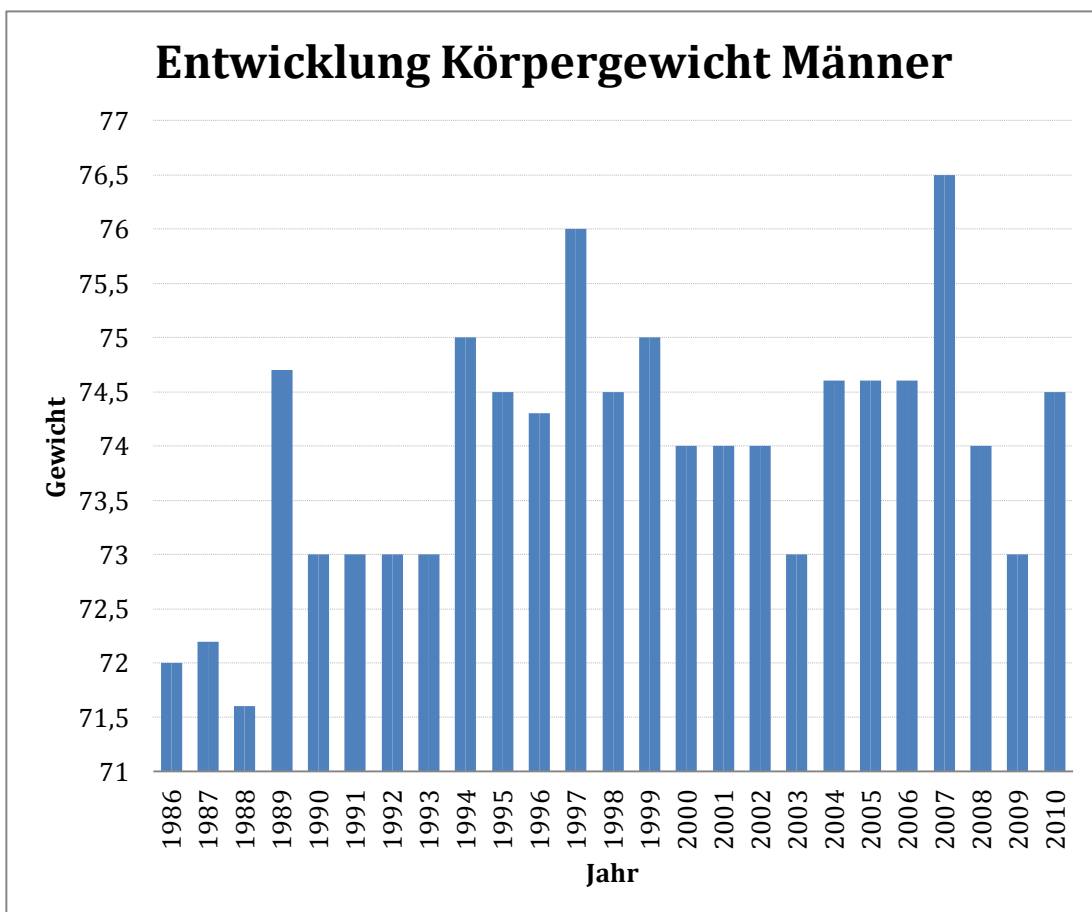


Abbildung 5: Gewichtsentwicklung Studienanfänger

3.1.3.2 Studentinnen

Die durchschnittliche Grazer Sportstudentin wiegt zu Studienbeginn 59,2 kg (n=545), die STABW beträgt 6,0.

Die Entwicklung der letzten 25 Jahre ist starken Schwankungen zwischen 58 kg und 62 kg unterworfen, pendelt sich aber über die gesamte Zeit gesehen um 59 kg ein. Das Durchschnittsgewicht der Altersgenossinnen in Österreich beträgt 66 kg.(23)

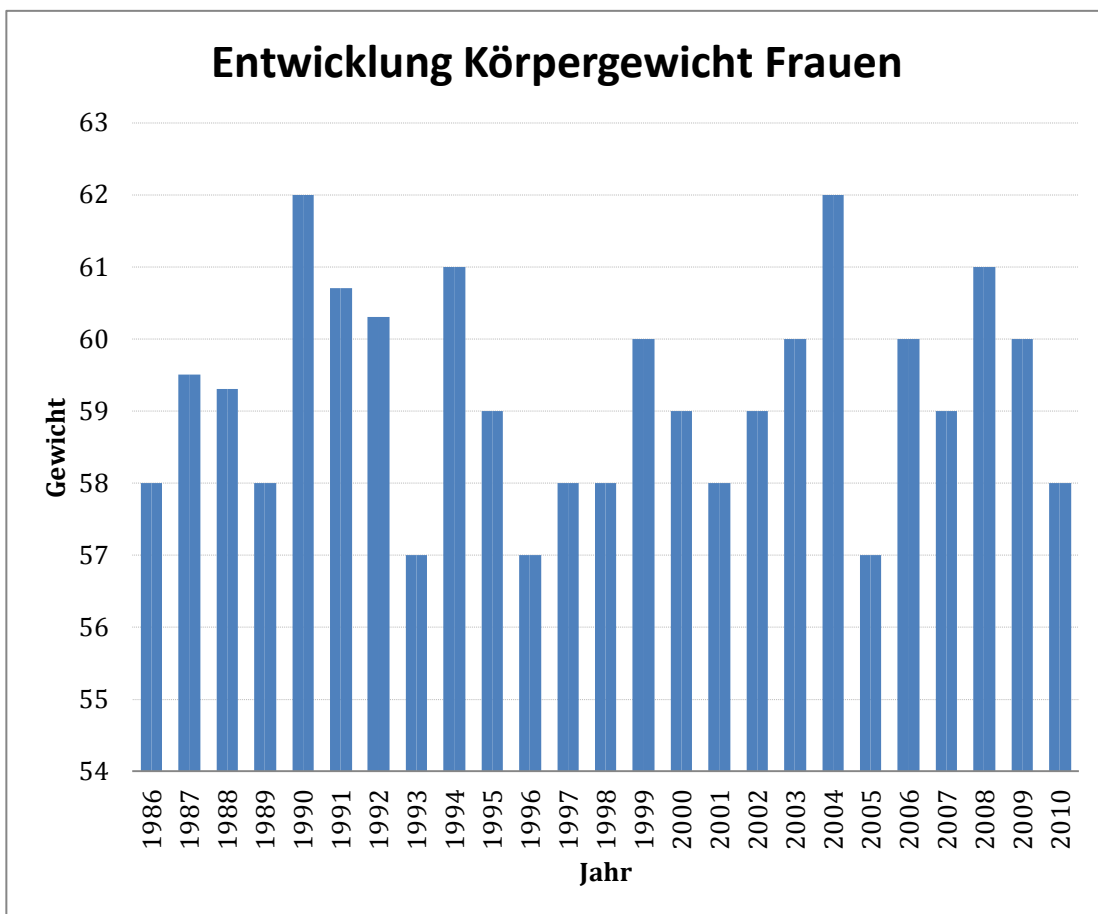


Abbildung 6: Gewichtsentwicklung Studienanfängerinnen

3.1.4 Body-Mass-Index (BMI)

Der Body-Mass-Index ist eine Kennzahl zur Bestimmung des Normalgewichts und ergibt sich aus dem Quotienten des Körpergewichts einer Person in Kilogramm und dem Quadrat der Körpergröße in Metern.(24) Auf dem BMI beruhend gibt es Klassifizierungstabellen, um das Ausmaß von Übergewicht und Adipositas zu beschreiben. Ein BMI zwischen 18,5 und 24,9 gilt als Grenze für Normalgewicht, zwischen 25 und 29,9 als Übergewicht und ab 30 als Adipositas.

Laut „Österreichischer Gesundheitsbefragung 2006/07“ der Statistik Austria(24) sind 44 % der Männer und 55 % der Frauen normalgewichtig. Mehr als die Hälfte der männlichen Bevölkerung ist demnach als übergewichtig (43 %) oder adipös (12 %) zu bezeichnen. Bei den Frauen sind etwas weniger übergewichtig (29 %), der Anteil adipöser Frauen ist jedoch geringfügig größer (13 %) als bei den Männern.

Der BMI-Wert der Grazer Sportstudenten befindet sich mit 22,9 genau im Bereich Normalgewicht und 2,7 BMI-Einheiten unter dem österreichischen Durchschnittswert für Männer.

Bei den weiblichen Sportstudierenden befindet sich der BMI mit 21,3 eher im unteren Bereich der Normalgewichtsklassifikation und ebenfalls 2,7 unter dem österreichischen Durchschnitt für Frauen.

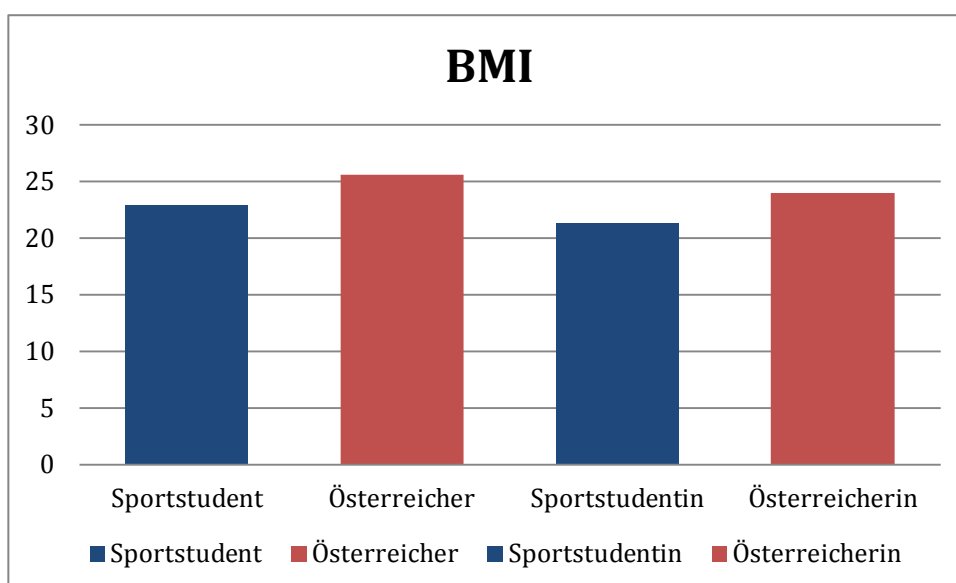


Abbildung 7: Body-Mass-Index – Grazer Sportstudierende

3.1.5 Maximalleistungsentwicklung

Studentinnen und Studenten:

Die maximale Leistung in Watt wird im Rahmen der stufenförmigen Belastungssteigerung der Ergometrie erreicht.

