

Aus der Kinderklinik und Kinderpoliklinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital
der Ludwig-Maximilian-Universität München
Vorstand: Prof. Dr. med. D. Reinhardt

**Auswirkungen eines
motivationsorientierten Sportprogramms
auf die Psyche, die Körperzusammensetzung
und den Metabolismus
von diabetischen Jugendlichen**

DISSERTATION

**zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilian-Universität zu München**

**vorgelegt von Stefan Merk
aus Karlsruhe**

2003

Mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. med. H.-P. Schwarz
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. med. R. Landgraf Prof. Dr. med. A.-G. Ziegler
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	Dr. med. K. Raile
Dekan:	Prof. Dr. med. Dr. h. c. K. Peter
Tag der mündlichen Prüfung:	27.3.2003

für Herrn Dr. med. H. Richarz

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Probanden und Methoden	3
2.1	Ethikantrag	3
2.2	Probanden	3
2.3	Studienprotokoll	4
2.3.1	Klinisch-pädiatrische Untersuchung	4
2.3.2	Diabetesspezifische Untersuchung	4
2.3.3	Laboranalyse	4
2.3.4	Ruhe-EKG	5
2.3.5	Körperzusammensetzung	5
2.4	Psychosoziales Datenblatt	9
2.5	Lebensqualität	9
2.6	Sportverhalten	10
2.7	Münchner Fitness-Test (MFT)	11
2.8	Laufbandergometrie	11
2.9	96-Sekunden-Test	15
3	Sportprogramm	21
3.1	Vorgaben	21
3.2	Ziele	21
3.3	Gruppendynamik	22
3.4	Risikoprophylaxe	22
3.5	Körperliches und psychisches „Selbst-Bewusstsein“	23
3.6	Betreuerverhalten	23
3.7	Unterrichtsverlaufsplan	24
4	Datenanalyse	27
5	Ergebnisse	29
5.1	Klinisch-pädiatrische Untersuchung	29
5.1.1	Körpergrösse der Probanden	29
5.1.2	Gewicht der Probanden	30
5.2	Diabetische Stoffwechsellage	31
5.2.1	Diabetesdauer	31
5.2.2	Therapieform	31
5.2.3	Diabetestagebuch	31
5.2.4	Insulin pro Tag	31

5.2.5	Broteinheiten (BE) pro Tag	32
5.2.6	Blutzucker (BZ-Messungen pro Tag)	33
5.2.7	HbA _{1c}	33
5.2.8	Hypoglykämien	34
5.2.9	Hyperglykämien	34
5.3	Laboranalyse	36
5.3.1	Routinelabor	36
5.3.2	Lipidlabor	36
5.4	Ruhe-EKG/Pulsfrequenz/Blutdruck	39
5.4.1	Ruhe-EKG	39
5.4.2	Ruhepuls	39
5.4.3	Diastolischer Blutdruck	40
5.4.4	Systolischer Blutdruck	41
5.5	BMI	42
5.6	Faltendickenbestimmung	43
5.7	Bioelektrische Impedanzmessung (BIA)	44
5.7.1	BIA Magermasse	44
5.7.2	BIA Fettmasse	45
5.8	Lebensqualität	46
5.8.1	Punktwert: Anderssein durch Diabetes	46
5.8.2	Punktwert: Erschwernisse durch Diabetes	46
5.8.3	Punktwert: Sorgen durch Diabetes	47
5.8.4	Gesamtergebnis Lebensqualität	47
5.9	Sportverhalten	49
5.9.1	Freizeitsport	49
5.9.2	Vereinsport	50
5.9.3	Gesamte sportliche Aktivität	50
5.10	Münchener Fitness-Test (MFT)	52
5.10.1	Ballprellen	52
5.10.2	Zielwerfen	54
5.10.3	Rumpfbeuge	56
5.10.4	Standhochsprung	58
5.10.5	Halten im Hang	59
5.10.6	Stufensteigen	61
5.10.7	Grobdiagnose	63
5.11	Laufbandergometrie	65
5.11.1	Maximalwerte	66
5.11.2	Leistungsparameter an den Laktatschwellen	67
5.11.3	Leistungsparameter an den Belastungsstufen	67
5.12	96-Sekunden-Test	71
5.12.1	Peak-Power	71
5.12.2	Maximale 5-s-Arbeit	72
5.12.3	Alaktazide Kapazität	72
5.12.4	Anaerobe Kapazität	72
5.12.5	Laktazide Kapazität	73
5.12.6	Oxidativer Fluss	74
5.12.7	Laktazider Fluss	74

5.12.8	Maximaler Gesamtfluss	75
5.12.9	Maximallaktat	75
5.12.10	Herzfrequenz	75
5.12.11	Vergleich der Leistungen von Diabetikern und Nichtdiabetikern	76
5.13	Zusammenfassung der Ergebnisse	80
6	Diskussion	83
6.1	Die diabetische Stoffwechsellage	83
6.2	Körperzusammensetzung	84
6.3	Die Lebensqualität und das Sportverhalten	85
6.4	Der Münchner Fitness-Test	86
6.5	Die Laufbandergometrie	87
6.6	Der 96-Sekunden-Test	88
6.7	Ausblick	88
7	Zusammenfassung	91
A	Tabellen	93
A.1	Rohdaten der Probanden	93
A.2	Körperfett-Tabellen	96
A.3	Schoberer-Rad-Messtechnik (SRM) Leistungsdiagnostik	101
A.4	Fragebögen	104
A.5	Auswertungsbogen	106
B	Literaturverzeichnis	109

Abbildungsverzeichnis

2.1	Proband auf dem Laufbandergometer	12
2.2	Laktatleistungskurven	14
2.3	Energiebereitstellung beim 96-Sekunden-Test	15
2.4	Versuchsordnung 96-Sekunden-Test	17
2.5	Watt-Zeit-Verlauf	18
2.6	Regressionsgeradenbestimmung	19
2.7	Regressionsgeradenbestimmung	20
5.1	Bewertung: Ballprellen vor Studienbeginn	52
5.2	Bewertung: Ballprellen nach Studienende	53
5.3	Gesamtbewertung: Ballprellen	53
5.4	Bewertung: Zielwerfen vor Studienbeginn	54
5.5	Bewertung: Zielwerfen nach Studienende	55
5.6	Gesamtbewertung: Zielwerfen	55
5.7	Bewertung: Rumpfbeuge vor Studienbeginn	56
5.8	Bewertung: Rumpfbeuge nach Studienende	56
5.9	Gesamtbewertung: Rumpfbeuge	57
5.10	Bewertung: Standhochsprung vor Studienende	58
5.11	Bewertung: Standhochsprung nach Studienende	58
5.12	Gesamtbewertung: Standhochsprung	59
5.13	Bewertung: Halten im Hang vor Studienbeginn	59
5.14	Bewertung: Halten im Hang nach Studienende	60
5.15	Gesamtbewertung: Halten im Hang	60
5.16	Bewertung: Stufensteigen vor Studienbeginn	61
5.17	Bewertung: Stufensteigen nach Studienende	62
5.18	Gesamtbewertung: Stufensteigen	62
5.19	Bewertung: Grobdiagnose vor Studienbeginn	63
5.20	Bewertung: Grobdiagnose nach Studienende	64
5.21	Gesamtbewertung: Grobdiagnose	64
5.22	Maximalwerte	66
5.23	Geschwindigkeiten an Schwellen	67
5.24	Herzfrequenz an Schwellen	68
5.25	Laktat an Schwellen	68
5.26	Herzfrequenz an Belastungsstufen	69
5.27	Laktat an Belastungsstufen	70
5.28	Peak Power	72
5.29	Maximale 5-s-Arbeit und Kapazitäten	73
5.30	Maximaler oxidativer und laktazider Fluss	74

5.31 Leistungsvergleich	77
5.32 Leistungsveränderung	79

Tabellenverzeichnis

2.1	Diabetische Jugendliche vor Studienbeginn	3
2.2	Nichtdiabetische Jugendliche vor Studienbeginn	4
3.1	Übersichtsplan des Sportprogramms	26
5.1	Körpergrösse der Probanden	29
5.2	p-Werte für die Grösse der Probanden	29
5.3	Gewicht der Probanden	30
5.4	p-Werte für das Gewicht der Probanden	30
5.5	Insulineinheiten pro Tag vor Studienbeginn	32
5.6	Insulineinheiten pro Tag nach Studienende	32
5.7	Broteinheiten pro Tag	32
5.8	p-Werte für die Broteinheiten pro Tag	33
5.9	Anzahl der BZ-Messungen pro Tag	33
5.10	p-Werte für die BZ-Messungen pro Tag	33
5.11	HbA1 _c -Werte der Probanden	34
5.12	p-Werte für die HbA1 _c -Werte	34
5.13	Lipoprotein (a) der Probanden	36
5.14	p-Werte für Lipoprotein (a)	37
5.15	LDL/HDL-Quotient der Probanden	37
5.16	p-Werte für den LDL/HDL-Quotient	38
5.17	Pulswerte der Probanden	39
5.18	p-Werte für den Ruhepuls	39
5.19	Diastolischer Blutdruck der Probanden	40
5.20	p-Werte für den diastolischen Blutdruck	40
5.21	Systolischer Blutdruck der Probanden	41
5.22	p-Werte für den systolischen Blutdruck	41
5.23	BMI-Werte der Probanden	42
5.24	p-Werte für den BMI	42
5.25	Subkutanes Fettgewebe der Probanden	43
5.26	p-Werte für das subkutane Fettgewebe	43
5.27	BIA Magermasse der Probanden	44
5.28	p-Werte für die BIA Magermasse	44
5.29	BIA Fettmasse der Probanden	45
5.30	p-Werte für die BIA Fettmasse	45
5.31	Punktwert Anderssein	46
5.32	p-Werte für den Punktwert Anderssein durch Diabetes	46
5.33	Punktwert Erschwernisse durch Diabetes	46

5.34	p-Werte für den Punktwert Erschwernisse	47
5.35	Punktwert Sorgen durch Diabetes	47
5.36	p-Werte für den Punktwert Sorgen durch Diabetes	47
5.37	Gesamtergebnis Lebensqualität	48
5.38	p-Werte für das Gesamtergebnis Lebensqualität	48
5.39	Freizeitsport der Probanden	49
5.40	p-Werte für den Freizeitsport	49
5.41	Vereinssport der Probanden	50
5.42	p-Werte für den Vereinssport	50
5.43	Gesamte sportliche Aktivität der Probanden	51
5.44	p-Werte für die gesamte Sportaktivität	51
5.45	Beurteilungsskala	52
5.46	Laufband-Leistungsparameter	65
5.47	Veränderung der Leistungsparameter	66
5.48	Leistungsparameter an der Laktatschwelle	67
5.49	Leistungsparameter an den Belastungsstufen	69
5.50	Tabellarischer Vergleich der Leistungsparameter	71
5.51	Veränderung der Peak Power	71
5.52	Veränderung der maximalen 5-s-Arbeit	72
5.53	Veränderung der alaktaziden Kapazität	72
5.54	Veränderung der anaeroben Kapazität	73
5.55	Veränderung der laktaziden Kapazität	73
5.56	Veränderung des oxidativen Flusses	74
5.57	Veränderung des laktaziden Flusses	74
5.58	Veränderung des maximalen Gesamtflusses	75
5.59	Veränderung des Maximallaktates	75
5.60	Veränderung der Herzfrequenz	75
5.61	Vergleich der Leistungsparameter von Diabetikern und Nichtdiabetikern	76
5.62	Veränderung der Leistungsparameter während des Trainingsprogramms	77
5.63	Unterschiede in der Trainingsadaptation	78
A.1	Rohdaten Diabetiker (Teil 1)	93
A.2	Rohdaten Diabetiker (Teil 2)	94
A.3	Rohdaten Nicht-Diabetiker	95
A.4	Körperfett-Tabelle: Männer I	96
A.5	Körperfett-Tabelle: Männer II	97
A.6	Körperfett-Tabelle: Männer III	97
A.7	Körperfett-Tabelle: Männer IV	98
A.8	Körperfett-Tabelle: Frauen I	98
A.9	Körperfett-Tabelle: Frauen II	99
A.10	Körperfett-Tabelle: Frauen III	99
A.11	Körperfett-Tabelle: Frauen IV	100
A.12	Altersadaptierte Richtwerte für SRM-Daten (Männer)	101
A.13	Altersadaptierte Richtwerte für SRM-Daten (Frauen)	102
A.14	Korrelationskoeffizienten für SRM-Daten	103

1 Einleitung

Diabetes mellitus Typ I ist die häufigste endokrine und nach Asthma die häufigste chronische Erkrankung im Kindes- und Jugendalter [45]. Aus einer Hochrechnung der Inzidenzdaten für Baden-Württemberg ergibt sich eine Zahl von 11,6 auf 100.000 Neuerkrankungen für Kinder zwischen 0 und 14 Jahren. Umgerechnet auf die gesamtdeutsche Bevölkerung im Alter von 0 bis 14 Jahren ergibt dies eine Zahl von ca. 1.400 Typ-1-Diabetes-Neumanifestationen pro Jahr.

Eine Hochrechnung von Hürter et al. [45] beziffert die Zahl der an Typ-1-Diabetes leidenden Kinder und Jugendlichen in Deutschland auf 12.634, ausgehend von 17,32 Millionen Bundesbürgern im Alter zwischen 0 und 20 Jahren [100].

Signifikante Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen wurden nicht gefunden. Allerdings zeigte sich eine Zunahme der Neumanifestationen im Zeitraum von November bis Februar sowie eine Zunahme mit dem Alter. Erkrankungsgipfel wurden sowohl im Alter zwischen 3-4 Jahren als auch zwischen 10 und 12 Jahren beobachtet [45].

Damit reiht sich Deutschland im europäischen Vergleich in das Mittelfeld der Inzidenz- und Prävalenzdaten ein [22,23].

Hinzu kommt die mit etwa 4-6 % der Bevölkerung deutlich höher liegende Zahl von Typ-2-Diabetikern [102], so dass sich die Gesamtzahl auf etwa 4×10^6 Diabetiker in Deutschland beläuft.

Sowohl die laufenden Kosten für die Diabetestherapie [54] als auch die Behandlung der diabetischen Folgeerkrankungen stellen bei einer derart hohen Zahl von Diabetikern einen ernstzunehmenden sozialwirtschaftlichen Faktor dar [54,101,109].

Neben dem Bemühen, den Patienten das Leiden unter Folgeerkrankungen zu ersparen, spielt sicher auch der finanzielle Aspekt eine wichtige Rolle in der Behandlung von Diabetikern. So formuliert z. B. auch die Arbeitsgemeinschaft für pädiatrische Diabetologie eines von vier Therapiezielen wie folgt: „Reduktion der Häufigkeit diabetesbedingter Folgeerkrankungen, auch im subklinischen Stadium. Dies setzt eine möglichst normnahe Blutzuckereinstellung sowie die frühzeitige Erkennung und Behandlung von zusätzlichen Risikofaktoren (Hypertension, Hyperlipidämie, Adipositas, Rauchen) voraus“ [3].

Eine Möglichkeit, diese Risikofaktoren zu reduzieren, stellt der Sport dar. Bereits vor Einführung des Insulins war körperliche Aktivität eine der Grundpfeiler der Diabetesbehandlung. Durch die Verbesserungen im Bereich der Diabetestherapie und der Stoffwechselkontrolle finden sich schon seit einigen Jahren Patienten mit Typ 1 Diabetes in allen Sportarten und in allen Leistungsniveaus: sie sind vom Freizeit- über Wettkampf- bis hin zum Hochleistungssport

zu finden [1]. Insbesondere aufgrund der positiven Auswirkungen auf die Prophylaxe von Risikofaktoren für diabetische Folgeerkrankungen, speziell für die Dyslipoproteinämie, die Hypertension und die Adipositas ist körperliche Aktivität für Diabetiker in allen Sportarten und Leistungsniveaus zu empfehlen [5,16,60,62,79,95,111].

In den meisten bisherigen Studien wurde lediglich die Wirkung von Freizeitsport auf Insulinsensitivität und Blutzuckerwerte untersucht [4,15,60,66]. Zusätzlich verbessert regelmässige sportliche Aktivität die Lebensqualität, das Selbstwertgefühl sowie das Wohlbefinden von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen mit Typ-1-Diabetes [75,99,114].

Weiterhin besteht ein Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivität, dem Körperbewusstsein sowie dem Gesundheitsverhalten: sportliche Betätigung korreliert dabei positiv mit allgemeiner Gesundheit und der Prophylaxe von Erkrankungen. Dies schliesst auch einen verminderten Nikotin- und Alkoholkonsum sowie ein verbessertes Stressmanagement ein [13].

Um den präventiven Nutzen sportlicher Betätigung zu optimieren, muss ein entsprechendes Verhalten bereits in Kindheit oder Jugend vermittelt und unterstützt werden. Gleichzeitig müssen Eltern, Lehrer und Trainer entsprechend geschult werden, damit Kinder und Jugendliche mit Diabetes unter optimalen Bedingungen am Sport teilnehmen können [1].

Ziel dieser Studie war es, Jugendlichen ein möglichst breites Spektrum von Trend- und Fun-Sportarten zu bieten. Damit sollte jedem ein Ansatzpunkt für die Weiterführung der sportlichen Aktivität nach Studienende geboten werden. Gleichzeitig sollte ihnen das erleichtert werden durch die Möglichkeit, mit einer Freundin/einem Freund daran teilnehmen zu können.

Wir wollten zeigen, dass Diabetiker nichtdiabetischen Jugendlichen physisch nicht nachstehen, sondern bei ihnen ebensolche Trainingseffekte forder- und förderbar sind wie bei gleichaltrigen Jugendlichen ohne Diabetes.

Es sollte überprüft werden, ob dieses Programm, das dem Freizeitsport sehr nahe kommt, ebenso wie gezieltes Leistungs- und Ausdauertraining einen positiven Einfluss auf die Körperzusammensetzung, den Trainingszustand, den Metabolismus und kardiovaskuläre Risikofaktoren hat.

Es sollte die Notwendigkeit der sportlichen Förderung für die Entwicklung von Koordination, Kraft und Ausdauer demonstriert werden.

Nicht zuletzt soll die Studie beweisen, dass im Zeitalter intensiver Insulintherapie, engmaschiger und straffer Stoffwechselführung und intensiver Patientenschulung diabetische Jugendliche ebenso bedenkenlos am Sport teilnehmen können wie ihre gleichaltrigen Kameraden.

2 Probanden und Methoden

2.1 Ethikantrag

Nach Genehmigung der Studie durch die Ethikkommission der Ludwig-Maximilian-Universität München, wurde das Einverständnis der Teilnehmer und eine schriftliche Einverständniserklärung der Eltern eingeholt. Hierzu wurden zunächst die Jugendlichen sowie ihre Eltern schriftlich ausführlich informiert und zu einem Elternabend eingeladen. Dort hatten sie die Möglichkeit, dezidiert Fragen zum Ablauf der Studie zu stellen.

2.2 Probanden

Untersucht wurden diabetische Jugendliche (Kollektiv A) sowie nichtdiabetische Jugendliche aus deren Freundeskreis (Kollektiv B). Ausgewählt wurden die Teilnehmer anhand der DPV-Qualitätssicherungsdatei [32] aus dem Patientengut des Dr. von Haunerschen Kinderspitals der Ludwig-Maximilian-Universität München. Die Gruppe setzte sich wie folgt zusammen: acht diabetische Jugendliche - vier Mädchen, vier Jungen im Alter zwischen 12 und 17 Jahren sowie sechs nichtdiabetische Jugendliche - drei Mädchen, drei Jungen im Alter zwischen 12 und 18 Jahren.

Schwere kardiopulmonale und endokrine Erkrankungen, welche eine Teilnahme beeinträchtigt hätten oder eventuell Einflüsse auf die Trainierbarkeit respektive die Untersuchungsmethoden gehabt hätten, wurden ausgeschlossen. Ebenso wurden nur Diabetiker ausgewählt, bei denen zu Studienbeginn eine diabetische Folgeerkrankung (Retino-, Nephro-, Neuro-, autonome Neuro- oder Angiopathie) ausgeschlossen war.

Kollektiv A	Weibliche Probanden		Männliche Probanden	
	m \pm SD	min./max.	m \pm SD	min./max.
Alter [a]	14,9 \pm 2,0	12,7 / 17,3	14,6 \pm 1,4	13,5 / 16,6
Diabetesdauer [a]	4,4 \pm 3,3	1,1 / 8,8	8,6 \pm 4,4	4,2 / 14,5
HbA1c [%]	8,1 \pm 1,6	6,6 / 10,3	8,7 \pm 1,1	7,4 / 10,0
Grösse [cm]	168,0 \pm 3,5	163,0 / 170,7	172,6 \pm 11,6	163,9 / 187,9
Gewicht [kg]	55,5 \pm 6,5	49,6 / 64,4	60,6 \pm 4,0	58,0 / 66,5
BMI [kg/m ²]	19,7 \pm 1,7	18,7 / 22,3	20,4 \pm 2,4	16,9 / 21,8

Tabelle 2.1: Diabetische Jugendliche vor Studienbeginn

Kollektiv B	Weibliche Probanden		Männliche Probanden	
Variable	m \pm SD	min./max.	m \pm SD	min./max.
Alter [a]	15,9 \pm 1,6	14,7 / 17,7	14,3 \pm 1,3	13,0 / 15,5
Grösse [cm]	162,6 \pm 7,4	157,6 / 171,1	166,6 \pm 9,8	158,2 / 177,4
Gewicht [kg]	51,2 \pm 1,6	49,9 / 52,9	59,6 \pm 3,8	55,6 / 63,2
BMI [kg/m ²]	19,4 \pm 1,1	18,1 / 20,1	21,6 \pm 1,2	20,2 / 22,3

Tabelle 2.2: Nichtdiabetische Jugendliche vor Studienbeginn

2.3 Studienprotokoll

Die Probanden wurden sowohl vor Beginn der Studie als auch nach Ende der Studienphase untersucht. Folgende Kriterien wurden erhoben:

2.3.1 Klinisch-pädiatrische Untersuchung

Bei allen an der Studie teilnehmenden Jugendlichen wurde ein allgemeinpädiatrischer Status erhoben. Dieser beinhaltete die Familien- sowie eine persönliche Anamnese, Alter, Grösse, Gewicht und die Reifestadieneinteilung nach Tanner. Darüber hinaus wurden sie kardiopulmonal, sowie grob neurologisch untersucht.

2.3.2 Diabetesspezifische Untersuchung

Untersucht wurde weiter bei den Diabetikern die Diabetesdauer, die Form und die Qualität ihrer Einstellung: Diabetestagebuch, der Insulin-pro-Kilogramm-Verbrauch, die Häufigkeit leichter und schwerer Hypoglykämien, schwere Hypoglykämien und das aktuelle HbA_{1c}.

Darüber hinaus wurde neben dem Laborscreening bei allen Diabetikern eine augenärztliche Kontrolle in den letzten sechs Monaten zum Ausschluss diabetischer Augenhintergrundsveränderungen gefordert. Weiterhin wurden das Vibrationsempfinden, die Punktdiskriminierung sowie das Wärme-Kälte-Empfinden kontrolliert.

2.3.3 Laboranalyse

Im Rahmen der Blutuntersuchungen wurden vom Labor des Dr. von Hauner-schen Kinderspitals folgende Parameter bestimmt: Grosses Blutbild inkl. Differentialblutbild (Erythrozyten, Leukozyten, Hämatokrit, Hämoglobin, MCV, MCH, MCHC, Retikulozyten, Thrombozyten, Lymphozyten, Monozyten, Granulozyten, Eosine, Basophile). Fettstoffwechsel (Cholesterin, freie Fettsäuren, HDL-Cholesterin, LDL-Cholesterin VLDL-Cholesterin und Triglyceride). Gerinnungsparameter (PTT und Quick). Hormone (Cortisol, TSH, FT3 und FT4). Klinische Chemie (Natrium, Kalium, Chlorid, Calcium, Phosphat, Magnesium, Glucose, Eiweiss, Albumin, Bilirubin (total), Kreatinin, Harnstoff, GOT (AST), GPT (ALT), Alk. Phosphatase, CK, C-reaktives Protein).

Das Institut für Klinische Chemie, Prof. Dr. med. Dr. h.c. D. Seidel, des Uniklinikums Grosshadern steuerte freundlicherweise kostenlos die Bestimmung

von Cholesterin, Triglyceriden, LDL-, VLDL-, HDL-Cholesterin sowie dem LDL/HDL-Quotienten und Lipoprotein (a) (Lp (a)) bei.

Die HbA1c-Werte wurden mit dem DCA 2000 (Firma Bayer Diagnostics, Fernwald, Deutschland) bestimmt.

Die Blutzuckerwerte während der Studie wurden mit dem Hemocue (Firma Hemocue GmbH, Grossostheim, Deutschland) untersucht und mit den jeweiligen Messgeräten der Diabetikerinnen und Diabetiker verglichen. Erfreulicherweise zeigten sich trotz unterschiedlicher Geräte verschiedener Hersteller keine signifikanten Messungenauigkeiten.

2.3.4 Ruhe-EKG

Bei allen Probanden wurde vor Beginn des Sportprogramms und der Leistungstests ein Ruhe-EKG [56] geschrieben. Dabei wurden alle zwölf Ableitungen des Standardprogramms (*I, II, III, aVL, aVR, aVF* sowie die Brustwandableitungen nach Wilson V_1 bis V_6) abgeleitet. Die Jugendlichen lagen zur EKG-Ableitung entspannt auf dem Rücken, ein guter Hautkontakt der Saugelektroden wurde gewährleistet, ebenso wurde auf genaue Positionierung der Elektroden auf der Brustwand und an den Extremitäten geachtet. Die Papiergeschwindigkeit war mit 50 mm/sec eingestellt. Durch die EKG-Untersuchung wurden komplexe Rhythmusstörungen sowie Kammer- oder Vorhofhypertrophien durch angeborene Herzfehler ausgeschlossen. Die Untersuchung erfolgte in der Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der Technischen Universität München mit einem 12-Kanal-EKG Typ Megacard BE (Firma Siemens Medical Solution, Erlangen, Deutschland).

2.3.5 Körperzusammensetzung

Zur Beurteilung der Körperzusammensetzung als eines Verlaufsparameters des Trainingszustandes wurden zahlreiche unterschiedliche Untersuchungsverfahren angewendet:

Body-Mass-Index (BMI)

Ein in der Literatur weit verbreitetes Verfahren zur anthropometrischen Analyse des Ernährungszustandes, das auch von der WHO empfohlen wird, ist der Body-Mass-Index [48,50]. Er wird gebildet als „Körpergewicht in Kilogramm, geteilt durch das Quadrat der Körpergröße in Metern“.

$$BMI = \frac{\text{Gewicht (W) in kg}}{\text{Körpergröße (H)}^2 \text{ in m}^2}$$

Übereinstimmend gelten in der Literatur BMI-Werte kleiner als 20 sowohl für Frauen als auch für Männer als „Untergewicht“, Werte über 30 bezeichnet man für beide Gruppen als „starkes Übergewicht“. Dazwischen liegen die beiden BMI-Gruppen zwischen 22 und 25 als „Normalgewicht“ und 25 bis 30 als „leichtes Übergewicht“ [55,24]. Entsprechend dem Alter der Probanden wurden

die Werte in unserem Kollektiv anhand einer altersadaptierten BMI-Perzentile nach Godina-Zarfl und Elmadfa interpretiert [28].

Faltendickenbestimmung

Zur Berechnung des Anteils von Fett(gewebe) werden häufig Hautfaltenmessungen zugrunde gelegt. Es wird dabei sowohl das Depotfett wie auch die Dicke der Haut selbst gemessen. Beide Werte gehen in die Messung ein. Als repräsentativ werden unterschiedliche Lokalisationen und eine abweichende Zahl von Messungen genannt [2,24,26,27,53,59]. Wir haben uns für das von Jackson und Pollock [46,47,81] publizierte Verfahren zur Ermittlung des subkutanen Fettgewebsanteils entschieden, da hierzu Erfahrungen aus der Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der Technischen Universität München vorlagen. Dabei wurden die Hautfalten an folgenden Lokalisationen gemessen:

- Trizepshautfalte (THF): Hautfalte über dem M. triceps brachii auf der dorsalen Oberarmseite in der Mitte zwischen Olecranon und Acromion. Hautfaltenabhebung parallel zur Längsachse des Oberarms.
- Subscapularhautfalte (SSHF): Hautfalte unmittelbar unterhalb des Angulus inferior der Scapula bei hängenden Armen. Hautfaltenabhebung parallel zur Längsachse des Körpers.
- Achselhautfalte (AxHF): vertikale Falte an der vorderen Axillarlinie in Höhe des Schwertfortsatzes. Hautfaltenabhebung parallel zur vorderen Axillarlinie.
- Brusthautfalte (BHF): diagonale Falte, bei Männern auf halber Distanz zwischen Brustwarze und vorderer Axillarlinie, bei Frauen im zweiten Drittel. Hautfaltenabhebung senkrecht zur Längsachse des Körpers.
- Suprailiacalhautfalte (SIHF): in der medialen Axillarlinienverlängerung direkt über der Crista iliaca und parallel zu dieser. Hautfaltenabhebung senkrecht zur Längsachse des Körpers.
- Abdomenhautfalte (AbHF): vertikale Falte ca. 2 cm lateral des Bauchnabels. Hautfaltenabhebung senkrecht zur Längsachse des Körpers.
- Oberschenkelhautfalte (OHF): vertikale Falte am ventralen Oberschenkel auf der Hälfte zwischen Hüfte und Kniegelenk. Hautfaltenabhebung parallel zur Längsachse des Oberschenkels.

Bei diesen Hautfaltendickenmessungen wurde die Haut einschliesslich des Unterhautfettgewebes an den jeweils definierten Körperstellen mit Daumen und Zeigefinger der linken Hand abgehoben und der Kaliper am Messpunkt angesetzt [112,72]. Während der dreisekündigen Messung hielten die Finger die Hautfalte in etwa einem Zentimeter Abstand vom Kaliper. Dann wurde die Falten dicke abgelesen. Für die Messung wurde ein Lange-Kaliper [61] (Cambridge Scientific Ind., Inc. Maryland, USA) aus dem Bestand der Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der Technischen Universität München

benutzt, das mit einem konstanten Druck von 10 g/mm^2 , einer Hautkontaktfläche von $3,0 \text{ mm}^2$, einem Messbereich von $0\text{-}60 \text{ mm}$ und einer Messgenauigkeit von $\pm 1 \text{ mm}$ misst, und den internationalen Vereinbarungen für Kaliper entspricht.

Zur Kontrolle der Messgenauigkeit wurden die Messungen von zwei Untersuchern jeweils dreimal durchgeführt und der daraus erhobene Mittelwert mit den Einzelmessergebnissen verglichen. Dabei wurde eine wesentlich höhere Messgenauigkeit bei der Dreifachmessung festgestellt, weshalb bei allen Probanden auf diese Weise verfahren wurde.

Die Ergebnisse der einzelnen Hautfaltenmessungen wurden protokolliert und addiert. Aus der Summe der Einzelwerte wurde abhängig von Geschlecht und Alter anhand einer normierten und in der Abteilung verwendeten Tabelle (siehe Anlage) der jeweilige Körperfettanteil in Prozent abgelesen.

Bioelektronische Impedanzmessung (BIA)

Messungen der bioelektrischen Impedanz zur Bestimmung der Körperzusammensetzung wurden erstmals in der Zeit zwischen 1960 und 1970 durchgeführt [104,105,106]. Thomasset et al. [12,25,51,104,105,106,107] entwickelten eine Zwei-Nadel-Elektroden-Methode, die eine Abschätzung des Gesamtwasseranteils (TBW) und der extrazellulären Flüssigkeit (ECF) erlaubte. Diese Methode konnte sich jedoch nicht durchsetzen. Hoffer et al. [43,42] benutzten zur Abschätzung des TBW die 4-Elektroden-Methode, welche auch zur Untersuchung des Kreislaufs im Einsatz war [77]. Von Nyober [78] wurde diese Methode auf die zusätzliche Bestimmung der fettfreien Masse (FFM) und des prozentualen Fettanteils (% BF) erweitert. Inzwischen sind Geräte, welche diese Anforderungen erfüllen, kommerziell erhältlich.

Die bioelektrische Impedanzmessung wurde in unserem Fall mit einem Impedanz-Plethysmographen (BIA 103, RJL Systems, Detroit, Michigan, USA), der mit einer tetrapolaren Elektrodentechnik arbeitet, vorgenommen. Ein quartzgesteuerter Oszillator erzeugt dafür einen 50 kHz -Wechselstrom, wobei über die Schaltung verschiedener Transformatoren die Stromstärke von 800 mA im Widerstandsbereich 0 bis 10000 Ohm mit einer Genauigkeit von 2% konstant gehalten wurde [63]. Als Elektroden dienten speziell für dieses Gerät hergestellte Klebeelektroden (Littmann-Elektroden, 3M, Neuss, BRD).

Die Durchführung der Messungen erfolgte in Anlehnung an Lukaski et al. [67,68] nach folgenden Kriterien:

- die letzte sportliche Betätigung lag mindestens zwölf Stunden zurück,
- der letzte Alkoholkonsum lag mehr als zwölf Stunden zurück,
- mindestens eine Stunde vorher wurde keine Flüssigkeit mehr aufgenommen,
- vor der Messung wurde die Blase entleert,
- unmittelbar vor Messung ruhten die Teilnehmer für fünfzehn Minuten,

- die Messung erfolgte bei Indifferenztemperatur,
- vor Anbringen der Elektroden wurde die Haut gereinigt und mit Alkohol entfettet, um einen optimalen Kontakt zwischen Elektrode und Haut zu gewährleisten,
- die Messung wurde auf der dominanten Seite des Probanden durchgeführt. Dabei wurden jeweils zwei Elektroden an definierten Punkten auf dem Handrücken bzw. dem Fussrücken plaziert, eine proximal des Metakarpophalangeal- respektive Metatarsophalangealgelenkes (distale Elektroden), eine weitere zwischen Processus Styloideus des Radius und dem Tuberculum Ulnaris sowie zwischen Malleolus medialis und Malleolus lateralis im Bereich des oberen Sprunggelenks (proximale Elektroden),
- die Messung wurde an in Rückenlage entspannt liegenden, leicht bekleideten Probanden durchgeführt (Arme und Beine in einem 30°-Winkel neben dem Körper liegend (nicht anliegend, um eine Berührung zu vermeiden),
- die Messung wurde bei allen Probanden in den Nachmittagsstunden durchgeführt (ca. 4-5 Stunden postprandial). Auf eine Nüchternmessung musste verzichtet werden, da nicht alle diabetischen Jugendlichen morgens nüchtern in die Klinik kommen konnten.

Die Messung erfolgte, indem der Strom über die distalen Elektroden an Hand und Fuss in den Körper geleitet wurde, während an den proximalen Elektroden der Spannungsabfall gemessen wurde. Dieser Spannungsabfall ist durch Ohmsche Widerstände (Körperflüssigkeiten einschliesslich Elektrolyte) und kapazitive Widerstände (Zellmembranen) bedingt, die zusammen den komplexen Widerstand (Impedanzwert) Z darstellen:

$$Z = \sqrt{R_x^2 + X_c^2}$$

mit R_x = Resistanz (=Wirkwiderstand) und X_c = Reaktanz (=Blindwiderstand). Die Impedanz des Körpers liess sich aus dem gemessenen Spannungsabfall und der Stromstärke ermitteln:

$$\text{Impedanz}(Z) = \frac{\text{Spannungsabfall}}{\text{Stromstärke}} = \frac{U}{I}$$

Ausserdem wurde mit einer phasensensitiven Elektronik die Phasenverschiebung von Strom und Spannung gemessen. Aus Impedanz und Phasenverschiebung konnten sodann die Einzelkomponenten der Impedanz R_x und X_c rechnerisch ermittelt werden:

$$PA = \arctan \frac{X_c}{R_x}$$

Diese Impedanzwerte erlauben zusammen mit den Angaben der Körpergröße, des Gewichts und des Geschlechts die Berechnung folgender Kompartimente:

- Fettfreie Masse (FFM)
- Gesamtkörperwasser (TBW)
- Magermasse (LBM)
- Gesamtkörperfett (TBF)
- Körperzellmasse (BCM)
- Extrazellulärmasse (ECM)

Dazu wurde die Software BC3GERM Version 1.4 (Firmen Akern/Fresenius, BRD) verwendet.

2.4 Psychosoziales Datenblatt

Zur Klärung des psychosozialen Hintergrundes der teilnehmenden Jugendlichen wurde ein standardisierter Vordruck [14] der Diabetesambulanz verwendet. Dieser enthielt Fragen nach der Nationalität des Jugendlichen sowie seiner Familie, den Familienverhältnissen, Geschwistern, Ausbildung und ausgeübter Tätigkeit der Eltern, eigenem Schulstand, Hobbies, Vereinen sowie Bezugspersonen. Die nicht-diabetischen Jugendlichen wurden gebeten, diesen Fragebogen ebenfalls auszufüllen. Dieser Fragebogen sollte gewährleisten, dass die Teilnehmer aus vergleichbaren sozialen Schichten und ähnlichen Familienverhältnissen stammen. Dies konnte anhand der erhobenen Daten bestätigt werden.

2.5 Lebensqualität

In den letzten Jahren tritt die Frage nach der Lebensqualität immer mehr in den Vordergrund. Vor allem auch als Masstab in der Beurteilung einer Therapie chronisch kranker Menschen. Dies gilt auch für die Diabetestherapie, für die Lebensqualität einen weiteren Parameter in der Verlaufskontrolle darstellt. Lebensqualität ist in diesem Fall definiert als das Zusammenspiel von Erfahrungen, Überzeugungen, Erwartungen und Wahrnehmungen einer Person hinsichtlich der Bereiche ihres Lebens, die durch Gesundheit und Krankheit beeinflusst werden [19,86].

In der Lebensqualitätsbeurteilung erwachsener Menschen mit Diabetes mellitus haben sich einige Fragebögen etabliert wie z.B. der Well-being questionnaire [82,9], der Treatment satisfaction questionnaire [116,83] und der Diabetes Quality of life questionnaire [41,108]. Für Kinder und Jugendliche mit Diabetes steht mit dem SEL-KJ [7,8] ein speziell auf die Belastungen und Einschränkungen durch ihre Krankheit zugeschnittener Fragebogen für diese Altersgruppe zur Verfügung. Das Anwendungsalter ist mit 12,0 bis 19,0 Jahren angegeben.

Diesen Bogen füllten die Jugendlichen in Ruhe, ohne Unterbrechung und alleine aus, ohne dabei Rücksprache mit Angehörigen oder Freunden halten zu können. Der Fragebogen wurde vor und nach dem Sportprogramm jeweils angekündigt. Der Jugendliche wurde, nach Erklärung der Bedeutung des Fragebogens, gebeten, ihn in einem Raum der Diabetesambulanz auszufüllen. Anhand einer Beispielfrage wurde ebenfalls erläutert, wie der Fragebogen auszufüllen ist.

Drei verschiedene Skalen werden durch unterschiedliche Fragen analysiert. Das Anderssein durch den Diabetes mit sechs Items, die Erschwernisse durch den Diabetes mit neun Items und die Sorgen wegen Diabetes mit sechs Items.

Das Anderssein prüft Auswirkungen sozialer Vergleichsprozesse diabetischer Jugendlicher mit gesunden Altersgenossen auf die Lebensqualität. Zusätzlich werden erlebte soziale Integration und die Bewältigung von Entwicklungsaufgaben gemessen. Erschwernisse wegen Diabetes erfassen die Einschränkungen im Alltag durch den Diabetes und durch seine Behandlung. Dazu gehören auch subjektiv empfundene Widrigkeiten, die Selbstkontrolle und Selbsttherapie negativ beeinflussen können.

Mit den Sorgen wegen Diabetes werden die Ängste vor Akutkomplikationen und Folgeerkrankungen erfragt. Hier wird eine Einschätzung des Ausmaßes der Bedrohung und der Einschränkung des Einzelnen durch den Diabetes ermöglicht.

Anhand einer Auswertungsschablone werden jeder Frage Punktwerte zugeordnet. Die einzelnen Werte der Fragen werden in Skalen addiert. Je eingeschränkter sich jemand fühlt, umso niedriger sind die Punktwerte und damit die Skalenwerte. Die Items aller Skalen ergeben zusammen den Gesamtskalenwert. Nun lassen sich der Gesamtskalenwert wie auch die einzelnen Skalenwerte mit Werten einer Referenzgruppe vergleichen. Bei Abweichungen von mehr als einer Standardabweichung von den Mittelwerten der Referenzgruppe, egal ob nach oben oder unten, wurde das Gespräch gesucht. Hierdurch sollten verborgene Probleme, Einschränkungen oder nicht realitätsgerechter Umgang mit dem Diabetes aufgeklärt werden.

Insgesamt sollte eine qualitative Auswertung einer rein quantitativen vorgezogen werden. Es sollten also nicht nur die Skalenwerte, sondern zunächst auch die Einzelantworten betrachtet werden.

2.6 Sportverhalten

Alle Teilnehmer füllten vor Beginn und nach Ablauf der Studie einen von Raile [84] entwickelten Fragebogen zum Sportverhalten aus. In diesem werden die Bereiche Freizeit-Sport, Schul-Sport und Leistungs- respektive Vereins-Sport behandelt. Im Einzelnen werden folgende Punkte erfragt:

- Freizeit-Sport: die drei beliebtesten Freizeitsportarten, die gesamten Stunden pro Woche.
- Schul-Sport: Stunden pro Woche, Befreiungen in den letzten sechs Monaten und den Grund für die Befreiung.

- Leistungs-Sport: Vereinssport mit Sportart, Trainingstage und Trainingsstunden pro Woche sowie Wettkampfstunden pro Woche und die höchste erreichte Wettkampfebene.

2.7 Münchner Fitness-Test (MFT)

Der Münchner Fitnesstest ist ein von Rusch et al. [90,91] erarbeitetes Testverfahren zur Bestimmung von Kondition und koordinativen Fähigkeiten bei Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 6 und 17 Jahren. Neben der Grobdiagnose von neuro-muskulären Insuffizienzen ermöglicht dieses Verfahren eine statistisch gesicherte Querschnittsuntersuchung sowie eine Längsschnittuntersuchung und damit die Objektivierung eines Trainingserfolges. Es besteht aus den Aufgaben Ballprellen, Zielwerfen, Standhochsprung, Rumpfbeuge vorwärts, Halten im Hang und Stufensteigen.

Durchgeführt wurde der Test in der ersten und letzten Stunde des Trainingsprogramms, jeweils nach einer viertelstündigen Aufwärmphase und ohne dass die geprüften Abläufe im Rahmen des Sportprogramms speziell geübt wurden. Anhand einer Normierungstabelle wurden die gewonnenen Rohwerte in T-Werte (= Abweichung des Messwertes vom vorher ermittelten Normalkollektiv) konvertiert. Danach ist eine Einteilung in unterschiedliche Fähigkeitsniveaus anhand einer fünfteiligen Bewertungsskala möglich.

2.8 Laufbandergometrie

Der Laufbandstufentest eignet sich sehr gut zur Diagnostik der aeroben Ausdauer [89,113,36,87,88]. Die Puls- und Laktatwerte des Probanden steigen stetig mit der langsam und stufenweise gesteigerten Belastungsintensität, sodass sich die Messwerte gut zu Kurven in einem Graphen verbinden lassen. Aus diesem kann relativ einfach abgelesen werden, bei welchen Puls- oder Belastungswerten vermehrt anaerobe Glykolyse zur Energiebereitstellung herangezogen wird.

Die Laufbandergometrie wurde zweimal durchgeführt, einmal vor und einmal nach dem Sportprogramm. Vor dem Test wurde auf ein Ohrläppchen der Probanden hyperämisierende Finalgon-Salbe aufgetragen, um die Kapillarblutabnahmen zu erleichtern. Die Salbe wurde vor Start des Tests wieder sauber abgewischt, um die Laktat- und Blutzuckermesswerte nicht zu verfälschen. Vor der Belastung wurde Kapillarblut zur Bestimmung des Blutlaktatwertes und des Blutzuckerspiegels abgenommen. Das Laufband wurde mit einer Geschwindigkeit von 6 km/h und 1% Steigung gestartet und nach einer Stufendauer von jeweils 3 Minuten die Geschwindigkeit um 2 km/h erhöht. Währenddessen erfolgte ein kontinuierliches Monitoring der Probanden durch anwesende Sportmediziner mit Sechskanal-EKG, das am Ende jeder Belastungsminute aufgezeichnet wurde. Am Ende jeder Belastungsstufe wurde erneut Kapillarblut zur Bestimmung des Blutlaktatwertes abgenommen und der Blutdruck gemessen. Nach der dritten Stufe wurde zusätzlich auch der Blutzuckerspiegel gemessen. Die Probanden selber brachen die Belastung bei subjektiver Erschöpfung oder anderen limitierenden Faktoren wie Seitenstechen (1/28) oder Zerrung (1/28)

ab. Direkt nach Abbruch, sowie in der ersten, dritten und fünften Minute nach Belastungsende wurde erneut kapillär Blut zur Laktat- und Blutzuckerbestimmung abgenommen.

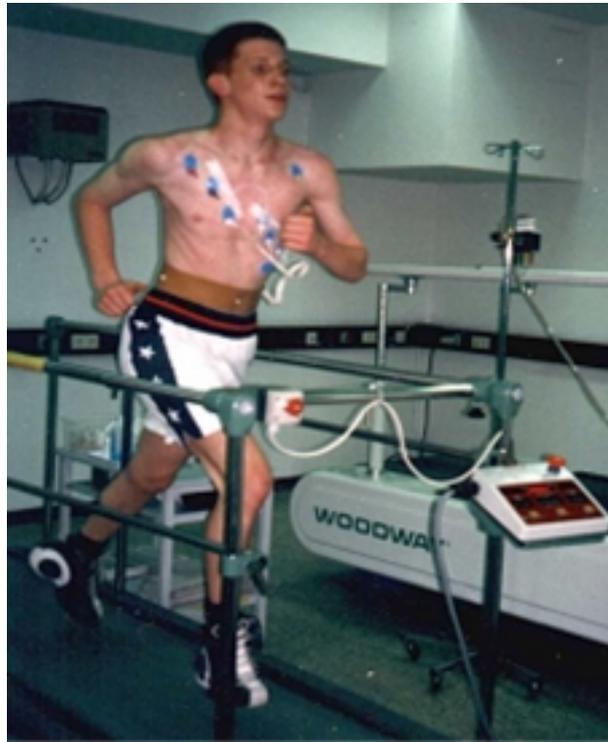


Abbildung 2.1: Proband beim Laufbandstufentest: gut zu erkennen die Elektroden für das EKG-Monitoring.

Die erhobenen Messgrößen aus der Laufbandergometrie nochmals im einzelnen:

- Herzfrequenz: am Ende jeder Belastungsminute wurde ein kurzes EKG über die letzten 15 Sekunden geschrieben. Die Herzfrequenz wurde dann über die Abstände der Amplituden mit Hilfe einer Schablone aus dem EKG ermittelt.
- Blutdruck: der Blutdruck wurde vor der Belastung und in der Nachbelastungsphase gemessen, um hypotone Kreislaufreaktionen auf die Belastung rechtzeitig behandeln zu können.
- EKG: ein kontinuierliches Monitoring der Probanden am Sechskanal-EKG diente der genauen Ermittlung der Herzfrequenzen und zur Gesundheitsbeurteilung des Probanden.
- Laktat: Kapillarblut zur Laktatwertbestimmung wurde zunächst in Ruhe am hyperämisierten Ohrläppchen abgenommen. Danach erfolgte eine erneute Laktatbestimmung nach jeder Belastungsstufe, direkt nach Abbruch und nach 1, 3 und 5 min. in Ruhe. Die Laktatwerte wurden nach

einem enzymatisch-amperometrischen Messverfahren gemessen (Analyzer ESAT 6661, Firma Eppendorf-Netheler-Hinz GmbH, BRD).

- **Blutzucker:** für die Messung der Blutglucose wurde ebenfalls Blut am hyperämisierten Ohrläppchen abgenommen und mit Hilfe des Hemocue (Firma Hemocue GmbH, Grossostheim, Deutschland) analysiert. Die Messung der Blutglucose war nötig, um rechtzeitig eventuellen Hypoglykämien entgegenwirken zu können. Zwei der Probanden hatten vor Ergometriebeginn so hohe Blutzuckerwerte, dass eine Durchführung nicht möglich war. Deshalb wurde der Test an Ersatzterminen unter normoglykämien Bedingungen nachgeholt.
- **Aufgebrachte Leistung:** Sie wurde beim Laufbandstufentest lediglich als Laufgeschwindigkeit gemessen. Eine Umrechnung auf entsprechende Wattzahlen erfolgte nicht.

Alle erhobenen Laktat- und Pulswerte sowie die Laufdauer in der letzten Stufe wurden in ein Computerprogramm der Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der Technischen Universität München eingegeben. Dieses Programm errechnete daraus eine Laktatleistungskurve mit Puls und Laktatwerten für die anaerobe, die individuelle anaerobe, die aerobe, die individuelle aerobe Schwelle und die maximale Laufgeschwindigkeit [km/h] des Probanden.

Da 3/31 Probanden nur drei Stufen laufen konnten, mussten hier Werte für eine vierte Stufe interpoliert werden, da für eine Kurvenerstellung durch das Computerprogramm mindestens vier Werte notwendig sind. Zum Teil mussten die Laktatschwellen auch von Hand im Diagramm bestimmt werden.

Durch den Vergleich der Laktatleistungskurven der Stufentests vor und nach dem Trainingsprogramm lässt sich qualitativ eine Aussage über die Veränderung des Trainingszustandes machen. Zudem können die Schwellen, quantitativ verglichen werden. In der Abbildung 2.2 sind exemplarisch die zwei Laktatleistungskurven sowie die Pulskurven eines Probanden in einem Diagramm abgebildet. In der Abszisse ist die Laufgeschwindigkeit in km/h aufgetragen. In der Ordinate sind die Pulsschläge pro Minute sowie der Laktatwert in mmol/l zu finden. Der Graph ist an ein Polynom dritten Grades angepasst. Die obere Kurve zeigt den Verlauf des Pulses, die Untere zeigt die Laktatwerte während der Belastung auf. Die individuelle aerobe und die individuelle anaerobe Schwelle sind angezeichnet. Eine allgemeine Rechtsverschiebung der Kurve gilt als Kriterium für eine Zunahme der Leistungsfähigkeit im aeroben Bereich. Eine Verschiebung im oberen Bereich spiegelt dagegen mehr die anaerobe Komponente wieder.

Die Leistung und die Pulsfrequenz wurden an verschiedenen Laktatschwellen miteinander verglichen. Eine Laktatschwelle gibt die Belastung an, bei der sich gerade noch ein Gleichgewichtszustand des Parameters Laktat einstellt. Eine Belastung knapp darüber würde zu einem Anstieg des Laktatwertes führen [38,11,69].

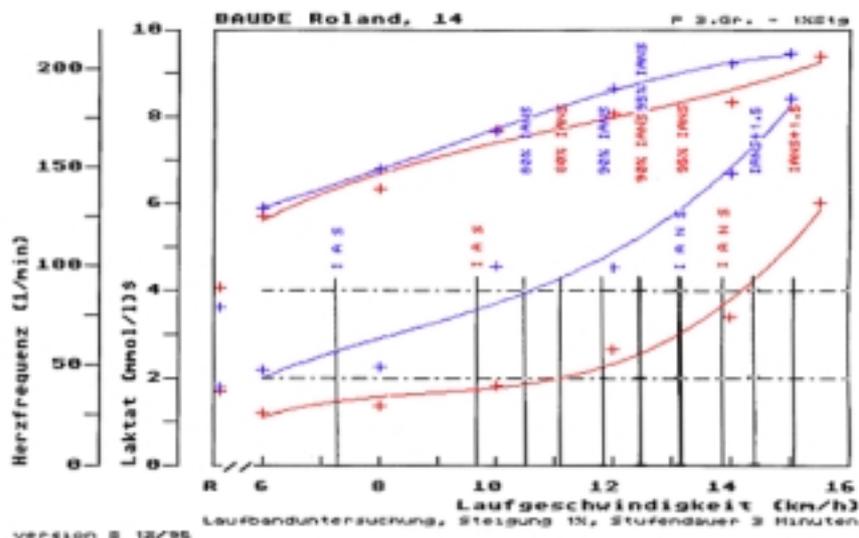


Abbildung 2.2: Laktatleistungskurve vor Studienbeginn (=blau) und nach Studienende (=rot)

Folgende Größen liessen sich aus den erhobenen Messwerten ableiten:

- Anaerobe Schwelle (ANS) [44,96,57] bei einem Laktatwert von 4 mmol/l.
- Individuelle anaerobe Schwelle (IANS) [44,58,115] an dem Punkt bei dem die Steigung der Laktatkurve $\frac{1}{2}$ beträgt. Also dort, wo die Tangente des Graphen zur Abszisse einen Winkel von 45 Grad einschliesst.
- Aerobe Schwelle (AS) [44,57] bei einem Laktatwert von 2 mmol/l.
- Individuelle aerobe Schwelle (IAS) [58,52,65] bei dem Minimum des Quotienten aus Laktat und Leistung.
- Maximalleistung (Maximale Laufgeschwindigkeit): das Computerprogramm gibt als maximale Laufleistung die Geschwindigkeit der letzten durchgelaufenen Stufe plus den zeitlichen Anteil der abgebrochenen Stufe mal Stufendauer aus. Beispiel: letzte durchgelaufene Stufe: 12 km/h; Stufendauer: 3 min; Zeit in der maximalen Belastung: 90 Sekunden, zeitlicher Anteil: 3 min / 1.5 min = 0.5. Daraus folgt: Maximalgeschwindigkeit = 12 + (0.5 x 2) = 13 [km/h]. Der Begriff Leistung ist hier verwirrend, weil eine Geschwindigkeit keine Leistung ist. Leistung ist es erst dann, wenn man die Kraftkomponente, die der Proband beim Laufen aufwendet, mit der Geschwindigkeit multipliziert.
- Maximales Laktat und maximaler Puls: um zu überprüfen, wie stark sich die Probanden ausbelastet haben, wurden auch die maximalen Werte von Laktat und Puls verglichen. Sie dienen weiterhin einer Interpretation der Adaptation der Probanden an das Trainingsprogramm.

- Herzfrequenzen am Stufenende: verglichen wurden die Herzfrequenzen zum jeweiligen Stufenende, um einen direkten Vergleich zu haben, wie stark dieselbe Belastung den Probanden kardial vor und nach dem Trainingsprogramm belastet.
- Belastungsdauer und Anzahl der Belastungsstufen: sieht man Ausdauer als Fähigkeit, lange einer Belastung zu widerstehen, die letztlich zur unüberwindbaren Ermüdung führt, bietet es sich an, die Belastungsdauer und die Intensität zu vergleichen, welcher die Probanden vor und nach dem Trainingsprogramm widerstehen konnten [119,74].

2.9 96-Sekunden-Test

Der Fahrradergometerausbelastungstest dient der komplexen anaeroben Leistungsdiagnostik. Es ist bei sehr kurzer Belastungsdauer schwierig, biochemische und physiologische Kenngrößen, wie Laktat, Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme usw. wegen der Zeitverzögerung bei bestimmten Stoffwechselfvorgängen exakten Zeitpunkten zuzuordnen. Daher werden in diesem Verfahren nur physikalische Leistungsdaten erfasst. Daraus werden Kapazitäten und Flussraten der verschiedenen energiebereitstellenden Systeme mit Hilfe der Arbeit-Zeit-Regression errechnet. Das Prinzip der Berechnungen geht davon aus, dass bei dem Fahrradergometerausbelastungstest von Anfang an alle energiebereitstellenden Systeme, also das Phosphokreatinsystem, das glykolytische und das oxidative System maximal arbeiten, bis deren Energiedepots (Kapazitäten) erschöpft sind [52,34]. Schematisch ist das Prinzip in der unteren Abbildung dargestellt.

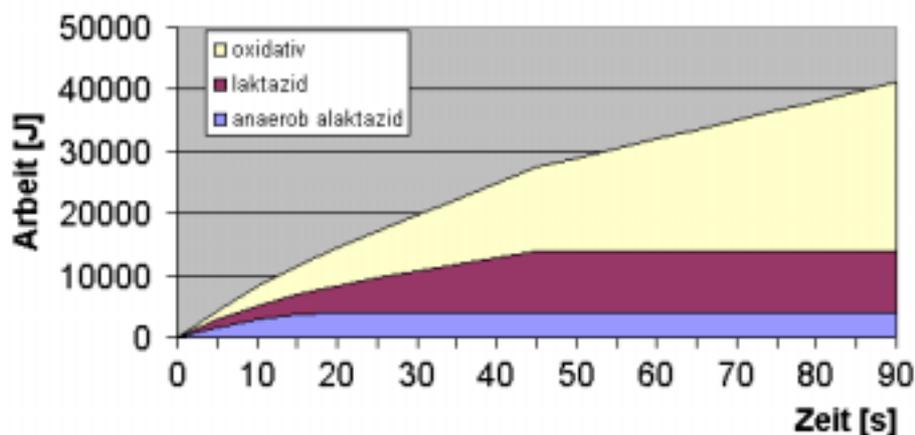


Abbildung 2.3: Modell der Energiebereitstellung bei einem Fahrradergometer-Ausbelastungstest.

Bei einer maximalen Belastung von 90 Sekunden Dauer überwiegt in den ersten fünfzehn Sekunden die Energiebereitstellung durch das Phosphokrea-

tinsystem, für weitere dreissig Sekunden durch die anaeroben Glykolyse und danach stellt das oxidative System die Energie zur Verfügung.

Die Berechnung über die Regression geht davon aus, dass nach dreissig Sekunden die Leistung, die aufgebracht wird, fast nur noch aus dem glykolytischen und dem oxidativen System bereitgestellt wird. Diese Leistung entspricht dann dem laktaziden und oxidativen Gesamtfluss. Die zwischen der sechzigsten und neunzigsten Sekunde aufgebrauchte Leistung wird überwiegend aus dem aeroben Stoffwechsel gewonnen. Ihr wird der maximale oxidative Fluss nach dem „Critical Power-Concept“ von Moritani et al. [76,74,40] zugeordnet. Durch die Differenzbildung von laktazidem und oxidativem Gesamtfluss mit dem oxidativen Fluss erhält man den laktaziden Fluss (Gesamtfluss - oxidativer Fluss = laktazider Fluss). Werden die laktaziden und oxidativen Flussraten mit der Zeitdauer, während der sie Energie bereitgestellt haben, multipliziert, folgen daraus deren Energiekapazitäten, die verbraucht wurden. Durch deren Differenzbildung mit der erbrachten Gesamtarbeit wiederum erhält man die alaktazide Kapazität.

Der Test lief nach folgendem Schema ab: Nach dem Laufbandstufentest hatten die Probanden eine Erholungspause von mindestens fünfundvierzig Minuten. Nach dieser Zeit fuhren die Teilnehmer sich zwanzig Minuten auf einem normalen Fahrradergometer mit einer Belastung von 50 Watt warm. Eine Pause sowie das Aufwärmen sind nötig, um Maximalleistungen zu ermöglichen und die Verletzungsgefahr zu minimieren. Nur eine warme und erholte Muskulatur kann aus der Ruhestellung heraus maximale Leistung ohne Gefahr von Mikrotraumen erbringen. Das Fahrradergometer (Firma „Schoberer Rad-Messtechnik“ (SRM-Fahrradergometer)), das beim Ausbelastungstest zum Einsatz kam, misst über ein elektronisches Verformungselement, das zwischen Kurbelachse und dem Kettenblatt liegt, die Kraft, die der Proband ausübt. Der elektrische Widerstand und damit der Strom im Verformungselement ändert sich proportional zur auftretenden Belastung. Der Computer des SRM-Fahrradergometers berechnet daraus die Kraft, die der Proband ausübt, und regelt in dem verwendeten isokinetischen Modus den Tretwiderstand so, dass der Proband trotz nachlassender Kräfte immer eine vorgegebene Trittfrequenz von 90 U/min beibehalten kann. Die Sattelhöhe und der Abstand zwischen Lenker und Sattel wurden auf den jeweiligen Probanden abgestimmt. Die Einstellungen wurden notiert, um beim Wiederholungstest identische Einstellungen vornehmen zu können.

Nachdem die Pedalhaken des Probanden festgezurt wurden, hatte dieser die Aufgabe, aus dem Stand, nach einem fünfsekündigen Intervall im Sitzen, für 96 Sekunden konstant maximal zu treten. Watt- und Pulsverlauf während dieser Zeit wurden kontinuierlich vom angeschlossenen Computer aufgezeichnet. Blutlaktat und Blutzucker wurden noch in Ruhe und dann 1, 3, 5, 7, 10 Minuten nach Abbruch abgenommen. Auch nach Ende der 96 Sekunden musste der Proband einige Zeit im Leerlauf weitertreten, um einen plötzlichen Blutdruckabfall nach dieser Maximalbelastung zu vermeiden.

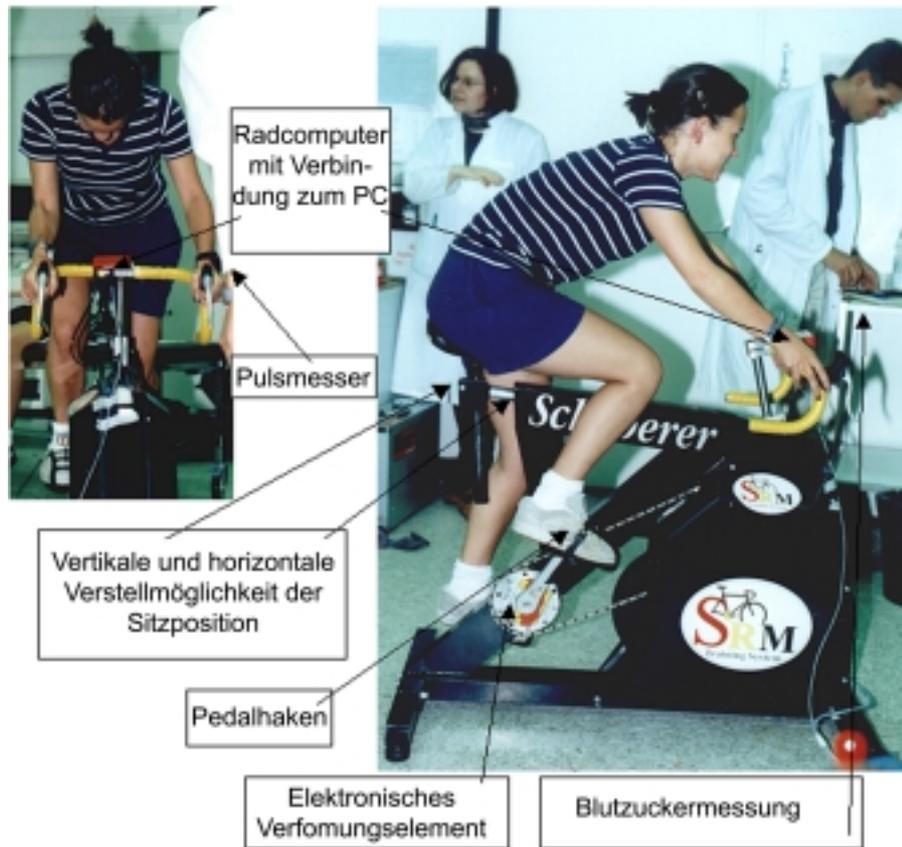


Abbildung 2.4: Versuchsanordnung 96-Sekunden-Test: Abbildung links zeigt eine Probandin beim Antritt; Abbildung rechts zeigt die Probandin auf dem Fahrradergometer.

Im 96-Sekunden-Test wurden folgende Messgrößen erhoben:

- Herzfrequenz: die Herzfrequenz wurde mit einem Pulsmesser (Firma Polar Electro) gemessen und induktiv an das SRM-Fahrradergometer, das an einen Computer angeschlossen ist, übertragen.
- Laktat: Kapillarblut wurde in Ruhe und 1, 3, 5, 7, 10 Minuten nach Abbruch des Tests am hyperämisierten Ohrläppchen abgenommen. Die Laktatwerte wurden auf dieselbe Weise wie beim Laufbandstufentest bestimmt.
- Aufgebrachte Leistung: die Leistung wurde ständig über die aufgewandte Kraft am Verformungselement und die am SRM-Fahrradergometer gemessene Trittfrequenz errechnet und als Zeitverlauf aufgezeichnet. Sie errechnet sich als $P = 2\pi \cdot F \cdot l \cdot f$ mit P als Leistung in Watt [W], F als Kraft (am Verformungselement) in Newton [N], l als Abstand zur Achse in Metern [m] und f als Trittfrequenz in [1/sec].
- Blutzucker: der Blutzucker wurde vor und 1, 3, 5, 7, 10 Minuten nach der

Belastung gemessen. Bei hypo- oder hyperglykämischen Werten wurden die Messungen fortgeführt, bis sich der Blutzucker normalisiert hatte.

- Blutdruck: der Blutdruck wurde vor und 1, 3, 5, 7, 10 Minuten nach der Belastung gemessen. Bei reaktiven Hypotonien wurde der Blutdruck kontinuierlich bis zu einer Stabilisierung kontrolliert.

Der an das SRM-Fahrradergometer angeschlossene Computer zeichnete den zeitlichen Verlauf der Leistung auf, die der Proband aufwandte, wie es in Abbildung 2.5 beispielhaft zu sehen ist. Die Peak Power, also die grösstmögliche Leistung, die der Proband nur einen kurzen Moment aufbringen kann, wird nur am Monitor angezeigt, so dass sie extra notiert werden musste. In dem Diagramm sind verschiedene Bereiche markiert, die dann Aussagen über die Energiebereitstellungssysteme zulassen. Der erste Bereich ist die maximale 5-s-Arbeit, der die rein alaktazide Kapazität zugeordnet wird [70,71]. Sie wird so gesetzt, dass wirklich die 5 Sekunden der grössten Leistung erfasst werden. Sie beginnt daher nicht bei Null, sondern in der 2. bis 3. Sekunde nach dem Start. Ab dem Beginn der maximalen 5-s-Arbeit wird die Zeit für die weiteren Markierungen gezählt. Die zweite Zeitspanne ist von Sekunde 25 bis 30 festgelegt. Die Leistung dort soll im Mittel der Summe von oxidativem und glykolytischem Fluss entsprechen. Die mittlere Leistung zwischen der 60. und 90. Sekunde entspricht der maximalen oxidativen Flussrate.

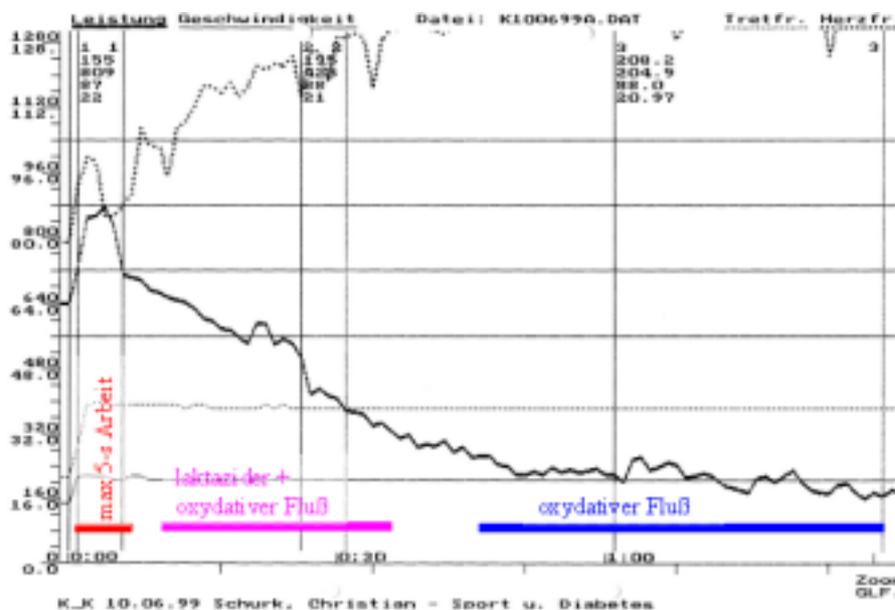


Abbildung 2.5: Watt-Zeit-Verlauf

Mit Hilfe eines Computerprogramms (Jeschke D, Lorenz R), das in der Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der Technischen Universität München verwendet wird, wurden die Durchschnittsleistungen in der Zeitspanne von der 10. bis zur 35. und von der 45. bis zur 90. Sekunde ein-

getragen. Der Computer errechnete dann über zwei unterschiedliche Wege die Regressionsgeraden.

Verfahren I: In Graph I (Abb. 2.6) ist die geleistete Arbeit [J] gegen die Zeit [s] aufgetragen. Es werden die Durchschnittsleistungen mit der Sekundenanzahl, über die sie gemessen wurden, multipliziert. Daraus erhält man virtuelle Energiewerte, die der Proband bis zu dem jeweiligen Zeitpunkt aufgewendet hätte, hätte er konstant die jeweilige Durchschnittsleistung über den gesamten Zeitraum ab Sekunde Null aufgewendet. (Im Beispiel: Durchschnittsleistung bei 25-30s: 367,1W; $367,1\text{W} \times 30\text{s} = 11013\text{J}$)

Der Computer zeichnet diese Werte in den Graph und legt jeweils eine gemittelte Gerade durch die Energiewerte von der 10. bis zur 35. und der 45. bis zur 90. Sekunde. Die Steigungen der jeweiligen Geraden geben die mittleren Energieflussraten an. Die obere Gerade (45. bis 90. Sekunde) den oxidativen, die untere (10. bis 35. Sekunde) den laktaziden und oxidativen Fluss. Die Regression besteht darin, die Geraden an den Zeitpunkt Null zurückzuführen. Die Energiekapazitäten unter den Geraden bei $t = 0$ sind die, die nicht durch das oxidative System (obere Gerade), bzw. nicht durch das laktazide und oxidative System bereitgestellt wurden (untere Gerade). Also ist der Wert unter der oberen Gerade die gesamte anaerobe Kapazität, der unter der unteren die alaktazide Kapazität.

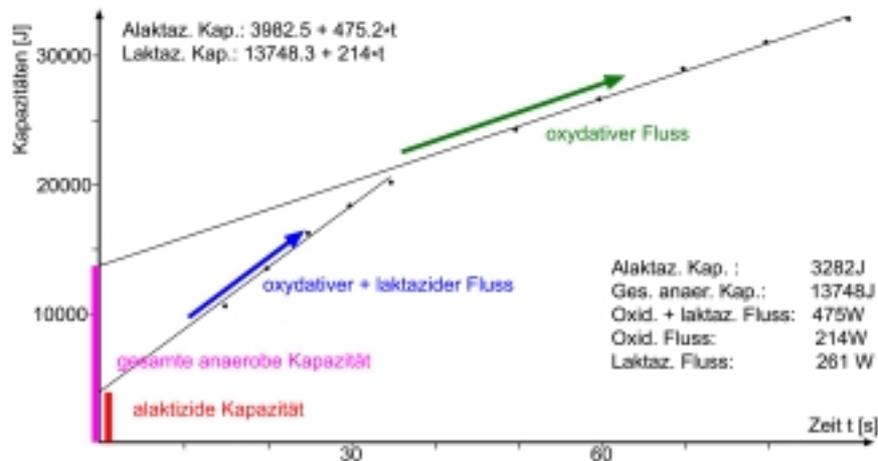


Abbildung 2.6: Regressionsgeraden zur Bestimmung der Kapazitäten (Verfahren I).

Verfahren II: Die Durchschnittsleistungen werden gegen die Zeit in Sekunden ($1/s$) aufgetragen. In der Abb. 2.7 entspricht die Leistung am Punkt 0,01 ($1/s$) der Leistung zum Zeitpunkt 100 Sekunden, die Leistung am Punkt 0,06 ($1/s$) derjenigen bei 16,67 Sekunden. Es werden wieder die gemittelten Geraden durch die Messpunkte von der 10. bis zur 35. Sekunde für die laktazide und oxidative Leistung und von der 45. bis 90. Sekunde für die nur oxidative Leistung gelegt und zum Nullpunkt hin verlängert. Somit kann man dort wieder die Werte für den laktaziden plus oxidativen Fluss respektive nur den oxidativen Fluss ablesen. Der laktazide Fluss wird in beiden Verfahren durch Differenzbildung

errechnet. Da die beiden Verfahren leicht unterschiedliche Ergebnisse liefern, wird zur statistischen Auswertung immer der Mittelwert aus beiden verwendet.

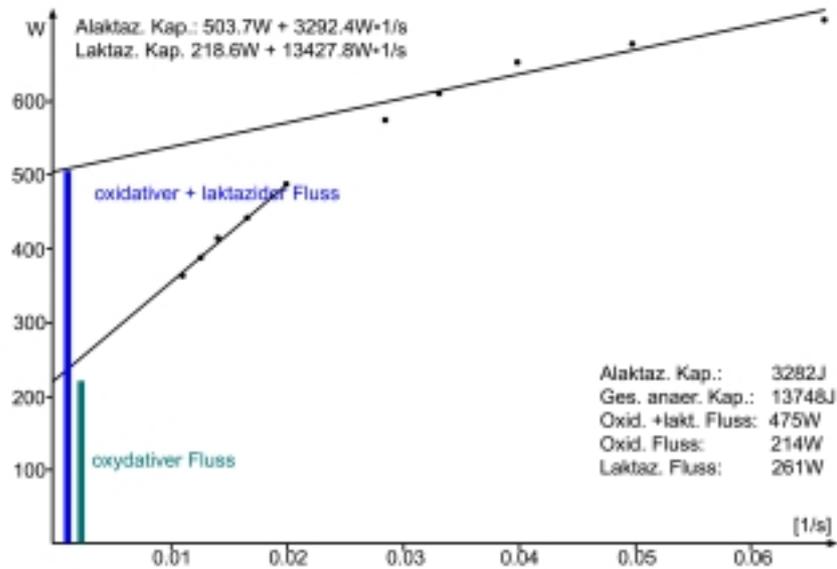


Abbildung 2.7: Regressionsgeraden zur Bestimmung der Kapazitäten (Verfahren II).

Die alaktazide (anaerobe-alaktazide) Kapazität bezeichnet diejenige Energiemenge, die aus den energiereichen Phosphaten freigesetzt werden kann. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei der laktaziden Kapazität um diejenige Energiemenge, die durch anaerobe Glykolyse gewonnen werden kann. Der limitierende Faktor ist dabei nicht das Glukoseangebot, sondern die Hemmung der Enzymaktivität der Glykolyse bei hohen Laktatkonzentrationen und dem damit verbundenen pH-Wert-Abfall. Die gesamte anaerobe Kapazität entspricht der alaktaziden Kapazität plus der laktaziden Kapazität.

Der laktazide Fluss $[W]$ ist diejenige Energiemenge der laktaziden Kapazität $[J]$, die pro Zeiteinheit $[s]$ bereitgestellt werden kann. Der oxidative Fluss ist diejenige Energiemenge pro Zeiteinheit, die durch aerobe Glykolyse bereitgestellt werden kann. Der Gesamtfluss ist oxidativer Fluss plus laktazider Fluss. Die maximale 5-s-Arbeit ist grösste Energiemenge, die der Proband während dieses Zeitintervalls abgeben kann. Die Peak Power ist die grösste Leistung (Energie pro Zeiteinheit), die der Proband kurzzeitig, also gewissermassen während einer Kurbelumdrehung, aufbringen kann.

3 Sportprogramm

Beim Aufbau des Sportprogrammes bemühten wir uns, eine Struktur vorzugeben, welche den Jugendlichen als Orientierung dienen sollte. Die genaue Ausarbeitung oblag Fr. Löhner, Dozentin für Rehabilitations- und Behindertensport an der Sportwissenschaftlichen Hochschule der Technischen Universität München und zwei Lehramtstudenten sowie einem Diplomanden der Sportfakultät.

3.1 Vorgaben

Die Durchführung des Programms war über einen Zeitraum von sechs Wochen mit zwei Treffen von jeweils 90 Minuten pro Woche, einmal am Mittwoch und einmal am Freitag, jeweils nachmittags um 15.30 Uhr geplant. Diese Termine hatten sich nach Rücksprache mit den Jugendlichen, den Betreuern sowie von Seiten der Sporthochschule der TU München als ideal erwiesen. In der Auswertung wurden nur die Jugendlichen berücksichtigt, die nicht mehr als zwei Fehltermine hatten.

Zur Evaluation, welche Sportarten die oben genannten Ziele am besten erreichbar machen können, diente ein von Raile erarbeiteter Fragebogen zum Sportverhalten [84] bei Jugendlichen mit Diabetes. Dieser wurde ergänzt durch die Erfahrungen der Lehramts- und Sportstudenten. Am Ende stand der schwierige Prozess, die Realisierbarkeit der einzelnen Sportarten, ihre Durchführbarkeit und ihre gruppenspezifischen Auswirkungen kritisch zu hinterfragen.

Das Inlineskating, das alle Voraussetzungen für eine motivierende life-time Sportart erfüllt, sollte sich als „roter Faden“ durch das gesamte Sportprogramm ziehen und wurde deshalb auf die Doppelstunde am Freitag Nachmittag gelegt, da am Freitag eher die Gelegenheit bestand, zu „überziehen“, ohne damit einen negativen Einfluss auf den alltäglichen „Schulstress“ der Jugendlichen zu nehmen.

Mittwochs wurden die anderen ausgewählten Sportarten im Wechsel durchgeführt, um so das Sportprogramm abwechslungsreich und interessant zu gestalten und so keine Langeweile bei den Jugendlichen aufkommen zu lassen. Ebenso wie der Aufbau des gesamten Sportprogramms sollten auch die einzelnen Stunden abwechslungsreich und interessant gestaltet werden.

3.2 Ziele

- Von medizinischer Seite sollten die Auswirkungen auf Ausdauer, Kraft und Körperzusammensetzung untersucht werden. Dies war relevant für

die Analyse der Auswirkungen von Fun-Sport auf Risikofaktoren diabetischer Folgeerkrankungen und Unterschiede in der Trainierbarkeit von Jugendlichen mit und ohne Diabetes.

- Förderung der Beweglichkeit: Diese wurde in die Planung mit einbezogen, da gute physische Flexibilität eine ökonomischere Ausführung von Krafteinsätzen und Bewegungstechniken sowie ein besseres Lernen neuer Bewegungen ermöglicht [35]. Ausserdem verringert gute Beweglichkeit das Verletzungsrisiko und fördert das körperliche Wohlbefinden, welches bei diabetischen Jugendlichen durch die Erkrankung eingeschränkt sein kann [86,7,85].
- Verbesserung der Koordinationsfähigkeit durch das Training komplexer Bewegungsaufgaben.

Alle genannten Ziele tragen zu einem besseren Körperkonzept und damit zur psychosomatischen Gesundheit der Jugendlichen bei.

3.3 Gruppendynamik

Hier war wichtigstes Ziel, den Jugendlichen durch gemeinsame Bewegungserfahrung positive Sozialkontakte unter Gleichaltrigen zu ermöglichen. Da sich ein Grossteil der Jugendlichen untereinander nicht kannte, war es besonders wichtig, anfänglich möglicherweise vorhandenen Gefühlen wie Unsicherheit, Schüchternheit, Spannung und Beklemmung sensibel zu begegnen. Orientierung und ausreichende Information über Ablauf, Regeln etc. sollten diesen Prozess ebenso unterstützen wie das Anbieten von Kennenlernspielen zu Beginn. Relevant erschien ausserdem, ablaufende Gruppenprozesse zu beobachten, um gegebenenfalls (z.B. gegen eine ungute Rollenverteilung, Aussenseiterbildung o.ä.) einwirken zu können. Die Jugendlichen sollten ausserdem unterstützt werden, für sie passende Sportarten kennenzulernen und dazu motiviert zu werden, diese auch nach der Beendigung unseres Projekts weiter auszuüben.

3.4 Risikophylaxe

Wichtig schien uns in diesem Zusammenhang eine möglicherweise aus „Schulsportfrustration“ hervorgegangene negative Haltung gegenüber Bewegungsangeboten abzubauen. Diesen Punkt berücksichtigten wir insbesondere bei der Auswahl der Sportarten und der Stundenplanung.

Persönliche Fähigkeiten sollten gefördert werden. So wollten wir im Rahmen des Sportprogramms soziale Kompetenzen wie soziale Sensibilität, Kontakt- und Kooperationsfähigkeit, Konfliktfähigkeit, Frustrationstoleranz sowie die Toleranz und Rücksichtnahme anderen gegenüber fördern [117].

Soziale Ziele entziehen sich leider oft einer strukturierten Planung, da man z. B. Rücksichtnahme nicht befehlen oder erzwingen kann bzw. das Erreichen des Lernziels nicht überprüfen kann [118]. Sie sollten trotzdem den Unterricht

durchziehen und immer Berücksichtigung finden. Neben sich „automatisch“ ergebenden Situationen während des gemeinsamen Sporttreibens, sollte vor allem auch durch entsprechendes Betreuerverhalten soziale Kompetenz gefördert werden. Da die Betreuer als Modell fungieren sollten, nahmen auch alle beteiligten Personen stets am Programm teil (vgl. Lernen am Modell nach Bandura [6]). Vor allem in einer vertrauensvollen Atmosphäre können diese Ziele erreicht werden.