Die durchschnittliche Maximalleistung der männlichen Sportstudierenden (n=1267) über den Zeitraum der letzten 25 Jahre beträgt 311 Watt, mit einer STABW von 41, die der weiblichen Studierenden (n=538) 206 Watt, mit einer STABW von 28.

Stellt man die Leistungskurven der Studentinnen und Studenten in derselben Grafik dar, erkennt man einen überraschend genauen parallelen Verlauf mit ungefähr 100 Watt Differenz zwischen den jeweiligen Maximalwerten.

Die Leistungskurve der Studenten beginnt Ende der 1980-Jahre knapp unter 300 Watt zu verlaufen, steigt ab 1993 auf fast 350 Watt an und verläuft in diesem Bereich weiter bis 2001, in den letzten 9 Jahren pendelt sie sich wieder im Bereich von etwas über 300 Watt ein.

Die Kurve der Studentinnen zeigt ihre Schwankungen zu den gleichen Zeitpunkten wie die der männlichen Kollegen. Sie beginnt knapp unter 200 Watt und verläuft bis zum Jahr 1991 in diesem Bereich, dann kommt es zu einem leichten Anstieg auf ca. 230 Watt, um sich dann in den 2000er-Jahren wieder dem 200-Watt-Wert anzunähern.

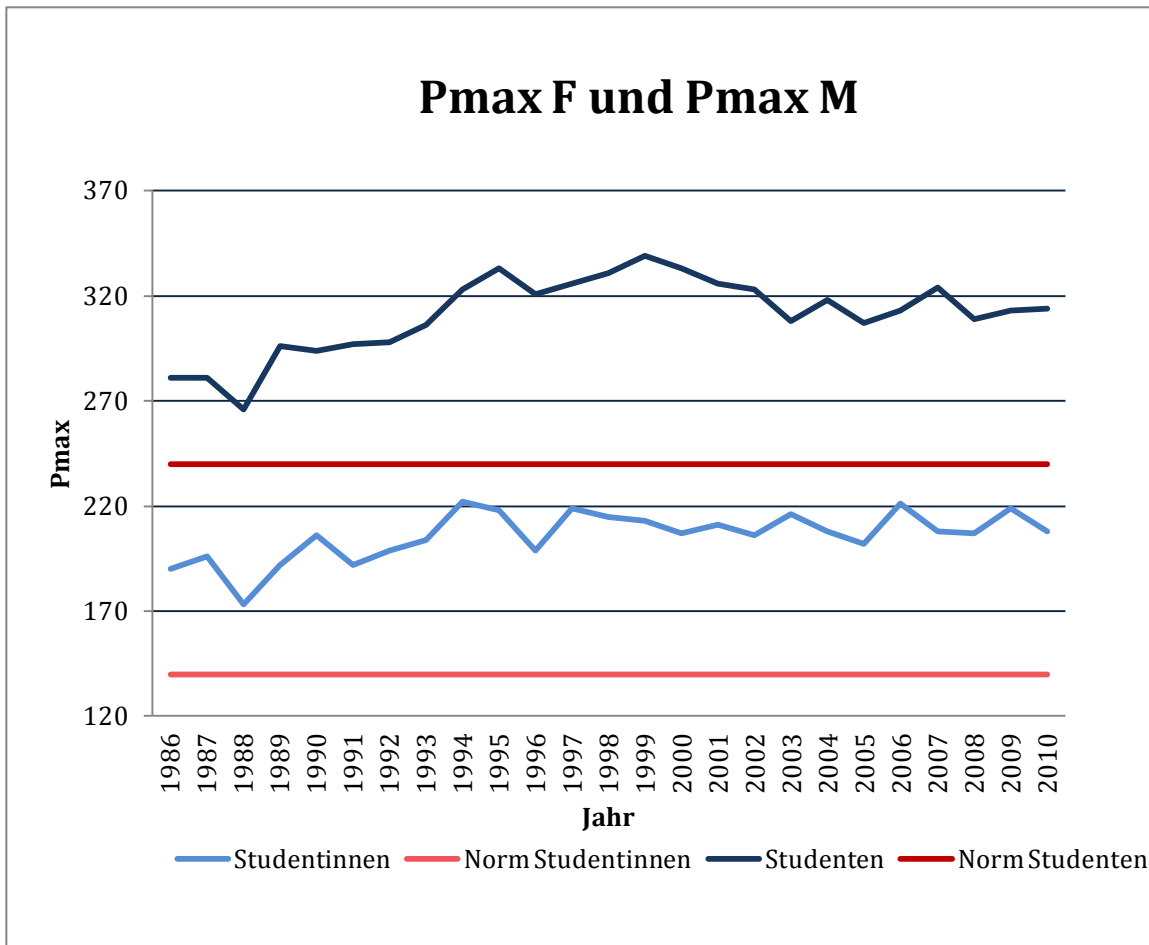


Abbildung 8: Pmax F und Pmax M – Sportstudenten- und Studentinnen im Vergleich zum Normwert

3.1.6 Maximalleistung pro kg Körpergewicht

Studentinnen und Studenten:

Die maximale Leistungsfähigkeit, die eine Person bei der Fahrradergometrie erreicht hat, kann nur dann beurteilt werden, wenn eine kardiopulmonale Ausbelastung erfolgte.

Die maximale Leistungsfähigkeit einer Person ist abhängig von Größe und Gewicht, daher wird sie zur objektiven Beurteilbarkeit auf das Körpergewicht normiert. Die Muskelmasse der Frau ist geringer als die des Mannes, dementsprechend geringer ist ihre Leistungsfähigkeit. Die maximale Leistung liegt im Mittel 20 % unter der des Mannes.

Die maximale Soll-Leistung beträgt für den Mann unter 30 Jahren 3 Watt pro kg Körpergewicht.

Die durchschnittliche Wattleistung pro Kilogramm der Sportstudenten (n=1263) beträgt 4,21 W/kg und liegt damit mehr als 1 W/kg über dem Soll-Wert.

Die maximale Soll-Leistung für die Frau unter 30 Jahren beträgt 2,5 Watt pro kg Körpergewicht.(11)

Bei Sportstudentinnen (n=529) liegt die Wattleistung pro Kilogramm mit 3,48 W/kg im Mittel ebenfalls 1 W/kg über der empfohlenen Soll-Leistung für Frauen.

Die grafische Darstellung der Pmax/kg verläuft, ähnlich wie die Pmax-Kurve, annähernd parallel für Studentinnen und Studenten.

Bei den männlichen Studierenden beginnt die Kurve an der 4-W/kg-Linie und steigt ab dem Jahr 1993 auf 4,5 W/kg, um ab 2003 sich wieder der 4-W/kg-Linie anzunähern.

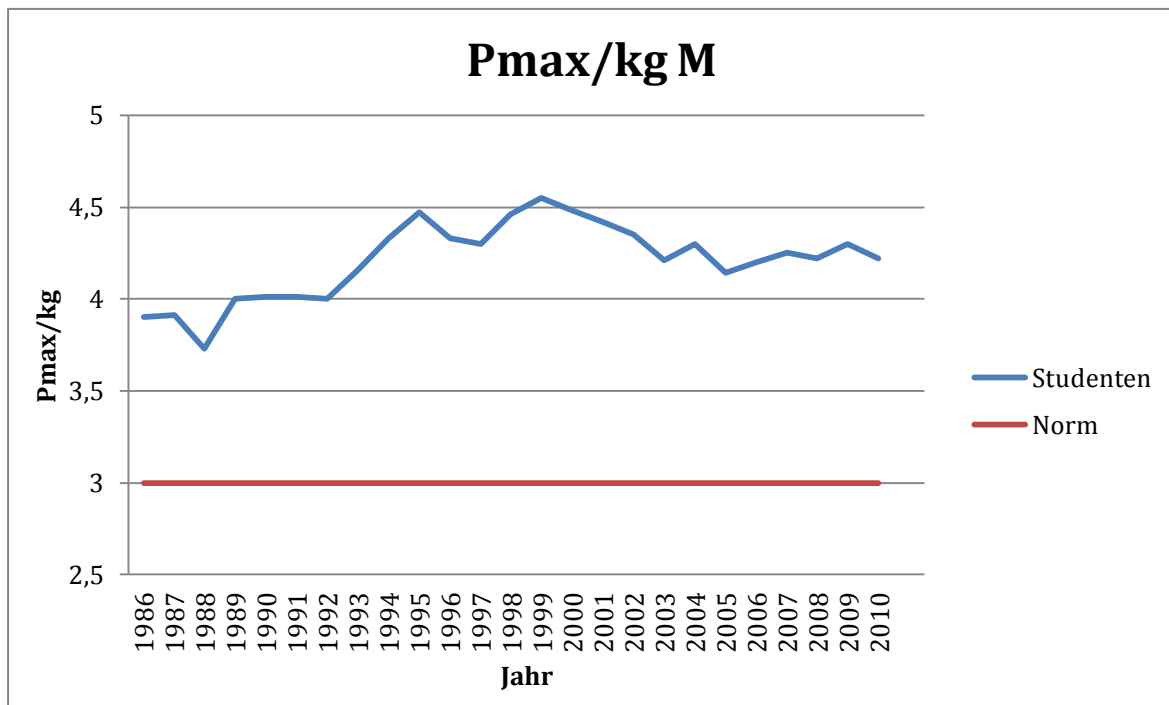


Abbildung 9: Pmax/kg – Sportstudenten im Vergleich zum Normwert

Die Leistungskurve der weiblichen Sportstudierenden verläuft die ersten Jahre bis 1992 knapp über der 3-W/kg-Linie, steigt danach bis auf knapp 3,8 W/kg und pendelt sich aktuell um 3,6W/kg ein.