3.5 Körperliches und psychisches „Selbst-Bewusstsein“

Zudem sollte im Rahmen des Sportprogramms das Körperkonzept und die Selbstwahrnehmung der Jugendlichen verbessert werden, indem sie ihren Körper und seine Fähigkeiten kennenlernen, annehmen, akzeptieren und mit ihm umgehen lernen. Dies stärkt das Selbstbewusstsein und das Selbstwertgefühl der Jugendlichen.

Zunächst ist es wichtig zu bedenken, dass unser Projekt auf der freiwilligen Teilnahme der Jugendlichen basierte. Es war deshalb besonders relevant, motivationale Aspekte zu berücksichtigen. Zur Förderung einer intrinsischen Motivation zur regelmässigen Teilnahme versuchten wir deshalb, ein möglichst attraktives Sportangebot zu planen und zu erstellen.

So bemühten wir uns, bereits bei der Konzepterstellung so weit als möglich an den Wünschen und Bedürfnissen der Teilnehmer zu orientieren. Da wir die Gruppe vorab nicht kannten, standen uns hierzu lediglich Studien mit Jugendlichen derselben Altersgruppe, der von Raile erarbeitete Fragebogen zum Sportverhalten [84] sowie unsere eigenen Erfahrungen (z.B. im Freundeskreis) zur Verfügung.

Zusätzlich wollten wir Material und Spiele mit möglichst hohem Anforderungscharakter verwenden. Hierzu schienen uns insbesondere solche Sportangebote geeignet, welche den Jugendlichen nicht aus dem Schulsport bekannt waren, wie z. B. Inlineskating, oder solche, zu denen sonst keine Gelegenheit besteht, z. B. Klettern an einer Kletterwand. Weiterhin galt es, eine möglichst breite und vielseitige Palette von Sportarten anzubieten, um für jeden Teilnehmer das Richtige zu finden.

Um die Motivation zu steigern, Neues auszuprobieren und evtl. auch privat weiterzuführen, erschien es wichtig, dass die Jugendlichen ihre Bewegungsfreude und den Spass am Sport neu entdecken und diese Faktoren mehr im Vordergrund stehen als Bewertungen oder Leistungen.

3.6 Betreuerverhalten

Um den Jugendlichen die Erfahrung zu vermitteln, dass körperliche Aktivität weitgehend bewertungsfrei gesehen werden und die Befriedigung hauptsächlich aus dem Tun an sich gewonnen werden kann, war eine spielerisch, lustbetonte, freundliche und vertrauensvolle Atmosphäre zentrales Element der Sportstunden.

Leistungsdruck, Vergleiche mit Anderen und „peinliche Situationen“, wie z. B. Zurschaustellung vermeintlicher Fehler oder deren „öffentliche Korrektur“ wurden bewusst vermieden. Statt dessen sollten Hilfe und Ratschläge in angemessener Form (Vorschläge statt Befehle) und nur dort angebracht werden, wo es wirklich nötig erschien und auch dann nicht vor der gesamten Gruppe [118]. Weiterhin sollte ein intraindividueller Vergleich der Jugendlichen unterstützt werden, indem die Übungsleiter selbst geringe Erfolge bekräftigten und den Jugendlichen bewusst machten. Das bedeutete auch, dass die Jugendlichen unabhängig von ihrer Leistung grundsätzlich akzeptiert und die Versuche, sich eigene Wertmassstäbe zu setzen, unterstützt wurden [118].

Generell war eine Orientierung der Einstellungen und Verhaltensweisen an Kriterien wie Wärme, Empathie, Klarheit, Ruhe, Flexibilität, Kongruenz und Akzeptanz sehr wichtig, da dies dem Teamgeist sowohl der Diabetesambulanz als auch dem der Übungsleiter entspricht. Besonders relevant erschienen diese Kriterien im Hinblick auf die Entwicklung von Selbstbewusstsein und sozialer Kompetenz. Forschungen, z.B. von Tausch und Tausch [37], zeigen deutlich diesen Zusammenhang zwischen Betreuerverhalten und Auswirkungen beim „Betreuen“. Eine freundliche, vertrauensvolle Atmosphäre in welcher der Jugendliche sich angenommen und ernstgenommen fühlt, ermöglicht gleichzeitig auch eine vermehrte Offenheit, neues auszuprobieren, sich auf neue Sportarten und eine neue Gruppe einzulassen.

Eine Förderung des Selbstwertgefühls der Jugendlichen wird neben bereits genannten Kriterien auch dadurch ermöglicht, dass sich der Einzelne im Umgang mit seinem Körper als kompetent erlebt. Wesentlich ist deshalb auch, Überforderung zu vermeiden, indem die Jugendlichen genau beobachtet und gegebenenfalls einfachere Bewegungsalternativen angeboten werden.

Eine regelmässige Reflexion des eigenen Verhaltens erschien daher selbstverständlich, weshalb immer mindestens drei Betreuer anwesend waren. Jede Unterrichtseinheit wurde von diesen im Gespräch reflektiert, Verbesserungsansätze für den nächsten Termin wurden festgehalten. Dies beinhaltete nicht nur die Selbstreflektion sondern auch die Beobachtung von Gruppenprozessen und deren Diskussion, um gegebenenfalls steuernd und stabilisierend eingreifen zu können. Orientierung hierzu gab die Gruppenpädagogische Theorie der Gruppenphasen nach Bernstein und Lowy [10]. Da sich die Übungsleiter und auch die Jugendlichen gegenseitig zum Grossteil vorher nicht kannten, war besonders relevant, der Gruppe zu Beginn Orientierung, Information und Struktur anzubieten. Dies umso mehr, als der Zeitraum des Programms verhältnismässig kurz war. Neben entsprechenden Programmpunkten wie Kennenlernspielen muss sich auch das Betreuerverhalten daran orientieren. Die wenigen Verhaltensregeln sollten deswegen bekannt gemacht werden und konsequent eingehalten werden.

3.7 Unterrichtsverlaufsplan

In der Regel nahmen alle Teilnehmer gemeinsam an den Aktivitäten teil, mit Ausnahme des Kletterns, wo aus organisatorischen Gründen, die Gruppe in zwei

gleich grosse Teilnehmerkreise geteilt wurde.

Datum	Tagesplan
Mi 16.06.	Begrüssung, Vorstellung der Betreuer und Übungsleiter Kennenlernspiele zum Aufwärmen und Stretching Münchner Fitnesstest (1) Orientierungslauf durch die ZHS Abschlusspiel nach Wunsch der Teilnehmer mit anschliessendem Stretching
Fr. 18.06.	Aufwärmspiele zur Gewöhnung ans Gerät (Basketball), Stretching Einführung ins Streetball (evtl., falls nötig, kurze Einführung in die Technik) Streetball-Kaiserspiel Stretching
Mi. 23.06.	Aufwärmspiele, Stretching Sammeln von Lauferfahrungen Stretching
Fr. 25.06.	Aufwärmen: Gewöhnung ans Gerät (Inlineskates) Fallschule erste Spielformen Auslaufen und Stretching
Mi. 30.06.	Aufwärmen, Stretching Einführung ins Felsklettern und Streetball Stretching
Fr. 02.07.	Kleine Spielformen zum Aufwärmen Partnerübungen zur Gleitschulung, Körpererfahrung und Wahrnehmung auf Inlineskates Einführung in die Kurven- und Bremstechnik Inlineskatehockey, -basketball, Konditionstraining Auslaufen und Stretching
Mi. 07.07.	Aufwärmspiele, Stretching Beachsportarten: z.B. Beachvolleyball und -soccer Stretching
Fr. 09.07.	Kleine Spiele und inlineskatespezifisches Aufwärmen Übungsformen mit und ohne Partner zur Verbesserung der Kurven- und Bremstechnik Einführung T-Stop, Tipps und Tricks Rollschuh-Fussball Auslaufen und Stretching
Mi. 14.07.	Aufwärmen, Stretching Felsklettern und Beachsportarten (-volleyball, -soccer) Stretching
Fr. 16.07.	Aufwärmspiele Einführung in das Übersetzen, power-slide, Konditionsformen kleine Spiele

	Auslaufen und Stretching
Mi. 21.7.	Aufwärmen, Stretching Münchener Fitnessstest (2) Nach Wunsch der Teilnehmer Beachsportarten oder Streetball im Freien Stretching
Fr. 23.07.	Freies Aufwärmen auf Inlineskates situationsangepasstes Inlineskaten, Rückwärtsfahren, Komplexübung bezogen auf das Verhalten im Strassenverkehr Dauerlauf im Olympiapark

Tabelle 3.1: Übersichtsplan des Sportprogramms

4 Datenanalyse

Die Daten wurden, basierend auf den Informationen der DPV-Datenbank, den Untersuchungen, den Tests sowie den Fragebögen in einem ersten Schritt in einer Excel Datenbank (Version '97, Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) abgelegt. Sämtliche Daten wurden mit Hilfe der Programme SAS (Version 6.12, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), SPSS 10.0.7 (SPSS Inc. Headquarters, Chicago, IL, USA) und Excel am Computer ausgewertet. Statistische Kenngrößen wie der arithmetische Mittelwert (m), die Standardabweichung (SD) - ausgehend von der Grundgesamtheit -, Minimum ($min.$) und Maximum ($max.$) wurden ausgewählt. Das Signifikanzniveau wurde folgendermassen festgelegt:

- $p > 0,05$ nicht signifikant
- $p < 0,05$ schwach signifikant
- $p < 0,01$ signifikant
- $p < 0,001$ hoch signifikant

Zunächst wurde ausgehend von einer Normalverteilung mit Hilfe des SAS-Programms eine multifaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Dabei wurden zwei „Betweenfactors“, nämlich das Geschlecht und die Gruppe (Diabetiker/-Nichtdiabetiker), und ein „Withinfactor“, nämlich die Zeit, sowie deren Wechselwirkungen untersucht.

Für den Vergleich der Probandengruppe mit Diabetes mellitus mit der Probandengruppe ohne Diabetes mellitus wurde die Signifikanz mit Hilfe des U-Tests nach Mann-Whitney ermittelt. Die Abhängigkeiten der Messwerte voneinander wurden mit dem Pearson'schen Korrelationskoeffizienten geprüft.

Da in der Zusammenstellung der Rohdaten für die sportmedizinischen Untersuchungen (Laufbandergometrie und 96-Sekunden-Test) keine signifikanten Unterschiede zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern bzw. Mädchen und Jungen festgestellt werden konnten (Kapitel 5.12.11), wurde die Analyse vereinfacht und wie folgt vorgenommen:

Die Testergebnisse vor und nach dem Trainingsprogramm wurden gegenübergestellt und auf Signifikanz geprüft. Dafür wurde der Student'sche T-Test, 2-seitig, gepaart angewendet. Zusätzlich wurde der nichtparametrische Wilcoxon Test für 2 verbundene Stichproben mit Rangverteilung und Signifikanzprüfung angewendet.

5 Ergebnisse

5.1 Klinisch-pädiatrische Untersuchung

5.1.1 Körpergrösse der Probanden

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Körpergrösse [cm]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	172,6 \pm 11,6	162,8/187,9
Nach Ende	Ja	m	4	173,2 \pm 11,4	163,9/187,9
Vor Beginn	Ja	w	4	168,0 \pm 3,5	163,0/170,7
Nach Ende	Ja	w	4	168,3 \pm 3,6	163,3/171,3
Vor Beginn	Nein	m	3	166,6 \pm 9,8	158,2/176,8
Nach Ende	Nein	m	3	167,2 \pm 9,1	158,7/177,4
Vor Beginn	Nein	w	3	162,6 \pm 7,4	157,6/170,8
Nach Ende	Nein	w	3	162,6 \pm 7,1	158,1/171,1

Tabelle 5.1: Körpergrösse der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Die Untersuchung der Jugendlichen vor und nach der Studie ergab keine geschlechts- oder gruppenspezifischen Einflüsse auf die Grösse. In der ersten Messung lag der p-Wert für die Gruppen bei $p = 0,247$, für das Geschlecht bei $0,374$. In der zweiten Messung war der gruppenspezifische p-Wert $= 0,235$, der geschlechtsspezifische p-Wert $0,344$.

Betrachtet man die Ergebnisse im zeitlichen Verlauf, so zeigt sich auch hier keine signifikante Einflussnahme durch die Variable „Zeit“ (s. Tabelle 5.2).

Grösse			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	$p = 0,247$	$p = 0,223$	
Geschlecht	$p = 0,374$	$p = 0,316$	
Gruppe * Geschlecht	$p = 0,956$	$p = 0,974$	
Zeit			$p = 0,080$
Zeit * Gruppe			$p = 0,744$
Zeit * Geschlecht			$p = 0,289$
Zeit * Gruppe * Geschlecht			$p = 0,760$

Tabelle 5.2: p-Werte für die Grösse der Probanden

5.1.2 Gewicht der Probanden

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Gewicht [kg]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	60,6 \pm 4,0	58,0/66,5
Nach Ende	Ja	m	4	61,8 \pm 4,4	58,8/68,2
Vor Beginn	Ja	w	4	55,6 \pm 6,4	49,6/64,4
Nach Ende	Ja	w	4	55,1 \pm 4,1	51,2/60,0
Vor Beginn	Nein	m	3	59,6 \pm 3,8	55,6/63,2
Nach Ende	Nein	m	3	58,3 \pm 3,0	56,0/61,7
Vor Beginn	Nein	w	3	51,2 \pm 1,6	49,9/52,9
Nach Ende	Nein	w	3	52,3 \pm 1,8	50,4/53,9

Tabelle 5.3: Körpergewicht der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Im Vergleich zur Grössenentwicklung sind die Gewichtsergebnisse inhomogener. Sowohl bei der ersten als auch bei der zweiten Messung waren die Mädchen insgesamt leichter als die Jungen, in der ersten Messung schwach signifikant ($p = 0,021$), in der zweiten Messung sogar signifikant ($p = 0,009$).

Es zeigt sich also eine schwach signifikante Wechselwirkung zwischen dem Geschlecht, der Gruppenzugehörigkeit und der Zeit. Während die diabetischen Jungen und die nichtdiabetischen Mädchen im Untersuchungszeitraum zunahmen, verloren die diabetischen Mädchen und die nichtdiabetischen Jungen an Gewicht. Die Interpretation dieser Ergebnisse ist schwierig, insbesondere aufgrund der geringen Teilnehmerzahl. Vermutlich handelt es sich um eine zufällige Entwicklung.

Gewicht			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	$p = 0,293$	$p = 0,146$	
Geschlecht	$p = 0,021$	$p = 0,009$	
Gruppe * Geschlecht	$p = 0,499$	$p = 0,862$	
Zeit			$p = 0,817$
Zeit * Gruppe			$p = 0,683$
Zeit * Geschlecht			$p = 0,696$
Zeit * Gruppe * Geschlecht			$p = 0,047$

Tabelle 5.4: p-Werte für das Gewicht der Probanden

5.2 Diabetische Stoffwechsellage

5.2.1 Diabetesdauer

Zu Beginn der Studie lag die durchschnittliche Diabetesdauer bei den weiblichen Probandinnen bei 4,4 Jahren (Standardabweichung: 3,26; Minimum: 1,1 Jahre; Maximum: 8,8 Jahre). Bei den männlichen Probanden bei 8,6 Jahren (Standardabweichung: 4,4; Minimum: 4,2 Jahre; Maximum: 14,5 Jahre).

Insgesamt lag die Diabetesdauer damit bei 6,5 Jahren (Standardabweichung: 4,2; Minimum: 1,1 Jahre; Maximum: 14,5 Jahre).

Entsprechend der Studiendauer von sechs Wochen verlängerte sich die durchschnittliche Diabetesdauer um gerundete zwei Monate auf 6,6 Jahre (Standardabweichung: 4,20; Minimum: 1,2 Jahre; Maximum: 14,6 Jahre).

5.2.2 Therapieform

Vor Beginn und während des Sportprogramms waren alle Jugendlichen entweder auf eine intensivierete Insulintherapie oder eine Insulinpumpentherapie eingestellt.

Vier Jugendliche hatten eine Insulinpumpe, die mit Insulinanalogon (Humalog Lilly) befüllt war.

Die übrigen vier diabetischen Teilnehmer spritzten mit PEN's oder teilweise mit konventionellen Insulinspritzen, wenn Insuline im Rahmen einer Injektion gemischt werden mussten. Verwendet wurden gängige Insuline verschiedener Wirkprofile und Hersteller. Die Injektionen pro Tag beliefen sich im Durchschnitt auf 3,75 pro Tag (2 x 3 Inj., 1 x 4 Inj., 1 x 5 Inj.).

Im Laufe der Studie zeigte sich eine Zunahme der Injektionshäufigkeit bei den Diabetikern mit Intensivierter Insulintherapie auf durchschnittlich 4,25 pro Tag (1 x 3 Inj., 2 x 4 Inj., 1 x 6 Inj.)

5.2.3 Diabetestagebuch

Von den teilnehmenden Jugendlichen führten vor der Studie nur Zwei regelmässig ein Diabetestagebuch. Weitere drei Teilnehmer protokollierten zumindest unregelmässig die gemessenen Werte, gespritzten Einheiten und gegessenen Broteinheiten. Die Übrigen führten gar kein Tagebuch oder hatten offensichtlich erfundene Werte eingetragen.

Nach der Studie hatten von denselben Jugendlichen während des Studienzeitraums immerhin vier regelmässig und drei weitere einigermaßen vollständige Aufzeichnungen. Ein Proband führte leider weiterhin kein Tagebuch.

5.2.4 Insulin pro Tag

Nachfolgend sind tabellarisch die pro Tag gespritzten Insulineinheiten aufgetragen. Bei den Angaben handelt es sich um Durchschnittswerte, die sich aus drei willkürlich gewählten Tagen zusammensetzen. Aus den von den Teilnehmern protokollierten Insulindosen wurde jeweils der Mittelwert gebildet. Zu-

dem wurde bei Pumpenträgern zwischen Bolus und Basalrate unterschieden, bei ICT-Patienten zwischen Kurzzeit- und Langzeitinsulin (Basalinsulin).

Insgesamt zeigt sich in beiden Gruppen eine leichte Abnahme der gespritzten Insulineinheiten, wobei aufgrund der interindividuellen Schwankungen ein allgemeiner Trend nicht abzuleiten ist. Zudem ist die Verlässlichkeit der Angaben zumindest bei manchen Jugendlichen nicht hundertprozentig garantiert.

Pumpen-basalrate	Pumpen-boli	Pumpe-gesamt	Kurzzeitinsulin ICT	Basalinsulin ICT	ICT-gesamt
24,9	24	48,9	18	3	21,0
22,7	22	44,7	22,5	22	44,4
19,2	25	44,2	41	29	70,0
22,8	27	49,8	33	16	49,0

Tabelle 5.5: Übersicht über die Insulineinheiten der Diabetiker (4 Probanden mit ICT, 4 Probanden mit Pumpe) pro Tag vor Studienbeginn. Alle Angaben in IE.

Pumpen-basalrate	Pumpen-boli	Pumpe-gesamt	Kurzzeitinsulin ICT	Basalinsulin ICT	ICT-gesamt
24,9	25	49,9	10	3	13,0
21,3	24	45,3	22,5	24	46,5
19,2	25	44,2	31	41	72,0
22,7	23	45,7	33	17	50,0

Tabelle 5.6: Übersicht über die Insulineinheiten der Diabetiker (4 Probanden mit ICT, 4 Probanden mit Pumpe) pro Tag nach Studienende. Alle Angaben in IE.

5.2.5 Broteinheiten (BE) pro Tag

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Broteinheiten (BE)	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	19,0 \pm 3,2	16,0/23,0
Nach Ende	Ja	m	4	18,0 \pm 2,5	16,0/22,0
Vor Beginn	Ja	w	4	14,1 \pm 3,3	12,0/19,0
Nach Ende	Ja	w	4	14,5 \pm 3,3	12,0/19,0

Tabelle 5.7: Broteinheiten pro Tag vor Studienbeginn und nach Studienende

Hier zeigt sich ein gegenläufiger Trend. Während die BE-Zahl bei den männlichen Probanden abnahm, stieg sie bei den weiblichen Probanden etwas an. Insgesamt waren die Veränderungen jedoch nicht signifikant.

BE/Tag			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Geschlecht	p = 0,076	p = 0,103	
Zeit			p = 0,888
Zeit * Geschlecht			p = 0,343

Tabelle 5.8: p-Werte für die Broteinheiten pro Tag

5.2.6 Blutzucker (BZ-Messungen pro Tag)

Vor Beginn und bei Ende der Studie gaben die Jugendlichen bezüglich der Häufigkeit ihrer Blutzuckermessungen folgende Durchschnittswerte an:

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl	Anzahl Probanden	Anzahl BZ-Messungen	
				m ± SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	4,0 ± 0,8	3,0/5,0
Nach Ende	Ja	m	4	4,8 ± 1,0	4,0/6,0
Vor Beginn	Ja	w	4	4,3 ± 1,0	3,0/5,0
Nach Ende	Ja	w	4	5,0 ± 1,4	3,0/6,0

Tabelle 5.9: Anzahl der Blutzucker-Messungen pro Tag vor Studienbeginn und nach Studienende

Signifikante Geschlechtsunterschiede konnten nicht nachgewiesen werden. Erfreulicherweise nahm die Zahl der Blutzuckermessungen im Verlauf der Studie bei Jungen wie bei Mädchen schwach signifikant zu (p = 0,032) (s. Tabelle 5.10).

BZ/Messungen pro Tag			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Geschlecht	p = 0,705	p = 0,780	
Zeit			p = 0,032
Zeit * Geschlecht			p = 1,000

Tabelle 5.10: p-Werte für die BZ-Messungen pro Tag

5.2.7 HbA_{1c}

Vor und nach dem Sportprogramm wurden bei den teilnehmenden Jugendlichen mit Diabetes im Rahmen der Eingangs- respektive Abschlussuntersuchung folgende HbA_{1c}-Werte bestimmt:

Beim Langzeitblutzuckerparameter HbA_{1c} zeigte sich ebenfalls eine sehr erfreuliche Entwicklung. Unabhängig vom Ausgangswert nahm bei allen Teilnehmern das HbA_{1c} im Verlauf des Sportprogramms ab. Aufgrund des relativ kurzen Untersuchungszeitraums, der grossen Streuung und der kleinen Teilnehmerzahl waren die Veränderungen jedoch hier nicht signifikant.

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl	Anzahl Probanden	HbA _{1c} -Werte [%]	
				m ± SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	8,7 ± 1,1	7,4/10,0
Nach Ende	Ja	m	4	8,4 ± 1,2	7,4/9,9
Vor Beginn	Ja	w	4	8,1 ± 1,6	6,6/10,3
Nach Ende	Ja	w	4	7,9 ± 1,5	6,6/10,0

Tabelle 5.11: HbA_{1c}-Werte der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

HbA _{1c} -Wert			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Geschlecht	p = 0,603	p = 0,616	
Zeit			p = 0,074
Zeit * Geschlecht			p=0,928

Tabelle 5.12: p-Werte für die HbA_{1c}-Werte

5.2.8 Hypoglykämien

Das Auftreten von schweren und leichten Hypoglykämien wurde gesondert erfasst. Als schwere Unterzuckerungen wurden solche Ereignisse festgelegt, in denen der Diabetiker auf fremde Hilfe angewiesen war und nicht selbst eine euglykämie Stoffwechsellaage erreichen konnte.

In dem Zeitraum eines Jahres vor Beginn des Sportprogramms kam es bei keinem der Teilnehmer zu einem hypoglykämischen Ereignis, bei dem er/sie auf Fremdhilfe angewiesen war. Dasselbe gilt für die Dauer der Studie, was besonders erfreulich ist. Als leichte Hypoglykämien bezeichneten wir alle Blutzuckerwerte unter 60 mg/dl, welche die Diabetiker ohne Fremdhilfe auffangen konnten. Die Anzahl der leichten Hypoglykämien wurde erfragt und sollte anhand des Diabetestagebuchs, soweit vorhanden, verifiziert werden. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Zahl der protokollierten Hypoglykämien nicht mit der anamnestisch erhobenen Anzahl übereinstimmte. Dies lässt sich dadurch erklären, dass z. B. einige Jugendliche erst nach Kohlenhydratzufuhr wegen eines Unterzuckerungsgefühls ihren Blutzucker gemessen haben. Andere sagten, sie hätten in der Aufregung der Hypoglykämie vergessen, die Werte zu dokumentieren. Bei aller Ungenauigkeit liess sich anhand der erhobenen Werte dennoch keine Zunahme der Frequenz von leichten Hypoglykämien nachweisen. Dies deckte sich auch mit dem subjektiven Empfinden der Studienteilnehmer. Statistisch auswertbar waren diese Angaben jedoch nicht.

5.2.9 Hyperglykämien

Erfasst wurden lediglich schwere Überzuckerungen. Als schwere Hyperglykämien definierten wir solche Ereignisse, die von dem diabetischen Jugendlichen und seinen Angehörigen nicht mehr beherrschbar waren und daher ärztliche Beratung und/oder Therapie erforderten, sei es ambulant oder stationär. Weder in

dem Jahr vor Studienbeginn noch während des Sportprogramms ist es bei einem der Diabetiker zu einem solchen Vorfall gekommen.

5.3 Laboranalyse

5.3.1 Routinelabor

Bestimmt wurden Standardlaborwerte aus den Bereichen Blutbild inklusive Differentialblutbild, Enzyme, Fettstoffwechsel, Gerinnungsparameter, Hormone und aus der klinischen Chemie. Die einzelnen Werte sind im Kapitel Patienten und Methoden aufgeführt (s. Kapitel 2.3.3).

Sowohl bei der Eingangsuntersuchung als auch bei der Abschlussuntersuchung lagen sämtliche erhobenen Werte bei allen Teilnehmern im Bereich der altersadaptierten Normbereiche. Abweichungen von den Normwerten bei der Eingangsuntersuchung haben zu einem Ausschluss aus der Studie geführt.

5.3.2 Lipidlabor

„Schlechte“ Lipidwerte sind bekanntermassen bereits im Kindes- und Jugendalter Risikofaktoren für eine Vielzahl von Herz-Kreislaufkrankungen [103,21,73] und erhöhen insbesondere bei Diabetikern das Risiko für Folgeerkrankungen wie z.B. Makro- und Mikroangiopathie [30,17,64]. Daher war auf die Kontrolle der Lipide ein besonderes Augenmerk in der Untersuchung gerichtet.

Bestimmt wurde neben HDL, LDL, VLDL und Cholesterin der in Studien mit Erwachsenen etablierte Risikofaktor Lipoprotein (a) [31,18]. Hier die Ergebnisse für das Lipoprotein (a):

Untersuchungszeit	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Lipoprotein (a) [mg/dl]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	14,5 \pm 19,0	5,0/43,0
Nach Ende	Ja	m	4	17,3 \pm 21,4	5,0/42,0
Vor Beginn	Ja	w	4	42,3 \pm 43,9	5,0/102,0
Nach Ende	Ja	w	4	43,0 \pm 40,0	5,0/90,0
Vor Beginn	Nein	m	3	19,3 \pm 1,5	18,0/21,0
Nach Ende	Nein	m	3	13,3 \pm 8,0	5,0/21,0
Vor Beginn	Nein	w	3	20,7 \pm 24,6	5,0/49,0
Nach Ende	Nein	w	3	25,3 \pm 34,4	5,0/65,0

Tabelle 5.13: Lipoprotein (a) der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Die Ergebnisse der Lipoprotein (a)-Bestimmung variieren deutlich. Sowohl innerhalb der einzelnen Gruppen als auch im Vergleich der Geschlechter oder zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern. Eine statistisch signifikante Veränderung lässt sich nicht erkennen.

Auffallend ist jedoch ein hoher Mittelwert für das Lipoprotein (a) bei den diabetischen Mädchen. Dieser ist mehr als doppelt so hoch wie bei den übrigen Gruppen.

Lipoprotein (a)			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,564	p =0,537	
Geschlecht	p =0,456	p =0,293	
Gruppe * Geschlecht	p =0,502	p =0,695	
Zeit			p =0,925
Zeit * Gruppe			p =0,857
Zeit * Geschlecht			p =0,244
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,335

Tabelle 5.14: p-Werte für Lipoprotein (a)

Die Ergebnisse für den LDL/HDL-Quotienten als anerkannten prädiktiven Faktor:

Untersuchungszeit	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	LDL/HDL-Quotienten	
				m ± SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	1,7 ± 0,3	1,3/2,0
Nach Ende	Ja	m	4	1,7 ± 0,2	1,5/1,9
Vor Beginn	Ja	w	4	1,5 ± 0,4	1,1/1,9
Nach Ende	Ja	w	4	1,6 ± 0,6	1,0/2,1
Vor Beginn	Nein	m	3	1,7 ± 0,4	1,3/2,1
Nach Ende	Nein	m	3	1,6 ± 0,5	1,0/1,9
Vor Beginn	Nein	w	3	2,0 ± 0,3	1,8/2,4
Nach Ende	Nein	w	3	2,0 ± 0,5	1,8/2,8

Tabelle 5.15: LDL/HDL-Quotient der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Auch hier sind keine signifikanten Veränderungen nachweisbar. Während der Quotient im Durchschnitt bei den Jungen insgesamt abnahm, stieg er bei den diabetischen Mädchen leicht an und blieb bei den Nichtdiabetikerinnen unverändert.

LDL/HDL-Quotient			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,251	p =0,314	
Geschlecht	p =0,758	p =0,400	
Gruppe * Geschlecht	p =0,083	p =0,186	
Zeit			p =1,000
Zeit * Gruppe			p =0,783
Zeit * Geschlecht			p =0,234
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,890

Tabelle 5.16: p-Werte für den LDL/HDL-Quotient

Somit scheint sich das Sportprogramm in unserer Studie nicht positiv auf den Lipidstoffwechsel ausgewirkt zu haben. Fraglich bleibt, ob eine längere Studiendauer oder eine stärkere Ausbelastung zu einer signifikanten Veränderung geführt hätten.

5.4 Ruhe-EKG/Pulsfrequenz/Blutdruck

Vor und nach Studie wurden unter standardisierten Bedingungen in Ruhe EKG, Puls und Blutdruck bestimmt.

5.4.1 Ruhe-EKG

Die Ruhe-EKG-Untersuchung ergab sowohl zu Beginn als auch am Ende der Studie Normalbefunde. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer hatten einen Sinusrhythmus. Die Lagetypen waren nicht pathologisch. Die Pulsfrequenzen lagen in den altersadaptierten Normbereichen. Überleitungsstörungen oder akzesorische Schrittmacherbilder konnten nicht nachgewiesen werden. Ebenso gab es keine höhergradigen Rhythmusstörungen, lediglich einzelne supraventrikuläre Extrasystolen konnten dokumentiert werden.

5.4.2 Ruhepuls

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Herzfrequenz [1/min]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	79,8 \pm 17,0	61,0/102,0
Nach Ende	Ja	m	4	73,3 \pm 10,9	58,0/82,0
Vor Beginn	Ja	w	4	76,8 \pm 19,4	48,0/89,0
Nach Ende	Ja	w	4	70,0 \pm 11,0	57,0/84,0
Vor Beginn	Nein	m	3	81,0 \pm 14,1	68,0/96,0
Nach Ende	Nein	m	3	78,7 \pm 5,0	74,0/84,0
Vor Beginn	Nein	w	3	73,3 \pm 6,5	67,0/80,0
Nach Ende	Nein	w	3	74,3 \pm 3,1	71,0/77,0

Tabelle 5.17: Pulswerte der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Ruhepulsfrequenz			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,901	p =0,334	
Geschlecht	p =0,545	p =0,448	
Gruppe * Geschlecht	p =0,790	p =0,912	
Zeit			p =0,292
Zeit * Gruppe			p =0,385
Zeit * Geschlecht			p =0,819
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,790

Tabelle 5.18: p-Werte für den Ruhepuls

Mit Ausnahme der Nichtdiabetikerinnen zeigte sich bei allen Teilnehmern eine durchschnittliche Abnahme der Ruhepulsfrequenz, die jedoch nicht signifikant war.

5.4.3 Diastolischer Blutdruck

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	RR diastolisch [mmHg]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	57,3 \pm 8,5	48,0/68,0
Nach Ende	Ja	m	4	61,3 \pm 9,0	53,0/74,0
Vor Beginn	Ja	w	4	63,3 \pm 3,3	60,0/67,0
Nach Ende	Ja	w	4	59,5 \pm 9,0	51,0/70,0
Vor Beginn	Nein	m	3	65,0 \pm 9,5	55,0/74,0
Nach Ende	Nein	m	3	57,3 \pm 7,0	50,0/64,0
Vor Beginn	Nein	w	3	63,7 \pm 1,5	62,0/65,0
Nach Ende	Nein	w	3	59,7 \pm 5,1	54,0/64,0

Tabelle 5.19: Diastolischer Blutdruck der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Die diastolischen Blutdruckwerte entwickelten sich bei den einzelnen Gruppen konträr. Bei den männlichen Diabetikern nahm der Durchschnittswert zu, bei allen anderen nahm er leicht ab. Signifikant war jedoch keine der Entwicklungen.

Diastolischer Blutdruck			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,278	p =0,673	
Geschlecht	p =0,527	p =0,948	
Gruppe * Geschlecht	p =0,327	p =0,646	
Zeit			p =0,313
Zeit * Gruppe			p =0,294
Zeit * Geschlecht			p =0,712
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,313

Tabelle 5.20: p-Werte für den diastolischen Blutdruck

5.4.4 Systolischer Blutdruck

Vergleichbar hierzu verhielt es sich auch mit den systolischen Blutdruckwerten, wobei die männlichen Diabetiker ebenfalls erhöhte Werte im Vergleich zur Voruntersuchung zeigten, während bei den drei anderen Gruppen die Werte abnahmen. Signifikanz war hier jedoch genausowenig zu erkennen.

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	RR systolisch [mmHg]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	108,5 \pm 11,9	92,0/120,0
Nach Ende	Ja	m	4	112,3 \pm 6,9	105,0/121,0
Vor Beginn	Ja	w	4	115,5 \pm 16,0	98,0/131,0
Nach Ende	Ja	w	4	109,8 \pm 14,7	96,0/130,0
Vor Beginn	Nein	m	3	118,3 \pm 3,5	114,0/120,0
Nach Ende	Nein	m	3	114,3 \pm 6,0	108,0/120,0
Vor Beginn	Nein	w	3	107,0 \pm 4,0	103,0/111,0
Nach Ende	Nein	w	3	98,7 \pm 11,8	85,0/106,0

Tabelle 5.21: Systolischer Blutdruck der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Systolischer Blutdruck			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,936	p =0,453	
Geschlecht	p =0,747	p =0,146	
Gruppe * Geschlecht	p =0,167	p =0,280	
Zeit			p =0,176
Zeit * Gruppe			p =0,323
Zeit * Geschlecht			p =0,172
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,626

Tabelle 5.22: p-Werte für den systolischen Blutdruck

Somit scheint das Sportprogramm in dieser kurzen Dauer auch keinen positiven Einfluss auf den Blutdruck und die Ruhepulsfrequenz zu haben. Man muss jedoch berücksichtigen, dass von unseren Teilnehmern niemand an einer Hypertonie litt und auch keiner der Teilnehmer durch erhöhte Pulsfrequenzen auffiel. Eventuell würde man erwarten, dass sich solche Effekte bei Gruppen zeigen, die mit erhöhten Puls- und Blutdruckwerten starten.

5.5 BMI

Von der WHO als Mass zur Bestimmung des Idealgewichts wird der BMI genannt [50].

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	BMI	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	20,4 \pm 2,4	16,9/21,8
Nach Ende	Ja	m	4	20,7 \pm 2,4	17,1/22,3
Vor Beginn	Ja	w	4	19,7 \pm 1,7	18,7/22,3
Nach Ende	Ja	w	4	19,5 \pm 1,0	18,4/20,8
Vor Beginn	Nein	m	3	21,6 \pm 1,2	20,2/22,3
Nach Ende	Nein	m	3	20,9 \pm 1,3	19,7/22,2
Vor Beginn	Nein	w	3	19,4 \pm 1,1	18,1/20,1
Nach Ende	Nein	w	3	19,8 \pm 1,2	18,4/20,8

Tabelle 5.23: BMI-Werte der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Der BMI-Wert zeigte eine Zunahme bei den Diabetikern und den weiblichen Nichtdiabetikern, eine Abnahme bei den beiden anderen Gruppen. Interindividuell zeigten sich jedoch deutliche Unterschiede, weshalb aus diesen kleinen Gruppen keine statistisch signifikanten Werte abzuleiten sind. Im Gesamtkollektiv zeigt sich eine relative Konstanz der BMI-Werte im Verlauf der Studie. Diese Werte sind allerdings dadurch relativiert, dass sie mögliche Veränderungen innerhalb der Körperzusammensetzung nicht berücksichtigen.

BMI			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,665	p =0,783	
Geschlecht	p =0,159	p =0,222	
Gruppe * Geschlecht	p =0,449	p =0,956	
Zeit			p =0,722
Zeit * Gruppe			p =0,619
Zeit * Geschlecht			p =0,400
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,041

Tabelle 5.24: p-Werte für den BMI

5.6 Faltendickenbestimmung

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	subkutanes Fettgewebe [%]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	13,0 \pm 5,9	7,0/19,0
Nach Ende	Ja	m	4	12,3 \pm 5,6	6,0/19,0
Vor Beginn	Ja	w	4	20,3 \pm 5,3	17,0/28,0
Nach Ende	Ja	w	4	19,0 \pm 4,2	16,0/25,0
Vor Beginn	Nein	m	3	12,3 \pm 7,0	5,0/19,0
Nach Ende	Nein	m	3	11,3 \pm 7,8	5,0/20,0
Vor Beginn	Nein	w	3	18,7 \pm 0,6	18,0/19,0
Nach Ende	Nein	w	3	19,0 \pm 2,6	17,0/22,0

Tabelle 5.25: Subkutanes Fett aus Faltendickenbestimmung der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende in [%].

Einen schwach signifikanten Unterschied gibt es zwischen den Geschlechtern. Die männlichen Probanden haben durchschnittlich einen geringeren subkutanen Fettgewebsanteil, was bei postpubertären Jugendlichen nicht überrascht, da bei Erwachsenen der subkutane Fettgewebsanteil bei Frauen durchschnittlich über dem der Männer liegt. Dabei sind in unserem Kollektiv keine Unterschiede zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern festzustellen.

Subkutanes Fettgewebe			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,705	p =0,876	
Geschlecht	p =0,041	p =0,031	
Gruppe * Geschlecht	p =0,877	p =0,876	
Zeit			p =0,235
Zeit * Gruppe			p =0,542
Zeit * Geschlecht			p =0,701
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,405

Tabelle 5.26: p-Werte für das subkutane Fettgewebe aus Faltendickenbestimmung.

Während bei allen männlichen Teilnehmern und den Diabetikerinnen die prozentualen Fettgewebsangaben im Durchschnitt etwas abnahmen, zeigte sich eine geringe Zunahme bei den Nichtdiabetikerinnen. Diese Veränderungen waren jedoch nicht signifikant.

Bei der Bestimmung des subkutanen Fettgewebeanteils durch Faltendickenbestimmung konnten zwar Geschlechtsunterschiede festgestellt werden, jedoch keine Veränderungen durch die sportliche Betätigung.

5.7 Bioelektrische Impedanzmessung (BIA)

Als weitere Messmethode zur Bestimmung der Körperzusammensetzung wurde die Bioimpedanzmessung herangezogen. Hierbei werden R_x = Resistanz (=Wirkwiderstand) und X_c = Reaktanz (=Blindwiderstand) bestimmt. Aus diesen Werten lassen sich Magermasse und Fettmasse errechnen:

5.7.1 BIA Magermasse

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	BIA Magermasse [kg]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	50,2 \pm 6,6	43,5/57,1
Nach Ende	Ja	m	4	53,4 \pm 5,6	47,1/58,5
Vor Beginn	Ja	w	4	42,0 \pm 2,0	39,1/43,6
Nach Ende	Ja	w	4	45,0 \pm 5,1	39,7/50,3
Vor Beginn	Nein	m	3	50,3 \pm 6,4	44,0/56,8
Nach Ende	Nein	m	3	50,1 \pm 5,9	43,9/55,7
Vor Beginn	Nein	w	3	38,4 \pm 2,5	36,7/41,2
Nach Ende	Nein	w	3	41,2 \pm 1,6	40,2/43,0

Tabelle 5.27: BIA Magermasse der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

BIA Magermasse			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,515	p =0,215	
Geschlecht	p =0,003	p =0,009	
Gruppe * Geschlecht	p =0,498	p =0,930	
Zeit			p =0,003
Zeit * Gruppe			p =0,152
Zeit * Geschlecht			p =0,250
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,186

Tabelle 5.28: p-Werte für die BIA Magermasse

Bei der Bestimmung der Magermasse zeigt sich zunächst ein signifikanter Geschlechtsunterschied ($p = 0,003$) (s. Tabelle 5.28). Dieser lässt sich in der zweiten Messung nach Abschluss der Studie unverändert nachweisen ($p = 0,009$). Der Anteil der Magermasse am Gesamtgewicht liegt bei den männlichen Probanden höher als bei den weiblichen. Ein Unterschied zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern wurde nicht beobachtet.

Im Verlauf der Studie ergibt sich eine signifikante Zunahme der Magermasse bei allen Teilnehmern, unabhängig von Geschlecht und Gruppenzugehörigkeit ($p = 0,003$).

5.7.2 BIA Fettmasse

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	BIA Fettmasse [kg]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	10,3 \pm 4,1	5,0/14,5
Nach Ende	Ja	m	4	8,5 \pm 3,9	2,8/11,7
Vor Beginn	Ja	w	4	13,7 \pm 5,1	10,5/21,3
Nach Ende	Ja	w	4	10,1 \pm 2,4	6,6/11,9
Vor Beginn	Nein	m	3	9,3 \pm 2,7	6,4/11,6
Nach Ende	Nein	m	3	8,2 \pm 3,4	6,0/12,1
Vor Beginn	Nein	w	3	12,8 \pm 1,2	11,6/14,0
Nach Ende	Nein	w	3	11,1 \pm 1,1	10,2/12,3

Tabelle 5.29: BIA Fettmasse der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Anders als bei der Magermasse gibt es bei der Fettmasse keine signifikanten Geschlechtsunterschiede. Auch die Gruppenzugehörigkeit beeinflusst die Fettmasse nicht.

BIA Fettmasse			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,645	p =0,812	
Geschlecht	p =0,126	p =0,188	
Gruppe * Geschlecht	p =0,992	p =0,687	
Zeit			p =0,026
Zeit * Gruppe			p =0,404
Zeit * Geschlecht			p =0,471
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,690

Tabelle 5.30: p-Werte für die BIA Fettmasse

Erfreulicherweise zeigt sich im Verlauf des Sportprogramms eine Abnahme des Körperfettanteils bei allen Probanden, Mädchen wie Jungen, Diabetiker wie Nichtdiabetiker. Diese Entwicklung ist mit einem p-Wert von 0,026 nur schwach signifikant (s. Tabelle 5.30).

Die BIA zeigte geschlechtsspezifische Unterschiede in der Magermasse bei vergleichbaren Fettmassewerten. Weiterhin blieb die Magermasse im Verlauf der Studie relativ konstant, während die Fettmasse erfreulicherweise abnahm. Diese Veränderungen waren alle völlig unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit. Somit konnte gezeigt werden, dass Diabetes keinen Einfluss auf die Körperzusammensetzung hat und auch die Veränderung durch Sport nicht negativ, sondern sogar positiv beeinflusst.

5.8 Lebensqualität

Anhand des Fragebogens wurden die drei Einzelparameter Anderssein durch Diabetes, Erschwernisse durch den Diabetes, Sorgen durch den Diabetes sowie ein Gesamtscore bestimmt.

5.8.1 Punktwert: Anderssein durch Diabetes

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Punktwert Anderssein	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	16,8 \pm 1,6	15,0/18,0
Nach Ende	Ja	m	4	16,3 \pm 1,0	15,0/17,0
Vor Beginn	Ja	w	4	17,5 \pm 1,9	16,0/20,0
Nach Ende	Ja	w	4	17,0 \pm 0,8	16,0/18,0

Tabelle 5.31: Punktwert Anderssein durch Diabetes der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Punktwert Anderssein			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Geschlecht	p =0,076	p =0,103	
Zeit			p =0,888
Zeit * Geschlecht			p =0,343

Tabelle 5.32: p-Werte für den Punktwert Anderssein durch Diabetes

Für den Parameter Anderssein ergaben sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede und auch keine signifikanten Veränderungen im Verlauf der Studie (s. Tabelle 5.32).

5.8.2 Punktwert: Erschwernisse durch Diabetes

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Punktwert Erschwernisse	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	22,5 \pm 7,6	15,0/32,0
Nach Ende	Ja	m	4	24,0 \pm 3,6	20,0/27,0
Vor Beginn	Ja	w	4	28,8 \pm 6,6	20,0/36,0
Nach Ende	Ja	w	4	29,5 \pm 5,8	22,0/36,0

Tabelle 5.33: Punktwert Erschwernisse durch Diabetes der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Punktwert Erschwernisse			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Geschlecht	p =0,076	p =0,103	
Zeit			p =0,888
Zeit * Geschlecht			p =0,343

Tabelle 5.34: p-Werte für den Punktwert Erschwernisse durch Diabetes

Ebenso verhielt es sich beim Parameter Erschwernisse durch Diabetes. Auch hier konnten keine signifikanten Unterschiede und Veränderungen beobachtet werden (s. Tabelle 5.34).

5.8.3 Punktwert: Sorgen durch Diabetes

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Punktwert Sorgen	
				m ± SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	15,8 ± 1,7	14,0/18,0
Nach Ende	Ja	m	4	16,0 ± 4,1	13,0/22,0
Vor Beginn	Ja	w	4	17,3 ± 3,0	14,0/21,0
Nach Ende	Ja	w	4	17,5 ± 2,4	16,0/21,0

Tabelle 5.35: Punktwert Sorgen durch Diabetes der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Punktwert Sorgen			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Geschlecht	p =0,076	p =0,103	
Zeit			p =0,888
Zeit * Geschlecht			p =0,343

Tabelle 5.36: p-Werte für den Punktwert Sorgen durch Diabetes

Das gleiche gilt für den Punkt Sorgen durch Diabetes. Weder vor der Studie noch an ihrem Ende gab es Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Die Studie selber hatte auch keinen Einfluss auf die Selbsteinschätzung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer bezüglich ihrer Situation.

5.8.4 Gesamtergebnis Lebensqualität

Nachdem das Gesamtergebnis der Lebensqualität als Summe der Einzelparameter definiert ist, gilt wie bei den Einzel-Items: es gibt weder vor Studienbeginn noch bei Studienende einen Unterschied zwischen den teilnehmenden Mädchen und Jungen. Beide Geschlechter schätzen ihre Lebensqualität ungefähr gleich

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Lebensqualität gesamt	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	55,0 \pm 9,7	45,0/66,0
Nach Ende	Ja	m	4	56,3 \pm 7,5	49,0/66,0
Vor Beginn	Ja	w	4	63,5 \pm 9,9	52,0/74,0
Nach Ende	Ja	w	4	64,0 \pm 7,6	56,0/74,0

Tabelle 5.37: Gesamtergebnis Lebensqualität der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Lebensqualität gesamt			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Geschlecht	p =0,076	p =0,103	
Zeit			p =0,888
Zeit * Geschlecht			p =0,343

Tabelle 5.38: p-Werte für das Gesamtergebnis Lebensqualität

gut beziehungsweise schlecht ein. Während oder durch die Studie wurde diese Einschätzung auch nicht signifikant verändert.

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer starteten mit einem „normalen“ Ausgangswert, d.h. keiner fühlte sich durch seinen Diabetes in irgendeiner Art und Weise benachteiligt. Somit sind auch kaum Veränderungen zu erwarten, oder wenn, dann nur ins Negative, wenn sie im direkten Vergleich mit ihren gleichaltrigen Kameraden beim Sport schlechter abgeschnitten hätten (s. Tabelle 5.38). Inwieweit ein solches Sportprogramm das Wohlbefinden bei Diabetikern steigern kann, welche zunächst eine geringe Lebensqualität angeben, müsste in einer speziellen Untersuchung gezeigt werden. Es gibt Publikationen [75,99,114], die darauf schliessen lassen.

5.9 Sportverhalten

Untersucht wurde das Sportverhalten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer anhand eines Fragebogens, der unterteilt war in Schulsport und Freizeitsport. Der Freizeitsport unterschied weiter private sportliche Aktivität und Vereinssport, dieser wiederum war aufgeteilt in Wettkampf und Training.

Bereits vor der Sportstudie nahmen alle Jugendlichen regelmässig am Schulsport teil. Keiner der teilnehmenden Diabetiker war aufgrund des Diabetes oder einer anderen Erkrankung vom Sportunterricht befreit. Dies änderte sich auch während der Studie nicht. Daher wurde der Schulsport hier gänzlich ausser Acht gelassen.

5.9.1 Freizeitsport

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Freizeitsport [h]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	2,9 \pm 2,5	1,0/6,5
Nach Ende	Ja	m	4	4,8 \pm 1,7	3,0/7,0
Vor Beginn	Ja	w	4	2,6 \pm 1,5	0,5/4,0
Nach Ende	Ja	w	4	5,0 \pm 1,9	3,0/0,5
Vor Beginn	Nein	m	3	6,0 \pm 3,6	3,0/10,0
Nach Ende	Nein	m	3	5,8 \pm 1,1	5,0/7,0
Vor Beginn	Nein	w	3	1,7 \pm 1,5	0,0/3,0
Nach Ende	Nein	w	3	5,0 \pm 2,0	3,0/7,0

Tabelle 5.39: Freizeitsport der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Freizeitsport			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,415	p =0,572	
Geschlecht	p =0,102	p =0,759	
Gruppe * Geschlecht	p =0,140	p =0,572	
Zeit			p =0,002
Zeit * Gruppe			p =0,549
Zeit * Geschlecht			p =0,045
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,117

Tabelle 5.40: p-Werte für den Freizeitsport

Bei Fehlen signifikanter Unterschiede zwischen den Geschlechtern oder den beiden Gruppen zeigt lediglich der zeitliche Verlauf eine signifikante Veränderung ($p = 0,017$) (s. Tabelle 5.40), was jedoch überwiegend auf die zusätzlichen Sportstunden im Rahmen der Studie zurückzuführen ist. Immerhin wurden hierdurch jedoch in der Summe die sonstigen Freizeitsportzeiten nicht reduziert.

Ein weiteres, wenn auch nur schwach signifikantes Ergebnis ($p = 0,045$), zeigte die unterschiedliche Entwicklung der Geschlechter während des Sportprogramms. Während die Mädchen, unabhängig ob Diabetikerin oder nicht, deutlich mehr Sport trieben, nahm die Zahl der Stunden pro Woche bei den männlichen Diabetikern nur leicht zu, bei den Nichtdiabetikern sogar leicht ab.

5.9.2 Vereinssport

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Vereinssport [h]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	3,3 \pm 2,8	0,0/6,0
Nach Ende	Ja	m	4	3,0 \pm 2,5	0,0/5,0
Vor Beginn	Ja	w	4	1,0 \pm 2,0	0,0/4,0
Nach Ende	Ja	w	4	1,1 \pm 2,3	0,0/4,5
Vor Beginn	Nein	m	3	0,0 \pm 0,0	0,0/0,0
Nach Ende	Nein	m	3	0,0 \pm 0,0	0,0/0,0
Vor Beginn	Nein	w	3	1,3 \pm 1,5	0,0/3,0
Nach Ende	Nein	w	3	1,8 \pm 2,4	0,0/4,5

Tabelle 5.41: Vereinssport der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

Vereinssport			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,204	p =0,338	
Geschlecht	p =0,678	p =0,986	
Gruppe * Geschlecht	p =0,126	p =0,134	
Zeit			p =0,498
Zeit * Gruppe			p =0,268
Zeit * Geschlecht			p =0,132
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,819

Tabelle 5.42: p-Werte für den Vereinssport

Gänzlich unbeeinflusst vom gesamten Sportprogramm blieben die vereinsportlichen Aktivitäten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Da der Untersuchungszeitraum auch nicht mit Ferien kollidierte und in keine Saisonwechsel fiel, war das zu erwarten.

5.9.3 Gesamte sportliche Aktivität

Entsprechend fielen die Ergebnisse für die sportliche Gesamtaktivität aus. Im Verlauf der Studie nahm geschlechts- und gruppenunabhängig die sportliche Aktivität signifikant ($p = 0,003$) zu (s. Tabelle 5.44).

Untersuchungszeitpunkt	Diabetes	Geschl.	Anzahl Probanden	Vereinsport [h]	
				m \pm SD	min./max.
Vor Beginn	Ja	m	4	6,1 \pm 4,6	1,0/11,5
Nach Ende	Ja	m	4	7,8 \pm 3,3	4,0/12,0
Vor Beginn	Ja	w	4	3,6 \pm 2,7	0,5/7,0
Nach Ende	Ja	w	4	6,1 \pm 4,0	3,0/12,0
Vor Beginn	Nein	m	3	6,0 \pm 3,6	3,0/10,0
Nach Ende	Nein	m	3	5,8 \pm 1,0	5,0/7,0
Vor Beginn	Nein	w	3	3,0 \pm 3,0	0,0/6,0
Nach Ende	Nein	w	3	4,3 \pm 4,3	3,0/11,5

Tabelle 5.43: Gesamte sportliche Aktivität der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

gesamte Sportaktivität			
Einflussfaktor	Messung 1	Messung 2	Messung 1 und 2
Gruppe	p =0,851	p =0,754	
Geschlecht	p =0,187	p =0,871	
Gruppe * Geschlecht	p =0,900	p =0,499	
Zeit			p =0,003
Zeit * Gruppe			p =0,824
Zeit * Geschlecht			p =0,036
Zeit * Gruppe * Geschlecht			p =0,151

Tabelle 5.44: p-Werte für die gesamte Sportaktivität

Auch in der Gesamtzahl der Sportstunden pro Woche zeigte sich ein Geschlechterunterschied. Während die Mädchen die Anzahl der Sportstunden pro Woche deutlich steigerten, war bei den Jungen der Anstieg nur schwach (Diabetiker) respektive ein minimaler Abfall (Nichtdiabetiker) zu verzeichnen.

5.10 Münchner Fitness-Test (MFT)

Dieser Test [90,91] wurde mit Hilfe eines von Herrn Dr. Rusch zur Verfügung gestellten Computerprogrammes ausgewertet. Dieses Programm konvertiert die Rohwerte, welche bei der Testdurchführung gewonnen wurden, in die T-Werte einer Normierungstabelle [92]. Zudem erfolgt in dem Programm eine Einteilung in verschiedene Fähigkeitsniveaus nach einer fünfstufigen Beurteilungsskala (s. Tabelle 5.45).

Beurteilungsskala	mangelhaft	ausreichend	befriedigend	gut	sehr gut
T-Wert	≤ 35	36 - 45	46 - 55	56-65	≥ 66

Tabelle 5.45: Beurteilungsskala

Durch die Unterteilung in einzelne motorische und konditionelle Bereiche ist es möglich, schnell zu erkennen, in welchen Bereichen Defizite bei den Probanden bestehen. Um einen Gesamteindruck der Testperson zu erhalten, ist es möglich, eine Profilanalyse zu erstellen, was sich anhand des in den Handreichungen [92] befindlichen Rasters einfach tun lässt.

5.10.1 Ballprellen

Das Ballprellen gehört dem koordinativen Bereich des Tests an. Hier wird die Gleichgewichts-, Anpassungs- und Präzisionsfähigkeit beurteilt.

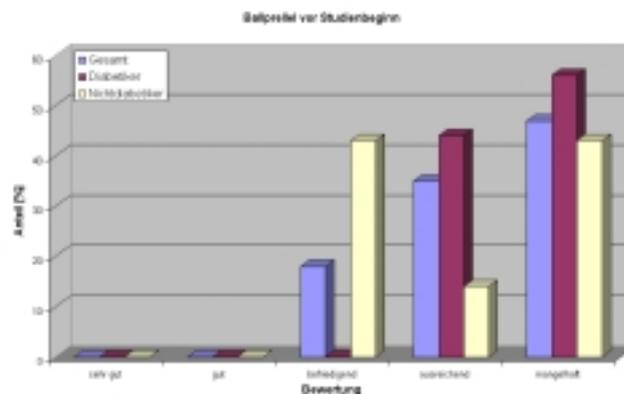


Abbildung 5.1: Bewertung der Probanden beim Ballprellen vor Studienbeginn.

Der grösste Teil der Probanden bleibt vor Studienbeginn bei dieser Übung im unteren Bereich der Beurteilungsskala. Daraus kann man schliessen, dass die gesamte Gruppe im koordinativen Bereich förderungsbedürftig ist. Ein Unterschied zwischen Diabetikern und der Kontrollgruppe ist nicht zu erkennen.

Dieses Gesamtergebnis der Gruppe lässt sich teilweise dadurch erklären, dass ein Teil der Jugendlichen erst seit kurzem aus der Pubertät und so noch

Probleme mit den veränderten Körperproportionen (längere Arme und Beine) bestehen können.

Diese Beurteilung zeigt aber trotzdem, dass es notwendig ist, den Jugendlichen koordinativ anspruchsvolle Aufgaben zu geben, um ihnen die Möglichkeit zu geben, ihre vorhanden Defizite auszugleichen. Es ist für die Jugendlichen nur von Vorteil, wenn sie sich, z.B. mit Hilfe von Koordinationsaufgaben, möglichst schnell an die neuen Körperproportionen gewöhnen können.

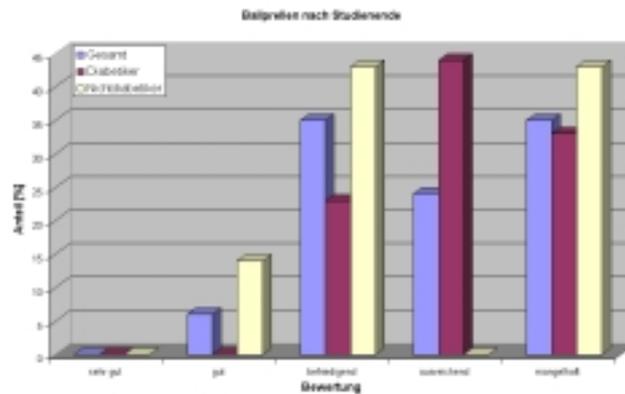


Abbildung 5.2: Bewertung der Probanden beim Ballprellen nach Studienende.

Betrachtet man nun das Ergebnis nach dem Sportprogramm, ist zu erkennen, dass sich die Leistungsfähigkeit der Jugendlichen jetzt über fast die gesamte Beurteilungsskala erstreckt. Lediglich die Bewertung „sehr gut“ wird von keinem Probanden erreicht.

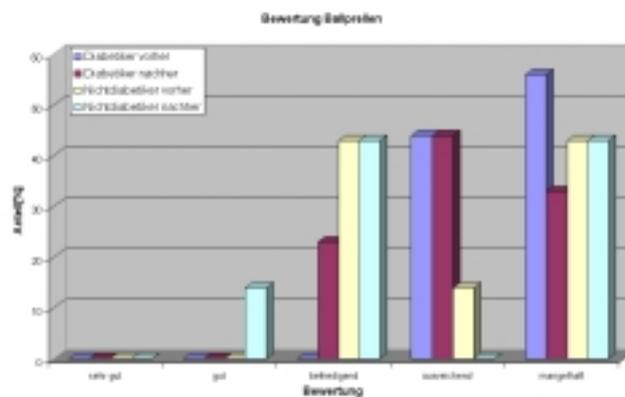


Abbildung 5.3: Gesamtbewertung der Probanden beim Ballprellen vor Studienbeginn und nach Studienende.

Vergleicht man beide Ergebnisse miteinander (s. Abbildung 5.3) sieht man, dass sich die Bewertung insgesamt zum positiven verändert hat. Waren vor dem Sportprogramm noch acht Probanden als mangelhaft einzustufen, waren es anschließend nur sechs. Zudem konnte bei Studienende auch einmal die Bewertung

gut vergeben werden. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in der getrennten Betrachtung von Diabetiker- und Kontrollgruppe wieder (s. Abbildung 5.3). Beide Gruppen haben hier einen erkennbaren Leistungszuwachs zu verzeichnen, keine von beiden einen stärkeren als die andere.

Auffallend ist jedoch, dass es in der Kontrollgruppe keine Verbesserung bei den als mangelhaft zu beurteilenden Jugendlichen gegeben hat, aber dafür eine deutliche Verbesserung bei den diabetischen Jugendlichen.

5.10.2 Zielwerfen

Das Zielwerfen prüft wie das Ballprellen den Bereich der Koordination. Getestet wird hier die Präzision der Bewegungsausführung.

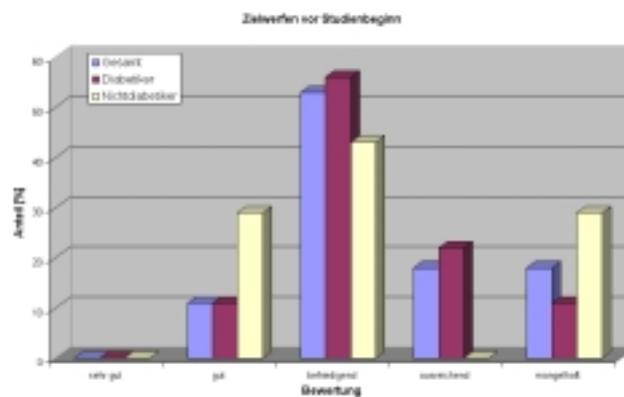


Abbildung 5.4: Bewertung der Probanden beim Zielwerfen vor Studienbeginn.

Im Gegensatz zum Ballprellen hatten die Jugendlichen bei dieser Aufgabe deutlich weniger Probleme. Ein Grossteil der Gruppe befindet sich im Mittelfeld der Bewertungsskala. Bis auf geringe Unterschiede liegen auch bei dieser Testaufgabe beide Gruppen nahe beieinander, da beide dem Gesamtergebnis entsprechende Leistungen aufwiesen.

Dieses Ergebnis kann als durchschnittlich betrachtet werden, da es sich hierbei um eine relativ einfache Übung handelt - die Probanden konnten sich sogar auf die Flugeigenschaft der Sandsäckchen einstellen, da sie zwei Probeversuche hatten - und keine motorischen Höchstleistungen erwartet wurden.

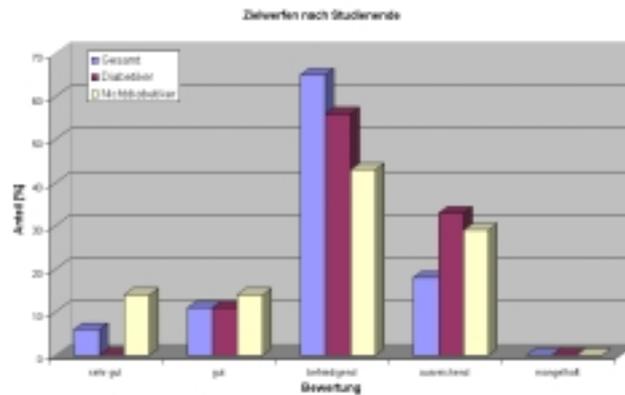


Abbildung 5.5: Bewertung der Probanden beim Zielwerfen nach Studienende.

Die Auswertung in Abbildung 5.5 zeigt, dass die meisten der Jugendlichen beim zweiten Test als befriedigend eingestuft werden können.

Zwischen den Gruppen ist die Verteilung entsprechend dem Gesamtergebnis, immerhin kann ein Jugendlicher der Kontrollgruppe sogar mit sehr gut beurteilt werden.

Werden beide Ergebnisse miteinander verglichen (s. Abbildung 5.6), fällt auf, dass kein Jugendlicher beim zweiten Test die Bewertung mangelhaft erhielt. Zudem wurde ein Proband mit sehr gut, zwei mit gut und elf mit befriedigend bewertet.

Beim direkten Vergleich der Gruppen kann dieselbe Entwicklung wie beim Gesamtergebnis abgelesen werden. Die Unterschiede zwischen den Gruppen in der Leistungsentwicklung sind gering bzw. nicht vorhanden.

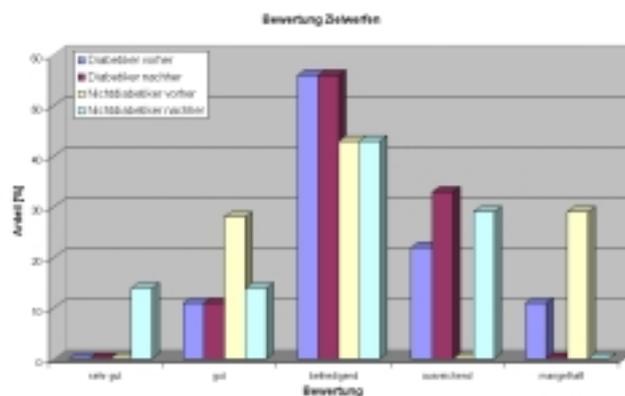


Abbildung 5.6: Gesamtbewertung der Probanden beim Zielwerfen vor Studienbeginn und nach Studienende.

Am Gesamtergebnis der Bereiche Ballprellen und Zielwerfen lässt sich erkennen, dass die Übung koordinativ anspruchsvoller Bewegungen während des Sportprogramms eine Verbesserung der Resultate hervorrufen konnte.

Weiter zeigt das Ergebnis, dass es keine Unterschiede zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern gibt, woraus man schliessen kann, dass die Leistungsentwicklung im koordinativen Bereich nicht durch die Krankheit Diabetes mellitus beeinträchtigt wird.

5.10.3 Rumpfbeuge

Die Rumpfbeuge testet die Beweglichkeit der Wirbelsäule.

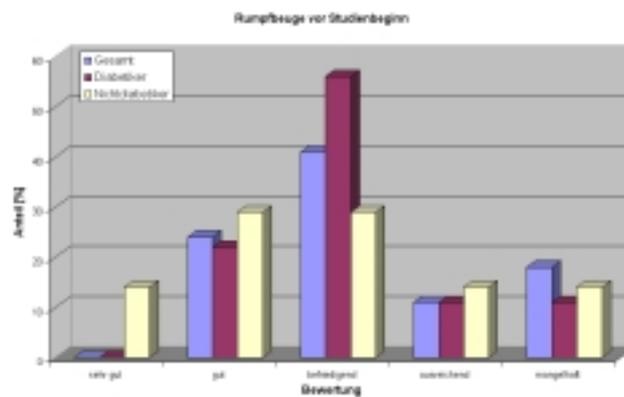


Abbildung 5.7: Bewertung der Probanden bei der Rumpfbeuge vor Studienbeginn.

Die Abbildung 5.7 veranschaulicht, dass bei dieser Testaufgabe die komplette Bandbreite der Bewertungsskala anzutreffen ist. Auffallend an dieser Übung war, dass hauptsächlich die Jungen als ausreichend und mangelhaft eingestuft werden mussten. Es ist also anscheinend für Jungen, wichtiger als für Mädchen, in diesem Bereich gezielt gefördert zu werden.

Diese Feststellung kann für Diabetiker und die Kontrollgruppe gleichermaßen getroffen werden. Zudem ist gut zu erkennen, dass es auch hier keine grossen Unterschiede im Gesamtergebnis der Gruppen gibt.

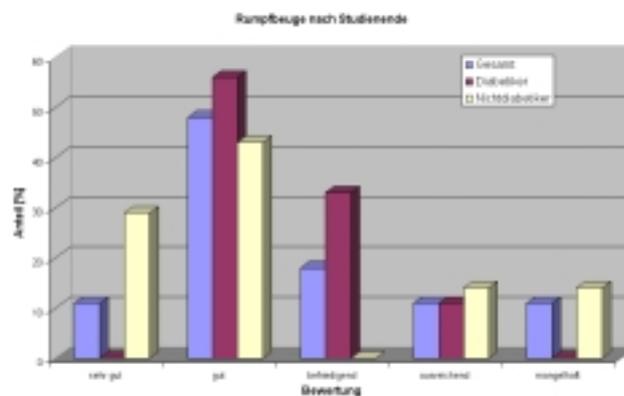


Abbildung 5.8: Bewertung der Probanden bei der Rumpfbeuge nach Studienende.

Der Wiederholungstest (s. Abbildung 5.8) zeigte, dass der grösste Teil der Gruppe als nicht förderungsbedürftig eingestuft werden konnte, wobei wieder die Jungen am schlechtesten abschnitten. Das Gesamtergebnis am Ende zeigt, dass fast die Hälfte der Jugendlichen als gut einzustufen sind und nur zwei als mangelhaft.

Die gezielten Beweglichkeitsübungen des Sportprogramms zeigten bei der Wiederholung des Münchner Fitnessstest am Ende eine deutliche Veränderung.

Im direkten Vergleich der Testgruppen ist zu erkennen, dass die Kontrollgruppe vorher und nachher insgesamt das bessere Ergebnis hatte (s. Abbildung 5.9). Vergleicht man jedoch die Entwicklung der beiden Gruppen miteinander, sieht man, dass sich beide parallel zueinander verbessert haben.

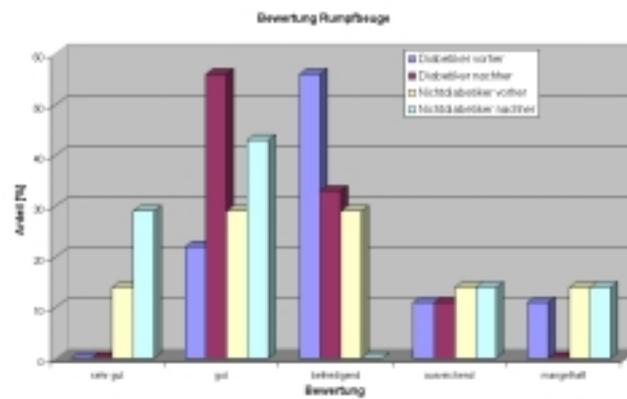


Abbildung 5.9: Gesamtbewertung der Probanden bei der Rumpfbeuge vor Studienbeginn und nach Studienende.

Im Vergleich der Testergebnisse wird deutlich, dass Beweglichkeitsübungen relativ schnell einen sichtbaren Erfolg zeigten. Schlussfolgernd kann zudem festgestellt werden, dass Diabetes mellitus offensichtlich keine nachteilige Auswirkungen auf die Beweglichkeitsentwicklung von Jugendlichen hat.

5.10.4 Standhochsprung

Beim Standhochsprung wird die Schnellkraft der Beinmuskulatur getestet. Durch diese Übung erhält man einen generellen Eindruck der Muskelkraft der unteren Extremitäten.

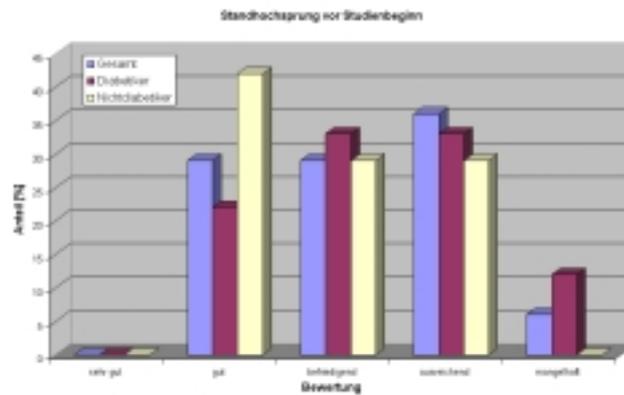


Abbildung 5.10: Bewertung der Probanden beim Standhochsprung vor Studienende.

In der Abbildung 5.10 sind die Verhältnisse in der Gruppe homogen verteilt. Keiner der Jugendlichen konnte mit sehr gut und nur einer mit mangelhaft beurteilt werden. Auch hier ist zu erkennen, dass sich keine der Testgruppen vom Gesamtergebnis abweichend verhält.

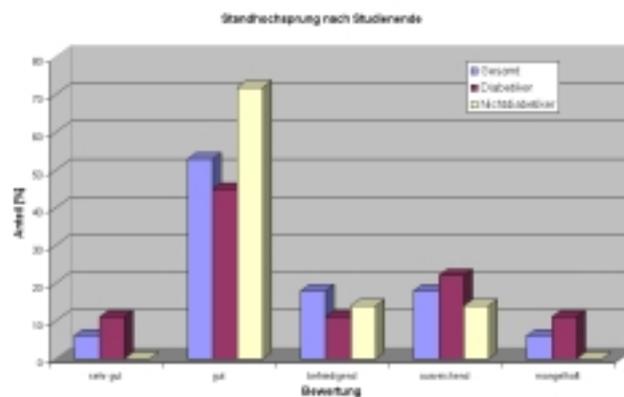


Abbildung 5.11: Bewertung der Probanden beim Standhochsprung nach Studienende.

Bei der Wiederholung des Testes (s. Abbildung 5.11) wurde der prozentual grösste Teil der Gruppe als gut eingestuft. Einer der Jugendlichen konnte sogar mit sehr gut beurteilt werden und nur einer als mangelhaft. Wieder spiegelt sich dieses Ergebnis in der Betrachtung der Testgruppen wieder.

Auch im Bereich der Muskelkraft der unteren Extremitäten zeigen sich nach dem Sportprogramm deutliche Verbesserungen.

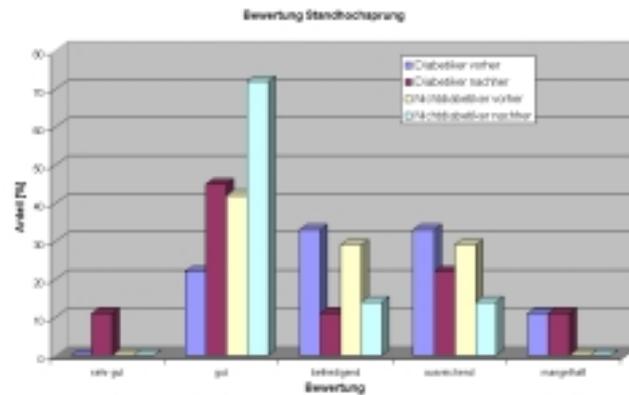


Abbildung 5.12: Gesamtbewertung der Probanden beim Standhochsprung vor Studienbeginn und nach Studienende.

Beim Vergleich beider Testgruppen miteinander erzielt die Diabetikergruppe nach dem Sportprogramm ein Ergebnis, welches gleichmässig über den gesamten Bewertungsrahmen verteilt ist; die meisten sind jedoch als gut und sehr gut einzustufen. Die Kontrollgruppe ist grösstenteils als gut einzustufen.

5.10.5 Halten im Hang

Die zweite Übung zum Testen des Kraftsektors war eine Übung des Haltens im Hang. Im Gegensatz zum Standhochsprung, welcher die Beinmuskulatur testet, wird hier die Muskulatur der oberen Extremitäten überprüft.

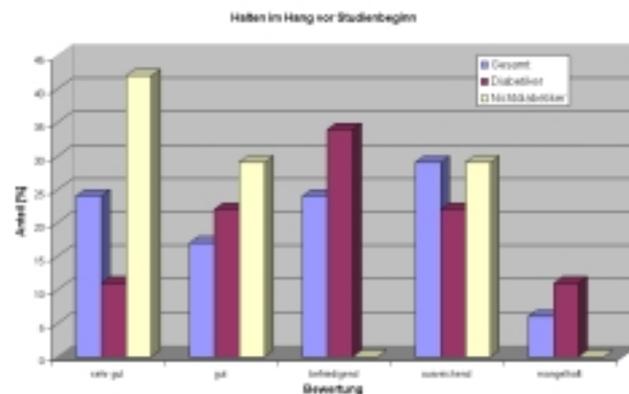


Abbildung 5.13: Bewertung der Probanden beim Halten im Hang vor Studienbeginn.

Das Testergebnis zeigt, dass der Grossteil der Jugendlichen keine gezielte Förderung im Kraftbereich der oberen Extremitäten benötigt. Ein Drittel der Jugendlichen konnte jedoch nur mit ausreichend und mangelhaft bewertet werden (s. Abbildung 5.13).

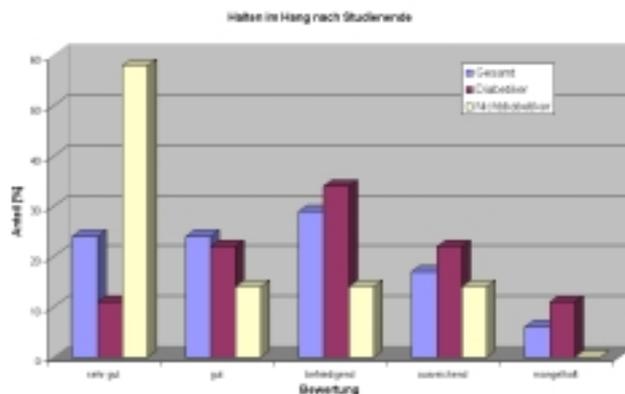


Abbildung 5.14: Bewertung der Probanden beim Halten im Hang nach Studienende.

Die Testgruppen unterschieden sich dadurch, dass in der Kontrollgruppe deutlich über die Hälfte der Jugendlichen als sehr gut und gut einzustufen war, während in der Diabetikergruppe die Leistungsverteilung gleichmässig über die gesamte Beurteilungsskala verteilt war. Im zweiten Testergebnis (s. Abbildung 5.14) wird deutlich, dass mehr als drei Viertel der Gruppe als sehr gut, gut und befriedigend bewertet werden konnten. Die Kontrollgruppe wies bei diesem Testergebnis ein insgesamt sehr gutes Ergebnis auf, bei dem über 70% als gut und sehr gut einzustufen sind. Bei der Diabetikergruppe dagegen ist eine gleichmässige Verteilung über die gesamte Bewertungsskala zu erkennen.

Im Vergleich der beiden Testergebnisse (s. Abbildung 5.15) kann man feststellen, dass sich das bereits vor dem Sportprogramm gute Ergebnis noch geringfügig verbessert hat.

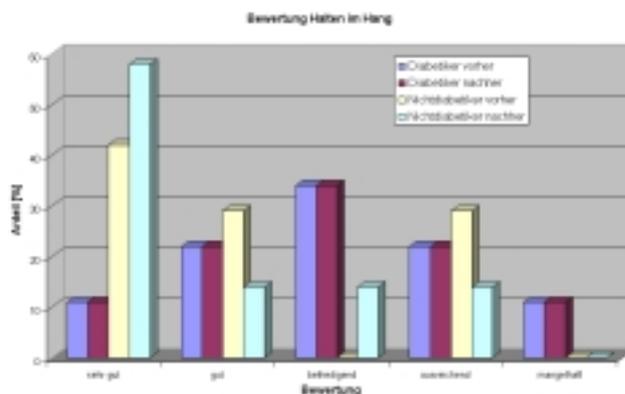


Abbildung 5.15: Gesamtbewertung der Probanden beim Halten im Hang vor Studienbeginn und nach Studienende.

Im Vergleich der beiden Gruppen miteinander wird deutlich, dass bei den Diabetikern keine Veränderung in der Leistungsfähigkeit zu erkennen ist. Die Kontrollgruppe hat sich dagegen deutlich verbessert, über die Hälfte der Kon-

trollgruppe ist anschliessend sogar als sehr gut zu bewerten. Bei Betrachtung der Ergebnisse des Kraftsektors für die Testgruppen kann man sehen, dass bei der Kontrollgruppe insgesamt ein grösserer Kraftzuwachs zu verzeichnen ist. Es könnte sein, dass in unserer Untersuchung bei den Diabetikern ein langsames Muskelwachstum besteht, allerdings deckt sich das nicht mit den Ergebnissen der Laufbandergometrie und des 96-Sekunden-Tests (s. Kapitel 5.11 und 5.12).

5.10.6 Stufensteigen

Das Stufensteigen ist ein einfacher Test, mit dessen Hilfe die Ausdauerleistung bestimmt werden kann.

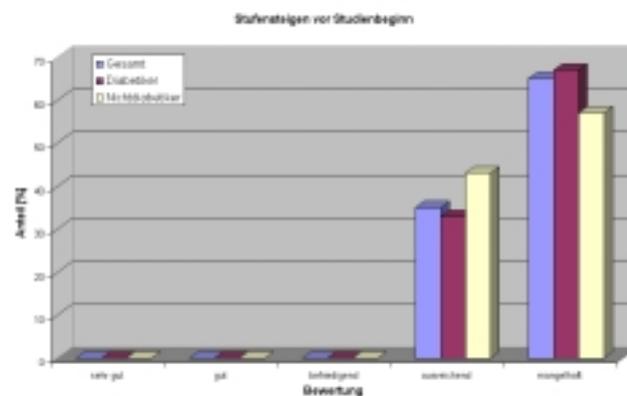


Abbildung 5.16: Bewertung der Probanden beim Stufensteigen vor Studienbeginn.

Bei diesem Test wurde, wie aus Abbildung 5.16 ersichtlich wird, das eindeutig schlechteste Ergebnis erzielt. Die gesamte Gruppe ist in ihrer Ausdauerleistungsfähigkeit förderungsbedürftig, da keiner der Jugendlichen als sehr gut, gut oder befriedigend bewertet werden konnte. Über 60% der Gruppe war sogar als mangelhaft einzustufen. Dieses sehr schlechte Ergebnis spiegelt sich auch bei der getrennten Betrachtung der beiden Testgruppen wieder. Bei beiden Gruppen sind über die Hälfte der Jugendlichen als mangelhaft einzustufen.