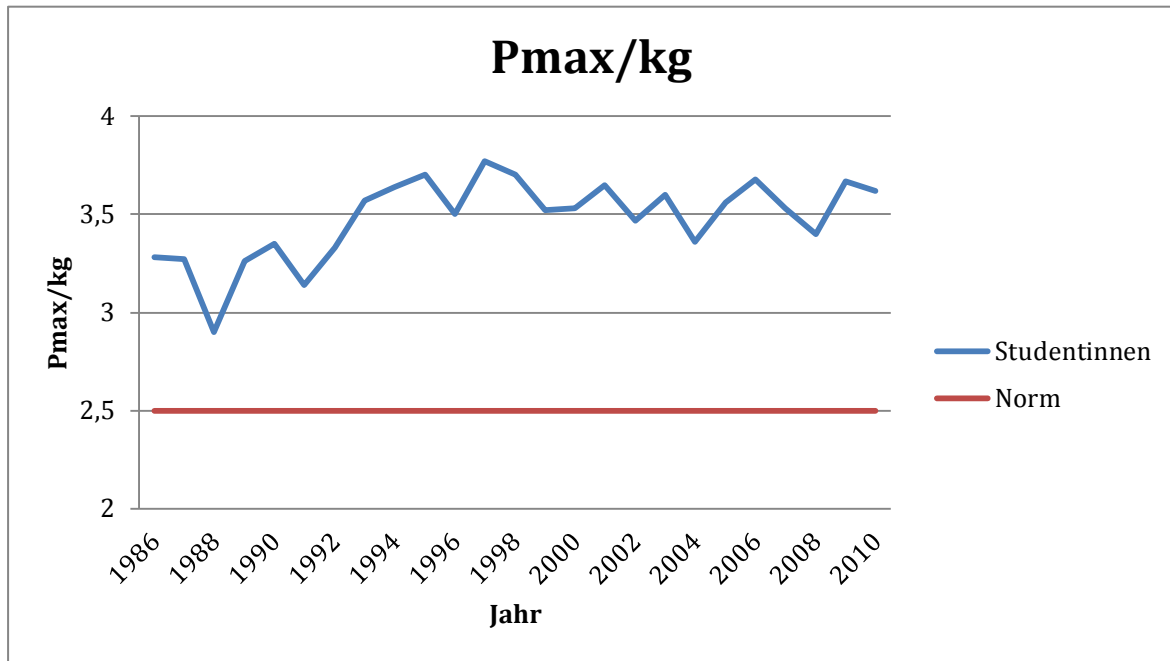


Abbildung 10: Pmax/kg – Sportstudentinnen im Vergleich zum Normwert

3.1.7 Herzfrequenz-Belastungsbeginn (HFstart) Verlauf

Die HFstart wird kurz vor der Ergometrie gemessen und ist damit keine Ruheherzfrequenz im eigentlichen Sinn. Die Werte liegen deutlich über den zu erwartenden Ruhewerten sportlicher junger Erwachsener, was durch die Sympatikusaktivierung vor dem ergometrischen Test, der eine Art Prüfungssituation erzeugt, zu erklären ist.

Die durchschnittliche Herzfrequenz zu Ergometriebeginn beträgt bei Sportstudenten (n=1178) 84 Schläge pro Minute, mit einer STABW von 14, bei Sportstudentinnen (n=489) ist die Herzfrequenz mit 93 Schlägen pro Minute, mit einer STABW von 15, um 10 Schläge höher.

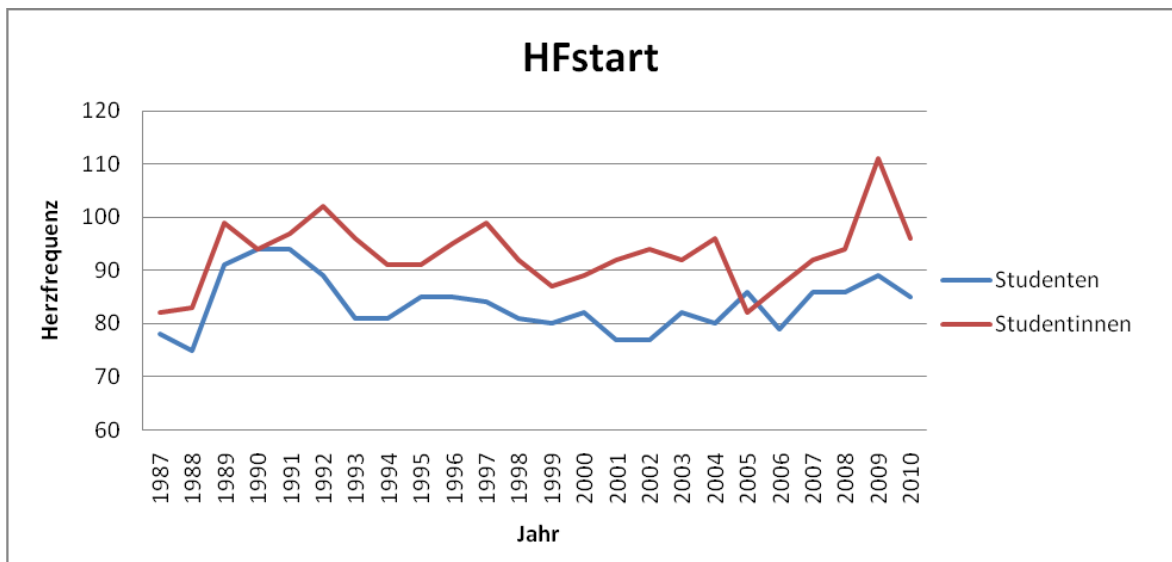


Abbildung 11: HFstart – Studenten und Studentinnen

3.1.8 Maximale Herzfrequenz (HFmax) Verlauf

Durch die Ergometrie bis zur Ausbelastung ist ein Erreichen der maximalen Herzfrequenz möglich. Die individuelle maximale Herzfrequenz ist weitgehend unabhängig von der aktuellen Leistungsfähigkeit, das heißt, dass bei schlechter Trainierten die Herzfrequenzkurve bei Belastung steiler ansteigt. Bei ansteigender Belastung kann man bei etwa 70–80 % der Pmax erkennen, dass die Kurve flacher wird. Dieser Übergang vom steileren Verlauf zum flacheren wird als Conconi-Schwelle definiert.(21)

Die durchschnittlich erreichte Herzfrequenz beträgt für Studenten (n=1156) 188, STABW 9, für Studentinnen (n=549) 190 Schläge pro Minute, STABW 9,5.

Da männliche Studierende mit einer niedrigeren Anfangsherzfrequenz von 84 beginnen, kommt es zu einer relativ höheren Steigerung der Herzfrequenz als bei weiblichen, die mit fast 10 Pulsschlägen mehr in die Ergometrie starten.

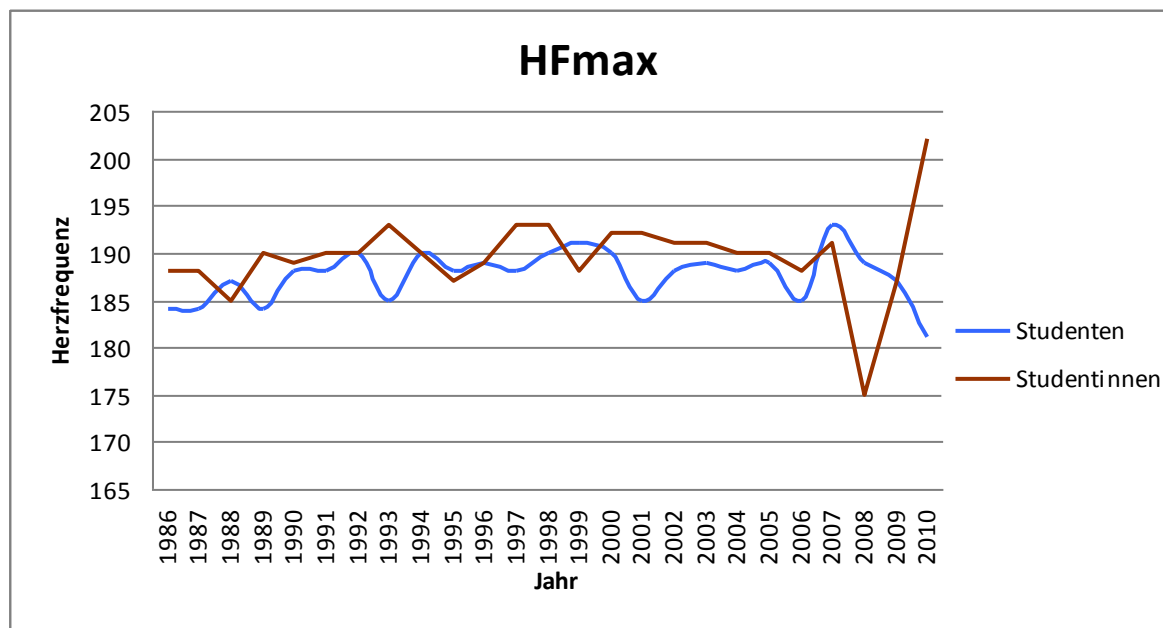


Abbildung 12: HFmax – Studenten und Studentinnen

Die Darstellung der Kurvenverläufe zeigt das durchschnittlich etwas höhere Herzfrequenzniveau der Sportstudentinnen. Im Jahr 2008 sieht man mit 175 einen Tiefpunkt der maximalen Herzfrequenz bei den weiblichen Studierenden, dem allerdings der Spitzenwert von 200 im Jahr 2010 folgt.

3.1.9 Erholungsherzfrequenz

Die Erholungsherzfrequenz wird 3 Minuten nach Belastungsende und Erreichen der maximalen Herzfrequenz gemessen.

Aus dem Rückgang der Belastungsherzfrequenz können Rückschlüsse auf den Trainingszustand gezogen werden. Je schneller die Herzfrequenz nach der Belastung sinkt, desto besser ist der Trainingszustand.(25)

Innerhalb der ersten 30 Sekunden kommt es dabei zu einem rapiden Abfall der Herzfrequenz, gefolgt von einem langsameren Rückgang der Herzfrequenz.(26)

Nach 3 Minuten sinkt die Herzfrequenz nach Ausbelastung bei Sportstudenten (n=1087) auf durchschnittlich 130/min, STABW 13, das sind insgesamt 58 Pulsschläge unter der maximalen Herzfrequenz. Bei Studentinnen (n=485) sinkt sie auf 133/min, STABW 19, das sind 57 Pulsschläge unter der HFmax.

Bei den männlichen Studierenden erkennt man grafisch einen relativ gleichmäßigen Kurvenverlauf im Bereich von 130/min. Jener der weiblichen Studierenden verläuft bis zum Jahr 2005 parallel zum männlichen Verlauf, dann kommt es zu Spitzenwerten von etwa 160/min.