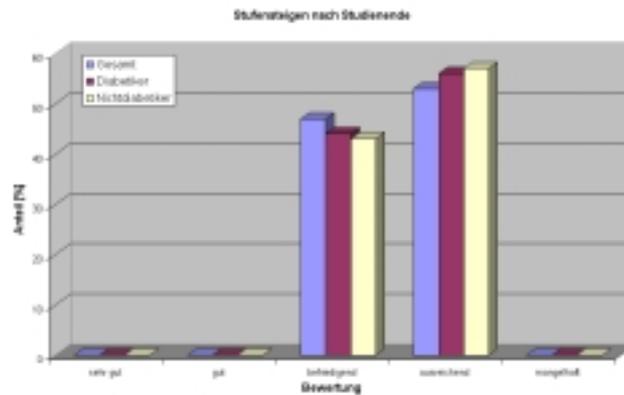


Abbildung 5.17: Bewertung der Probanden beim Stufensteigen nach Studienende.

Das Testergebnis des Wiederholungstest zeigt, dass keiner der Jugendlichen mehr mit mangelhaft bewertet werden musste, allerdings auch keiner mit sehr gut und gut. Mehr als die Hälfte konnte nur mit ausreichend bewertet werden. Die Resultate der Testgruppen verhalten sich hierbei identisch zum Gesamtergebnis.

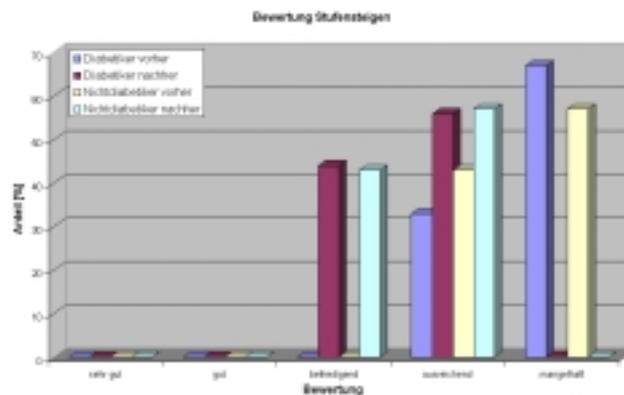


Abbildung 5.18: Gesamtbewertung der Probanden beim Stufensteigen vor Studienbeginn und nach Studienende.

Im Vergleich der Gesamtergebnisse miteinander (s. Abbildung 5.18) sieht man, dass eine Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit eingetreten ist. Diese Verbesserung kann auch im Vergleich der Testgruppen gesehen werden, wobei zudem auffällt, dass die Leistungsverbesserung der beiden Gruppen nahezu parallel verlaufen ist.

Dieses Testergebnis lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Ausdauerleistungsfähigkeit bei Diabetikern und Nichtdiabetikern in gleicher Weise gefördert werden kann und sie nicht negativ durch Diabetes mellitus beeinflusst wird.

5.10.7 Grobdiagnose

Eine Grobdiagnose ist nützlich, um einen ersten Eindruck von der Leistungsfähigkeit der Probanden zu erhalten. Man erhält sie durch Addition der T-Werte aus den sechs Einzelaufgaben und der anschließenden Division durch sechs. Der so gewonnene Durchschnittswert der Probanden lässt sich, wie bei den Einzelaufgaben auch, an die Beurteilungsskala anlegen. In Abbildung 5.19 ist die prozentuale Verteilung der Probanden vor Studienbeginn dargestellt.

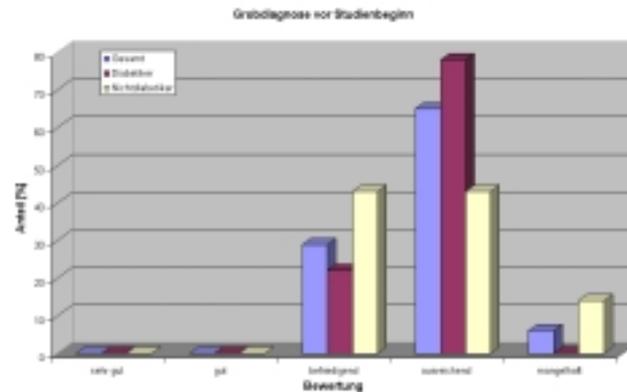


Abbildung 5.19: Bewertung der Probanden in der Grobdiagnose vor Studienbeginn.

Es zeigt sich, dass der durchschnittliche Leistungsstand der Probanden nicht als gut einzustufen ist. Bei einem Grossteil der Jugendlichen war sogar ein nur ausreichender Leistungsstand festzustellen, aber als mangelhaft musste nur ein Proband eingestuft werden. Wie auch schon bei den Einzeltests gesehen, kann auch hier kein signifikanter Unterschied zwischen den Jugendlichen mit Diabetes und ohne Diabetes festgestellt werden.

Dieses Ergebnis legt die Schlussfolgerung nahe, dass die meisten der teilnehmenden Jugendlichen - Diabetiker wie Nichtdiabetiker - ein Bewegungsprogramm benötigen, um ihre persönliche Leistungsfähigkeit zu verbessern.

Die Grobdiagnose des Tests nach Beendigung des Sportprogramms ist in Abbildung 5.20 dargestellt.

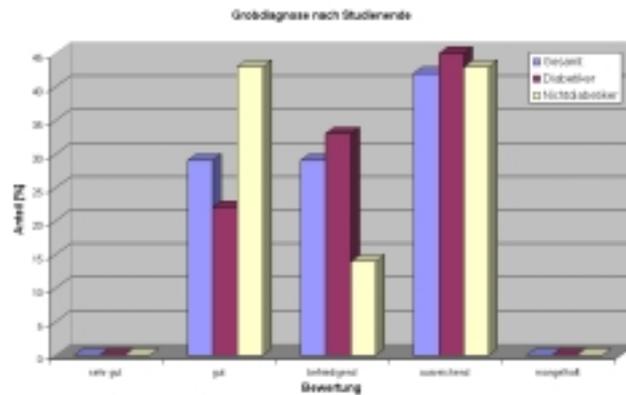


Abbildung 5.20: Bewertung der Probanden in der Grobdiagnose nach Studienende.

Es ist zu erkennen, dass die gesamte Gruppe jetzt als „mittelmässig“ einzustufen ist. Dies spiegelt sich auch im Vergleich der Testgruppen wieder. War zu Beginn des Programms kein einziger Proband als gut einzustufen waren es zu Ende der Studie fünf. Die insgesamt positive Entwicklung der Gruppe ist an diesem Ergebnis gut zu erkennen.

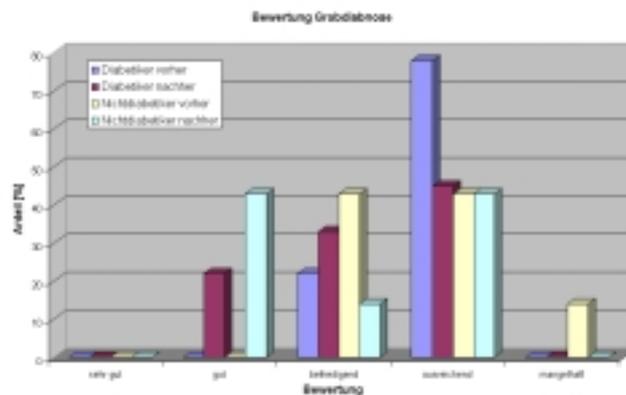


Abbildung 5.21: Gesamtbewertung der Probanden in der Grobdiagnose vor Studienbeginn und nach Studienende.

Im Vergleich der Testgruppen wird deutlich, dass sich in den Ergebnissen der einzelnen Tests das Gesamtergebnis widerspiegelt. Bei den diabetischen Jugendlichen ist der Trend zur Leistungsverbesserung genauso gut zu erkennen wie bei der Kontrollgruppe. Daraus kann man schlussfolgern, dass es gut eingestellten jungen Diabetikern genauso möglich ist, ihre Leistungsfähigkeit durch Sport zu steigern, wie es ihren gesunden Alterskameraden möglich ist.

Aus dem gesamten Testergebnis kann gefolgert werden, dass eine Leistungsverbesserung in koordinativen und konditionellen Fähigkeiten schon nach sechs Wochen des Sporttreibens erreicht werden kann.

5.11 Laufbandergometrie

In der unten angeführten Tabelle 5.46 sind alle Parameter des Laufbandstufentests, die verglichen wurden, aufgeführt. Insgesamt nahmen vierzehn Probanden teil. Bei den Maximalwerten von Puls, Laktat, Herzfrequenz und Belastungsdauer wurden zwei Probanden aus der Wertung genommen, die sich aufgrund einer Zerrung (1/14) und Seitenstechen(1/14) nicht ausbelasten konnten. Aerobe Schwelle und individuelle aerobe Schwelle konnten aus jeweils (2/28) Laktatleistungskurven nicht ausreichend genau bestimmt werden, so dass diese Ergebnisse aus der Auswertung genommen wurden und daher für diese Schwellen nur 12 gepaarte Parameter verglichen werden konnten. Aufgeführt sind jeweils arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Minimum und Maximum.

Leistungsparameter	vor Studienbeginn		nach Studienende	
	m ± SD	min./max.	m ± SD	min./max.
v_{max} [km/h]	11,83 ± 1,71	9,0/15,0	12,60 ± 1,56	10,0/15,5
$Laktat_{max}$ [mmol/l]	8,26 ± 2,28	4,5/13,6	8,40 ± 2,29	3,7/11,6
Hf_{max} [1/min]	208,17 ± 7,17	190/218	203,0 ± 7,07	195/212
v_{ANS} [km/h]	9,1 ± 1,8	5,5/11,3	10,3 ± 1,7	7,0/14,2
v_{IANS} [km/h]	9,6 ± 1,9	6,0/13,1	10,3 ± 1,7	7,0/13,8
v_{AS} [km/h]	6,1 ± 0,3	6,0/7,3	6,8 ± 1,3	6,0/11,0
v_{IAS} [km/h]	7,5 ± 1,1	6,0/9,5	8,2 ± 1,3	6,0/10,2
Hf_{ANS} [1/min]	189,5 ± 9,4	176/205	187,9 ± 7,1	175/199
Hf_{IANS} [1/min]	193,9 ± 8,5	177/206	189,1 ± 7,4	178/203
Hf_{AS} [1/min]	161,4 ± 18,3	131/195	159,8 ± 13,7	138/184
Hf_{IAS} [1/min]	175,1 ± 15,9	143/200	174,8 ± 8,9	161/195
$Laktat_{IANS}$ [mmol/l]	4,5 ± 0,7	3,5/5,9	4,0 ± 0,5	2,8/4,9
$Laktat_{IAS}$ [mmol/l]	2,8 ± 0,5	1,9/3,7	2,8 ± 0,7	1,8/3,9
Hf_{Ruhe} [1/min]	96,9 ± 15,4	68/119	88,1 ± 13,9	65/115
$Hf_{6km/h}$ [1/min]	161,5 ± 17,3	131/185	153,0 ± 14,0	126/180
$Hf_{8km/h}$ [1/min]	183,9 ± 14,0	151/201	172,1 ± 14,7	140/199
$Hf_{10km/h}$ [1/min]	195,0 ± 12,3	170/210	188,1 ± 11,2	170/210
$Hf_{12km/h}$ [1/min]	205,0 ± 9,7	188/218	196,8 ± 9,7	178/212
$Hf_{14km/h}$ [1/min]	202,2 ± 609	190/211	199,4 ± 9,8	184/212
$Laktat_{Ruhe}$ [mmol/l]	1,3 ± 0,4	0,7/1,9	1,7 ± 0,6	0,8/3,4
$Laktat_{6km/h}$ [mmol/l]	2,7 ± 0,9	1,5/4,8	2,5 ± 0,6	1,2/3,5
$Laktat_{8km/h}$ [mmol/l]	3,6 ± 1,6	2,3/7,6	3,0 ± 1,1	1,4/5,4
$Laktat_{10km/h}$ [mmol/l]	5,1 ± 1,5	3,3/8,4	4,2 ± 1,9	1,9/8,7
$Laktat_{12km/h}$ [mmol/l]	6,8 ± 1,8	4,6/10,4	6,3 ± 2,1	2,7/9,5
$Laktat_{14km/h}$ [mmol/l]	8,6 ± 1,2	6,8/10,2	7,6 ± 2,2	3,4/9,8
Belastungsdauer [s]	713,6 ± 148,9	450/990	749,2 ± 143,7	540/1036

Tabelle 5.46: Laufband-Leistungsparameter der Probanden vor Studienbeginn und nach Studienende

5.11.1 Maximalwerte

Veränderung der Leistungsparameter nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
v_{max} [km/h]	0,7 ± 0,7	0,0/2,2	0,006	<0,01	9	3	0	0,008	<0,01
$Laktat_{max}$ [mmol/l]	0,1 ± 2,16	-4,5/3,8	0,890	n.s.	7	0	5	0,638	n.s.
Hf_{max} [1/min]	-5,2 ± 5,3	-14,0/5,0	0,008	<0,01	2	1	9	0,014	<0,05
Dauer [s]	65,3 ± 63,3	0/194	0,006	<0,01	9	3	0	0,008	<0,01

Tabelle 5.47: Veränderung der Leistungsparameter nach dem Trainingsprogramm.

Die Maximalwerte der Leistungsparameter Maximalgeschwindigkeit und maximale Belastungsdauer vergrösserten sich nach Wilcoxon und T-Test signifikant. Dass die Signifikanz dieser beiden Werte gleich ist, ist einfach zu erklären. Beim Stufentest wurde die Laufgeschwindigkeit stufenweise linear gesteigert und der Computer errechnete aus Stufenanzahl und Laufdauer der letzten Stufe die Maximalgeschwindigkeit, so dass hier die Maximalgeschwindigkeit letztlich eine Funktion der Belastungsdauer war.

Der Mittelwert des Maximallaktats ist nur ganz leicht, nicht signifikant gestiegen. Der Mittelwert der maximalen Herzfrequenz ist schwach signifikant gefallen.

Die Probanden haben also bei minimal geringerer pulmonaler Belastung und ähnlichen Laktatwerten eine signifikant höhere Leistung erbracht. Zum einen kann dies als eine mit einem ökonomischeren Laufstil verbundene Gewöhnung an das Laufband interpretiert werden, zum anderen als Verbesserung der Kondition durch das Trainingsprogramm.

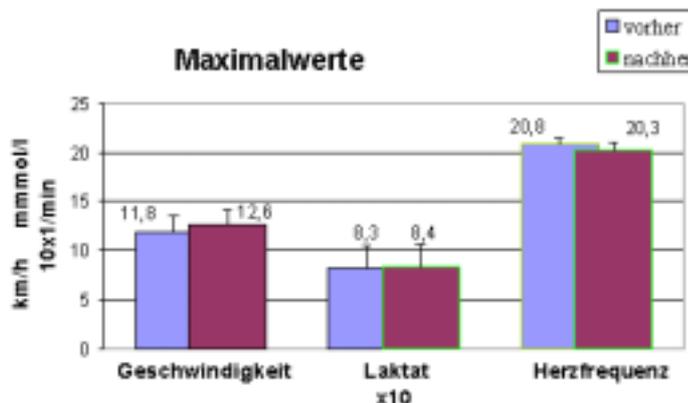


Abbildung 5.22: Maximale Laufgeschwindigkeit, Maximallaktat und maximale Herzfrequenz vor Studienbeginn und nach Studienende.

Nach Wilcoxon- und T-Test steigerte sich die Laufleistung an der individuellen anaeroben Schwelle um signifikante 7,3%, die an der anaeroben Schwelle um schwach signifikante 11%.

Die Laufleistung an der aeroben Schwelle steigerte sich um 11,5%, war aber nur nach dem Wilcoxon-Test schwach signifikant. Die Laufleistung an der in-

dividuellen aeroben Schwelle steigerte sich um 9,3% und war nur nach T-Test schwach signifikant.

Die Herzfrequenzen an den Schwellen sanken, abgesehen von der Herzfrequenz an der aeroben Schwelle, die minimal stieg, leicht, aber durchweg nicht signifikant.

5.11.2 Leistungsparameter an den Laktatschwellen

Veränderung der Leistungsparameter nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
v_{ANS} [km/h]	1,1 ± 1,4	-0,9/3,8	0,018	<0,05	10	1	3	0,021	<0,05
v_{IANS} [km/h]	0,7 ± 0,8	-0,3/2,8	0,007	<0,01	13	0	1	0,003	<0,01
v_{AS} [km/h]	0,9 ± 1,4	-0,2/5,0	0,059	n.s.	7	4	1	0,025	<0,05
v_{IAS} [km/h]	0,8 ± 1,1	-1,2/2,4	0,037	<0,05	9	0	3	0,065	n.s.
Hf_{ANS} [1/min]	-1,6 ± 10,5	-20/18	0,598	n.s.	5	1	8	0,552	n.s.
Hf_{IANS} [1/min]	-4,8 ± 8,9	-18/12	0,074	n.s.	5	0	9	0,068	n.s.
Hf_{AS} [1/min]	0,9 ± 18,4	-23/39	0,872	n.s.	5	0	7	0,754	n.s.
Hf_{IAS} [1/min]	-1,6 ± 16,2	-30/33	0,752	n.s.	5	0	7	0,666	n.s.
Lak_{IANS} [mmol/l]	-0,5 ± 0,9	-2,2/0,7	0,053	n.s.	4	0	9	0,087	n.s.
Lak_{IAS} [mmol/l]	-0,2 ± 0,6	-0,9/0,9	0,207	n.s.	4	0	8	0,208	n.s.

Tabelle 5.48: Leistungsparameter an der Laktatschwelle.

Die Laktatwerte an den individuellen Schwellen sanken ebenfalls leicht und nicht signifikant (s. Tabelle 5.48).

Die aerobe Schwelle und individuelle aerobe Schwelle konnten aus jeweils zwei der achtundzwanzig Laktatleistungskurven nicht ausreichend genau bestimmt werden, sodass diese Ergebnisse aus der Auswertung genommen wurden und daher für diese Schwelle nur zwölf gepaarte Parameter verglichen werden konnten.

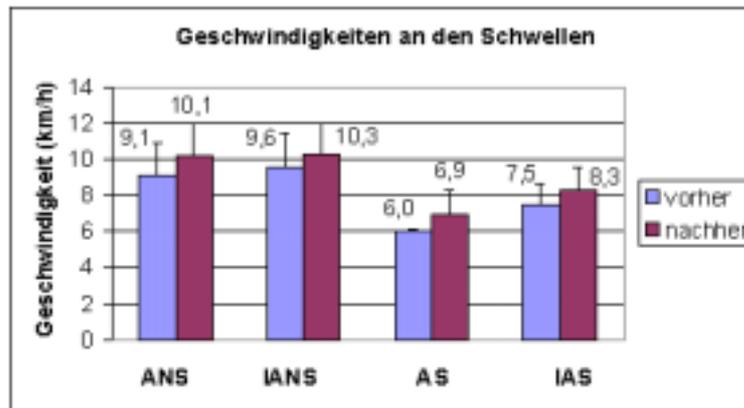


Abbildung 5.23: Geschwindigkeiten an den unterschiedlichen Schwellen vor Studienbeginn und nach Studienende.

5.11.3 Leistungsparameter an den Belastungsstufen

Laktat und Herzfrequenz in Ruhe wurden nicht unter standardisierten Bedingungen gemessen, so dass diese Werte nicht zu einer Beurteilung des Trainings-

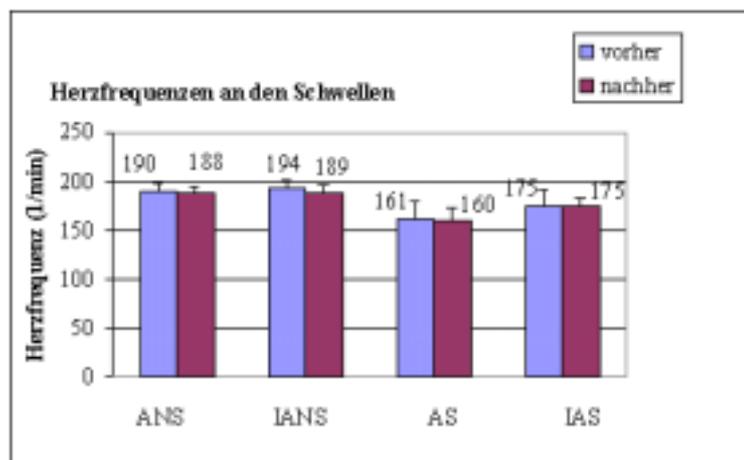


Abbildung 5.24: Herzfrequenz an den unterschiedlichen Schwellen vor Studienbeginn und nach Studienende.

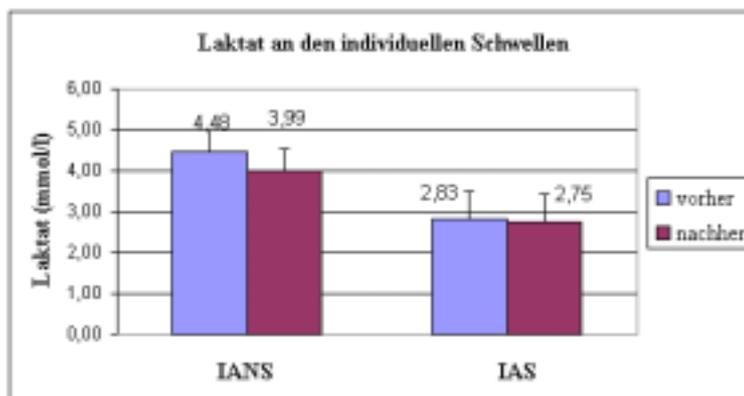


Abbildung 5.25: Laktat an den unterschiedlichen Schwellen vor Studienbeginn und nach Studienende.

zustands herangezogen werden dürfen. Die Belastungsstufe mit 14 km/h absolvierten nur noch 4 Probanden, so dass diese Ergebnisse nicht mehr zu einer Beurteilung herangezogen werden konnten.

Die Mittelwerte der Herzfrequenzen an den Belastungsstufen sanken durchweg. Nach dem Wilcoxon-Test bei 6 und 10 km/h schwach signifikant, bei 8 und 12 km/h signifikant. Der T-Test lieferte dieselben Ergebnisse mit Ausnahme der 8 km/h, wo der Abfall der Herzfrequenz sogar hoch signifikant war.

In den Belastungsstufen von 6 km/h bis 12 km/h sanken die Herzfrequenzen im Durchschnitt um 8,9 Schläge/min.

Auch alle Mittelwerte des Laktats an den Belastungsstufen sanken. In den Belastungsstufen von 6 km/h bis 12 km/h sank der Laktatwert im Durchschnitt um 12,3%. Die Veränderung ist allerdings nach dem Wilcoxon-Test nur bei 10 km/h, nach dem T-Test bei 8 und 10 km/h schwach signifikant.

Interessant ist, dass beim jeweils zweiten Test der Mittelwert des Ruhepulses

Veränderung der Leistungsparameter nach dem Trainingsprogramm an den einzelnen Belastungsstufen			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
Hf_{Ruhe} [1/min]	-8,8±14,8	-40,0/18,0	0,052	n.s.	3	0	11	0,059	n.s.
$Hf_{6km/h}$ [1/min]	-8,5±11,2	-25,0/15,0	0,017	<0,05	3	1	10	0,023	<0,05
$Hf_{8km/h}$ [1/min]	-11,7±9,0	-22,0/10,0	<0,001	<0,001	1	1	12	0,003	<0,01
$Hf_{10km/h}$ [1/min]	-6,9±9,3	-26,0/10,0	0,019	<0,05	3	2	9	0,023	<0,05
$Hf_{12km/h}$ [1/min]	-7,8±6,1	-20,0/2,0	>0,001	<0,01	1	0	10	0,005	<0,01
$Hf_{14km/h}$ [1/min]	-3,5±9,7	-20,0/5,0	0,379	n.s.	2	0	2	0,465	n.s.
Lak_{Ruhe} [mmol/l]	0,4±0,7	-0,7/1,9	0,048	<0,05	10	0	4	0,048	<0,05
$Lak_{6km/h}$ [mmol/l]	-0,2±0,9	-1,5/1,4	0,472	n.s.	5	0	9	0,433	n.s.
$Lak_{8km/h}$ [mmol/l]	-0,7±1,1	-3,1/0,8	0,045	<0,05	3	0	9	0,048	n.s.
$Lak_{10km/h}$ [mmol/l]	-0,9±1,1	-3,1/0,8	0,045	<0,05	3	0	11	0,022	n.s.
$Lak_{12km/h}$ [mmol/l]	-0,5±3,9	-10,0/9,5	0,065	n.s.	3	0	8	0,110	n.s.
$Lak_{14km/h}$ [mmol/l]	-1,1±1,7	-3,4/1,2	0,337	n.s.	1	0	3	0,273	n.s.

Tabelle 5.49: Leistungsparameter an den Belastungsstufen

niedriger, der des Ruhelaktates aber höher ist. Da sie nicht unter standardisierten Bedingungen gemessen wurden, ist zwar keine wissenschaftlich abgesicherte Aussage möglich, die einheitliche Veränderung legt jedoch die Vermutung nahe, dass die Pulswerte aufgrund einer verminderten sympathoadrenergen Stimulation beim 2. Stufentest geringer waren. Der höhere Laktatwert könnte auf eine bessere Aufwärmarbeit beim zweiten Stufentest zurückgeführt werden.

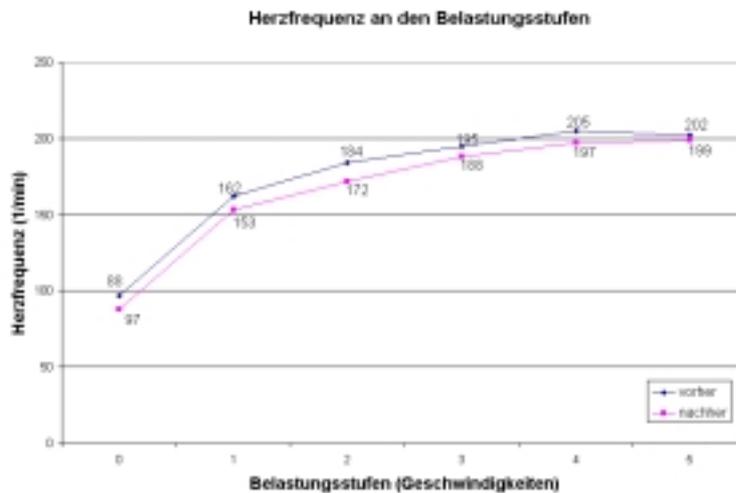


Abbildung 5.26: Herzfrequenz bei unterschiedlichen Laufbandgeschwindigkeiten vor Studienbeginn und nach Studienende.

Die Maximalgeschwindigkeit und die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle sowie die Belastungsdauer vergrößerten sich signifikant. Die Leistungen an der anaeroben und aeroben Schwelle nahmen schwach signifikant zu. An der individuellen aeroben Schwelle ergab sich zwar nach dem T-Test eine schwach signifikante Vergrößerung, nicht aber nach dem Wilcoxon-Test. Der maximale Laktatwert veränderte sich nicht signifikant. Die Pulsfrequenzen sanken. Der maximale Puls sowie der Puls nach der 1. und 3. Belastungsstufe sanken schwach signifikant, der Puls nach 2. und 4. Belastungsstufe sanken si-

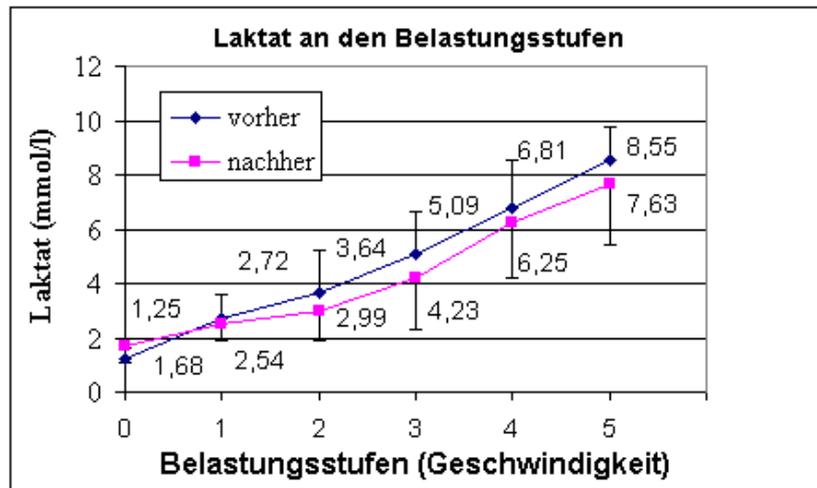


Abbildung 5.27: Laktatwerte bei unterschiedlichen Laufbandgeschwindigkeiten vor Studienbeginn und nach Studienende.

gnifikant. Der Puls nach der 5. Belastungsstufe sank nicht signifikant. Da jedoch nur vier der Teilnehmer bei beiden Tests die 5. Belastungsstufe erreichten, ist hier nur eine eingeschränkte Beurteilbarkeit möglich.

Für die Interpretation der Ergebnisse ist ein Gewöhnungseffekt an das Laufband und an die Testsituation einzubeziehen. Eine Gewöhnung an das Laufen auf dem Laufband mag die vergrößerte Leistung an den Schwellen, die höhere Maximalgeschwindigkeit und die verlängerte Belastungsdauer zum Teil erklären. Es darf vermutet werden, dass auf Grund der Gewöhnung an die Testsituation bei dem 2. Stufentest eine geringere sympathoadrenerge Stimulation erfolgte, woraus die deutlich niedrigeren Pulswerte zum Teil erklärt werden können.

5.12 96-Sekunden-Test

In der unten angeführten Tabelle 5.50 sind alle Parameter des 96-Sekunden Tests, die verglichen wurden, aufgeführt. Alle Leistungsparameter der 14 Probanden von beiden Testterminen konnten für die Auswertung herangezogen werden. Verglichen wurden die absolut gemessenen sowie die auf das Körpergewicht berechneten Parameter. Angegeben sind jeweils arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Minimum und Maximum.

Leistungsparameter	vor Studienbeginn		nach Studienende	
	m ± SD	min./max.	m ± SD	min./max.
Peak Power [W]	620,0±145,6	473,0/926,0	669,1±179,9	473,0/1017,0
Peak Power/Gew. [W/kg]	10,8±2,0	8,5/14,7	11,6±2,4	8,8/16,5
Max-5-s-Arbeit [J]	2846,1±660,6	2198,0/4276,0	3096,8±779,8	2306,0/4686,0
Max-5-s-Arbeit/Gew.[J/kg]	46,7±12,6	31,3/74,8	52,4±17,8	28,1/92,6
Anaer. Kap. [J]	8398,1±2670,0	5434,0/13588,0	8446,2±2101,8	5882,0/12262,0
Anaer. Kap./Gew.[J/kg]	147,1±40,0	91,2/228,0	147,0±29,3	106,6/202,7
Laktaz. Kap. [J]	5730,6±2208,2	3519,0/10410,0	5429,1±1344,9	3494,0/8355,0
Laktaz. Kap./Gew. [J/kg]	100,4±34,4	55,0/167,0	94,6±19,8	68,2/122,5
Gesamtfluss [W]	347,0±86,2	256,0/536,0	358,4±63,4	290,0/527,0
Gesamtfluss/Gew. [W/kg]	6,1±1,2	4,6/8,2	6,2±0,7	5,2/7,7
Oxidat. Fluss [W]	192,5±38,7	133,0/280,0	210,7±37,9	149,0/305,0
Oxidat. Fluss/Gew. [W/kg]	3,4±0,5	2,7/4,2	3,7±0,4	2,8/4,4
Laktaz. Fluss [W]	154,5±56,8	99,0/273,0	147,8±34,8	106,0/222,0
Laktaz. Fluss/Gew. [W/kg]	2,7±0,9	1,7/4,6	2,6±0,5	1,9/3,3
max. Laktat [mmol/l]	12,2±1,8	9,1/14,9	12,8±1,6	10,3/15,4
Hf nach Test [l/min]	199,1±7,0	183,0/209,0	192,7±7,3	180,0/207,0

Tabelle 5.50: Tabellarischer Vergleich der Leistungsparameter vor Studienbeginn und nach Studienende

Für die vergleichende Beurteilung der erhobenen Leistungsparameter wurde immer der arithmetische Mittelwert der Leistung und die Leistung pro Kilogramm Körpergewicht verglichen. Der Vergleich der Leistung pro Kilogramm soll mögliche rechnerische Leistungsunterschiede verhindern, die dadurch entstehen, dass die Probanden in dem Versuchszeitraum gewachsen sind, damit mehr Gewicht haben und somit auch mehr Leistung erbringen können.

5.12.1 Peak-Power

Die Peak Power steigerte sich schwach signifikant absolut um 49 Watt, was einer Steigerung von 0,76 Watt/kg entspricht. Dies bedeutet eine Leistungszunahme von 7% pro Kilogramm Körpergewicht.

Veränderung der Peak Power nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
Peak Power [W]	49,1±63,4	-75,0/144,0	0,015	<0,05	9	1	4	0,028	<0,05
Peak Power pro Gew. [W/kg]	0,8±1,1	-1,4/2,2	0,027	<0,05	9	0	5	0,030	<0,05

Tabelle 5.51: Veränderung der Peak Power

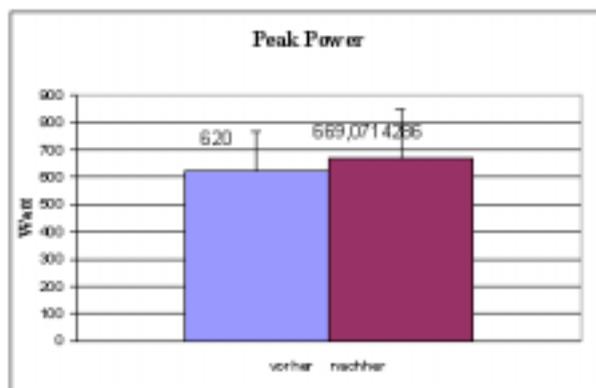


Abbildung 5.28: Peak Power vor Studienbeginn und nach Studienende.

5.12.2 Maximale 5-s-Arbeit

Die maximale 5-s-Arbeit vergrößerte sich signifikant um durchschnittlich 250 Watt. Das entspricht einer Steigerung um 8% pro Kilogramm Körpergewicht.

Veränderung der max. 5-s-Arbeit nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
max. 5-s-Arbeit [J]	250,7±217,3	-161,0/643,0	0,001	<0,01	12	0	2	0,004	<0,01
max. 5-s-Arbeit pro Gew. [J/kg]	4,0±3,9	-3,9/10,1	0,003	<0,01	12	0	2	0,006	<0,01

Tabelle 5.52: Veränderung der maximalen 5-s-Arbeit nach dem Trainingsprogramm

5.12.3 Alaktazide Kapazität

Die über eine Regression errechnete alaktazide Kapazität steigerte sich zwar durchschnittlich um beachtliche 350 Joule, das sind pro kg 12,1% mehr. Aufgrund der grossen Streuung bei einer derart kleinen Zahl von Probanden war sie jedoch nicht signifikant.

Veränderung der alaktaziden Kapazität nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
alaktazide Kap. [J]	349,5±625,8	-521,0/1615,0	0,065	n.s.	7	1	6	0,870	n.s.
alaktazide Kap. pro Gewicht [J/kg]	5,7±11,0	-10,4/25,8	0,086	n.s.	7	0	7	0,124	n.s.

Tabelle 5.53: Veränderung der alaktaziden Kapazität nach dem Trainingsprogramm

5.12.4 Anaerobe Kapazität

Die anaerobe Kapazität steigerte sich absolut nur ganz leicht um 0,6%. Auf das Körpergewicht gerechnet sank sie sogar um minimale 0,07%. Daher ist Veränderung nicht signifikant.

Veränderung der anaeroben Kapazität nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
anaerobe Kap. [J]	48,1±1503,2	-2730,0/2921,0	0,910	n.s.	7	0	7	0,925	n.s.
anaerobe Kap. pro Gewicht [J/kg]	-0,1±26,8	-53,7/50,8	0,989	n.s.	7	0	7	0,730	n.s.

Tabelle 5.54: Veränderung der anaeroben Kapazität nach dem Trainingsprogramm

5.12.5 Laktazide Kapazität

Die laktazide Kapazität sank um 5,8% pro kg Körpergewicht, was aufgrund der grossen Streuung nicht signifikant war. Die laktazide Kapazität wurde aus der Differenz von gesamter anaerober Kapazität und der alaktaziden Kapazität berechnet. Da sich die gesamte anaerobe Kapazität nur um 48 J steigerte, die alaktazide Kapazität aber um ganze 350 J ist somit klar, dass dieser Gewinn der alaktaziden Kapazität auf Kosten der laktaziden Kapazität gehen musste.

Es handelt sich also weniger um eine Verschlechterung eines Trainingsparameters als um eine Verschiebung der Kapazitäten.

Veränderung der laktaziden Kapazität nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
laktazide Kap. [J]	-301,5±1648,0	-2941,0/3103,0	0,521	n.s.	6	0	8	0,470	n.s.
laktazide Kap. pro Gewicht [J/kg]	-5,8±28,2	-51,1/51,9	0,474	n.s.	5	0	9	0,510	n.s.

Tabelle 5.55: Veränderung der laktaziden Kapazität nach dem Trainingsprogramm

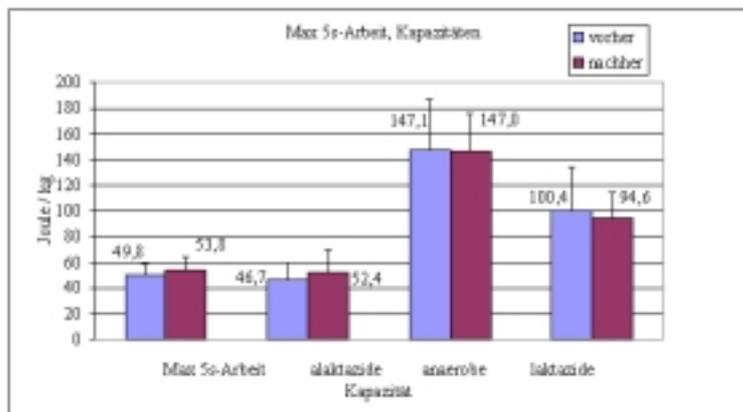


Abbildung 5.29: Maximale 5-s-Arbeit und Kapazitäten vor Studienbeginn und nach Studienende.

In der Abbildung 5.29 sind die maximale 5-s-Arbeit, die alaktazide -, die aerobe - sowie die laktazide Kapazität vor Studienbeginn und nach Studienende einander gegenüber gestellt. Man erkennt die Zunahme der maximalen 5-s-Arbeit sowie der alaktaziden Kapazität. Diese geht auf Kosten der laktaziden Kapazität.

5.12.6 Oxidativer Fluss

Der maximale oxidative Fluss steigerte sich absolut um beachtliche signifikante 9,5% und um 9,2% pro kg Körpergewicht. Zum einen muss diese Steigerung im Verhältnis zum gesunkenen laktaziden Fluss gesehen werden. Zum anderen könnte sie ein Indiz dafür sein, dass die Probanden im zweiten Test vermehrt auf ihre autonomen Reserven zugreifen konnten, da sie diese Belastung schon kannten und daher die Belastung länger aufrecht erhalten konnten [119].

Veränderung des oxidativen Flusses nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
oxidat. Fluss [W]	18,1±17,8	-13,0/46,5	0,003	<0,01	11	0	3	0,006	<0,01
oxidat. Fluss pro Gew. [W/kg]	0,3±0,3	-0,3/0,8	0,005	<0,01	11	0	3	0,009	<0,01

Tabelle 5.56: Veränderung des oxidativen Flusses nach dem Trainingsprogramm

5.12.7 Laktazider Fluss

Der maximale laktazide Fluss sank um nicht signifikante absolute 4,4% und um 4,8% pro kg Körpergewicht. Der gesunkene laktazide Fluss muss im Verhältnis zum stark gestiegenen oxidativen Fluss gesehen werden. Oxidativer und laktazider Fluss verhalten sich hier genauso wie anaerobe und laktazide Kapazität zueinander (s. Kapitel 5.12.4 und 5.12.5).

Veränderung des laktaziden Flusses nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
laktaz. Fluss [W]	-6,8±40,5	-85,5/77,5	0,558	n.s.	6	0	8	0,510	n.s.
laktaz. Fluss pro Gew. [W/kg]	-0,1±0,7	-1,5/1,3	0,503	n.s.	6	0	8	0,510	n.s.

Tabelle 5.57: Veränderung des laktaziden Flusses nach dem Trainingsprogramm

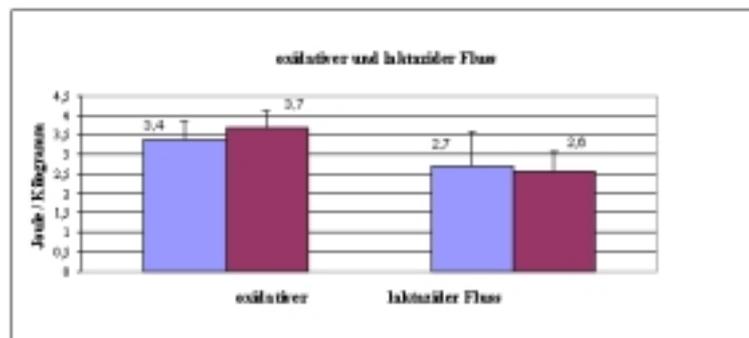


Abbildung 5.30: Maximaler oxidativer und laktazider Fluss inklusive Standardabweichung vor Studienbeginn und nach Studienende.

5.12.8 Maximaler Gesamtfluss

Der maximale Gesamtfluss steigerte sich um 11,4 W, das entspricht einer nicht signifikanten Steigerung um absolut 3,3% und um 2,8% pro kg Körpergewicht.

Veränderung des maximalen Gesamtflusses nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
max. Gesamtfluss [W]	11,4±38,9	-71,5/68,0	0,310	n.s.	8	0	6	0,286	n.s.
max. Gesamtfluss pro Gewicht [W/kg]	0,2±0,7	-1,3/1,1	0,375	n.s.	8	0	6	0,272	n.s.

Tabelle 5.58: Veränderung des maximalen Gesamtflusses nach dem Trainingsprogramm

5.12.9 Maximallaktat

Veränderung des Maximallaktates nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
max. Laktat [mmol/l]	0,61±1,44	-1,57/3,27	0,150	n.s.	8	0	6	0,177	n.s.

Tabelle 5.59: Veränderung des Maximallaktates nach dem Trainingsprogramm

Das Maximallaktat als Referenzgröße bei intensiven, erschöpfenden Belastungen nahm im Durchschnitt um 0,61 mmol/l ab. Diese geringe Abnahme war nicht signifikant. Das könnte ein Indiz dafür sein, dass sich die Probanden nicht vollständig ausbelastet haben.

5.12.10 Herzfrequenz

Die Pulswerte nach den 96 Sekunden Belastung wurden nicht nach dem Gesichtspunkt des quantitativen Vergleichs erhoben sondern zur Beurteilung des Kreislaufzustandes der Probanden. Deswegen sollten diese Werte nur bedingt in eine Beurteilung des Trainingszustandes einfließen. Die nach dem Wilcoxon-Test signifikante, nach dem T-Test hochsignifikante Abnahme von durchschnittlich 6,4 Schlägen pro Minute kann zum einen als Zeichen einer verminderten sympathoadrenergen Stimulation, zum anderen als Zeichen für eine geringere Ausbelastung gesehen werden.

Veränderung der Herzfrequenz nach dem Trainingsprogramm			T-Test		Wilcoxon				
Parameter	m ± SD	min./max.	sign.	p	+	=	-	sign.	p
Hf [1/min]	-6,4±4,7	-15,0/3,0	0,0003	<0,01	1	0	13	0,002	<0,01

Tabelle 5.60: Veränderung der Herzfrequenz nach dem Trainingsprogramm

5.12.11 Vergleich der Leistungen von Diabetikern und Nichtdiabetikern

Leistungen beim ersten Testtermin

Hier wurde die körperliche Verfassung der diabetischen und gesunden Probanden vor Beginn des Trainingsprogramms anhand der arithmetischen Mittel und Standardabweichungen der erhobenen Leistungsparameter verglichen. Aufgetragen sind auch die absoluten und die prozentualen Unterschiede der Mittelwerte der Leistungsparameter (Mittelwerte der Nichtdiabetiker minus die Mittelwerte der Diabetiker), sowie deren Signifikanz nach dem Mann-Whitney-U Test.

Leistungsparameter	Diabetiker	Gesunde	Differenz		Signifikanz
	m \pm SD	m \pm SD	m	%	p
v_{max} [km/h]	11,8 \pm 1,7	12,2 \pm 1,6	0,39	3,3	1,000
v_{ANS} [km/h]	8,5 \pm 2,1	9,9 \pm 1,0	1,45	17,2	0,299
v_{IANS} [km/h]	9,0 \pm 2,2	10,3 \pm 0,8	1,25	13,8	0,220
v_{AS} [km/h]	6,1 \pm 0,1	6,2 \pm 0,5	0,16	2,6	0,771
v_{IAS} [km/h]	7,1 \pm 1,0	7,9 \pm 1,2	0,78	11,1	0,294
Peak Power/Gew. [W/kg]	11,0 \pm 2,0	10,6 \pm 1,9	-0,38	-3,5	0,897
max. 5-s-Arbeit/Gew. [W/kg]	49,9 \pm 9,3	49,7 \pm 8,6	-0,14	-0,3	1,000
Alaktaz. Kap./Gew. [J/kg]	47,7 \pm 10,9	45,4 \pm 14,5	-2,33	-4,9	0,517
Anaer. Kap./Gew. [J/kg]	143,3 \pm 45,5	152,1 \pm 30,5	8,8	6,1	0,439
Laktaz. Kap./Gew. [J/kg]	95,6 \pm 40,7	106,7 \pm 21,8	11,1	11,7	0,302
Gesamtfluss [W/kg]	6,0 \pm 1,4	6,2 \pm 0,9	0,2	2,9	0,606
Oxidat. Fluss [W/kg]	3,4 \pm 0,5	3,3 \pm 0,4	-0,1	-1,6	0,796
Laktaz. Fluss [W/kg]	2,6 \pm 1,0	2,8 \pm 0,6	0,2	8,8	0,302

Tabelle 5.61: Vergleich der Leistungsparameter von Diabetikern und Nichtdiabetikern

Im Vergleich der Leistungsparameter von diabetischen und stoffwechself gesunden Probanden waren keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Dies könnte neben dem breiten Leistungsspektrum auch am geringen Umfang der Vergleichsgruppen (8/6) oder dem uneinheitlichen Alter der Probanden liegen. Die Laufgeschwindigkeiten sind bei Diabetikern knapp geringer. Laktazide und anaerobe Kapazität der Gesunden waren grösser. Dagegen waren alaktazide Kapazität, Peak Power und oxidativer Fluss der Diabetiker etwas grösser.

Die Abbildung 5.31 wurde absichtlich ohne Masstab und Einheiten abgebildet, um einen vergleichenden Überblick über alle Leistungsparameter zu haben. Das Verhältnis der Geschwindigkeiten, Kapazitäten und Flüsse untereinander ist massstabsgetreu linear mit bei Null beginnender Ordinate dargestellt. Die Parameter des Fahrradausbelastungstests sind pro Kilogramm Körpergewicht angetragen.



Abbildung 5.31: Leistungsparameter von Diabetikern und Nichtdiabetikern im Vergleich.

Vergleich der Leistungsveränderung während des Trainingsprogramms

Hier wurden die Leistungsveränderungen während des Trainingsprogramms in beiden Gruppen verglichen. In der folgenden Tabelle sind arithmetisches Mittel der Leistungsveränderung, dessen Standardabweichung sowie die prozentuale Veränderung vom ersten zum zweiten Testtermin und deren Signifikanz nach T-Test aufgeführt.

Veränderung der Leistungsparameter	Diabetiker			Nichtdiabetiker		
	m ± SD	%	p	m ± SD	%	p
v_{max} [km/h]	0,8±0,7	6,6	0,020	0,6 ±0,7	3,7	0,210
v_{ANS} [km/h]	1,3±1,6	15,7	0,060	0,7 ±1,1	7,4	0,200
v_{IANS} [km/h]	0,8±0,9	8,3	0,060	0,6 ±0,5	5,7	0,050
v_{AS} [km/h]	1,1±1,7	15,6	0,170	0,6 ±0,5	5,8	0,080
v_{IAS} [km/h]	1,4±0,8	17,3	0,012	0,2±1,1	3,0	0,660
Peak Power/Gewicht [W/kg]	0,9±1,2	7,9	0,090	0,6±0,9	5,7	0,210
max. 5-s-Arbeit/Gew. [W/kg]	4,7±3,7	9,5	0,012	3,0±3,8	6,0	0,140
Alaktaz. Kap./Gew. [J/kg]	6,0±10,6	12,5	0,180	5,2±11,5	11,5	0,360
Anaer. Kap./Gew. [J/kg]	7,3±28,1	5,1	0,520	-9,9±21,2	-6,5	0,340
Laktaz. Kap./Gew. [J/kg]	1,3± 32,3	1,3	0,920	-15,2 ±17,6	-14,2	0,110
Gesamtfluss/Gew. [W/kg]	0,3±0,8	5,2	,330	-0,01±0,4	-0,2	0,950
Oxidat. Fluss/Gew. [W/kg]	0,3±0,3	8,7	0,050	0,3±0,3	9,5	0,080
Laktaz. Fluss/Gew. [W/kg]	0,02±0,8	0,6	0,960	-0,3±0,5	-11,7	0,160

Tabelle 5.62: Veränderung der Leistungsparameter von Diabetikern und Nichtdiabetikern während des Trainingsprogramms

Die Gruppe der Diabetiker steigerte sich in allen hier verglichenen Leistungsparametern. Nach T-Test schwach signifikant waren die Steigerungen bei der Maximalgeschwindigkeit, der Geschwindigkeit an der individuellen aeroben Schwelle, der maximalen 5-s-Arbeit und dem oxidativen Fluss. Die Gruppe der Nichtdiabetiker dagegen zeigte keine Zunahme der anaeroben und laktaziden Kapazität. Ebenso blieben laktazider Fluss und maximaler Gesamtfluss unver-

ändert.

Die Leistungssteigerungen der diabetischen Gruppe waren etwas höher als bei den Stoffwechselgesunden, was zum Teil auch daran liegen könnte, dass die diabetische Gruppe zwei Probanden mehr zählte.

Unterschiede der Leistungsveränderungen

In der folgenden Tabelle ist die Differenz der Mittelwerte der Leistungsveränderung der nicht diabetischen und der diabetischen Probanden, sowie der prozentuale Unterschied der Leistungsveränderung und deren Signifikanz angetragen.

Unterschiede zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern in der Trainingsadaptation	Differenz m	%	Mann-Whitney p
v_{max} [km/h]	-0,2	-2,9	0,610
v_{ANS} [km/h]	-0,6	-8,3	0,400
v_{IANS} [km/h]	-0,2	-2,6	0,800
v_{AS} [km/h]	-0,5	-9,7	1,000
v_{IAS} [km/h]	-1,1	-14,3	0,170
Peak Power/Gewicht [W/kg]	-0,3	-2,2	0,520
max. 5-s-Arbeit/Gewicht [W/kg]	-1,7	-3,5	0,520
Alaktaz. Kapazität/Gewicht [J/kg]	-0,7	-1,0	0,900
Anaer. Kapazität/Gewicht [J/kg]	-17,2	-11,6	0,520
Laktaz. Kapazität/Gewicht [J/kg]	-16,4	-15,5	0,370
Gesamtfluss/Gewicht [W/kg]	-0,3	-5,4	0,160
Oxidat. Fluss/Gewicht [W/kg]	0,02	0,8	0,800
Laktaz. Fluss/Gewicht [W/kg]	-0,4	-12,3	0,370

Tabelle 5.63: Unterschiede zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern in der Trainingsadaptation

Im direkten Vergleich der diabetischen mit der gesunden Versuchsgruppe zeigt sich, dass bei Veränderung der Leistungsparameter die Diabetiker, abgesehen vom oxidativen Fluss, eine grössere Leistungssteigerung erzielten als die gesunde Vergleichsgruppe. Der Unterschied in der Leistungssteigerung war aber nach Mann-Whitney-U Test durchweg nicht signifikant.

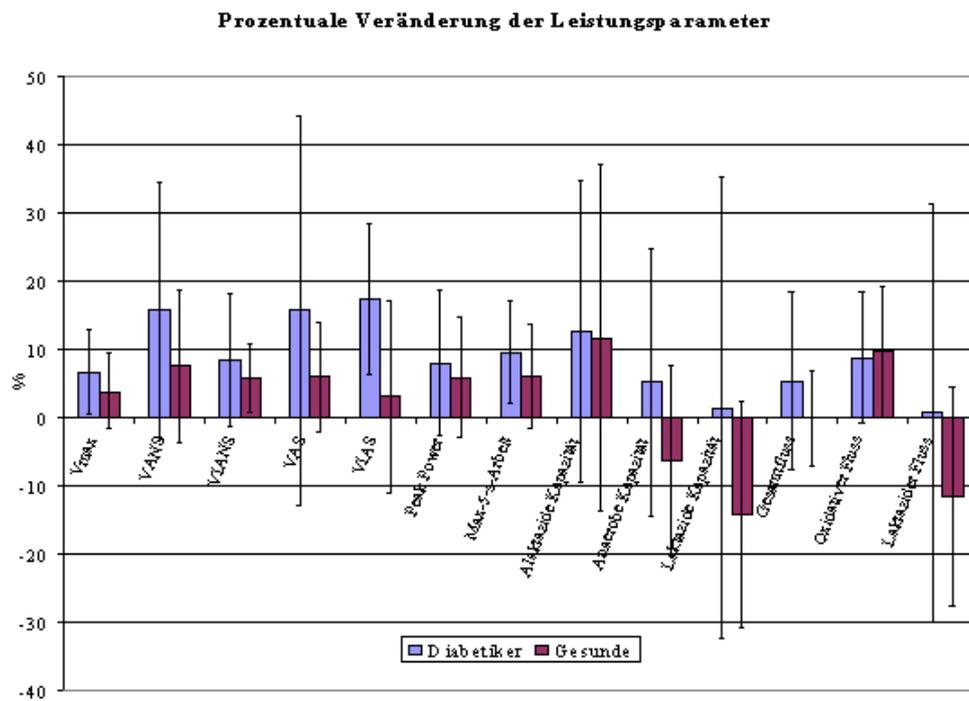


Abbildung 5.32: Veränderung der Leistungsparameter durch das Sportprogramm.

5.13 Zusammenfassung der Ergebnisse

- Die vor Beginn der Studie deutlich sichtbaren Defizite aller Teilnehmer, Diabetiker wie Nichtdiabetiker, im Bereich von Kraft, Ausdauer und Koordination liessen sich durch gezielte Förderung signifikant reduzieren. Unterschiede zwischen den diabetischen Jugendlichen und ihren gesunden Alterskameraden konnten weder in den Ausgangswerten noch in den Endergebnissen festgestellt werden. Dies zeigt, dass Jugendliche mit Diabetes ebenso förderbar sind wie stoffwechselgesunde Jugendliche.
- Die Ergebnisse der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik zeigten unabhängig von Geschlecht und Gruppenzugehörigkeit (Diabetiker / Nichtdiabetiker) eine Verbesserung des Trainingszustands aller Probanden in der zweiten Messung nach dem Sportprogramm im Vergleich zur ersten Messung vor Studienbeginn. In der Laufbandergometrie konnte eine signifikante Zunahme der Leistung durch Erreichen höherer Belastungsdauer und Maximalgeschwindigkeit nachgewiesen werden. Gleichzeitig fiel der Maximalpuls leicht und das Maximallaktat stieg nur geringfügig an. Zudem zeigte der Fahrradausbelastungstest eine Zunahme der Peak Power bei gleichzeitig deutlicher Zunahme der maximalen 5-s-Arbeit. Die laktazide Kapazität sank zu Gunsten der gestiegenen alaktaziden Kapazität.
- Die regelmässige sportliche Aktivität wirkte sich eher positiv, sicher aber nicht negativ auf die diabetische Stoffwechsellage aus. Die HbA_{1c}-Werte sanken durchschnittlich ab, obwohl dies statistisch nicht signifikant war. Weiterhin konnte ein bewussterer Umgang mit der Erkrankung nachgewiesen werden. Insgesamt führte das Programm dazu, dass die Teilnehmer ihre Diabetestagebücher gewissenhafter führten. So nahm die Anzahl der Blutzuckermessungen pro Tag leicht zu, was zur Folge hatte, dass auch die Injektionen pro Tag zunahm, wohingegen die Anzahl der injizierten Einheiten pro Tag leicht abnahm. Während des Studienzeitraums kam es zu keiner Zunahme der Unterzuckerungshäufigkeit und zu keinen schweren Hypo- oder Hyperglykämien.
- Nach sechs Wochen regelmässiger sportlicher Aktivität zeigte sich noch keine positive Auswirkung auf die Lipidwerte. Weder HDL-, LDL-, VLDL-Cholesterin noch Lipoprotein (a) zeigten signifikante Veränderungen im Vergleich der Ergebnisse vor Beginn zu nach Ende der Studie.
- Ebenso blieben die Ruhepuls- und Blutdruckmessergebnisse konstant. Hier war bei normwertigen Ausgangswerten und bei einem nicht auf Leistung ausgelegten Sportprogramm keine Absenkung zu erwarten.
- Die zur Bestimmung der Körperzusammensetzung eingesetzten Methoden wiesen keine einheitlichen Tendenzen auf. Die BMI-Bestimmung und die Analyse des subkutanen Fettgewebes durch Faltendickenbestimmung zeigten weder klare Geschlechtsunterschiede noch Veränderungen im Untersuchungsverlauf. In der BIA dagegen war bereits zu Beginn ein deutlicher Geschlechterunterschied in der Magermasse bei relativ gleicher Fettmasse

nachzuweisen. Die Magermasse lag bei den männlichen Probanden signifikant höher als bei den weiblichen. Während der Studie nahm bei allen Teilnehmern die Magermasse deutlich zu, die Fettmasse leicht ab.

- Ein negativer Einfluss auf das psychische Wohlbefinden der Diabetikerinnen und Diabetiker im Verlauf der Studie konnte nicht nachgewiesen werden.

6 Diskussion

Ziel der Studie war es, die Auswirkungen eines Sportprogramms auf die Psyche, die Körperzusammensetzung und den Metabolismus diabetischer Jugendlicher zu untersuchen und zu zeigen, dass diabetische Jugendliche bei guter Führung ebenso Sport treiben können wie gleichaltrige Adoleszenten ohne Diabetes. Als Vergleichsgruppe wurden, nicht zuletzt als Motivationsfaktor, deren nicht-diabetische Freundinnen und Freunde miteinbezogen. Im einzelnen sollte die Studie klären, ob es Unterschiede in der Trainierbarkeit Jugendlicher mit und ohne Diabetes gibt. Gleichzeitig sollte gezeigt werden, dass auch Freizeitsport positive Auswirkungen auf den Metabolismus hat. Ausserdem wurde das psychische Wohlbefinden überprüft. Die Ergebnisse des Programms lassen sich, soweit sie überhaupt anhand von Zahlen objektivierbar sind, in sechs Ergebnisgruppen unterteilen. Diese sind im einzelnen:

1. Die diabetische Stoffwechsellage,
2. Die Körperzusammensetzung,
3. Die Lebensqualität und das Sportverhalten,
4. Der Münchner Fitness-Test,
5. Die Laufbandergometrie,
6. Der 96-Sekudentest.

Nachfolgend sind die einzelnen Punkte aufgeführt, die sich erfassen und statistisch auswerten liessen:

6.1 Die diabetische Stoffwechsellage

Durch die sportliche Aktivität liessen sich kaum positive, aber auch keine negativen Einflüsse auf den Stoffwechsel der Teilnehmerinnen und Teilnehmer nachweisen. Die Laborparameter blieben weitgehend unverändert. Eine erhoffte Verbesserung des Lipidprofils konnte weder bei den Diabetikern noch bei den Nicht-Diabetikern nachgewiesen werden. Dies könnte einerseits daran liegen, dass keiner der Teilnehmer mit erhöhten Werten startete, sodass eine Verbesserung allenfalls eine Absenkung innerhalb des Normbereichs bedeutet hätte. Andererseits war eventuell auch der Beobachtungszeitraum für signifikante Verbesserungen zu kurz.

Die Werte für das als Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen zitierte Lipoprotein (a) waren derart variant, dass sich keine statistische Veränderung

nachweisen liess. Ähnlich verhielt es sich mit dem LDL/HDL-Quotienten, einem ebenfalls anerkannten prädiktiven Faktor für Herz-Kreislauf-Komplikationen. Hier wäre bei einer grösseren Teilnehmergruppe vielleicht ein richtungsweisendes Ergebnis zu erwarten gewesen.

Ebenso blieben die Puls- und Blutdruckwerte im Verlauf des Programms konstant. Die allgemein bekannte Abnahme der Kreislaufparameter infolge regelmässiger körperlicher Aktivität liess sich in unserem Kollektiv nicht nachweisen. Welche Ursachen im einzelnen dafür verantwortlich sind, bleibt offen. Sicherlich spielt die Tatsache eine Rolle, dass bereits vor Studie Normwerte vorlagen, dass alle Teilnehmer auch sonst schon Sport betrieben und dass letztlich der Schwerpunkt unserer Studie nicht in erster Linie darauf lag, Leistung zu fordern, sondern Freude an Bewegung und damit verbundene Genugtuung zu vermitteln. Somit mag auch die Intensität der sportlichen Belastung für einen solchen Effekt nicht ausgereicht haben.

Sehr erfreulich waren Trends, die sich bei den Diabetikern ohne ärztliches Zutun zeigten. So kam es zu einer Verbesserung der HbA_{1c}-Werte, welche aufgrund der grossen Streuung leider nicht signifikant war. Weiterhin war eine geringe Abnahme der Insulineinheiten pro kg/KG zu verzeichnen, ein besseres Führen des Diabetestagebuchs und eine Zunahme der BZ-Messungen pro Tag. Dies alles war nicht auf entsprechende Anweisungen des Diabetologen hin, sondern freiwillig geschehen. Zudem gab es während des Studienzeitraums keine schweren Stoffwechsellentgleisungen.

Regelmässige körperliche Aktivität scheint mit einer Zunahme des Körperbewusstseins und vermehrter Gesundheitsprophylaxe einherzugehen. Landt et al. publizierten bereits ähnliche Ergebnisse [13].

6.2 Körperzusammensetzung

Bei der Körperzusammensetzung zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Messverfahren: beim BMI fiel bei relativ gleichen Ausgangswerten eine konträre Entwicklung innerhalb der Studiengruppe auf, die jedoch nicht signifikant war: mit Ausnahme der männlichen Nichtdiabetiker, bei welchen eine Abnahme verzeichnet wurde, war bei allen Teilnehmern im Verlauf eine Zunahme des BM-Index zu verzeichnen.

Anders verhält es sich bei der Bestimmung des prozentualen subkutanen Fettgewebes, welches durch Faltendickenmessung bestimmt wurde. Hier lag eine schwach signifikante Abnahme des subkutanen Fettgewebes bei den Nichtdiabetikerinnen vor. Zudem zeigt sich erwartungsgemäss sowohl vor als auch nach der Studie ein schwach signifikanter Geschlechterunterschied. Durchschnittlich ist der prozentuale subkutane Fettgewebsanteil bei den Mädchen höher als bei den Jungen.

In der BIA fällt zunächst ein signifikanter Geschlechterunterschied bei der Magermasse auf. Der Anteil der Magermasse am Gesamtgewicht liegt bei den männlichen Probanden höher als bei den Weiblichen, was ebenfalls durch die postpubertäre Morphologie erklärt ist. Im Verlauf der Untersuchung nimmt die Magermasse bei beiden Geschlechtern signifikant zu, ohne dass der Vorsprung

der Jungen eingeholt werden kann. Die Fettmasse zeigt weder vor noch nach Studie einen Unterschied zwischen den Geschlechtern. Es wird jedoch eine schwach signifikante Abnahme während des Programms deutlich. Dies widerspricht den Ergebnissen der Faltendickenbestimmung.

Es stellt sich nun die Frage, welches der verwendeten Verfahren das aufschlussreichste ist. Der BMI, welcher weit verbreitet ist, zeigt kaum Veränderungen im Verlauf. Die Werte sind sogar eher zunehmend, woraus man schliessen muss, dass die Teilnehmer an Gewicht zunehmen. Völlig unberücksichtigt bleibt bei der BMI-Angabe die Körperzusammensetzung. So wird ein sehr schlanker Athlet ebenso als untergewichtig kategorisiert wie ein kachektischer Patient, und ein adipöser Mensch ebenso als übergewichtig wie ein Kraftsportler. Somit scheint der BMI doch eher ein zusätzliches Hilfsmittel zur Einteilung homogener Kollektive. Der Vorteil der Methode ist jedoch die Einfachheit, der Verzicht auf komplizierte Hilfsmittel und die untersucherunabhängige Reproduzierbarkeit.

Etwas sensitiver bezüglich der Körperkompartimente ist die Faltendickenbestimmung, wobei diese zahlreiche Fehlergrößen aufweist, welche den alltäglichen Nutzen deutlich beeinträchtigen: es gibt zahlreiche unterschiedliche Kaliper, in der Literatur ist eine verwirrende Zahl von Messlokalisationen publiziert und diese sind interindividuell nie genau objektivierbar. Zudem wird auch unter gleichen Bedingungen ein Untersucher wohl kaum zwei mal genau auf dieselben Werte kommen, geschweige denn zwei unterschiedliche Untersucher. Bereits geringe Abweichungen vom Messpunkt, Veränderungen des Faltenwinkels oder unterschiedlicher Anpressdruck der Falten können die Messergebnisse verändern.

Als objektivere Alternative bleibt die BIA. Diese ist zwar mit einem gewissen Aufwand verbunden. Sie setzt eine Vielzahl von Standards und gewisse räumliche und technische Gegebenheiten voraus, liefert dann jedoch recht verlässliche Daten zur Körperzusammensetzung.

Wenn es also nicht um eine Grobklassifizierung eines homogenen Kollektivs geht, sondern um genauere Angaben bezüglich der Körperzusammensetzung, sollte dieses Verfahren verwendet werden.

6.3 Die Lebensqualität und das Sportverhalten

Im Verlauf des Untersuchungszeitraums konnten keine Veränderungen der Lebensqualität festgestellt werden, wobei die Ergebnisse des Lebensqualitätsfragebogens bereits zu Beginn der Studie sehr gut waren und keiner der Teilnehmer sich in irgendeiner Form beeinträchtigt oder benachteiligt fühlte. Von daher war auch nicht mit einer wesentlichen Verbesserung der Werte zu rechnen. Umgekehrt liess sich jedoch zeigen, dass die diabetischen Jugendlichen den direkten Vergleich mit ihren gesunden Altersgenossen offensichtlich nicht zu scheuen brauchen und dass der Sport in gemischten Gruppen zu keinerlei Negativierung des Selbsterlebens und der Einschätzung der eigenen Situation führte. Aufgrund des Studiencharakters wurde z. B. auf regelmässige Blutzuckerkontrollen vor, während und nach dem Sport bestanden. Diese mussten zwangsläufig vor den Anderen durchgeführt werden, was zu Konfliktsituationen hätte füh-

ren können. Ausserdem mussten die Diabetiker immer wieder die Aktivitäten unterbrechen, um Unterzuckerungen vorzubeugen oder sie zu bekämpfen. Dass dies nicht zu Negativ-Erlebnissen führte, mag zum Teil daran liegen, dass die gesunden Jugendlichen die „Konfrontation“ damit bereits gewohnt waren und daher verständnisvoll reagierten. Mit Sicherheit ist dies aber nicht der einzige Grund, da in diesem Alter und bei einer sich weitgehend unbekanntem und gemischtgeschlechtlichen Gruppe solche Sozialisierungsmechanismen nicht derart ausgebildet sein dürften, dass als kränkend empfundene Bemerkungen gänzlich ausblieben.

Der Schul- und Freizeitsport blieb von der Studie unbeeinflusst, das heisst, der zeitliche und sportliche Aufwand für die zwei Trainingsnachmittage wurde von allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern zusätzlich zum üblichen Schul- und Freizeitsport in Kauf genommen. Es gab keine Abnahme der sonstigen sportlichen Aktivitäten zugunsten der Studie und keiner der Teilnehmer hatte mehr als einen Fehltermin oder brach gar das Programm ab, obwohl die Teilnahme freiwillig war. Dies ist besonders erstaunlich, da alle Jugendlichen auch sonst diversen Freizeitangeboten nachgingen. Somit ist für weitere Studien gezeigt worden, dass mit der nötigen Motivation nahezu jeder Jugendliche zu einem solchen Programm bereit und in der Lage ist.

6.4 Der Münchner Fitness-Test

Die Notwendigkeit einer gezielten Förderung sportlicher Aktivität bei Jugendlichen generell wird bei der Auswertung des Münchner Fitness-Tests besonders deutlich. Obwohl alle Probanden regelmässig am Schulsport teilnahmen und die meisten Freizeit- oder sogar Vereinssport betrieben, zeigten sich deutliche Defizite im Bereich der Koordination, Kraft und Ausdauer.

Die koordinativen Fähigkeiten waren in den Gruppen und Geschlechtern gleichmässig schlecht bzw. mittelmässig. Durch das Programm konnte eine homogene Besserung im Verlauf erzielt werden. Dabei zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass keine Beeinträchtigung der koordinativen Fähigkeiten durch den Diabetes besteht.

Bezüglich der Beweglichkeit präsentierte sich ein insgesamt breites Spektrum zu Anfang, welches keine Unterschiede zwischen Diabetikern und Nichtdiabetikern aufwies. Auffallend war jedoch, dass die Jungen insgesamt wesentlich schlechter abschnitten als die Mädchen. Eine Verbesserung der Beweglichkeit im Verlauf konnte bei beiden Geschlechtern beobachtet werden, wobei es den Jungen nicht gelang, den Rückstand auf die Mädchen zu verkürzen. Auch hier zeigte sich kein negativer Einfluss durch den Diabetes.

Die Kraft wurde für die oberen und unteren Extremitäten getrennt durch Standhochsprung (untere Extremitäten) und Halten im Hang (obere Extremitäten) getestet.

In Bezug auf die Kraft in den Beinen war bei beiden Geschlechtern und beiden Gruppen ein breites Spektrum festzustellen. Im Verlauf des Sportprogramms manifestierte sich insgesamt eine Zunahme der Sprungkraft. Signifikan-

te Unterschiede gab es nicht.

Bei der Kraft der oberen Extremitäten startete die Kontrollgruppe schon sehr gut und konnte sich im Verlauf sogar noch steigern. Die Diabetiker hielten ihr zu Beginn des Programms erzieltes, durchschnittlich gutes Resultat, ohne sich im Verlauf weiter zu verbessern. Inwieweit dies auf ein langsames Muskelwachstum bei den Diabetikern zurückzuführen ist, kann bei der kleinen Teilnehmerzahl dieser Untersuchung nicht beantwortet werden, scheint jedoch bei der ausgeglichenen Entwicklung im Bereich der unteren Extremitäten eher unwahrscheinlich.

Im Bereich der Ausdauerleistung präsentierte die gesamte Gruppe geschlechtsunabhängig die eindeutig schlechteste Ausgangsleistung. Diese verbesserte sich in den zwei Monaten der Studie erheblich. Unterschiede zwischen den Geschlechtern oder Gruppen konnten nicht festgestellt werden, so dass wir davon ausgehen können, dass der Diabetes das Ausdauertraining nicht beeinflusst.

Darüber hinaus fällt auf, dass bei unserer Gruppe von überwiegend relativ kurz nach der Pubertät befindlichen jugendlichen Freizeitsportlern kein Geschlechterunterschied in Bezug auf Kraft und Ausdauer nachzuweisen war.

Zusammenfassen lassen sich die einzelnen Ergebnisse in der sogenannten Grobdiagnose, welche aus der Summe der T-Werte aller Einzelaufgaben geteilt durch die Anzahl der Aufgaben ermittelt wird. Zu Beginn dominiert die Note „Ausreichend“, flankiert von wenigen „Mangelhaft“ und „Befriedigend“. Nach Beendigung der Studie haben wir ein „befriedigendes“ Ergebnis mit Noten, die ausgeglichen zwischen „Gut“ und „Ausreichend“ platziert sind.

Die sportliche Förderung von Jugendlichen scheint also nicht nur für Diabetiker wichtig sondern ist auch bei gesunden Jugendlichen sinnvoll und notwendig. Weiterhin zeigen die Ergebnisse, dass Diabetikerinnen und Diabetiker ihren nicht-diabetischen Altersgenossen bei zufriedenstellender Stoffwechseleinstellung in keiner Weise nachstehen. Sie haben dieselben Stärken und Schwächen wie ihre gleichaltrigen Kameraden und sind ganz genauso forder- und förderbar wie diese.

6.5 Die Laufbandergometrie

Der Benefit des Sportprogramms für die Leistungszunahme und Kondition lässt sich in der Laufbandergometrie zeigen: nach Studienende lag die Maximalgeschwindigkeit und maximale Belastungsdauer signifikant höher. Andererseits war das Maximallaktat nur leicht gestiegen und die maximale Herzfrequenz schwach signifikant gefallen. Das heisst, dass bei minimal geringerer pulmonaler Belastung und vergleichbaren Laktatwerten alle Teilnehmer eine signifikant höhere Leistung erbrachten. Dies lässt sich vor allem durch Verbesserung der Kondition erklären, welche mit einer Zunahme der maximalen Sauerstoffaufnahme [80], einer optimierten Sauerstoffextraktion der Muskulatur [98,110] sowie einer Zunahme des Schlagvolumens des Herzens bei gleichzeitig geringerem Frequenzanstieg [97,93] einhergeht. Andererseits kann auch ein ökonomischerer Laufstil eine Rolle spielen. Dieser könnte Folge einer Gewöhnung des Probanden an das Laufband und einer damit verbundenen geringeren sympathoadrenergen

Reaktion sein.

6.6 Der 96-Sekunden-Test

Die Veränderungen des Trainingszustands werden auch durch die Resultate des 96-Sekudentests verdeutlicht: erfreulich ist zunächst eine schwach signifikante Zunahme der Peakpower. Diese entspricht der maximalen, kurzzeitig aufgebracht Leistung. Weiterhin wurde eine signifikante Zunahme der maximalen 5-s-Arbeit gemessen, das heisst eine Zunahme der grössten Energiemenge, welche der Proband während dieses Zeitraums abgeben kann. Die anaerobe Kapazität blieb im Verlauf weitgehend unverändert. Dagegen steigerte sich die alaktazide Kapazität auf Kosten der laktaziden, was auf eine muskuläre Adaptation an die Belastung hinweist [39,20,49,33].

Das Gesamtlaktat nahm geringfügig ab, was eventuell Folge des Trainings ist [29,94]. Es könnte aber auch auf eine lediglich geringere Ausbelastung der Teilnehmer hinweisen.

Die Abnahme der Pulswerte schliesslich war hoch signifikant. Eine Erklärung wäre natürlich ein besserer Trainingszustand. Alternativ muss aber auch eine geringere Ausbelastung und eine damit verbundene geringere sympathoadrenerge Reaktion diskutiert werden. Dies würde auch die niedrigeren Laktatwerte in der Abschlussuntersuchung erklären.

6.7 Ausblick

Hinzu kommen zahlreiche Aspekte, die zum jetzigen Zeitpunkt nicht wissenschaftlich auswertbar sind. Manche von Ihnen wären durch einen entsprechend langen Nachbeobachtungszeitraum und eine derart intensive Weiterbetreuung, wie sie die Jugendlichen dank der engen Kooperation zwischen dem Diabeteszentrum der Dr. v. Haunerschen Kinderklinik und der Diabetesambulanz der Medizinischen Klinik der LMU München aktuell erfahren, vielleicht evaluierbar. Im einzelnen wäre hier zu nennen, ob das Sportprogramm die Jugendlichen mittel- bis langfristig dazu gebracht hat, mehr Sport zu treiben, ob sich durch die regelmässige sportliche Aktivität das Wohlbefinden und damit eventuell auch die Auseinandersetzung mit der Erkrankung nachhaltig verbessert [75,99,114]? Werden die Teilnehmer unter weniger psychischen Belastungen leiden, ihr Selbstwertgefühl durch den direkten Vergleich mit Gesunden stärken und somit die Beeinträchtigungen durch ihren Diabetes als geringer empfinden? Werden diese Jugendlichen ihre Erkrankung besser akzeptieren können, sich um eine straffere Einstellung [62,4,15,66] und einen gesünderen Lebenswandel bemühen [5,16,62] und damit das Risiko für Folgeerkrankungen vermindern? Wird in dieser Gruppe die Zahl weiterer Risikofaktoren wie Rauchen, Alkohol, Bewegungsmangel und fettreiche Ernährung vermindert sein [13]? Unter einer schlechten psychischen Verfassung leidet im allgemeinen auch die Compliance des Kranken und somit auch die Qualität der Therapie. Dadurch, dass der Diabetiker seine Erkrankung verdrängt, leiden regelmässige Blutzuckerkontrollen und regelmässige, richtig dosierte Insulinspritzen. Hier ist noch einmal

Sport als wichtiger Faktor für Selbstakzeptanz, normale Körperwahrnehmung und Leistungsfähigkeit heraus zu heben [75,99]. Durch Sport bekommt gerade der jugendliche Diabetiker in schlechter psychischer Verfassung die Möglichkeit, einen Zugang zu seinem Körper und seinen Bedürfnissen zu finden. Er gewinnt dadurch an Selbstbewusstsein. Hat der Diabetiker ein positiven Bezug zu sich gefunden, kann er auch die Krankheit leichter akzeptieren und hat damit die Voraussetzungen geschaffen, sich ausreichend um sich und seinen Diabetes zu kümmern. Ob nun der gute Ausgangswert in unserer Studiengruppe verantwortlich war für den fehlenden Anstieg der Lebensqualität oder ob nicht umgekehrt derjenige, der sich besser fühlt, auch mehr Sport treibt, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

7 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, die Auswirkungen eines motivationsorientierten Sportprogramms auf die Körperzusammensetzung, den Metabolismus und die Psyche von jugendlichen Typ 1 Diabetikern und stoffwechselgesunden Jugendlichen zu untersuchen.

An der Studie nahmen insgesamt 14 Jugendliche teil, 8 mit Diabetes mellitus Typ 1 (männlich/weiblich = 4/4, Durchschnittsalter 14,8 Jahre, Durchschnittsdiabetesdauer 6,5 Jahre), 6 stoffwechselgesunde (männlich/weiblich = 3/3, Durchschnittsalter 15,1 Jahre). Wir untersuchten vor und nach einem sechswöchigen Sportprogramm die diabetische Stoffwechsellage, die Körperzusammensetzung, die Lebensqualität, den Trainingszustand sowie Risikofaktoren für mikro- und makrovaskuläre Folgeerkrankungen. Besonderes Augenmerk lag beim Sportprogramm auf der Wahl von Trend- und Funsportarten, welche die Jugendlichen gern betreiben und die vorher anhand eines Fragebogens ermittelt worden waren. Das Programm sollte innerhalb eines Zeitraums von 6 Wochen Impulse geben, welche die Jugendlichen in ihre gewohnte Umgebung mitnehmen könnten.

Als Parameter für körperliche Fitness wurden die Peak Power, die maximale 5-s-Arbeit (Fahrradausbelastungstest) sowie die Belastungsdauer und die Maximalgeschwindigkeit (Laufbandergometrie) bestimmt. Weiterhin wurden Kraft, Ausdauer und Koordination (Münchener-Fitness-Test) untersucht. Die Peak Power nahm bei beiden Gruppen und Geschlechtern im Verlauf zu. Die maximale 5-s-Arbeit nahm sogar deutlich zu. Die Leistung auf dem Laufband nahm ebenfalls deutlich zu, da die Teilnehmer längere Belastungsdauern und höhere Maximalgeschwindigkeiten erreichten. Die anhand des standardisierten Münchener Fitnessstests ermittelten Defizite im koordinativen Bereich, der Ausdauer und der Kraft konnten im Rahmen des Sportprogramms bei allen Teilnehmern reduziert werden.

Diese Ergebnisse zeigen, dass gut geführte Jugendliche mit Diabetes die selben Leistungen erbringen können wie gleichaltrige Stoffwechselgesunde. Sie stehen diesen weder bezüglich Muskelkraft noch Kondition oder koordinativen Fähigkeiten nach.

Ausserdem konnte gezeigt werden, dass regelmässige sportliche Betätigung keinen negativen sondern im Gegenteil einen positiven Einfluss auf die diabetische Stoffwechsellage und den Umgang mit der Erkrankung hat. Das HbA_{1c} nahm im Verlauf leicht ab (8,4% auf 8,1%). Während des Studienzeitraums nahm die Zahl der Unterzuckerungen im Kollektiv nicht zu und es traten keine schweren Hypo- oder Hyperglykämien auf. Insgesamt führte das Programm dazu, dass die Teilnehmer ihre Blutzuckertagebücher gewissenhafter führten oder

sogar erst damit begannen, obwohl dies nicht von ärztlicher Seite gefordert wurde. Die Anzahl der täglichen Blutzuckermessungen nahm zu (4,1/d auf 4,9/d, $p = 0,02$) und damit auch die Zahl der täglichen Insulininjektionen (3,8/d auf 4,3/d, $p = 0,5$) bei gleichzeitiger Abnahme der gespritzten Insulineinheiten (46,5/d auf 45,8/d, $p = 0,6$).