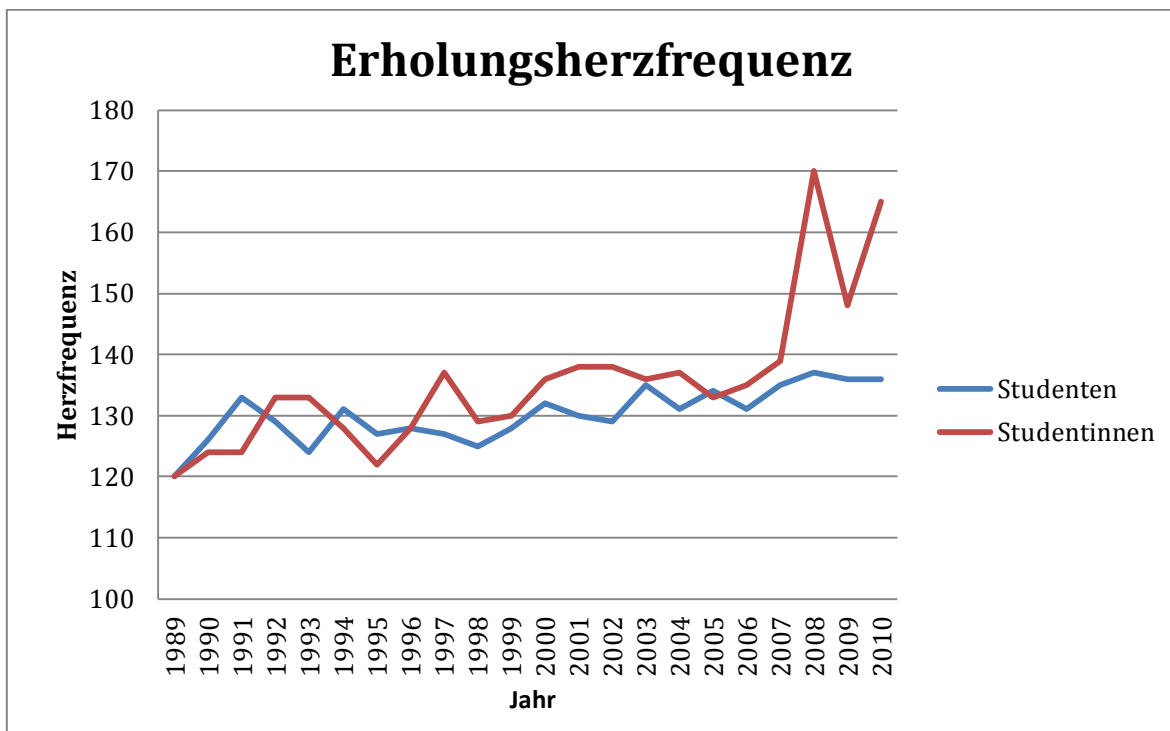


Abbildung 13: HFE3 – Studenten und Studentinnen

3.1.10 Physical Work Capacity (PWC) / kg-Vergleiche

3.1.10.1 Sportstudenten / Soll-Leistung

Eine Möglichkeit der Leistungsbeurteilung ohne Ausbelastung ist über eine Beurteilung der submaximalen Leistungsfähigkeit gegeben. Unter Physical Work Capacity (PWC) versteht man eine auf bestimmte Herzfrequenzen normierte Leistung in Watt.(27) Üblicherweise wird bei einer Herzfrequenz von 130, 150 und 170 die Leistung gemessen.

Die folgenden Tabellen stellen einen grafischen Vergleich zwischen den PWC-Werten der Sportstudenten mit den Soll-Werten her.

Sportstudenten (n=968) bringen bei einer Herzfrequenz von 170/min eine Leistung von 3,2 W/kg, und damit 0,7 W/kg mehr als die Soll-Leistung.(11) Bei einer HF von 150/min mit 2,4 W/kg sind sie um 0,4 W/kg über dem Soll und bei 130 Pulsschlägen/min mit 1,7 W/kg um 0,2 W/kg über dem Soll-Ergebnis.(11)

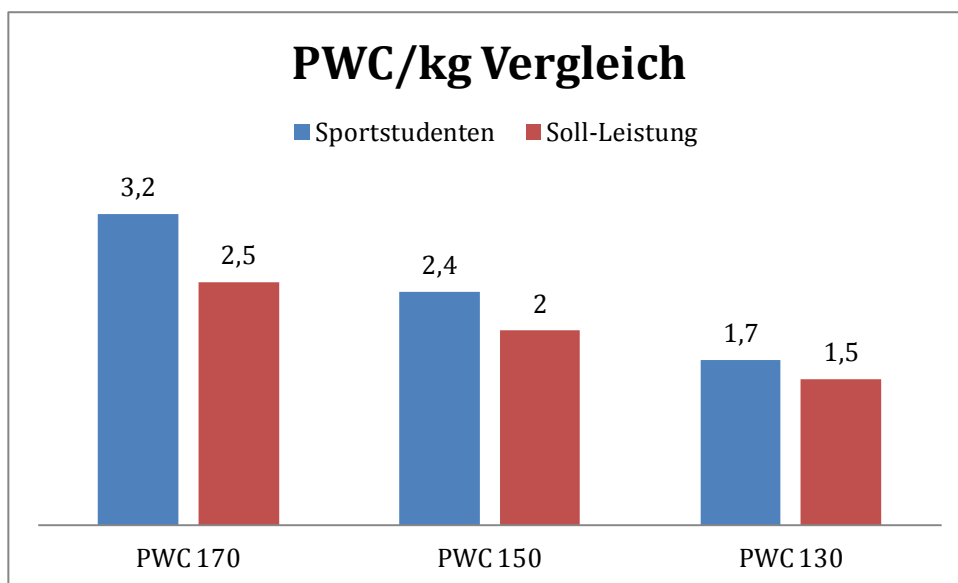


Abbildung 14: PWC/kg – Sportstudenten / Soll-Leistung

3.1.10.2 Sportstudentinnen / Soll-Leistung

Sportstudentinnen (n=424) erbringen bei einer Herzfrequenz von 170 eine Leistung von knapp 2,5 W/kg, damit befindet sich ihre Leistung um 0,5 W/kg über dem zu erreichenden Soll-Wert.(11) Auch der PWC150-Wert ist mit 1,8 W/kg um 0,2 W/kg über der Soll-Leistung.(11) Der PWC130-Wert dagegen ist geringfügig kleiner als der Soll-Wert von 1,25.(11)

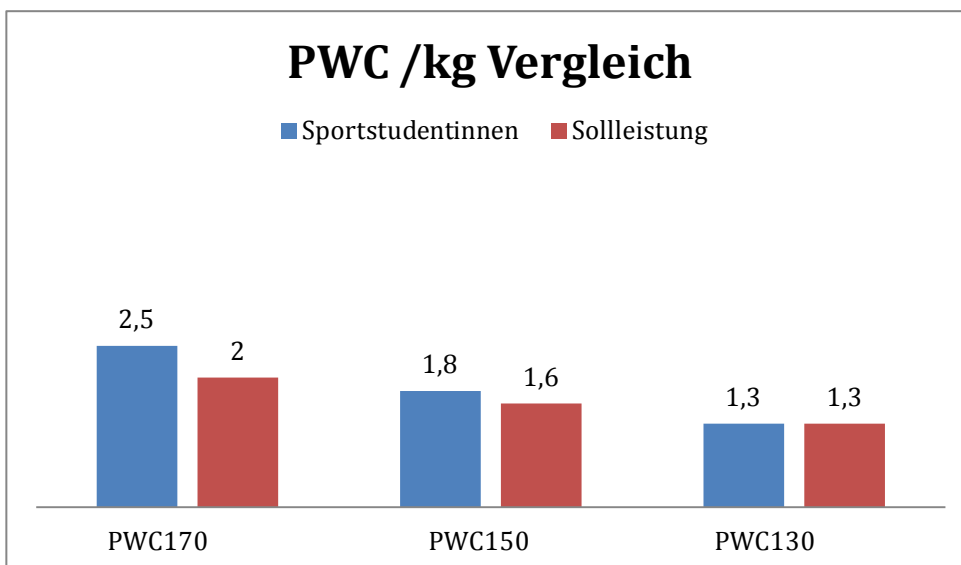


Abbildung 15: PWC/kg – Sportstudentinnen / Soll-Leistung

3.1.11 Arterieller Blutdruck zu Belastungsbeginn

Zu Beginn der Ergometrie findet eine Blutdruckmessung statt. Bei Studenten wurden im Durchschnitt Werte von 125 mmHg systolisch und 77 mmHg diastolisch gemessen. Bei Studentinnen Werte von 118 mmHg systolisch und 74 mmHg diastolisch. Damit befinden sich beide Gruppen im Soll-Bereich von 120/80. Unter Umständen sind die Werte durch eine gewisse Anspannung unmittelbar vor dem Test etwas höher als in absoluter Ruhe.

3.1.12 Krümmungswert der Herzfrequenzkurve (KHR-Wert)

Der KHR-Wert gibt Auskunft über die Krümmung der Herzfrequenzkurve im Belastungsverlauf.

Ein KHR-Wert über 0 bedeutet eine Abflachung der Herzfrequenzkurve. Ein Wert unter 0 weist auf einen weiteren Kurvenanstieg hin.

Der durchschnittliche Wert beträgt 0,325 für Studenten (n=1053) und 0,426 für Studentinnen (n=460). Wie bereits in Kapitel 2.1.2.4 beschrieben, sollten 85 % der jungen, gesunden Bevölkerung eine Deflexion der Herzfrequenzkurve zeigen und somit einen positiven KHR-Wert aufweisen.

Wertet man die positiven und negativen Krümmungswerte der Sportstudierenden statistisch aus, erhält man für Sportstudenten zu 86 % positive Werte, für Sportstudentinnen sogar zu 93 % positive Werte. Da es sich um ein Kollektiv von jungen und gesunden Menschen handelt, ist die überwiegende Deflexion der Herzfrequenzleistungskurve aufgrund der sensitiven Beta1-Rezeptoren zu erklären.

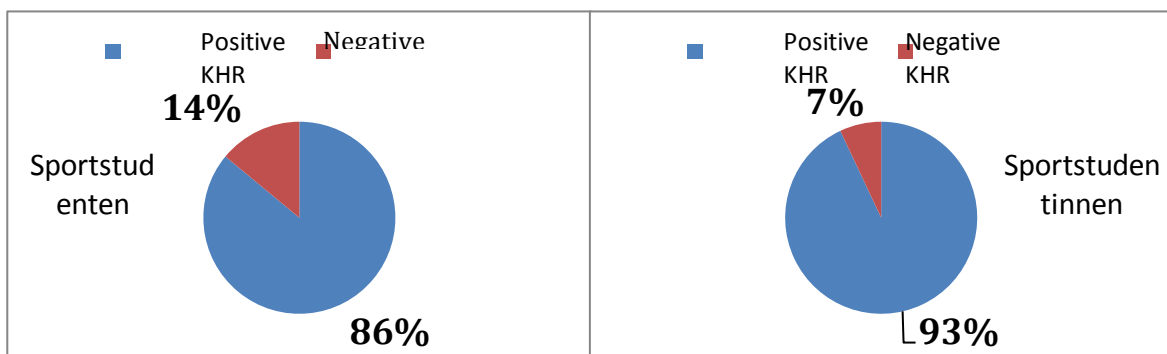


Abbildung 16: Vergleich der positiven und der negativen KHR in Prozent bei Sportstudierenden

3.1.13 Korrelationen

3.1.13.1 Prognose der maximalen Leistung (P_{max}) auf Grundlage der Ruheherzfrequenz (HF_{start})

Eine interessante Fragestellung wäre, ob von der Vorbelastungsherzfrequenz auf die maximale Leistungsfähigkeit geschlossen werden könnte.