Die zur Bestimmung der Körperzusammensetzung verwendeten Verfahren zeigten unterschiedliche Resultate. Während die Bestimmung des Body-Mass-Index (BMI) und die Faltendickenbestimmung keine Geschlechtsunterschiede und keine Veränderungen durch den Sport zeigen konnten, fiel in der Bio-Impedanz-Analyse (BIA) bereits vor Studienbeginn ein deutlicher Unterschied bezüglich der Magermasse zwischen den Geschlechtern auf. Der Anteil der Magermasse lag bei den Jungen über dem der Mädchen. Die Fettmassen zeigten keine Unterschiede. In der zweiten Untersuchung nach Ende des Sportprogramms war die Magermasse bei beiden Geschlechtern deutlich angestiegen, die Fettmasse hatte in beiden leicht abgenommen. Auch bei der Körperzusammensetzungen konnten keine Einflüsse durch den Diabetes festgestellt werden, das heisst, dass in unserem Kollektiv die Diabetiker keineswegs dicker waren als ihre stoffwechselgesunden Altersgenossen und die Muskelmasse durch die sportliche Betätigung in beiden Gruppen gleichermassen zunahm.

Weitgehend unverändert blieben während des Untersuchungszeitraums der Puls, der Blutdruck, die Serumlipide sowie das Lipoprotein (a).

A Tabellen

A.1 Rohdaten der Probanden

Studiennummer	Nr.1.1	Nr.1.2	Nr.1.3	Nr.1.4
Geburtsdatum	01.10.1984	01.04.1985	01.10.1986	01.02.1982
Geschlecht	m	f	f	f
Erstmanifestation	01.04.1995	01.12.1994	01.05.1998	01.08.1990
Eingabedatum v.B.	09.06.1999	11.06.1999	08.06.1999	11.06.1999
Eingabedatum n.E.	29.07.1999	20.07.1999	22.07.1999	19.07.1999
Größe v.B. [cm]	175,3	170,7	163	170,2
Größe n.E. [cm]	176,5	171,3	163,3	170,4
Gewicht v.B. [kg]	66,5	55,9	49,6	64,4
Gewicht n.E. [kg]	68,2	56,9	51,2	60
Reifestadium v.B.	P5G5HVr12112	B4P4	B4P4	B5P5
Reifestadium n.E.	P4G4HVr1018	B4P4	B4P4	B5P5
RR v.B. [mmHg]	109/54	98/61	127/67	131/65
RR n.E. [mmHg]	114/58	96/51	103/53	130/70
Ruhepuls v.B. [1/min]	61	48	88	89
Ruhepuls n.E. [1/min]	58	57	70	84
Retinopathie v.B.	neg	neg	neg	neg
Retinopathie n.E.	neg	neg	neg	neg
Nephropathie v.B.	neg	neg	neg	neg
Nephropathie n.E.	neg	neg	neg	neg
BIA RX v.B.	498	648	678	691
BIA RX n.E.	496	504	669	552
BIA XC v.B.	49	56	69	65
BIA XC n.E.	53	112	59	89
Magermasse v.B. [kg]	57,1	43,6	39,1	43,1
Magermasse n.E. [kg]	58,5	50,3	39,7	48,1
Fettmasse v.B. [kg]	9,4	12,3	10,5	21,3
Fettmasse n.E. [kg]	9,7	6,6	11,5	11,9
BMI v.B. [%]	21,7	19,1	18,7	22,3
BMI n.E. [%]	21,8	19,5	19,3	20,2
HFM v.B. [%]	9	17	19	28
HFM n.E. [%]	10	16	16	25
HbA1 _C v.B. [%]	8,5	7,4	6,6	8,2
HbA1 _C n.E. [%]	7,5	7,2	6,6	7,6
BZM/Tag v.B.	4	4	5	5
BZM/Tag n.E.	6	5	6	6
BE/Tag v.B.	17	12,5	19	12
BE/Tag n.E.	18	12	19	12
IE/Tag v.B.	48,9	21	44,5	n.b.
IE/Tag n.E.	49,9	13	46,5	45,3
Injektionen/Tag v.B.	Pumpe	Spritze 3	Spritze 4	Pumpe
Injektionen/Tag n.E.	Pumpe	Spritze 3	Spritze 4	Pumpe
Lp(a) v.B. [mg/dl]	5	48	102	14
Lp(a) n.E. [mg/dl]	5	62	90	15
LDL/HDL v.B.	1,8	1,2	1,6	1,1
LDL/HDL n.E.	1,7	1	2	1,1

Tabelle A.1: Rohdaten der Diabetiker (Teil 1). Anmerkungen: v.B. = vor Studienbeginn, n.E. = nach Studienende, HFM = durch Hautfaltenmessungen bestimmter Anteil des subkutanen Fettgewebes am Körpergewicht, BZM = Anzahl der Blutzuckermessungen.

Studiennummer	Nr.1.5	Nr.1.6	Nr.1.7	Nr.1.8
Geburtsdatum	01.09.1985	01.11.1982	01.11.1983	01.12.1985
Geschlecht	m	m	f	m
Erstmanifestation	01.08.1990	01.12.1984	01.02.1996	01.07.1992
Eingabedatum v.B.	11.06.1999	10.06.1999	11.06.1999	07.06.1999
Eingabedatum n.E.	20.07.1999	22.07.1999	27.07.1999	27.07.1999
Größe v.B. [cm]	164,5	187,9	168,2	162,8
Größe n.E. [cm]	164,5	187,9	168,2	163,9
Gewicht v.B. [kg]	58	59,6	52,5	58,3
Gewicht n.E. [kg]	58,8	60,5	52,1	59,5
Reifestadium v.B.	P3G3HVr616	P5G4HVr13115	B5P4	P3G3HVr514
Reifestadium n.E.	P3G3HVr616	P5G4HVr13115	B5P4	P3G3HVr514
RR v.B. [mmHg]	113/59	92/48	106/60	120/68
RR n.E. [mmHg]	109/74	105/53	110/64	121/60
Ruhepuls v.B. [1/min]	75	102	82	81
Ruhepuls n.E. [1/min]	82	73	69	80
Retinopathie v.B.	neg	neg	neg	neg
Retinopathie n.E.	neg	neg	neg	neg
Nephropathie v.B.	neg	neg	neg	neg
Nephropathie n.E.	neg	neg	neg	neg
BIA RX v.B.	649	583	648	584
BIA RX n.E.	572	535	657	512
BIA XC v.B.	54	50	61	49
BIA XC n.E.	47	43	68	42
Magermasse v.B. [kg]	43,5	54,6	42,2	45,7
Magermasse n.E. [kg]	47,1	57,7	41,7	50,3
Fettmasse v.B. [kg]	14,5	5	10,8	12,3
Fettmasse n.E. [kg]	11,7	2,8	10,3	9,7
BMI v.B. [%]	21,3	16,9	18,8	21,8
BMI n.E. [%]	21,6	17,1	18,4	22,3
HFM v.B. [%]	19	7	17	17
HFM n.E. [%]	19	6	16	14
HbA _{1C} v.B. [%]	8,7	10	10,3	7,4
HbA _{1C} n.E. [%]	8,6	9,9	10	7,4
BZM/Tag v.B.	5	3	3	4
BZM/Tag n.E.	5	4	3	4
BE/Tag v.B.	16	23	13	20
BE/Tag n.E.	16	22	15	18
IE/Tag v.B.	44,4	69,7	49	49,8
IE/Tag n.E.	44,4	72	50	45,2
Injektionen/Tag v.B.	Pumpe	Spritze 5	Spritze 3	Pumpe
Injektionen/Tag n.E.	Pumpe	Spritze 6	Spritze 4	Pumpe
Lp(a) v.B. [mg/dl]	43	5	5	5
Lp(a) n.E. [mg/dl]	42	n.b.	5	5
LDL/HDL v.B.	2	1,3	1,9	1,8
LDL/HDL n.E.	1,9	n.b.	2,1	1,5

Tabelle A.2: Rohdaten der Diabetiker (Teil 2). Anmerkungen: v.B. = vor Studienbeginn, n.E. = nach Studienende, HFM = durch Hautfaltenmessungen bestimmter Anteil des subkutanen Fettgewebes am Körpergewicht, BZM = Anzahl der Blutzuckermessungen.

Studiennummer	Nr.2.1	Nr.2.2	Nr.2.3	Nr.2.4	Nr.2.5	Nr.2.6
Geburtsdatum	01.12.1983	01.10.1981	01.01.1985	01.10.1984	01.06.1986	01.03.1984
Geschlecht	m	f	m	f	m	f
Eingabedatum v.B.	10.06.1999	11.06.1999	09.06.1999	11.06.1999	11.06.1999	11.06.1999
Eingabedatum n.E.	22.07.1999	27.07.1999	29.07.1999	20.07.1999	20.07.1999	20.07.1999
Größe v.B. [cm]	177,4	159	164,3	171,1	158,2	157,6
Größe n.E. [cm]	176,8	158,9	166,1	170,8	158,7	158,1
Gewicht v.B. [kg]	63,2	50,7	60	52,9	55,6	49,9
Gewicht n.E. [kg]	61,7	52,6	57,2	53,9	56	50,4
Reifestadium v.B.	P5G5HV15/15	B5P4	G4P4HV8/8	B4P4	G2P2HVr4I3	B5P4
Reifestadium n.E.	P5G5HV15/15	B5P4	G4P4HV8/8	B4P4	G2P2HVr4I3	B5P4
RR v.B. [mmHg]	114/74	107/64	120/55	103/65	120/66	111/62
RR n.E. [mmHg]	108/50	106/64	120/58	85/61	115/64	105/54
Ruhepuls v.B. [1/min]	79	80	68	73	96	67
Ruhepuls n.E. [1/min]	74	77	78	71	84	75
BIA RX v.B.	500	728	516	701	571	696
BIA RX n.E.	510	624	505	655	584	608
BIA XC v.B.	53	80	45	58	49	75
BIA XC n.E.	58	65	46	63	50	66
Magermasse v.B. [kg]	56,8	36,7	50,1	41,2	44	37,2
Magermasse n.E. [kg]	55,7	40,3	50,7	43	43,9	40,2
Fettmasse v.B. [kg]	6,4	14	9,9	11,6	11,6	12,7
Fettmasse n.E. [kg]	6	12,3	6,5	10,9	12,1	10,2
BMI v.B. [%]	20,2	20,1	22,3	18,1	22,3	20
BMI n.E. [%]	19,7	20,8	20,8	18,4	22,2	20,2
HFM v.B. [%]	5	19	13	18	19	19
HFM n.E. [%]	5	22	9	17	20	18
Lp(a) v.B. [mg/dl]	19	5	18	49	21	8
Lp(A) n.E. [mg/dl]	5	5	14	65	21	6
LDL/HDL v.B.	1,8	1,8	1,3	1,9	2,1	2,4
LDL/HDL n.E.	1,9	2,8	1	2,1	1,9	1,8

Tabelle A.3: Rohdaten der Nicht-Diabetiker. Anmerkungen: v.B. = vor Studienbeginn, n.E. = nach Studienende, HFM = durch Hautfaltenmessungen bestimmter Anteil des subkutanen Fettgewebes am Körpergewicht.

A.2 Körperfett-Tabellen

Nachfolgend befinden sich die Tabellen zur Bestimmung des prozentualen Körperfettanteils aus der Hautfaltendickenmessung. Die Prozentwerte werden anhand der Messergebnisse, des Alters und des Geschlechts aus den Tabellen ermittelt. (Poliklinik für präventive und rehabilitative Sportmedizin der Technischen Universität München)

Fettanteil in % nach Hautfaltendickenmessungen																	Männer																																																																																																																						
Hautfaltendicke [mm]: Summe aus 7 Messungen																																																																																																																																							
Alter	39	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	39	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66																																																																																																									
18	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,8	6,1	6,4	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8	9,1	9,4	9,7	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,7	13,0	13,3	13,6	13,9	14,2	14,5	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,1																																																																																		
20	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,9	7,2	7,5	7,8	8,1	8,4	8,7	9,0	9,3	9,6	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,4	11,7	12,0	12,3	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,1																																																																													
25	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9	6,2	6,5	6,8	7,1	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	8,9	9,2	9,5	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,8	13,1	13,4	13,7	14,0	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0																																																																														
30	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9	6,1	6,4	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8	9,1	9,4	9,7	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,7	13,0	13,3	13,6	13,9	14,2	14,5	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0																																																																								
35	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	6,1	6,4	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8	9,1	9,4	9,7	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,7	13,0	13,3	13,6	13,9	14,2	14,5	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0																																																																									
40	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,9	7,2	7,5	7,8	8,1	8,4	8,7	9,0	9,3	9,6	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,4	11,7	12,0	12,3	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7	24,0																																																																				
45	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,9	7,2	7,5	7,8	8,1	8,4	8,7	9,0	9,3	9,6	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,4	11,7	12,0	12,3	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7	24,0																																																																						
50	5,3	5,6	5,9	6,2	6,5	6,8	7,1	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	8,9	9,2	9,5	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,8	13,1	13,4	13,7	14,0	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,7	23,0	23,3	23,6	23,9	24,2	24,5	24,8	25,1	25,4	25,7	26,0																																																																	
55	5,9	6,2	6,5	6,8	7,1	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	8,9	9,2	9,5	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,8	13,1	13,4	13,7	14,0	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,7	23,0	23,3	23,6	23,9	24,2	24,5	24,8	25,1	25,4	25,7	26,0																																																																			
60	6,4	6,7	7,0	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	8,9	9,2	9,5	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,8	13,1	13,4	13,7	14,0	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,7	23,0	23,3	23,6	23,9	24,2	24,5	24,8	25,1	25,4	25,7	26,0																																																																					
65	7,0	7,3	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8	9,1	9,4	9,7	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,7	13,0	13,3	13,6	13,9	14,2	14,5	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,8	24,1	24,4	24,7	25,0	25,3	25,6	25,9	26,2	26,5	26,8	27,1	27,4	27,7	28,0																																																																
70	7,5	7,9	8,2	8,5	8,8	9,1	9,4	9,7	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,7	13,0	13,3	13,6	13,9	14,2	14,5	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,8	24,1	24,4	24,7	25,0	25,3	25,6	25,9	26,2	26,5	26,8	27,1	27,4	27,7	28,0																																																																		
75	8,1	8,4	8,7	9,0	9,4	9,7	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,7	13,0	13,3	13,6	13,9	14,2	14,5	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,8	24,1	24,4	24,7	25,0	25,3	25,6	25,9	26,2	26,5	26,8	27,1	27,4	27,7	28,0																																																																				
80	8,7	9,0	9,3	9,6	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,4	11,7	12,0	12,3	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7	24,0	24,3	24,6	24,9	25,2	25,5	25,8	26,1	26,4	26,7	27,0	27,3	27,6	27,9	28,2	28,5	28,8	29,1	29,4	29,7	30,0																																																															
85	9,2	9,6	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,4	11,7	12,0	12,3	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7	24,0	24,3	24,6	24,9	25,2	25,5	25,8	26,1	26,4	26,7	27,0	27,3	27,6	27,9	28,2	28,5	28,8	29,1	29,4	29,7	30,0																																																																	
90	9,8	10,1	10,4	10,7	11,1	11,4	11,7	12,0	12,3	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7	24,0	24,3	24,6	24,9	25,2	25,5	25,8	26,1	26,4	26,7	27,0	27,3	27,6	27,9	28,2	28,5	28,8	29,1	29,4	29,7	30,0																																																																			
95	10,4	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,8	13,1	13,4	13,7	14,0	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,7	23,0	23,3	23,6	23,9	24,2	24,5	24,8	25,1	25,4	25,7	26,0	26,3	26,6	26,9	27,2	27,5	27,8	28,1	28,4	28,7	29,0	29,3	29,6	29,9	30,2	30,5	30,8	31,1	31,4	31,7	32,0	32,3	32,6	32,9	33,2	33,5	33,8	34,1	34,4	34,7	35,0	35,3	35,6	35,9	36,2	36,5	36,8	37,1	37,4	37,7	38,0	38,3	38,6	38,9	39,2	39,5	39,8	40,1	40,4	40,7	41,0	41,3	41,6	41,9	42,2	42,5	42,8	43,1	43,4	43,7	44,0	44,3	44,6	44,9	45,2	45,5	45,8	46,1	46,4	46,7	47,0	47,3	47,6	47,9	48,2	48,5	48,8	49,1	49,4	49,7	50,0		
100	12,7	13,0	13,3	13,6	13,9	14,2	14,5	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,8	24,1	24,4	24,7	25,0	25,3	25,6	25,9	26,2	26,5	26,8	27,1	27,4	27,7	28,0	28,3	28,6	28,9	29,2	29,5	29,8	30,1	30,4	30,7	31,0	31,3	31,6	31,9	32,2	32,5	32,8	33,1	33,4	33,7	34,0	34,3	34,6	34,9	35,2	35,5	35,8	36,1	36,4	36,7	37,0	37,3	37,6	37,9	38,2	38,5	38,8	39,1	39,4	39,7	40,0	40,3	40,6	40,9	41,2	41,5	41,8	42,1	42,4	42,7	43,0	43,3	43,6	43,9	44,2	44,5	44,8	45,1	45,4	45,7	46,0	46,3	46,6	46,9	47,2	47,5	47,8	48,1	48,4	48,7	49,0	49,3	49,6	49,9	50,2	50,5	50,8	51,1	51,4	51,7	52,0	52,3	52,6	52,9</

Fettanteil in % nach Hautfaltenmessungen																	Männer																					
Hautfaldendicke [mm]: Summe aus 7 Messungen																																						
Alter	88	79	72	74	76	78	89	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	88	79	72	74	76	78	89	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104
10	8,1	8,4	8,7	9,0	9,2	9,5	9,8	10,1	10,3	10,6	10,9	11,1	11,4	11,7	11,9	12,2	12,5	12,7	13,0	8,1	8,4	8,7	9,0	9,2	9,5	9,8	10,1	10,3	10,6	10,9	11,1	11,4	11,7	11,9	12,2	12,5	12,7	13,0
12	8,4	8,6	8,9	9,2	9,5	9,7	10,0	10,3	10,6	10,8	11,1	11,4	11,6	11,9	12,2	12,4	12,7	12,9	13,2	8,4	8,6	8,9	9,2	9,5	9,7	10,0	10,3	10,6	10,8	11,1	11,4	11,6	11,9	12,2	12,4	12,7	12,9	13,2
14	8,6	8,9	9,1	9,4	9,7	10,0	10,3	10,6	10,8	11,1	11,3	11,6	11,9	12,1	12,4	12,7	12,9	13,2	13,4	8,6	8,9	9,1	9,4	9,7	10,0	10,3	10,6	10,8	11,1	11,3	11,6	11,9	12,1	12,4	12,7	12,9	13,2	13,4
16	8,8	9,1	9,4	9,7	9,9	10,3	10,6	10,8	11,0	11,3	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,9	13,1	13,4	13,7	8,8	9,1	9,4	9,7	9,9	10,3	10,6	10,8	11,0	11,3	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,9	13,1	13,4	13,7
18	9,0	9,3	9,6	9,9	10,2	10,4	10,7	11,0	11,3	11,5	11,8	12,1	12,3	12,6	12,9	13,1	13,4	13,6	13,9	9,0	9,3	9,6	9,9	10,2	10,4	10,7	11,0	11,3	11,5	11,8	12,1	12,3	12,6	12,9	13,1	13,4	13,6	13,9
20	9,3	9,5	9,8	10,1	10,4	10,7	10,9	11,2	11,5	11,8	12,0	12,3	12,6	12,8	13,1	13,3	13,6	13,9	14,1	9,3	9,5	9,8	10,1	10,4	10,7	10,9	11,2	11,5	11,8	12,0	12,3	12,6	12,8	13,1	13,3	13,6	13,9	14,1
25	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	11,3	11,5	11,8	12,1	12,3	12,6	12,8	13,1	13,4	13,7	13,9	14,2	14,4	14,7	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	11,3	11,5	11,8	12,1	12,3	12,6	12,8	13,1	13,4	13,7	13,9	14,2	14,4	14,7
30	10,4	10,7	11,0	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,6	12,9	13,2	13,4	13,7	14,0	14,2	14,5	14,8	15,0	15,3	10,4	10,7	11,0	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,6	12,9	13,2	13,4	13,7	14,0	14,2	14,5	14,8	15,0	15,3
35	11,0	11,3	11,6	11,8	12,1	12,4	12,7	12,9	13,2	13,5	13,7	14,0	14,3	14,6	14,8	15,1	15,3	15,6	15,9	11,0	11,3	11,6	11,8	12,1	12,4	12,7	12,9	13,2	13,5	13,7	14,0	14,3	14,6	14,8	15,1	15,3	15,6	15,9
40	11,5	11,8	12,1	12,4	12,7	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,3	14,6	14,9	15,1	15,4	15,7	15,9	16,2	16,5	11,5	11,8	12,1	12,4	12,7	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	14,3	14,6	14,9	15,1	15,4	15,7	15,9	16,2	16,5
45	12,1	12,4	12,7	13,0	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,6	14,9	15,2	15,4	15,7	16,0	16,2	16,5	16,8	17,0	12,1	12,4	12,7	13,0	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,6	14,9	15,2	15,4	15,7	16,0	16,2	16,5	16,8	17,0
50	12,7	13,0	13,3	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7	14,9	15,2	15,5	15,8	16,0	16,3	16,6	16,8	17,1	17,4	17,6	12,7	13,0	13,3	13,5	13,8	14,1	14,4	14,7	14,9	15,2	15,5	15,8	16,0	16,3	16,6	16,8	17,1	17,4	17,6
55	13,3	13,6	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0	15,2	15,5	15,8	16,1	16,3	16,6	16,9	17,2	17,4	17,7	18,0	18,2	13,3	13,6	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0	15,2	15,5	15,8	16,1	16,3	16,6	16,9	17,2	17,4	17,7	18,0	18,2
60	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0	15,3	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7	16,9	17,2	17,5	17,7	18,0	18,3	18,6	18,8	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0	15,3	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7	16,9	17,2	17,5	17,7	18,0	18,3	18,6	18,8
65	14,4	14,7	15,0	15,3	15,6	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0	17,2	17,5	17,8	18,1	18,3	18,6	18,9	19,1	19,4	14,4	14,7	15,0	15,3	15,6	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0	17,2	17,5	17,8	18,1	18,3	18,6	18,9	19,1	19,4
70	15,0	15,3	15,6	15,9	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,8	18,1	18,4	18,7	18,9	19,2	19,5	19,7	20,0	15,0	15,3	15,6	15,9	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,8	18,1	18,4	18,7	18,9	19,2	19,5	19,7	20,0
75	15,6	15,9	16,2	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,1	18,4	18,7	19,0	19,2	19,5	19,8	20,1	20,3	20,6	15,6	15,9	16,2	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,1	18,4	18,7	19,0	19,2	19,5	19,8	20,1	20,3	20,6
80	16,2	16,5	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,7	19,0	19,3	19,6	19,8	20,1	20,4	20,6	20,9	21,2	16,2	16,5	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,7	19,0	19,3	19,6	19,8	20,1	20,4	20,6	20,9	21,2
85	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,4	20,7	21,0	21,2	21,5	21,8	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,4	20,7	21,0	21,2	21,5	21,8
90	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,4	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,4
95	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,3	21,6	21,9	22,2	22,4	22,7	23,0	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,3	21,6	21,9	22,2	22,4	22,7	23,0
100	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	21,9	22,2	22,5	22,8	23,0	23,3	23,6	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	21,9	22,2	22,5	22,8	23,0	23,3	23,6

Tabelle A.5: Körperfett-Tabelle: Männer II

Fettanteil in % nach Hautfaltenmessungen																	Männer																					
Hautfaldendicke [mm]: Summe aus 7 Messungen																																						
Alter	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132	134	136	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132	134	136
10	12,5	12,7	13,0	13,2	13,5	13,7	14,0	14,2	14,5	14,7	15,0	15,2	15,5	15,7	15,9	16,2	16,4	16,6	16,9	12,5	12,7	13,0	13,2	13,5	13,7	14,0	14,2	14,5	14,7	15,0	15,2	15,5	15,7	15,9	16,2	16,4	16,6	16,9
12	12,7	12,9	13,2	13,5	13,7	14,0	14,2	14,5	14,7	15,0	15,2	15,4	15,7	15,9	16,2	16,4	16,6	16,9	17,1	12,7	12,9	13,2	13,5	13,7	14,0	14,2	14,5	14,7	15,0	15,2	15,4	15,7	15,9	16,2	16,4	16,6	16,9	17,1
14	12,9	13,2	13,4	13,7	13,9	14,2	14,4	14,7	14,9	15,2	15,4	15,7	15,9	16,2	16,4	16,6	16,9	17,1	17,3	12,9	13,2	13,4	13,7	13,9	14,2	14,4	14,7	14,9	15,2	15,4	15,7	15,9	16,2	16,4	16,6	16,9	17,1	17,3
16	13,1	13,4	13,7	13,9	14,2	14,4	14,7	14,9	15,2	15,4	15,7	15,9	16,2	16,4	16,6	16,9	17,1	17,3	17,6	13,1	13,4	13,7	13,9	14,2	14,4	14,7	14,9	15,2	15,4	15,7	15,9	16,2	16,4	16,6	16,9	17,1	17,3	17,6
18	13,4	13,6	13,9	14,2	14,4	14,7	14,9	15,2	15,4	15,7	15,9	16,1	16,4	16,6	16,9	17,1	17,3	17,6	17,8	13,4	13,6	13,9	14,2	14,4	14,7	14,9	15,2	15,4	15,7	15,9	16,1	16,4	16,6	16,9	17,1	17,3	17,6	17,8
20	13,6	13,9	14,1	14,4	14,6	14,9	15,1	15,4	15,6	15,9	16,1	16,4	16,6	16,9	17,1	17,3	17,6	17,8	18,1	13,6	13,9	14,1	14,4	14,6	14,9	15,1	15,4	15,6	15,9	16,1	16,4	16,6	16,9	17,1	17,3	17,6	17,8	18,1
25	14,2	14,4	14,7	15,0	15,2	15,5	15,7	16,0	16,2	16,5	16,7	17,0	17,2	17,5	17,7	17,9	18,2	18,4	18,6	14,2	14,4	14,7	15,0	15,2	15,5	15,7	16,0	16,2	16,5	16,7	17,0	17,2	17,5	17,7	17,9	18,2	18,4	18,6
30	14,8	15,0	15,3	15,5	15,8	16,1	16,3	16,6	16,8	17,1	17,3	17,6	17,8	18,0	18,3	18,5	18,8	19,0	19,2	14,8	15,0	15,3	15,5	15,8	16,1	16,3	16,6	16,8	17,1	17,3	17,6	17,8	18,0	18,3	18,5	18,8	19,0	19,2
35	15,3	15,6	15,9	16,1	16,4	16,6	16,9	17,1	17,4	17,6	17,9	18,1	18,4	18,6	18,9	19,1	19,4	19,6	19,8	15,3	15,6	15,9	16,1	16,4	16,6	16,9	17,1	17,4	17,6	17,9	18,1	18,4	18,6	18,9	19,1	19,4	19,6	19,8
40	15,9	16,2	16,5	16,7	17,0	17,2	17,5	17,7	18,0	18,2	18,5	18,7	19,0	19,2	19,5	19,7	19,9	20,2	20,4	15,9	16,2	16,5	16,7	17,0	17,2	17,5	17,7	18,0	18,2	18,5	18,7	19,0	19,2	19,5	19,7	19,9	20,2	20,4
45	16,5	16,8	17,0	17,3	17,6	17,8	18,1	18,																														

Fettanteil in % nach Hautfaltenmessungen		Männer																			
		Hautfaldendicke [mm]: Summe aus 7 Messungen																			
Alter		130	140	142	144	148	148	150	152	154	155	155	155	155	170	175	180	185	190	195	
10		17,1	17,3	17,6	17,8	18,0	18,2	18,5	18,7	18,9	19,1	19,3	19,6	20,1	20,6	21,1	21,6	22,1	22,6	23,0	
12		17,3	17,6	17,8	18,0	18,3	18,5	18,7	18,9	19,1	19,4	19,6	19,8	20,3	20,8	21,3	21,8	22,3	22,8	23,3	
14		17,5	17,8	18,0	18,3	18,5	18,7	18,9	19,2	19,4	19,6	19,8	20,0	20,6	21,1	21,6	22,1	22,6	23,0	23,5	
16		17,8	18,0	18,3	18,5	18,7	19,0	19,2	19,4	19,6	19,8	20,0	20,3	20,8	21,3	21,8	22,3	22,8	23,3	23,8	
18		18,1	18,3	18,5	18,7	19,0	19,2	19,4	19,6	19,9	20,1	20,3	20,5	21,0	21,5	22,1	22,6	23,1	23,6	24,0	
20		18,3	18,5	18,7	19,0	19,2	19,4	19,6	19,9	20,1	20,3	20,5	20,7	21,3	21,8	22,3	22,8	23,3	23,8	24,2	
25		18,9	19,1	19,3	19,6	19,8	20,0	20,2	20,5	20,7	20,9	21,1	21,3	21,9	22,4	22,9	23,4	23,9	24,4	24,8	
30		19,5	19,7	19,9	20,2	20,4	20,6	20,8	21,1	21,3	21,5	21,7	21,9	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	
35		20,1	20,3	20,5	20,8	21,0	21,2	21,4	21,7	21,9	22,1	22,3	22,5	23,1	23,6	24,1	24,6	25,1	25,6	26,1	
40		20,7	20,9	21,1	21,4	21,6	21,8	22,0	22,3	22,5	22,7	22,9	23,1	23,7	24,2	24,7	25,2	25,7	26,2	26,7	
45		21,3	21,5	21,7	22,0	22,2	22,4	22,6	22,9	23,1	23,3	23,5	23,7	24,3	24,8	25,3	25,8	26,3	26,8	27,3	
50		21,9	22,1	22,3	22,6	22,8	23,0	23,2	23,5	23,7	23,9	24,1	24,4	24,9	25,4	25,9	26,4	26,9	27,4	27,9	
55		22,5	22,7	22,9	23,2	23,4	23,6	23,8	24,1	24,3	24,5	24,7	25,0	25,5	26,0	26,5	27,1	27,6	28,0	28,5	
60		23,1	23,3	23,5	23,8	24,0	24,2	24,5	24,7	24,9	25,1	25,3	25,6	26,1	26,6	27,2	27,7	28,2	28,7	29,1	
65		23,7	23,9	24,1	24,4	24,6	24,8	25,1	25,3	25,6	25,7	26,0	26,2	26,7	27,3	27,8	28,3	28,8	29,3	29,8	
70		24,3	24,5	24,7	25,0	25,2	25,4	25,7	25,9	26,1	26,3	26,6	26,8	27,3	27,9	28,4	28,9	29,4	29,9	30,4	
75		24,9	25,1	25,3	25,6	25,8	26,0	26,3	26,5	26,7	27,0	27,2	27,4	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5	31,0	
80		25,5	25,7	25,9	26,2	26,4	26,7	26,9	27,1	27,3	27,6	27,8	28,0	28,6	29,1	29,6	30,1	30,6	31,1	31,6	
85		26,1	26,3	26,5	26,8	27,0	27,3	27,5	27,7	28,0	28,2	28,4	28,6	29,2	29,7	30,3	30,8	31,3	31,8	32,3	
90		26,7	26,9	27,2	27,4	27,7	27,9	28,1	28,4	28,6	28,8	29,0	29,3	29,8	30,4	30,9	31,4	31,9	32,4	32,9	
95		27,3	27,5	27,8	28,0	28,3	28,5	28,7	29,0	29,2	29,4	29,7	29,9	30,4	31,0	31,5	32,0	32,5	33,0	33,5	
100		27,9	28,2	28,4	28,7	28,9	29,1	29,4	29,6	29,9	30,0	30,3	30,5	31,1	31,6	32,1	32,7	33,2	33,7	34,2	

Tabelle A.7: Körperfett-Tabelle: Männer IV

Fettanteil in % nach Hautfaltenmessungen		Frauen																			
		Hautfaldendicke [mm]: Summe aus 7 Messungen																			
Alter		30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	
10		8,1	8,5	8,8	9,1	9,5	9,8	10,1	10,5	10,8	11,1	11,5	11,8	12,1	12,4	12,8	13,1	13,4	13,7	14,0	
12		8,2	8,6	8,9	9,2	9,6	9,9	10,2	10,6	10,9	11,2	11,6	11,9	12,2	12,5	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1	
14		8,3	8,7	9,0	9,3	9,7	10,0	10,3	10,7	11,0	11,3	11,7	12,0	12,3	12,6	13,0	13,3	13,6	13,9	14,2	
16		8,4	8,8	9,1	9,4	9,8	10,1	10,4	10,8	11,1	11,4	11,8	12,1	12,4	12,7	13,1	13,4	13,7	14,0	14,4	
18		8,5	8,9	9,2	9,5	9,9	10,2	10,5	10,9	11,2	11,5	11,9	12,2	12,5	12,8	13,2	13,5	13,8	14,1	14,5	
20		8,6	9,0	9,3	9,6	10,0	10,3	10,6	11,0	11,3	11,6	12,0	12,3	12,6	12,9	13,3	13,6	13,9	14,2	14,6	
25		8,9	9,2	9,5	9,9	10,2	10,6	10,9	11,2	11,6	11,9	12,2	12,6	12,9	13,2	13,5	13,9	14,2	14,5	14,8	
30		9,1	9,5	9,8	10,1	10,5	10,8	11,1	11,5	11,8	12,1	12,5	12,8	13,1	13,5	13,8	14,1	14,4	14,8	15,1	
35		9,4	9,7	10,1	10,4	10,7	11,1	11,4	11,7	12,1	12,4	12,7	13,1	13,4	13,7	14,0	14,4	14,7	15,0	15,3	
40		9,6	10,0	10,3	10,6	11,0	11,3	11,7	12,0	12,3	12,7	13,0	13,3	13,6	14,0	14,3	14,6	14,9	15,3	15,6	
45		9,9	10,2	10,6	10,9	11,2	11,6	11,9	12,2	12,6	12,9	13,2	13,6	13,9	14,2	14,6	14,9	15,2	15,5	15,9	
50		10,1	10,5	10,8	11,2	11,5	11,8	12,2	12,5	12,8	13,2	13,5	13,8	14,2	14,5	14,8	15,1	15,5	15,8	16,1	
55		10,4	10,7	11,1	11,4	11,7	12,1	12,4	12,8	13,1	13,4	13,8	14,1	14,4	14,7	15,1	15,4	15,7	16,0	16,4	
60		10,6	11,0	11,3	11,7	12,0	12,3	12,7	13,0	13,3	13,7	14,0	14,3	14,7	15,0	15,3	15,7	16,0	16,3	16,6	
65		10,9	11,2	11,6	11,9	12,3	12,6	12,9	13,3	13,6	13,9	14,3	14,6	14,9	15,3	15,6	15,9	16,2	16,6	16,9	
70		11,1	11,5	11,8	12,2	12,5	12,9	13,2	13,6	13,9	14,2	14,6	14,9	15,2	15,5	15,9	16,2	16,5	16,8	17,2	
75		11,4	11,7	12,1	12,4	12,8	13,1	13,4	13,8	14,1	14,5	14,8	15,1	15,5	15,8	16,1	16,4	16,8	17,1	17,4	
80		11,6	12,0	12,3	12,7	13,0	13,4	13,7	14,0	14,4	14,7	15,0	15,4	15,7	16,0	16,4	16,7	17,0	17,4	17,7	
85		11,9	12,2	12,6	12,9	13,3	13,6	14,0	14,3	14,6	15,0	15,3	15,6	16,0	16,3	16,6	17,0	17,3	17,6	17,9	
90		12,2	12,5	12,9	13,2	13,5	13,9	14,2	14,6	14,9	15,2	15,6	15,9	16,2	16,6	16,9	17,2	17,5	17,9	18,2	
95		12,4	12,8	13,1	13,5	13,8	14,1	14,5	14,8	15,2	15,5	15,8	16,2	16,5	16,8	17,2	17,5	17,8	18,1	18,5	
100		12,7	13,0	13,4	13,7	14,1	14,4	14,7	15,1	15,4	15,7	16,1	16,4	16,8	17,1	17,4	17,7	18,1	18,4	18,7	

Tabelle A.8: Körperfett-Tabelle: Frauen I

Fettanteil in % nach Hautfaltenmessungen																	Frauen																					
Hautfaldendicke [mm]: Summe aus 7 Messungen																																						
Alter	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104
10	14,4	14,7	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	18,9	19,2	19,5	19,8	14,4	14,7	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	18,9	19,2	19,5	19,8
12	14,5	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,3	19,6	19,9	14,5	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,3	19,6	19,9
14	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,7	20,0	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,7	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,7	20,0
16	14,7	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,8	20,1	14,7	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,8	20,1
18	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3
20	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,8	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16,8	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4
25	15,1	15,4	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	15,1	15,4	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6
30	15,4	15,7	16,0	16,3	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	15,4	15,7	16,0	16,3	16,7	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9
35	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2
40	15,9	16,2	16,5	16,8	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	15,9	16,2	16,5	16,8	17,2	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4
45	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7
50	16,4	16,7	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	16,4	16,7	17,1	17,4	17,7	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0
55	16,7	17,0	17,3	17,6	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	16,7	17,0	17,3	17,6	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2
60	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5
65	17,2	17,5	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	17,2	17,5	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8
70	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1
75	17,7	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,7	23,0	23,3	17,7	18,1	18,4	18,7	19,0	19,3	19,6	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,7	23,0	23,3
80	18,0	18,3	18,6	19,0	19,3	19,6	19,9	20,3	20,6	20,9	21,1	21,5	21,8	22,1	22,4	22,7	23,0	23,3	23,6	18,0	18,3	18,6	19,0	19,3	19,6	19,9	20,3	20,6	20,9	21,1	21,5	21,8	22,1	22,4	22,7	23,0	23,3	23,6
85	18,2	18,6	18,9	19,2	19,5	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,8	18,2	18,6	18,9	19,2	19,5	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,8
90	18,5	18,8	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,8	24,1	18,5	18,8	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,8	24,1
95	18,8	19,1	19,4	19,7	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7	24,0	24,3	18,8	19,1	19,4	19,7	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7	24,0	24,3
100	19,0	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7	24,0	24,3	24,6	19,0	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7	24,0	24,3	24,6

Tabelle A.9: Körperfett-Tabelle: Frauen II

Fettanteil in % nach Hautfaltenmessungen																	Frauen																					
Hautfaldendicke [mm]: Summe aus 7 Messungen																																						
Alter	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132	134	136	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132	134	136
10	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,8	22,1	22,4	22,7	22,9	23,2	23,5	23,8	24,0	24,3	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,8	22,1	22,4	22,7	22,9	23,2	23,5	23,8	24,0	24,3
12	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,3	23,6	23,9	24,1	24,4	19,3	19,6	19,9	20,2	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	21,9	22,2	22,5	22,8	23,1	23,3	23,6	23,9	24,1	24,4
14	19,5	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,4	23,7	24,0	24,2	24,5	19,5	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,4	23,7	24,0	24,2	24,5
16	19,6	19,9	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,4	22,7	23,0	23,3	23,5	23,8	24,1	24,4	24,6	19,6	19,9	20,1	20,4	20,7	21,0	21,3	21,6	21,9	22,2	22,4	22,7	23,0	23,3	23,5	23,8	24,1	24,4	24,6
18	19,7	20,0	20,3	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,5	22,8	23,1	23,4	23,6	23,9	24,2	24,5	24,7	19,7	20,0	20,3	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,5	22,8	23,1	23,4	23,6	23,9	24,2	24,5	24,7
20	19,8	20,1	20,4	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,6	22,9	23,2	23,5	23,8	24,0	24,3	24,6	24,8	19,8	20,1	20,4	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,6	22,9	23,2	23,5	23,8	24,0	24,3	24,6	24,8
25	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,6	22,9	23,2	23,5	23,7	24,0	24,3	24,6	24,8	25,1	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,6	22,9	23,2	23,5	23,7	24,0	24,3	24,6	24,8	25,1
30	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,7	24,0	24,3	24,6	24,8	25,1	25,4	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,7	24,0	24,3	24,6	24,8	25,1	25,4
35	20,6	20,9	21,2	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,7	24,0	24,3	24,6	24,8	25,1	25,4	25,7	20,6	20,9	21,2	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,5	23,7	24,0	24,3	24,6	24,8	25,1	25,4	25,7
40	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,4	23,7	24,0	24,3	24,6	24,8	25,1	25,4	25,7	25,9	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,9	23,2	23,4	23,7	24,0	24,3	24,6	24,8	25,1	25,4	25,7	25,9
45	21,1	21,4	21,7																																			

Fettanteil in % nach Hautfaltenmessungen		Frauen																			
		Hautfaldendicke [mm]: Summe aus 7 Messungen																			
Alter		130	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160	165	170	175	180	185	190	195	
10		24,6	24,6	25,1	25,4	25,6	25,9	26,1	26,4	26,6	26,9	27,1	27,4	28,0	28,6	29,2	29,8	30,4	30,8	31,6	
12		24,7	24,9	25,2	25,5	25,7	26,0	26,2	26,5	26,7	27,0	27,2	27,5	28,1	28,7	29,3	29,9	30,5	31,0	31,6	
14		24,8	25,0	25,3	25,6	25,8	26,1	26,3	26,6	26,9	27,1	27,4	27,6	28,2	28,8	29,4	30,0	30,5	31,1	31,7	
16		24,9	25,2	25,4	25,7	25,9	26,2	26,5	26,7	27,0	27,2	27,5	27,7	28,3	28,9	29,5	30,1	30,7	31,3	31,8	
18		25,0	25,3	25,5	25,8	26,0	26,3	26,6	26,8	27,1	27,3	27,6	27,8	28,4	29,0	29,6	30,2	30,8	31,4	31,9	
20		25,1	25,4	25,6	25,9	26,2	26,4	26,7	26,9	27,2	27,4	27,7	27,9	28,5	29,2	29,8	30,3	30,9	31,5	32,0	
25		25,4	25,6	25,9	26,2	26,4	26,7	26,9	27,2	27,5	27,7	28,0	28,2	28,8	29,4	30,0	30,6	31,2	31,8	32,3	
30		25,6	25,9	26,2	26,4	26,7	27,0	27,2	27,5	27,7	28,0	28,2	28,5	29,1	29,7	30,3	30,9	31,5	32,0	32,6	
35		25,9	26,2	26,5	26,7	27,0	27,2	27,5	27,8	28,0	28,3	28,5	28,8	29,4	30,0	30,6	31,2	31,7	32,3	32,9	
40		26,2	26,5	26,7	27,0	27,2	27,5	27,8	28,0	28,3	28,5	28,8	29,0	29,7	30,3	30,9	31,5	32,0	32,6	33,2	
45		26,5	26,7	27,0	27,3	27,5	27,8	28,0	28,3	28,6	28,8	29,1	29,3	29,9	30,5	31,1	31,7	32,3	32,9	33,4	
50		26,7	27,0	27,3	27,5	27,8	28,1	28,3	28,6	28,9	29,1	29,3	29,6	30,2	30,8	31,4	32,0	32,6	33,2	33,7	
55		27,0	27,3	27,5	27,8	28,1	28,3	28,6	28,9	29,1	29,4	29,6	29,9	30,5	31,1	31,7	32,3	32,9	33,4	34,0	
60		27,3	27,6	27,8	28,1	28,3	28,6	28,9	29,1	29,4	29,6	29,9	30,1	30,8	31,4	32,0	32,6	33,1	33,7	34,3	
65		27,6	27,8	28,1	28,4	28,6	28,9	29,1	29,4	29,7	29,9	30,2	30,4	31,0	31,7	32,3	32,8	33,4	34,0	34,6	
70		27,8	28,1	28,4	28,6	28,9	29,2	29,4	29,7	29,9	30,2	30,4	30,7	31,3	31,9	32,5	33,1	33,7	34,3	34,8	
75		28,1	28,4	28,6	28,9	29,2	29,4	29,7	30,0	30,2	30,5	30,7	31,0	31,6	32,2	32,8	33,4	34,0	34,6	35,1	
80		28,4	28,6	28,9	29,2	29,4	29,7	30,0	30,2	30,5	30,7	31,0	31,3	31,9	32,5	33,1	33,7	34,3	34,8	35,4	
85		28,7	28,9	29,2	29,5	29,7	30,0	30,2	30,5	30,8	31,0	31,3	31,5	32,1	32,7	33,3	33,9	34,5	35,1	35,7	
90		28,9	29,2	29,5	29,7	30,0	30,3	30,5	30,8	31,0	31,3	31,6	31,8	32,4	33,0	33,7	34,3	34,8	35,4	36,0	
95		29,2	29,5	29,7	30,0	30,3	30,5	30,8	31,1	31,3	31,6	31,8	32,1	32,7	33,3	33,9	34,5	35,1	35,7	36,3	
100		29,5	29,8	30,0	30,3	30,6	30,8	31,1	31,3	31,6	31,8	32,1	32,4	33,0	33,6	34,2	34,8	35,4	36,0	36,6	

Tabelle A.11: Körperfett-Tabelle: Frauen IV

A.3 Schoberer-Rad-Messtechnik (SRM) Leistungsdiagnostik

Aus dem SRM-Training-System Technical Manual von Ulrich Schoberer, Jülich, Germany (www.srm.de).