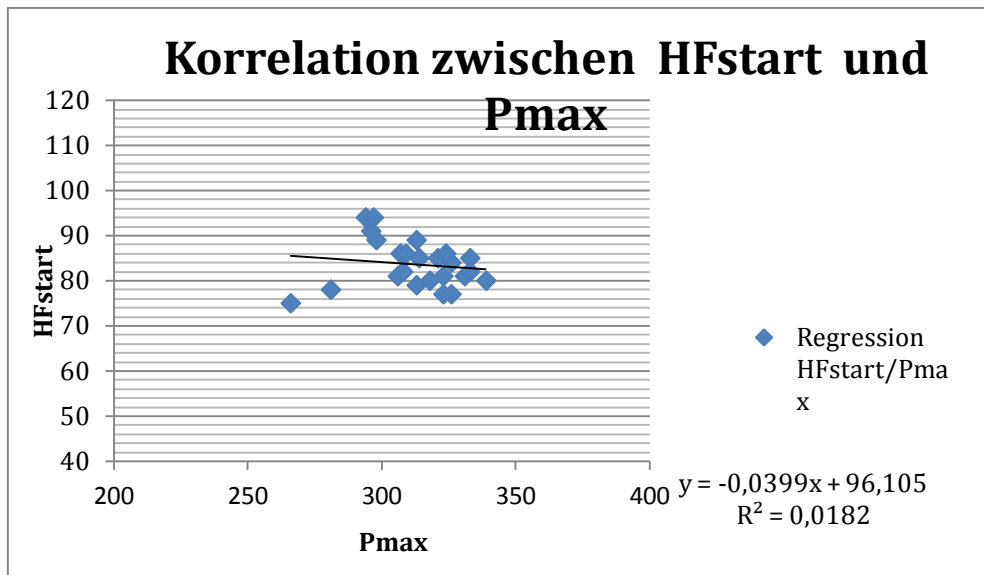


Abbildung 17: Zusammenhang der HFstart mit der Pmax bei Studenten

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz vor der Belastung und der maximalen Herzfrequenz ist nicht herstellbar. Zwar erkennt man, dass die durchschnittliche P_{max} umso höher ist, je niedriger die Ruheherzfrequenz ist, allerdings in so kleinem Rahmen, dass es kaum aussagekräftig wird.

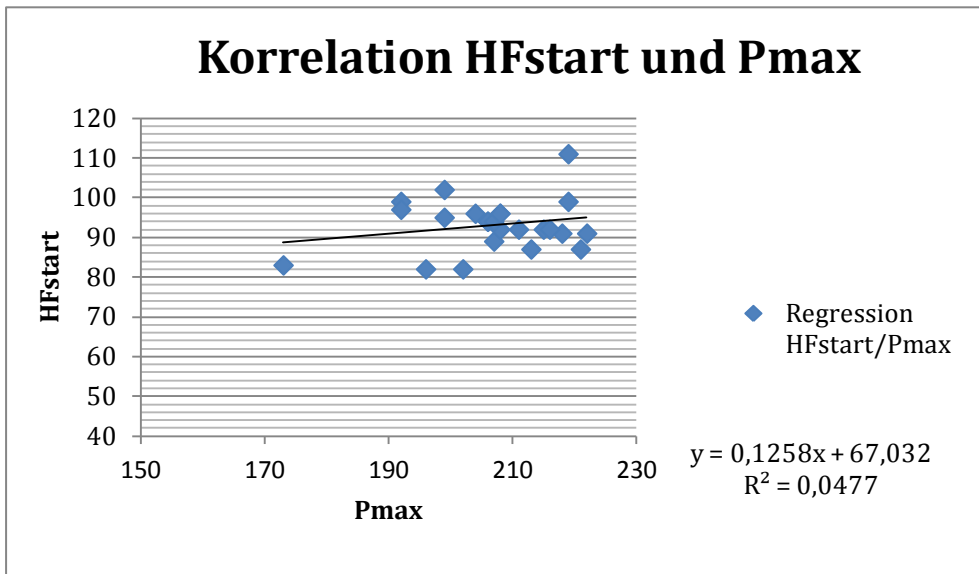


Abbildung 18: Zusammenhang der HFstart mit der Pmax bei Studentinnen

Bei den Studentinnen zeigt sich überraschenderweise ein genau gegensätzliches Bild.

Die Pmax steigt durchschnittlich mit der Höhe der HFstart an, allerdings ist dieser Zusammenhang ebenfalls nicht aussagekräftig darstellbar.

Da es sich bei der Herzfrequenz unmittelbar vor der Belastung aufgrund der Test-situation nicht um die Ruhfrequenz handelt, gibt sie kaum Auskunft über die Leistungsfähigkeit. Studierende reagieren individuell verschieden auf solche Situationen, dementsprechend unterschiedlich sind auch die Vorbelastungsherzfrequenzen.

3.1.13.2 Prognose der maximalen Leistung (Pmax) auf Grundlage der HF40-Leistung

Um von einer submaximalen Leistung auf die maximale Leistung zu schließen, bietet sich der HF40-Wert an.

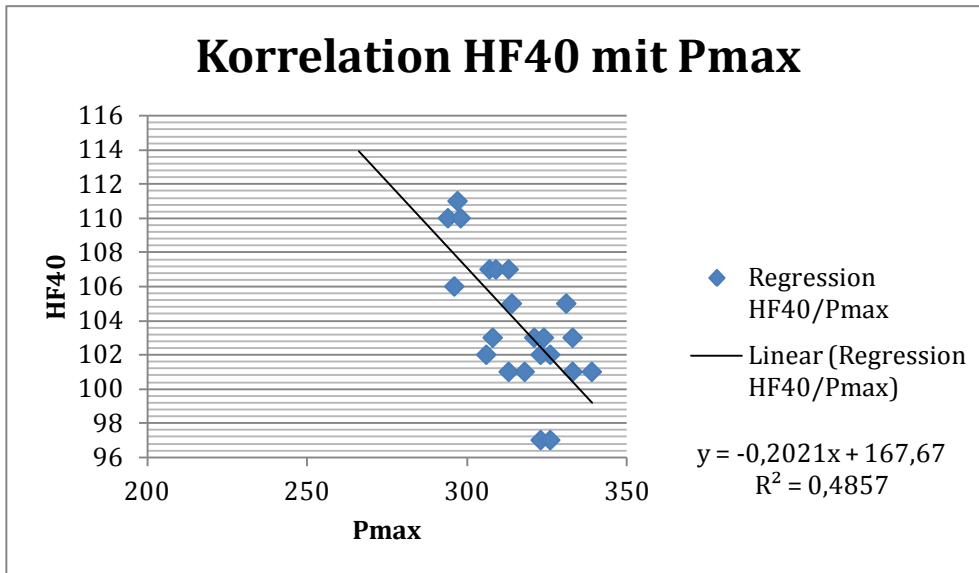


Abbildung 19: Zusammenhang der HF40 mit der Pmax bei Studenten

Die HF40 liegt bei Sportstudenten im Durchschnitt zwischen 97 und 111 Schlägen pro Minute, die Pmax zwischen 300 und 350 Watt. Es ist ein Zusammenhang erkennbar: Die maximale Leistungsfähigkeit ist im Durchschnitt umso höher, je niedriger die Herzfrequenz beim definierten Wert HF40 ist. Pmax ist bei einer HF40 von 100 um fast 50 Watt höher als bei einer HF von 110.

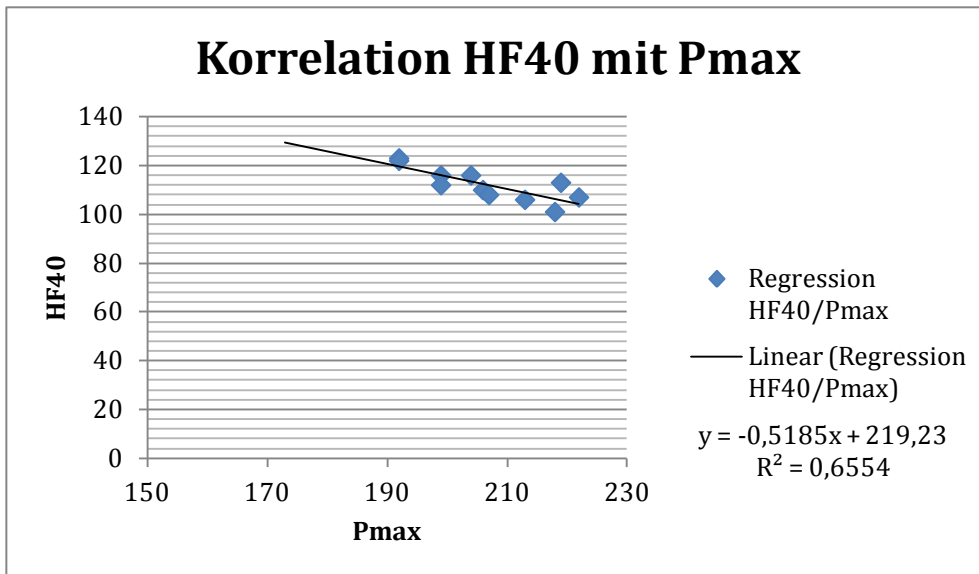


Abbildung 20: Zusammenhang der HF40 mit Pmax bei Studentinnen

Bei den Studentinnen zeigt sich ebenfalls ein deutlicher Zusammenhang. Durchschnittlich ist die HF40 mit Werten zwischen 100 und 130 etwas höher als bei den Studenten. Je niedriger die HF40, umso größer die erbrachte Leistung. Eine niedrigere HF40 von 20 Schlägen pro Minute korreliert mit einer Zunahme der Pmax von knapp 40 Watt.

3.1.13.3 Zusammenhang der Erholungsherzfrequenz (HFE3) mit der maximalen Leistung (Pmax)

Dieser Zusammenhang bietet im Gegensatz zu den anderen nicht die Möglichkeit, von einer submaximalen Belastungszone auf die Leistungsfähigkeit zu schließen, sondern setzt die Ausbelastung voraus.

Das Absinken der Herzfrequenz nach einer Belastung gilt allgemein als guter Parameter zur Beurteilung der Kondition. Die HF3 wird 3 Minuten nach Belastungsende gemessen.

Da regelmäßiges Training und eine damit verbesserte Leistungsfähigkeit zu einem rascheren Abfallen der Herzfrequenz nach der Belastung führen, könnte man davon ausgehen, dass die Herzfrequenz bei Sportstudenten umso rascher absinkt, je höher die maximale Leistungsfähigkeit (Pmax) ist. (28,29,30)

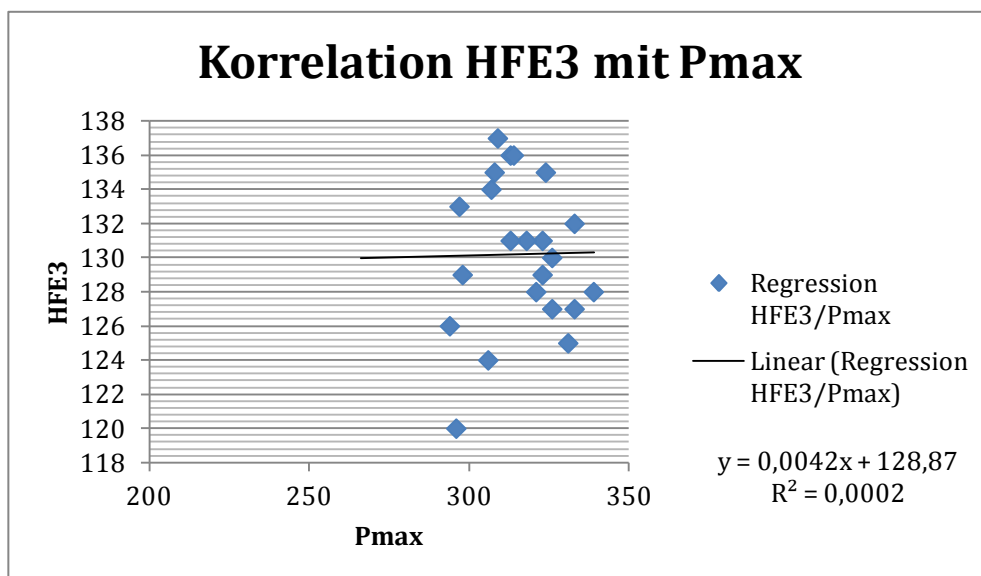


Abbildung 21: Zusammenhang der HFE3 mit der Pmax bei Studenten

Die Erholungsherzfrequenz streut im Durchschnitt zwischen Werten von 120 bis 140 Schlägen/min.

Bei Sportstudenten ist im Rahmen der Ergometrie kein Zusammenhang zwischen einem raschen Absinken der Herzfrequenz und einer gesteigerten Pmax zu erkennen.

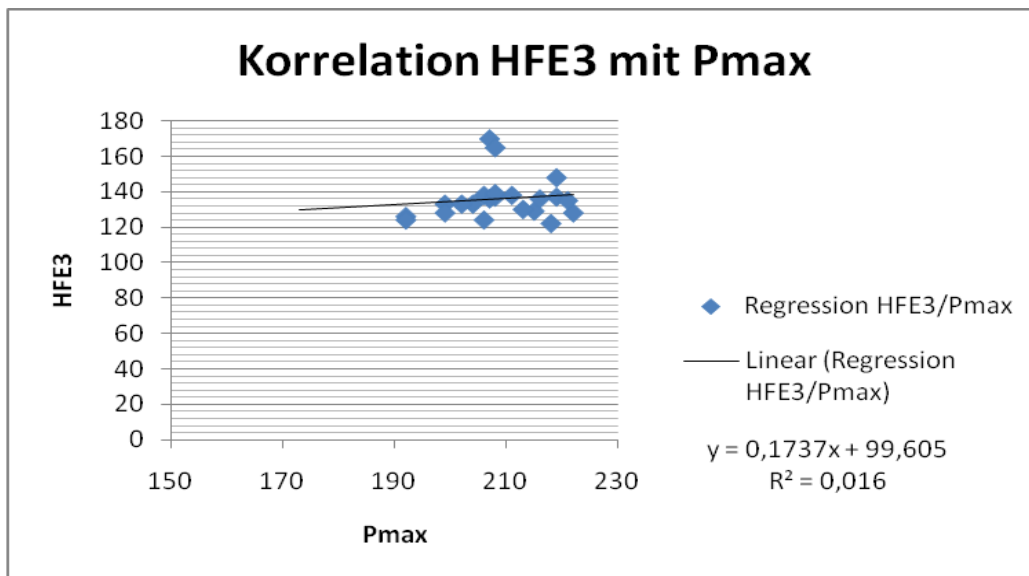


Abbildung 22: Zusammenhang der HFE3 mit der Pmax bei Studentinnen

Die durchschnittliche HFE3 befindet sich bei Studentinnen im Bereich zwischen 120 und 140 Schlägen/min mit einigen Ausreißern nach oben. Eine Korrelation im Sinne einer gesteigerten Leistungsfähigkeit bei schnellerem Absinken der Herzfrequenz ist ebenso wie bei den männlichen Kollegen nicht herstellbar, eher sieht man eine geringfügig höhere Pmax bei langsamerem Absinken der Herzfrequenz nach Belastung.

Einige Autoren empfehlen aus den oben genannten Gründen, die Erholungsherzfrequenz lediglich für die Überprüfung individueller Verbesserungen heranzuziehen, nicht jedoch für interindividuelle Vergleiche.(27,31)

3.1.13.4 Zusammenhang der Schwellenherzfrequenz (HFS) mit der maximalen Leistung (Pmax)

Die Herzfrequenzwerte an der anaeroben Schwelle befinden sich bei Studenten im Bereich zwischen 162 und 177 Schlägen/min.

Studenten mit niedrigeren HFS-Werten im Bereich zwischen 166 und 170 bringen im Durchschnitt etwas höhere Spitzenleistungen.

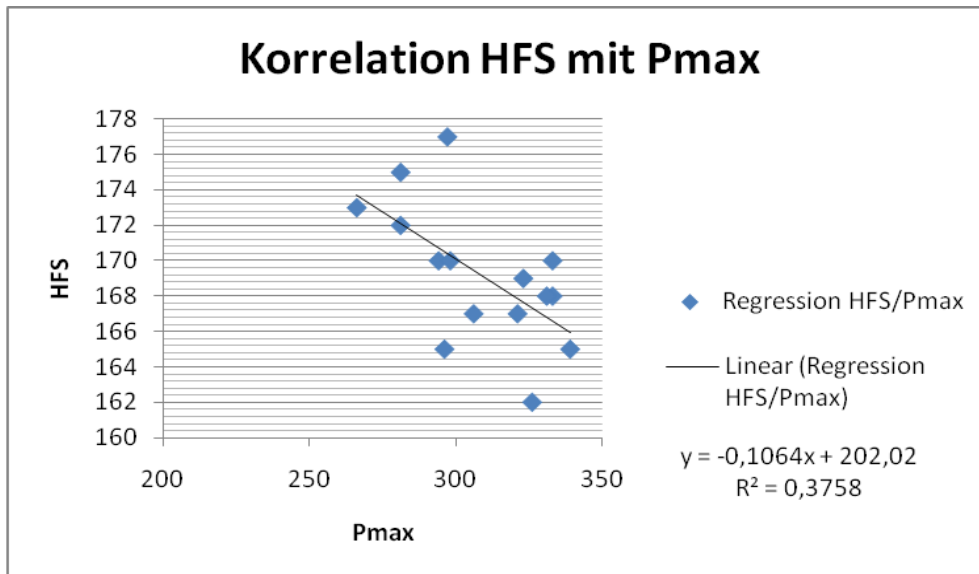


Abbildung 23: Zusammenhang der HFS mit der Pmax bei Studenten

Bei den Sportstudentinnen nimmt die HFS Werte zwischen 162 und 176 ein. Der Großteil befindet sich bei einer Herzfrequenz von knapp über 170.

Studentinnen mit niedrigeren Schwellenwerten haben ebenfalls etwas höhere Wattleistungen erbracht.

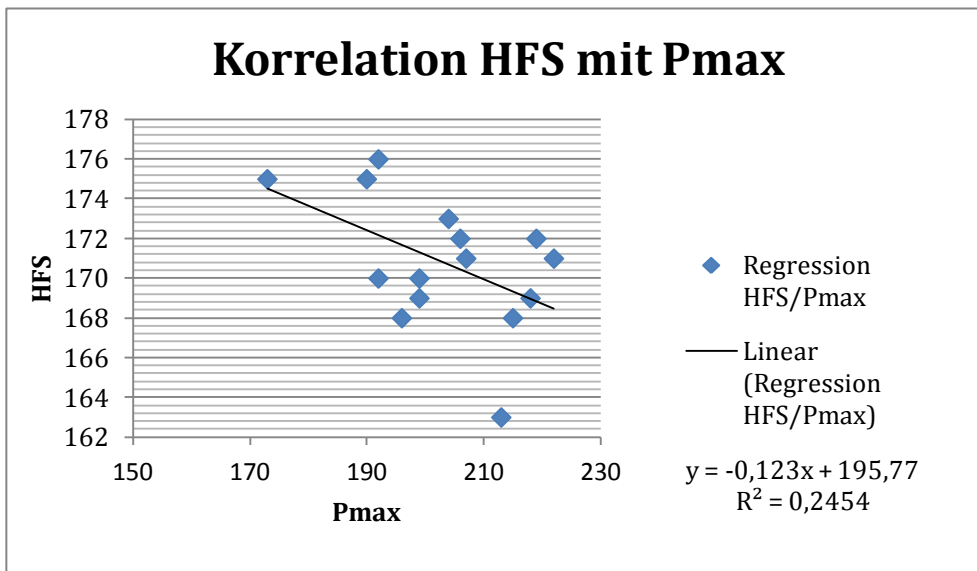


Abbildung 24: Zusammenhang der HFS mit der Pmax bei Studentinnen

3.1.13.5 Zusammenhang der Schwellenleistung (PS) mit der maximalen Leistung (Pmax)

Könnte man vom PS-Wert an der anaeroben Schwelle auf den maximal zu erreichenden Wert (Pmax) rückschließen, müsste keine Ausbelastung zur Leistungsdiagnostik stattfinden.

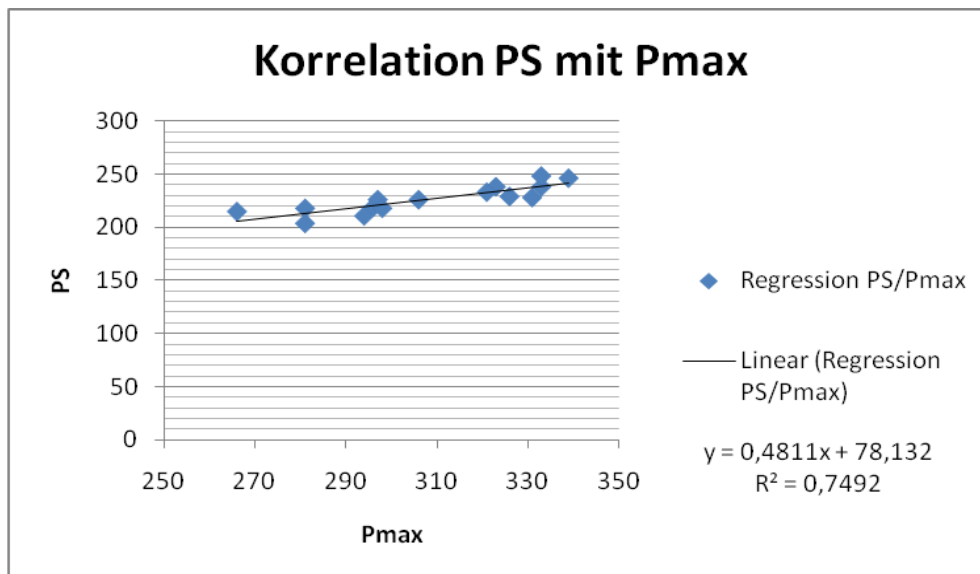


Abbildung 25: Zusammenhang der PS mit der Pmax bei Studenten

Der PS-Wert der Studenten befindet sich im Durchschnitt zwischen 200 und 250 Watt. Es ist gut möglich darzustellen, wie die maximale Leistung mit der Höhe des Schwellenwerts PS ansteigt. Bei Pmax-Werten von 260 Watt beträgt der PS 200 Watt, bei Pmax von 350 Watt schon 250 Watt. Eine Steigerung des PS um 50 Watt bedeutet eine Steigerung des Pmax von fast 100 Watt.

Im Durchschnitt steigt die Leistung bei Studenten von PS auf Pmax noch um 112 Watt an.

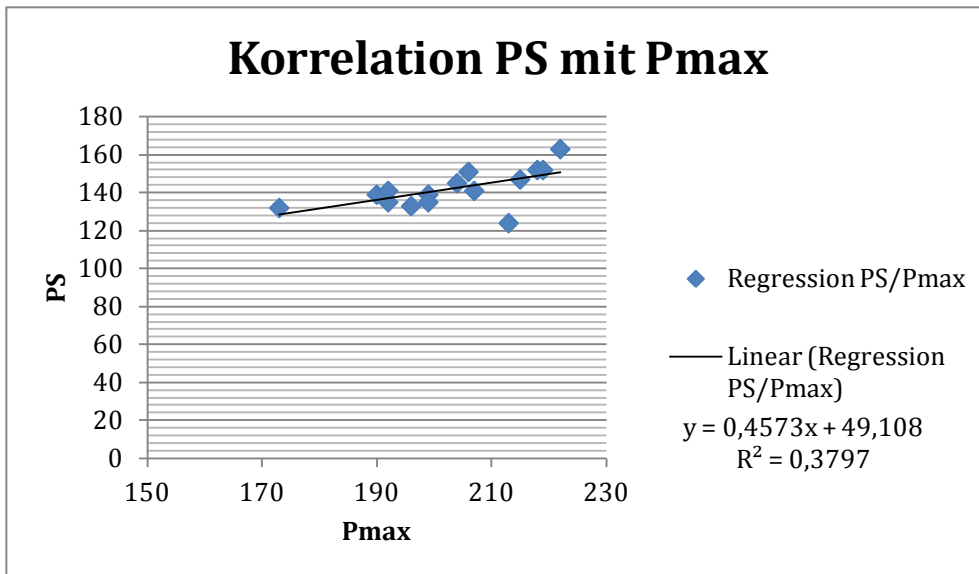


Abbildung 26: Zusammenhang der PS mit der Pmax bei Studentinnen

Bei den Studentinnen ist ebenfalls klar zu erkennen, dass Pmax deutlich mit der Höhe des PS-Wertes ansteigt.

Die PS-Werte befinden sich bei Studentinnen zwischen 120 und 160 Watt. Ein Ansteigen von PS von 130 auf 160 Watt bedeutet einen Zuwachs um 80 Watt von Pmax von 160 auf 240 Watt.

Im Durchschnitt steigt die Leistung von PS auf Pmax um 65 Watt an, das sind 47 Watt weniger als bei den Studenten.

3.1.14 Bewertung des Leistungszustandes auf Grundlage der maximalen Sauerstoffaufnahme:

Ein sehr gutes Maß zur Beurteilung der Kondition ist die maximale Sauerstoffaufnahme (V_{O2max}). Im Rahmen der ergometrischen Untersuchung des Aufnahmetests wird die direkte Messung der maximalen Sauerstoffaufnahme nicht durchgeführt, aber es ist möglich, die V_{O2max} aufgrund des linearen Zusammenhangs zwischen Intensität und Sauerstoffaufnahme zu berechnen.

Die Formel lautet:³²

1) für Männer: $V_{O2max} = 10,88 \cdot P(W) + 211$

2) für Frauen: $V_{O2max} = 9,60 \cdot P(W) + 260$

Die Berechnung für Grazer Sportstudierende ergibt:

1) Studenten: V_{O2max} : 3,6 l/min, $V_{O2max/kg}$: 49 ml/kg.min

2) Studentinnen: V_{O2max} : 2,25 l/min, $V_{O2max/}$: 34 ml/kg.min

Bunc et al. erstellten eine für verschiedene Altersgruppen zugeschnittene Norm zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit beruhend auf den Werten: V_{O2max} , $V_{O2max/kg}$, P_{max} und $P_{max/kg}$.(31)

Tabelle 4: Berechnete Werte für die maximale Sauerstoffaufnahme (V_{O2max} , $V_{O2max/kg}$) mit dazugehörigen Werten für die durchschnittliche Maximalleistung (P_{max} , $P_{max/kg}$)

Geschlecht	Alter	P_{max}	$P_{max/kg}$	V_{O2max}	$V_{O2max/kg}$	P_{max}	$P_{max/kg}$	V_{O2max}	$V_{O2max/kg}$	P_{max}	$P_{max/kg}$	V_{O2max}	$V_{O2max/kg}$
m	20	246	3,5	2,77	37,5	284	4,0	3,37	45,5	323	4,5	3,78	53,5
f	20	159	2,7	1,82	30,5	189	3,3	2,15	36,4	220	3,8	2,47	42,2
Bewertung		Unterdurchschnittlich				Gut				Sehr gut			

Die Altersvergleiche sind in Fünf-Jahres-Schritten dargestellt, ich wählte für den Vergleich mit den Sportstudierenden ein Durchschnittsalter von 20 Jahren.

Tabelle 5: Berechnete Werte für die maximale Sauerstoffaufnahme (V_{O2max} , $V_{O2max/kg}$) mit dazugehörigen Werten für die durchschnittliche Maximalleistung der Sportstudenten und -studentinnen

	P_{max}	$P_{max/kg}$	V_{O2max}	$V_{O2max/kg}$
Studenten	311	4,21	3,6	49
Studentinnen	211	3,48	2,24	33,51

Sportstudenten befinden sich mit einem P_{max} von 311 W, P_{max}/kg von 4,21 W/kg, einem V_{O2max} von 3,6 l/min und einem V_{O2max}/kg von 49 ml/kg.min zwischen „gutem“ und „sehr gutem“ Bereich, mit Tendenz zu „Sehr Gut“.

Sportstudentinnen ordnen sich mit einem P_{max} von 211 W, P_{max}/kg von 3,48 W/kg, einem V_{O2max} von 2,24 l/min und einem V_{O2max}/kg von 33,51 ml/kg.min ebenfalls im „guten“ bis „sehr guten“ Bereich ein, die Tendenz geht aufgrund des V_{O2max}/kg -Wertes, der doch relativ deutlich abfällt, in Richtung „Gut“.

3.1.15 Berechnungsmöglichkeiten

Berechnung der maximalen Herzfrequenz:

Mithilfe des Lebensalters ist mit der einfachen Formel 210 minus LA eine Berechnung der maximalen Herzfrequenz möglich, diese Formel gilt für Berechnungen im Rahmen der Fahrradergometrie.(32)

Die mit 1900 Personen große Anzahl an Studierenden ermöglicht einen guten Vergleich der getesteten und der errechneten HFmax und eine signifikante Aussage.

Der getestete HFmax-Mittelwert aus der Gesamtstatistik der Sportstudenten ergibt 188, jener der Studentinnen 189 Schläge/min.

Berechnet man die HFmax anhand der oben genannten Formel, erhält man als Mittelwert der männlichen Studierenden 188, jener der weiblichen ergibt 190 Schläge/min. Man kann erkennen, dass der aus der Ergometrie erhobene HFmax-Wert mit dem berechneten relativ genau übereinstimmt.

4 DISKUSSION

Betrachtet man die Entwicklung der maximalen Leistungsfähigkeit der Sportstudентinnen und -studenten über den Zeitraum der letzten 25 Jahre, stellt man fest, dass die erbrachten Leistungen deutlich über der Altersnorm liegen.(11) Sehr deutlich zu sehen ist dies in der Auswertung der P_{max}/kg , wo sowohl Männer als auch Frauen mit 1 Watt/kg über der Norm liegen. Aufgrund des Sportverhaltens der Österreicher/innen kann man davon ausgehen, dass nur ein sehr geringer Teil der Bevölkerung ähnlich leistungsfähig ist. Nur 40 % der österreichischen Bevölkerung betreiben regelmäßig Sport, worunter man eine sportliche Betätigung mindestens einmal wöchentlich versteht.

Ein Drittel der österreichischen Bevölkerung betreibt niemals Sport; weitere 27 % üben Sport in so geringem Ausmaß (1- bis 2-mal/Monat oder seltener) aus, dass es dadurch zu keiner nachhaltigen gesundheitlichen Wirkung kommen kann.(33)

Eine kürzlich veröffentlichte Studie des Instituts für medizinische und sportwissenschaftliche Beratung im Olympiazentrum Südstadt (IMSB) stellte einen Trend der österreichischen Bevölkerung fest, immer größer und schwerer zu werden. Es wurden anthropometrische Daten von 15.700 Österreichern und Österreicherinnen über die letzten 25 Jahre statistisch ausgewertet. Bei den Parametern Körpergröße, Gewicht und Körperfettanteil wurde eine stetige Steigerung festgestellt.

In der Altersklasse der 20- bis 21-Jährigen stieg die durchschnittliche Körpergröße der Männer seit 1986 von 176 cm auf 180 cm, die der weiblichen Altersgenossinnen von 164 cm auf 172 cm.

Das Durchschnittsgewicht stieg in der Alterskategorie der 20- bis 21-Jährigen ebenfalls an. Bei Männern stieg es von 72 auf 75 kg, bei Frauen von 60 auf 66 kg.(23)

Diese Erkenntnis bietet einen Schnittpunkt zur Auswertung der anthropometrischen Aufzeichnungen im Rahmen des Aufnahmeverfahrens der Grazer Sportstudierenden.

Diese Aufzeichnungen sind über einen ähnlich langen Zeitraum, über eine Zeitspanne von 25 Jahren, verfügbar. Die Anzahl der getesteten Personen beträgt etwa 2.000, davon 1.300 männliche und 600 weibliche Studierende.

Die Körpergröße ist bei männlichen Studierenden um ca. 2 cm gestiegen, das Gewicht um etwa 2 kg. Bei den Sportstudentinnen kann man weder eine Gewichts- noch eine Körpergrößensteigerung erkennen. Die Tendenz der österreichischen Bevölkerung, immer größer und vor allem immer schwerer zu werden, kann man bei Sportstudierenden nicht in demselben Ausmaß feststellen.

Der Hauptgrund für die Entwicklungen der letzten Jahre ist der zunehmende Bewegungsmangel, der schon im Jugendalter beginnt.(23)

Die Aufnahmeprüfung für das Sportstudium erfordert neben koordinativen und sportspezifischen Fertigkeiten vor allem auch ein gewisses Maß an körperlicher Fitness, somit kann man davon ausgehen, dass Sportstudierende als eine vorselektierte Gruppe einen sehr leistungsfähigen Teil der Bevölkerung darstellen.

Die Anforderungen an die Sportstudenten und -studentinnen sind in den letzten Jahren gleich geblieben und auch die Leistungen sind gleich, vielleicht sogar etwas besser geworden. Sie betreiben somit eine optimale Primärprävention in Bezug auf ein späteres kardiovaskuläres Risiko. Eine gute körperliche Leistungsfähigkeit reduziert die Gesamtmortalität als auch die kardiovaskuläre Mortalität.(34)

Es ist aber auch für einen Großteil der Bevölkerung möglich, mit weniger Aufwand an sportlicher Aktivität eine gesundheitsfördernde Wirkung zu erreichen. Die Trainingsempfehlungen im Hinblick auf einen protektiven Effekt gehen weit auseinander, beginnen allerdings schon mit relativ geringen Trainingsumfängen und -intensitäten.

Bereits bei einer Steigerung des wöchentlichen Energieverbrauchs von 2000 kcal reduziert sich das Risiko der Gesamtmortalität um 15 %, jenes der kardiovaskulären Mortalität um 17 %.(35). Eine ausführliche Trainingsempfehlung gibt die American Heart Association. Das Programm basiert auf einer Aufteilung in einen Krafttrainings- und einen Ausdauertrainingsteil.(36)

Demnach sollte ein moderates Ausdauertraining mit einer Intensität von ca. 50 bis 70 % der maximalen Herzfrequenz, so oft wie möglich, mindestens 3 Tage die Woche,

mit einer jeweiligen Trainingsdauer von 20 bis 60 min durchgeführt werden. Der Kalorienbedarf sollte zwischen 700 und 2000 kcal pro Woche betragen. Weiters wird empfohlen, an 2 bis 3 Tagen pro Woche ein Kraftprogramm mit 8 bis 10 verschiedenen Übungen zu 3 Sätzen und jeweils 10 bis 15 Wiederholungen durchzuführen. Die Intensität sollte für das Training der oberen Extremitäten ca. 30 bis 40 % der Maximalkraft betragen, für das Training der unteren Extremität 50 bis 60 % der Maximalkraft.(37,38)

Es wäre optimal, eine Sportart zu wählen, die sowohl eine Ausdauer- als auch eine Kraftkomponente beinhaltet, eine Herausforderung darstellt und zusätzlich noch Motivation schafft, sie möglichst oft zu betreiben.

In den letzten Jahren entwickelte sich die Gesellschaft von den klassischen Sportarten weg, immer weiter in die Richtung Wellness mit einer ganzheitlichen Sicht von Gesundheit, Fitness und Wohlbefinden.

Prinzipiell kann aber auch ein körperlich aktives Leben mit täglicher Bewegung im Alltag, wie z. B. Treppensteigen, auf den Lift verzichten oder mit dem Fahrrad ins Büro fahren, schon positive Auswirkungen haben. Mit Interesse an Sport und Bewegung und einer gewissen Motivation ist es also nach wie vor möglich, ein gesundes, aktives Leben ohne Gewichtsprobleme und die oft fatalen Folgeschäden zu führen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Schmidt RF, Lang F, Thews G. *Physiologie des Menschen*. 29. Aufl. Berlin u.a.: Springer; 2007.
2. Knoll M, Banzer W, Bös K. Aktivität und physische Gesundheit. In: Bös K, Brehm W, Hrsg. *Handbuch Gesundheitssport*. Schorndorf: Hofmann-Verlag; 2006, 82–102.
3. Löllgen H, Löllgen D. Körperliche Aktivität und Primärprävention. *Dt Med Wochenschr* 2004;129: S1055–S1056.
4. Lavie CJ, Tomas RJ, Squires RW, Allison TG, Milani RV. Exercise training and cardiac rehabilitation in primary and secondary prevention of coronary heart disease. *Mayo Clin Proc* 2009;84: 373–83.
5. Berg A, König D. Körperliche Belastung und Adaptation. In: Bös K, Brehm W, Hrsg. *Handbuch Gesundheitssport*. Schorndorf: Hofmann-Verlag; 2006, 69–81.
6. Pedersen BK, Saltin B. Review – Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16 (Suppl 1): S5–S65.
7. Wonisch M, Berent R, Klicpera M, Laimer H, Marko C, Pokan R, Schmid P, Schwann H. Praxisleitlinien Ergometrie. *Kardiologie* 2008;15(Suppl A):3–17.
8. Klinke R, Hrsg. *Physiologie*. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2005.
9. De Marées H, Hrsg. *Sportbiologie*. 9. Aufl. Köln: Sport und Buch Strauß Verlag; 2003, 439.
10. Schreinicke G. Die Ergometrie in der betriebsärztlichen Praxis (Kap 10.2.2.1). In: Hofmann F, Kralj N, Hrsg. *Handbuch der betriebsärztlichen Praxis*. Landsberg/Lech: Ecomed Medizin; 2004. Aus einer Verlags-Leseprobe abgerufen am 20. 08. 2010 von http://www.huethig-jehle-rehm.de/imperia/md/content/ecomed_medizin/leseproben/lp1_betriebs_rztl.praxis.pdf.
11. Rost R, Hrsg. *Lehrbuch der Sportmedizin*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag; 2001.
12. McArdle W, Katch F, Katch V. *Exercise Physiology*. 6. Aufl. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.

13. Foster C, Porcari JP. Clinical Exercise testing related to cardiovascular disease. In: Kaminsky LA, ed. *ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise testing and Prescription*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006, 225–230.
14. Weineck J. *Sportbiologie*. 10. Aufl. Balingen: Spitta Verlags GmbH; 2004, 193.
15. Heck H, Rost R, Hollmann W. Normwerte des Blutdrucks bei der Fahrradergometrie. *Deutsche Z Sportmed* 1984;35: 243–7.
16. Singh JP, Larrison MG, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer M, Evans JC, Levy D. Bloodpressure response during treadmill testing as a risk factor for new onset Hypertension: the Framingham heart study. *Circulation* 1999;99: 1831–6.
17. Miyai N, Arita H, Miyashita K, Morioka I, Shiraishi T, Nishio I. Blood pressure Response to heart rate during exercise test and risk of future hypertension. *Hypertension* 2002;39: 761–6.
18. American College of Sports Medicine: Position stand: Exercise and hypertension *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 533–53.
19. Laukanen JA, Kurl S, Rauramaa R, Lakka TA, Venäläinen JM, Salonen JT. Systolic blood pressure response to exercise testing is related to the risk of acute myocardial infarction in middle-aged men. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2006;13: 421–8.
20. Hofmann P, Seibert F-J, Zweiker R, Schmid P. The heart rate performance curve during incremental cycle ergometer exercise in healthy young male subjects. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29: 762–8.
21. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca I. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol* 1982;52: 869–73.
22. Conconi F, Grazi G, Casoni I, Guglielmini C, Brosetto C, Ballarin E, Mazzoni G, Patracini M, Manfredi F. The Conconi Test: Methodology after 12 years of application. *Int J Sports Med* 1996;17: 509–19.
23. Kos A. Der körperliche Zustand österreichischer Kinder, Jugendlicher und Erwachsener – dargestellt anhand von zwei anthropometrischen Projekte. Maria

- Enzersdorf: IMSBAustria; 2010. Abgerufen am 19.12.2010 von http://www.imsb.at/download/text/2205/Studie2010_Dr.Kos_IMSB.pdf.
24. Statistik Austria [Website]. *Body Mass Index (BMI)*; [updated 10. 08. 2010]. Abgerufen am 28. 09. 2010 von http://www.statistik.at/web_de/statistiken/gesundheit/gesundheitsdeterminanten/bmi_body_mass_index/index.html.
 25. Schurr S. *Triapendium: Handbuch für Triathlon*. 1. Aufl. Norderstedt: Books on Demand; 2002.
 26. Sportanalytix.com [Website]. *Erholungsherzfrequenz*; [ohne update-Angabe]. Abgerufen am 19.12.2010 von <http://www.sportanalytix.com/de/content/1017-erholungsherzfrequenz.htm>.
 27. Geisler L., Hrsg. *Lexikon Medizin*. 4. Aufl. München: Urban & Schwarzenberg Verlag; o. J.
 28. Yamamoto K, Miyachi M, Saitoh T, Yoshioka A, Onodera S. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci. Sports Exerc* 2001;33(9): 1496–502.
 29. Heffernan KS, Fahs CA, Shinsako KK, Jae SY, Fernhall B. Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007;293(5): H3180-H3186.
 30. Wilmore JH, Costill DL. Physiology of Sport and Exercise. Reviewed by Gleim GW. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1995; 27(5): 792.
 31. Bunc V, Gaisl H, Hofmeister P. Bewertung des allgemeinen Konditionszustandes mittels modifiziertem CONCONI-Test am Fahrradergometer. *Marathon* 1988;5(6): 14.
 32. Fenzl M, Hofmann J. Belastungssteuerung im rehabilitativen Ausdauersport durch alterskorrigierte Richtwerte. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie* 2006;54(4), 117–20.
 33. Pratscher H. Sportverhalten in Österreich. *Journal für Ernährungsmedizin* 2000;2(5):18-23. Summary abgerufen am 22. 11. 2010 von <http://www.kup.at/journals/summary/416.html>.

34. Schmid P, Pokan R, Schmid F, Smekal G. Der Stellenwert körperlicher Aktivität in der Primärprävention. *J Kardiol* 2003, 10(12): 548–53.
35. Paffenbarger RS, Hyde RT, Wing AL, LEE IM, Jung DL, Kampert JB. The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 1993;328: 538–45.
36. Pearson TA, Blair SN, Daniels SR, et al. AHA Guidelines for Primary Prevention of Cardiovascular Disease and Stroke. 2002 update: consensus panel guide to comprehensive risk reduction for adult patients without coronary or other atherosclerotic vascular diseases. American Heart Association Science Advisory and Coordinating Committee. *Circulation* 2002;106: 388–91.
37. Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, et al. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30: 975–91.
38. Bouchard C, Lesage R, Lortie G. Aerobic performance in brothers, dizygotic and monozygotic twins. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18: 639–46.