Richtwerte für die direkten bzw. berechneten SRM-Daten im Altersverlauf
(gilt für das Mittel aus beiden Regressionsgeraden)

Parameter Jahre	Mädchen / Damen						
	11	12	13	14/15	16/17	18/19	20-30
Absolutwerte							
Peak Power (Watt)	270	360	450	500	560	640	700 ± 100 *
5-s-Arbeit (Joule)	1300	1800	2300	2600	2800	3000	3200 ± 450
alakt. Kap. (Joule)	1300	1600	2100	2300	2500	2600	2600 ± 450
anaer. Kap. (Joule)	2100	3600	6000	7500	8000	9000	9700 ± 2000
lakt. Kap. (Joule)	800	2000	4000	5200	5800	6400	7100 ± 1800
W 25-30 * (Watt)	140	200	280	320	360	390	415 ± 65
Ges. Fluß (Watt)	150	220	300	350	380	410	440 ± 65
W 60-90 * (Watt)	125	145	175	195	210	225	255 ± 45
oxyd. Fluß (Watt)	120	150	190	210	220	230	260 ± 45
glyk. Fluß (Watt)	30	70	130	150	160	165	185 ± 40
Relativwerte pro kg Körpermasse							
Peak Power (Watt/kg)	8,2	9,5	10,0	10,5	10,5	10,5	11,2 ± 1,2
5-s-Arbeit (Joule/kg)	40	45	48	50	50	50	53 ± 7
alakt. Kap. (Joule/kg)	40	45	48	50	45	42	42 ± 7
anaer. Kap. (Joule/kg)	65	95	130	140	145	150	156 ± 32
lakt. Kap. (Joule/kg)	25	50	90	100	105	110	114 ± 30
Ges. Fluß (Watt/kg)	4,5	5,5	6,5	6,6	6,7	6,8	7,2 ± 1,0
oxyd. Fluß (Watt/kg)	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,2 ± 0,7
glyk. Fluß (Watt/kg)	0,8	1,5	2,0	2,3	2,6	2,8	3,0 ± 0,8
max. Laktat (mmol/l)	9,0	10,0	11,5	13,0	13,5	14,0	15,0 ± 2,5

* Die Streubreite ist entsprechend der Höhe des Absolutwertes prozentual zu verringern!

Tabelle A.12: Altersadaptierte Richtwerte für SRM-Daten (Männer).

Richtwerte für die direkten bzw. berechneten SRM-Daten im Altersverlauf
(gilt für das Mittel aus beiden Regressionsgeraden)

Parameter	Jungen / Herren							
	Jahre	11	12	13	14/15	16/17	18/19	20-30
Absolutwerte								
Peak Power (Watt)		380	500	650	750	900	1050	1170 ± 330 *
5-s-Arbeit (Joule)		1800	2300	3000	3600	4200	4800	5400 ± 1400
alakt. Kap. (Joule)		1600	2100	2800	3300	3800	4500	5000 ± 1500
anaer. Kap. (Joule)		4500	6300	8400	10000	12000	14000	16000 ± 3000
lakt. Kap. (Joule)		2900	4200	5600	6800	8300	9500	11000 ± 2500
W 25-30 * (Watt)		200	280	340	400	480	550	600 ± 100
Ges. Fluß (Watt)		230	300	370	440	530	600	650 ± 100
W 60-90 * (Watt)		140	180	220	260	300	340	350 ± 100
oxyd. Fluß (Watt)		150	185	225	265	310	350	370 ± 100
glyk. Fluß (Watt)		85	115	145	175	215	240	275 ± 75
Relativwerte pro kg Körpermasse								
Peak Power (Watt/kg)		9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,0 ± 2,5
5-s-Arbeit (Joule/kg)		45	50	55	60	63	66	70 ± 12
alakt. Kap. (Joule/kg)		40	45	50	53	56	58	60 ± 20
anaer. Kap. (Joule/kg)		115	135	150	160	175	190	200 ± 35
lakt. Kap. (Joule/kg)		75	90	100	110	120	130	140 ± 35
Ges. Fluß (Watt/kg)		6,0	6,4	6,8	7,3	7,8	8,2	8,5 ± 1,0
oxyd. Fluß (Watt/kg)		3,7	3,9	4,1	4,4	4,6	4,8	4,8 ± 1,0
glyk. Fluß (Watt/kg)		2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,3	3,5 ± 0,8
max. Laktat (mmol/l)		11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	16,0 ± 2,5

* Die Streubreite ist entsprechend der Höhe des Absolutwertes prozentual zu verringern!

Tabelle A.13: Altersadaptierte Richtwerte für SRM-Daten (Frauen).

Vergleich der Korrelationskoeffizienten**von direkten bzw. berechneten SRM-Daten zum Alter**

Parameter	Mädchen / Damen				Jungen / Herren	
	bis 15	bis 17	bis 19	alle(-30)	bis 19	alle(-30)
Gewicht	0,62	0,52	0,51	0,37	0,72	0,68
<u>Absolutwerte</u>						
Peak Power	0,66	0,50	0,50	0,51	0,75	0,68
5-s-Arbeit	0,65	0,51	0,51	0,53	0,75	0,67
alakt. Kap.	0,39	0,28	(0,22)	0,22	0,54	0,43
anaer. Kap.	0,68	0,45	0,48	0,47	0,68	0,66
lakt. Kap.	0,65	0,41	0,47	0,47	0,59	0,62
W 25-30	0,63	0,49	0,58	0,60	0,76	0,71
Ges. Fluß	0,68	0,52	0,56	0,61	0,76	0,72
W 60-90	0,47	0,44	0,48	0,61	0,78	0,58
oxyd. Fluß	0,49	0,47	0,52	0,62	0,69	0,61
glyk. Fluß	0,69	0,42	0,45	0,46	0,57	0,59
<u>Relativwerte pro kg Körpermasse</u>						
Peak Power	(0,29)	(0,09)	(0,09)	0,25	0,58	0,50
5-s-Arbeit	(0,29)	(0,10)	(0,11)	0,29	0,59	0,49
alakt. Kap.	(0,06)	(-0,01)	(-0,06)	(-0,03)	0,26	0,16
anaer. Kap.	0,60	0,31	0,33	0,36	0,45	0,44
lakt. Kap.	0,64	0,35	0,40	0,42	0,38	0,41
Ges. Fluß	0,51	0,29	0,35	0,57	0,56	0,50
oxyd. Fluß	(-0,16)	(-0,05)	(0,06)	0,46	0,43	0,30
glyk. Fluß	0,66	0,33	0,34	0,37	0,33	0,35
max.Laktat	0,58	0,39	0,44	0,53	0,48	0,42

Tabelle A.14: Korrelationskoeffizienten für SRM-Daten

A.4 Fragebögen

Erfassungsbogen Sportverhalten

Datum: __. __. __. 199__

Kind/Jugendlicher ohne Diabetes:

Studien-Nr.:2

Sport:

Freizeitsport (ohne Schulsport/Vereinssport)

wenn ja, Stunden pro Woche: __

die wichtigsten 3 Freizeitsportarten:

1. _____
2. _____
3. _____

Schulsport:

Schulsport-Befreiungen in den letzten 6 Monaten (Ja/Nein): _____

Grund für die Befreiung: _____

Sportstunden pro Schulwoche (regulär und differenziert): _

Leistungssport (Vereinssport):

Sportart:

Trainingsstunden pro Woche: __

Tage Training pro Woche: _

Wettkampf-Stunden pro Woche: __

Leistungsklasse := höchste erreichte Wettkampfebene in der letzten Saison:
(Kreis/Bezirk/Land/Bund):

Psychosoziales Datenblatt:

--

Nationalität:

Eltern/ Mutter:

Name:

Vorname:

geb.:

Nationalität:

Vater:

Name:

Vorname:

geb.:

Nationalität:

Lebenssituation:

Verheiratet seit

getrenntlebend seit

geschieden seit

Zusammenlebend

alleinlebend

sonstiges

Geschwister:

1. Name:

Vorname:

geb.:

2. Name:

Vorname:

geb.:

3. Name:

Vorname:

geb.:

4. Name:

Vorname:

geb.:

Ausbildung/ Mutter:

Hauptschulabschluß

Realschulabschluß

Abitur

Sonstiges

Fachschule

Studium

Lehre

Ausbildung/ Vater:

Hauptschulabschluß

Realschulabschluß

Abitur

Sonstiges

Fachschule

Studium

Lehre

Ausgeübte Tätigkeit /Mutter:

Ganztags

teilzeit

halbtags

sonstiges

Ausgeübte Tätigkeit / Vater:

Ganztags

teilzeit

halbtags

sonstiges

Schule /Kindergarten /Patient:

Kinderkrippe

Kindergarten

Grundschule Klasse

Hauptschule Klasse

Realschule Klasse

Gymnasium Klasse

Sonstige Tagesbetreuung:

Großeltern

Hort

Tagesmutter

Sonstiges

Hobbies:

Gruppe/ Vereine:

Bezugspersonen:

Bereits Psychologische Beratung:

A.5 Auswertungsbogen

Auswertungsbogen SEL-KJ

Name/Code: _____ Erhebungs-Datum: _____ Junge Mädchen

Item Nr.	Anderssein Skala A	Erschwernisse Skala E	Sorgen Skala S	Items
1/A		X	X	Manche Jugendlichen mit Diabetes finden, daß sie beim Sport mit anderen <u>nicht</u> können. Oder...
2/A		X	X	Manche Jugendliche glauben, daß sie wegen ihrem Diabetes <u>nicht</u> sooft eingeladen werden, als ihre Mitschüler und Freunde. Oder...
3/A		X	X	Manche Jugendliche <u>ziehen sich</u> wegen ihres Diabetes von anderen Leuten zurück. Oder...
4/A		X	X	Manche Jugendliche mit Diabetes sind mit ihrem Aussehen <u>zufrieden</u> . Oder...
5/A		X	X	Andere Jugendliche mit Diabetes <u>hoffen</u> , daß andere in ihrer Familie alles essen und trinken können, wenn <u>genug</u> sie wollen. Oder...
6/E	X		X	Manche Jugendlichen glauben, daß der Diabetes in ihrem <u>Leben</u> macht, Sport zu machen. Oder...
7/S	X	X		Manche Jugendliche mit Diabetes empfinden das Spritzen <u>schlimm</u> , als schmerzhaft. Oder...
8/S	X	X		Manche Jugendlichen mit Diabetes finden ihre Behandlung <u>nicht</u> <u>ausreichend</u> . Oder...
9/S	X	X		Manche Jugendliche mit Diabetes <u>glauben sich</u> Gedanken darüber, daß ihre Gesundheit sich <u>später</u> verschlechtern könnte. Oder...
10/S	X	X		Manche Jugendliche mit Diabetes <u>glauben sich keine</u> Gedanken über zu hohe Blutzuckerwerte. Oder...
11/S	X	X		Manche Jugendlichen mit Diabetes ist es wegen ihrer ständigen Spritzenstiche <u>unmöglich</u> , sich vor anderen <u>entspannen</u> . Oder...
12/E	X		X	Manche Jugendliche finden, daß sie wegen ihrem Diabetes <u>geringer</u> beachtet werden, als ihre Freunde oder Geschwister. Oder...
13/S	X	X		Manche Jugendliche mit Diabetes <u>glauben sich keine</u> Gedanken über zu niedrige Blutzuckerwerte. Oder...
14/E	X		X	Manche Jugendliche mit Diabetes können sich <u>schlecht</u> an ihre „Diät“, Oder...
15/E	X		X	Manche Jugendliche finden, daß der Diabetes ihren Tagesablauf <u>sehr</u> <u>beeinträchtigt</u> . Oder...
16/E	X		X	Manche Jugendliche <u>glauben</u> , daß ihre Eltern den Diabetes verschleiern, um ihnen etwas zu verbieten. Oder...
17/E	X		X	Manche Jugendlichen finden, daß sie von ihren Eltern <u>nicht</u> kontrolliert werden, als Jugendliche ohne Diabetes. Oder...
18/E	X		X	Manche Jugendliche <u>haben</u> ihre „Diät“ <u>nicht</u> mit, damit es niemandem auffällt, daß sie Diabetes haben. Oder...
19/E	X		X	Manche Jugendlichen <u>glauben nicht</u> , daß der Diabetes sie daran hindern kann, ihren Berufswunsch zu <u>erfüllen</u> . Oder...
20/A		X	X	Manche Jugendlichen <u>glauben</u> , daß ihr Diabetes die anderen <u>misst</u> . Oder...
21/E	X		X	Manche Jugendliche mit Diabetes finden ihre Behandlung <u>langsam</u> . Oder...
Σ	Skala A=	Skala E=	Skala S=	Σ A + Σ E + Σ S= Gesamt LQ

Zufriedenheit momentan: Zufriedenheit in letzter Zeit:

Untersucher/in:.....

B Literaturverzeichnis

- 1 American Diabetes Association: Diabetes mellitus and exercise. (Positional Statement). *Diabetes Care* 22, Suppl.1: 49-53 (1999)
- 2 Andrzejewski L., Hecking E., Berres M.: Messung der Trizepshautfaltendicke. Aussagefähigkeit und Methodik. *Akt Ernähr Med* 5: 17-23 (1980)
- 3 Arbeitsgemeinschaft Pädiatrische Diabetologie (AGPD): Statement Qualitätssicherung in der pädiatrischen Diabetologie. *Monatsschrift für Kinderheilkunde* 143: 1146-9 (1995)
- 4 Arslanian S., Nixon PA., Becker D., Drash AL.: Impact of physical fitness and glycemic control on in vivo insulin action in adolescents with IDDM. *Diabetes Care* 13: 9-15 (1990)
- 5 Austin A., Janovsky J., Warty V., Arslanian S.: The relationship of physical fitness to lipid and lipoprotein (a) levels in adolescents with IDDM. *Diabetes Care* 16: 421-5 (1993)
- 6 Bandura A. (Hrsg): *Lernen am Modell. Ansätze zu einer sozial-kognitiven Lerntheorie*, Klett, Stuttgart (1976)
- 7 Bartus B.: Psychosocial situation and quality of life of children and adolescents with diabetes mellitus. *Kinderkrankenschwester* 17(4): 155-7 (1998)
- 8 Bartus B.: Psychological aspects in the care of children and adolescents with diabetes mellitus. *Kinderkrankenschwester* 12(9): 314-6 (1993)
- 9 Bergh AL., Persson LO., Attvall S.: Psychometric properties of the Swedish version of the Well-being Questionnaire in a sample of patients with diabetes type 1. *Scand J Public Health* 28(2): 137-45 (2000)
- 10 Bernstein S., Lowy L. (Hrsg.): *Untersuchungen zur sozialen Gruppenarbeit in Theorie und Praxis*, Freiburg im Breisgau (1978)
- 11 Beunen G., Malina R., Lefevre J., Claessens A., Renson R., Kanden Eynde B., Vanreusel B., Simons J.: Skeletal maturation, somatic growth and physical fitness in girls 6-16 years of age. *Int J Sports Med* 18: 413-9 (1997)
- 12 Bolot JF., Fournier G., Bertoye A., Lenoir J., Jenin P., Thomasset A.: Détermination de la masse maigre chez l'adulte par la méthode de l'impédance. *Nouv Press Med* 6: 2249-51 (1977)

- 13 Brown DR.: Exercise, fitness and mental health. In: Bouchard C., Shephard R., Stephens T., Sutton J., McPherson B. (Hrsg.): Exercise, Fitness and Health. Human Kinetics Publishing, Champaign, IL (1988),
- 14 Busse-Widmann P.: Psychosoziales Datenblatt (1999) (s. Anhang)
- 15 Campaigne BN., Gilliam TB., Spencer ML., Lampmann RM., Schork MA.: Effects of a physical activity program on metabolic control and cardiovascular fitness in children with IDDM. *Diabetes Care* 7: 57-62 (1984)
- 16 Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine: Physical activity and public health: a recommendation. *JAMA* 273: 402-7 (1995)
- 17 Chaturvedi N., Fuller JH., Taskinen MR., EURODIAB PCS Group: Differing associations of lipid and lipoprotein disturbances with the macrovascular and microvascular complications of type 1 diabetes. *Diabetes Care* 24(12): 2071-7 (2001)
- 18 Chimienti G., Lamanuzzi BL., Nardulli M., Colacicco AM., Capurso A., La Gioia R., Scrutinio D., Pepe G.: APO(a) variants and lipoprotein(a) in men with or without myocardial infarction. *Exp Mol Pathol* 73(1): 28-34 (2002)
- 19 Chwalow AJ.: The quality of life: should it be taken into account as a therapeutic objective? *Diabetes Metab* 24 Suppl 3: 42-4 (1998)
- 20 Constable SH., Favier RJ., McLane JA, Fell RD., Chen M., Holloszy JO.: Endurance exercise reduces lactate production. *Journal of Applied Physiology* 61(3): 885-9 (1986)
- 21 Daniels SR.: Cardiovascular disease risk factors and atherosclerosis in children and adolescents (Review). *Current Atherosclerosis Reports* 3(6): 479-85 (2001)
- 22 Diabetes Epidemiology Research International Group: Geographic patterns of childhood insulin-dependent diabetes mellitus. *Diabetes* 37: 1113-9 (1988)
- 23 Diabetes Epidemiology Research International Group: Secular trends in incidence of childhood IDDM in 10 countries. *Diabetes* 39: 959-64 (1990)
- 24 Dinkel RH., Goertler E.: Die Bedeutung des relativen Körpergewichtes für Mortalität und Morbidität von Patienten bundesdeutscher Akutkrankenhäuser. *Akt Ernähr Med* 17: 123-31 (1992)
- 25 Ducrot H., Thomasset A., Joly R., Jungers F., Lenoir J., Eyraud C.: Détermination du volume des liquides extracellulaires chez l'homme par la mesure de l'impédance corporelle totale. *Presse Med* 78: 2269-72 (1970)

-
- 26 Durnin JV., Rahaman MM.: The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br J Nutr* 21(3): 681-9 (1967)
 - 27 Durnin JV., Womersley J.: Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 32(1): 77-97 (1974)
 - 28 Elmadfa I., Godina-Zarfl B., Dichtl M., König JS.: The Austrian Study on Nutritional Status of 6- to 18-year-old pupils. *Bibl Nutr Dieta* 51: 62-7 (1994)
 - 29 Favier RJ., Constable SH., Chen M., Holloszy JO.: Endurance exercise reduces lactate production. *Journal of Applied Physiology* 61(3): 885-9 (1986)
 - 30 Garber AJ.: Attenuating CV risk factors in patients with diabetes: clinical evidence to clinical practice (Review). *Diabetes, Obesity & Metabolism*. 4 Suppl 1: 5-12 (2002)
 - 31 Glowinska B., Urban M., Koput A.: Correlation between body mass index, lipoprotein (a) level and positive family history of cardiovascular diseases in children and adolescents with obesity, hypertension and diabetes. *Pol Merkuriusz Lek* 12(68): 108-14 (2002)
 - 32 Grabert M.: EDV-gestützte Qualitätssicherung im Bereich der pädiatrischen Diabetologie. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Fakultät Mathematik und Wirtschaftswissenschaften der Universität Ulm (1997)
 - 33 Green HJ, Smith D, Murphy P., Fraser I.: Training-induced alterations in muscle glycogen utilization in fibre-specific types during prolonged exercise. *Canadian Journal of Physiology* 253: 316-22 (1987)
 - 34 Green S., Dawson B.: Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems (Review). *Sports Med* 15(5): 312-27 (1993)
 - 35 Grosser M., Zintl F.: Training der konditionellen Fähigkeiten, 107 ff.. Karl Hofman-Verlag, Schorndorf (1994)
 - 36 Hagan R., Strathman T., Gettman L.: Oxygen uptake and energy expenditure during horizontal treadmill running. *J Appl Physiol* 49(4): 571-5 (1980)
 - 37 Haimerl B., Hein R. (Hrsg.): Sport und Umwelt. Regensburg (1994)
 - 38 Heck H.: Laktat in der Leistungsdiagnostik. Karl Hofmann-Verlag, Schorndorf (1990)
 - 39 Henriksson J.: Training induced adaptation of skeletal muscle and metabolism during submaximal exercise. *Journal of Physiology (London)* 270: 661-75 (1977)

- 40 Hill DW.: The critical power concept. A review. *Sports Med.* 16(4): 237-54 (1993)
- 41 Hoey H., Aanstoot HJ., Chiarelli F., Daneman D., Danne T., Dorchy H., Fitzgerald M., Garandeanu P., Greene S., Holl R., Hougaard P., Kaprio H., Kocova M., Lynggaard H., Martul P., Matsuura N., McGee HM., Mortensen HB., Robertson K., Schoenle E., Sovik O., Swift P., Tsou RM., Vanelli M., Aman J.: Good metabolic control is associated with better quality of life in 2101 adolescents with type 1 diabetes. *Diabetes Care* 24(11): 1923-8 (2001)
- 42 Hoffer EC., Meador CK., Simpson DC.: Correlation of whole body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol* 27: 531-4 (1979)
- 43 Hoffer EC., Meador CK., Simpson DC.: A relationship between body impedance and total body water volume. *Ann NY Acad Sci* 170: 452-61 (1980)
- 44 Hollmann H., Schürch P., Heck H., Liesen H., Mader A., Rost R., Hollmann W.: Kardiopulmonale Reaktionen und aerobe-anaerobe Schwelle bei verschiedenen Belastungsformen. *Dtsch Z Sportmed* 38(4): 144-56 (1987)
- 45 Hürter P.: *Diabetes bei Kindern und Jugendlichen*, 5. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1997)
- 46 Jackson AS., Pollock ML.: Factor analysis and multivariate scaling of anthropometric variables for the assessment of body composition. *Med Sci Sports* 8(3): 196-203 (1976)
- 47 Jackson AS., Pollock ML.: Prediction accuracy of body density, lean body weight, and total body volume equations. *Med Sci Sports* 9(4): 197-201 (1977)
- 48 James WP.: What are the health risks? The medical consequences of obesity and its health risks (Review). *Experimental & Clinical Endocrinology and Diabetes* 106 Suppl.2: 1-6 (1998)
- 49 Jansson E., Kaijser L.: Substrate utilization and enzymes in skeletal muscle of extremely endurance-trained men. *Journal of Applied Physiology* 62(3): 999-1005 (1987)
- 50 Jelliffe DB.: *The assessment of the nutritional status of the community*, WHO, monograph no. 53, Geneva: WHO (1966)
- 51 Jenin P., Lenin J., Rouillet C., Thomasset A., Ducrot H.: Determination of body fluid compartments by electrical impedance measurements. *Aviat Space Environment Med* 46: 152-155 (1975)
- 52 Jeschke D., Lorenz R.: Sportartspezifische Leistungsdiagnostik - energetische Aspekte. *Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft*; Bd. 6: 141-8. Sport und Buch Strauss, Köln (1998)

-
- 53** Jodoin RR., Trott SG., Shizgal HM.: Determination of body composition from whole body electrical impedance. *Surgical Forum* 39: 50-52 (1988)
- 54** Jonsson PM., Marke LA., Nystrom L., Wall S., Ostmann J.: Excess costs of medical care 1 and 8 years after diagnosis of diabetes: estimates from young and middle-aged incidence cohorts in Sweden. *Diabetes Research & Clinical Practice* 50(1): 35-47 (2000)
- 55** Kasper H.: *Ernährungsmedizin und Diätetik*, 9. Auflage. Verlag Urban & Fischer, München & Jena (2000)
- 56** Keck EW.: *Pädiatrische Kardiologie*. Verlag Urban & Fischer, München & Jena (1997)
- 57** Keul J., Kindermann W., Simon G.: Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik. *Leistungssport* 8: 22 (1978)
- 58** Keul J., Simon G., Berg A., Dickhuth HH., Görtler I., Köbel R.: Bestimmung der individuellen anaeroben Schwellen zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. *Deutsche Z. Sportmed* 30: 212-8. (1979)
- 59** Keys A., Brozek J.: Body fat in the adult man. *Physiol Rev* 33: 245-325 (1953)
- 60** Landt KW., Campaigne BN., James FW., Sperling MA.: Effects of exercise training on insulin sensitivity in adolescents with type 1 diabetes. *Diabetes Care* 8: 461-5 (1985)
- 61** Lange KO., Brozek J.: A new model of skinfold caliper. *Am J of Phys Anthropology* 19: 98-9 (1961)
- 62** Lehmann R., Kaplan V., Bingisser R., Bloch KE., Spinass GA.: Impact of physical activity on cardiovascular risk factors in IDDM. *Diabetes Care*. 20(10): 1603-11 (1997)
- 63** Liedtke RJ.: Body composition analysis based on bioelectrical impedance instrumentation. Copyright RJI Systems, Inc.: pp. 1-7 (1986)
- 64** Lipmann TH., Hayman LL., Fabian CV., DiFazio DA., Hale PM., Goldsmith BM., Piascik PC.: Risk factors for cardiovascular disease in children with type 1 diabetes. *Nursing Research* 49(3): 160-6 (2000)
- 65** Lorenz R., Jeschke D., Schmid G., Wörtz J.: Diagnostik der Stoffwechsellkapazitäten bei kurzzeitigen Maximalbelastungen: Validierung der Aussagefähigkeit eines praktikablen Maximaltests von 96 s Dauer am SRM-Ergometer. *BISp-Jahrbuch* 1998: 75-80 (1998)
- 66** Ludvigsson J.: Physical exercise in relation to degree of metabolic control in juvenile diabetics. *Acta Paed Scand Suppl* 283: 45-9 (1980)
- 67** Lukaski HC., Johnson PE., Bolonchuk WW., Lykken GI.: Assessment of fat free mass using bioelectrical impedance measurement of the human body. *Am J Clin Nutr* 41: 810-7 (1985)

- 68 Lukaski HC., Norgan NG. Eds.: Use of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. Human body composition and fat distribution. *Euro Nutr Reports* 8: 143-55 (1986)
- 69 Mader A., Liesen H., Heck H., Philippi R., Rost R., Schürch P., Hollmann W.: Zur Beurteilung sportartspezifischer Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmedizin* 24(4), 80-9 (1984)
- 70 Margaria R., Aghemo P., Rovelli E.: Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *Journal of applied Physiology* 21: 1662-4 (1966)
- 71 Margaria R.: The sources of muscular energy. *Sci Am* 226(3): 84-91 (1972)
- 72 Martin AD., Ross WD., Drinkwater DT., Clarys JP.: Prediction of body fat by skinfold caliper: assumptions and cadaver evidence. *Int J of Obesity* 9 Suppl.1: 31-9 (1985)
- 73 Michel U., Riechers B.: Cardiovascular risk factors in schoolchildren. *Journal of the American College of Nutrition* 11 Suppl: 36-40 (1992)
- 74 Monod H., Scherrer F: The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics* 8: 329-38 (1965)
- 75 Morgan WP.: Affective beneficence of vigorous physical activity. *Med Sci Sports Exercise* 17: 94-100 (1985)
- 76 Moritani T., Nagata A., DeVries H., Muro M.: Critical Power as a measure of physical work capacity and anaerobic treshold. *Ergonomics* 24: 338-50 (1981)
- 77 Nyober J.: Electrical impedance plethysmography. Springfield, Illinois, Charles C. Thomas (1959)
- 78 Nyober J.: Percent body fat by four terminal bio-electrical impedance and body density in college freshmen. *Proceedings of the Vth international conference on electrical bioimpedance, Tokyo* (1981)
- 79 Pinelli L., Oliveri A., Dal Monte M., Maffei C., Gonfiantini E.: Physical exercise and insulin dependent diabetes in the young: general approaches. *Indian Journal of Pediatrics*. 56 Suppl 1: 77-9 (1989)
- 80 Pollock ML.: Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: Cardiorespiratory aspects. *Annals of the New York Academy of Sciences* 301: 310-22 (1977)
- 81 Pollock ML., Jackson AS., Pate RR.: Discriminant analysis of physiological differences between good and elite runners. *Res Q Exerc Sport* 51(3): 521-32 (1980)
- 82 Pouwer F., Snoek FJ., van der Ploeg HM., Ader HJ., Heine RJ.: The Well-being Questionnaire: evidence for a three-factor structure with 12 items (W-BQ12). *Psychological Medicine* 30(2): 455-62 (2000)

-
- 83** Pouwer F., Snoek F.J., van der Ploeg H.M., Heine R.J., Brand A.N.: A comparison of the standard and the computerized versions of the Well-being Questionnaire (WBQ) and the Diabetes Treatment Satisfaction Questionnaire (DTSQ). *Qual Life Res* 7(1): 33-8 (1998)
- 84** Raile K: Sportverhalten (1999) (s. Anhang)
- 85** Rodin G.: Quality of life in adults with insulin-dependent diabetes mellitus (Review). *Psychotherapy and Psychosomatics* 54(2-3): 132-9 (1990)
- 86** Rose M., Fliege H., Hidebrandt M., Schirop T., Klapp B.F.: The network of psychological variables in patients with diabetes and their importance for quality of life and metabolic control. *Diabetes Care* 25(1): 35-42 (2002)
- 87** Rost R.: Die Leistungsfähigkeit und Trainierbarkeit im Kindes- und Jugendalter. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 44(2): 72-8 (1993)
- 88** Rowland T., Auchinachie J., Keenan T., Green G.: Physiologic responses to treadmill running in adult and prepubertal males. *Int J Sports Med* (8), 292-7 (1987)
- 89** Rowland T., Rambusch J., Staab J., Unnithan V., Siconolfi S.: Accuracy of physical working capacity (PWC170) in estimating aerobic fitness in children: *J Sports Med Phys Fitness* 33: 184-8 (1993)
- 90** Rusch et al.: Sportunterricht-Lehrhilfen 43(1): 1-7 (1994)
- 91** Rusch et al.: Haltung und Bewegung 14(1): 4-17 (1994)
- 92** Rusch H., Weineck J.: Sportförderunterricht. Lehr- und Übungsbuch zur Förderung der Gesundheit durch Bewegung, Karl Hofmann-Verlag, Schorndorf (1998)
- 93** Saltin B., Blomqvist C.G., Mitchell J.H., Johnson R.L., Wildenthal K., Chapman C.B.: Response to exercise after bed rest and after training. *Circulation* 38 Suppl. 7: 7-18 (1969)
- 94** Schantz P.G., Sjöberg B., Svedenhag J.: Malate-aspartate and alphasglycerophosphate shuttle enzyme levels in human skeletal muscle: methodological considerations and effect of endurance training. *Acta Physiologica Scandinavica* 128: 397-407 (1986)
- 95** Schneider S.H., Vitug A., Ruderman N.B.: Atherosclerosis and physical activity. *Diabetes Metab Rev* 1: 513-53 (1986)
- 96** Simon G., Berg A., Dickhuth H.H., Simon-Alt A., Keul J.: Bestimmung der anaeroben Schwelle in Abhängigkeit vom Alter und von der Leistungsfähigkeit. *Dtsch Sportmed* 32: 7-14 (1981)
- 97** Snell P.G., Mitchell J.H.: The role of maximal oxygen uptake in exercise performance. *Clinics in Chest Medicine* 5: 51-62 (1984)

- 98 Snell PG., Martin WH., Buckey JC., Blomqvist CG.: Maximal vascular leg conductance in trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology* 62: 606-10 (1987)
- 99 Sonstroem RJ., Morgan WP.: Exercise and self-esteem: rationale and model. *Med Sci Sports Exercise* 21: 329-37 (1989)
- 100 Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik, Wiesbaden, Statistisches Bundesamt (1999)
- 101 Szucs TD., Smala AM., Fischer T.: Costs of intensive insulin therapy in type 1 diabetes mellitus. Experiences from the DCCT study. *Fortschritte der Medizin* 116(31): 34-8 (1998)
- 102 Thefeld W.: Prevalence of diabetes mellitus in the adult German population. *Gesundheitswesen* 61 Spec No: 85-9 (1999)
- 103 Thomas F., Bean K., Guize L., Quentzel S., Argyriadis P., Benetos A.: Combined effects of systolic blood pressure and serum cholesterol on cardiovascular mortality in young (<55 years) men and women. *European Heart Journal* 23(7): 528-35 (2002)
- 104 Thomasset A.: Properties bio-électriques des tissus mesures de l'impédance en clinique signification des corbes obtenues. *Lyon Med* 207: 107-18 (1962)
- 105 Thomasset A.: Bio-electrical properties of tissues. *Lyon Med* 209: 1325-52 (1963)
- 106 Thomasset A.: Mesure du volume des liquides extracellulaires par la méthode électrochimique signification biophysique de l'impédance kilocycle du corps humain. *Lyon Med* 214: 131-43 (1965)
- 107 Thomasset A., Lenoir J., Jenin P., Rouillet C., Ducrot H.: Appréciation de la situation électrolytique tissulaire par le rapport des impédances globales du corps humain en base et haute fréquence. *Rev Med Aer Spat* 46: 312-5 (1973)
- 108 Trief PM., Himes CL., Orendorff R., Weinstock RS.: The marital relationship and psychosocial adaptation and glycemic control of individuals with diabetes. *Diabetes Care* 24(8): 1384-9 (2001)
- 109 Von Ferber L., Koster I., Hauner H.: A cost of illness study of diabetes mellitus. *Gesundheitswesen* 59(1): 17-22 (1997)
- 110 Wagner PD.: The determinants of VO₂max. *Annals of Sports Medicine* 4: 196-212 (1988)
- 111 Wasserman DH., Zinman B.: Exercise in individuals with IDDM (Technical Review). *Diabetes Care* 17: 924-37 (1994)

- 112** Weiner JS., Lourie JA.: Human biology, a guide to fluid methods. IBP Handbook, Blackwell Scientific Publication, Oxford (1969)
- 113** Weltman A., Snead D., Stein P., Seip R., Schurrer R., Rutt R., Weltman J.: Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate treshold, fixed blood lactate concentrations, and VO₂max: Int J Sports Med 11(1): 26-32 (1990)
- 114** Wiesinger GF., Pleiner J., Quittan M., Fuchsjager-Mayerl G., Crevenna R., Nuhr MJ., Francesconi C., Seit HP., Francesconi M., Fialka-Moser V., Woltz M.: Health related quality of life in patients with long-standing insulin dependent (type 1) diabetes mellitus: benefits of regular physical training. Wiener Klinische Wochenschrift 113(17-18): 670-5 (2001)
- 115** Williams C.: Children's and adolescents' anaerobic performance during cycle ergometry. Sports Med 24 (4), 227-40 (1997)
- 116** Wredling R., Stalhammar J., Adamson U., Berne C., Larsson Y., Ostman J.: Well-being and treatment satisfaction in adults with diabetes: a Swedish population based study. Qual Life Res 4(6): 515-22 (1995)
- 117** Zimmer R.: Bewegung, Sport und Spiel mit Kindern, Deutsche Sportjugend (1995)
- 118** Zimmer R., Cicurs H.: Psychomotorik, Karl Hofmann-Verlag, Schorndorf (1995)
- 119** Zintl F., Eisenhut A.: Ausdauertraining, BLV Verlagsgesellschaft (1994)

Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name: Stefan Merk
Adresse: Lehenerstr.9, 79106 Freiburg
Geburtsdatum: 30.11.1974
Staatsangehörigkeit: deutsch

Ausbildung

seit 01/2003 Assistenzarzt in der Radiologischen Universitätsklinik Freiburg, Abteilung für Nuklearmedizin
07/2001-12/2002 Arzt im Praktikum in der Radiologischen Universitätsklinik Freiburg, Abteilung für Nuklearmedizin
05/2001 3. Staatsexamen in München
04/2000-03/2001 Praktisches Jahr
Pädiatrie: Pädiatrischen Ambulanz und pädiatrische Radiologie, Dr. von Haunersches Kinderspital der Universitätsklinik München
Chirurgie: Orthopädie/Traumatologie, Sunnybrook and Womens Hospital der Universität von Toronto, Kanada und Handchirurgie und Chirurgische Intensivstation, Ludwig-Maximilian-Universität München (Klinikum Innenstadt)
Innere Medizin: Abteilung für Endokrinologie und Diabetologie des Inselspitals der Universität Bern
04/2000 2. Staatsexamen in München
1997-1999 3. bis 6. klinisches Semester an der Ludwig-Maximilian-Universität in München
08/1998 1. Staatsexamen in Freiburg
1996-1997 1. und 2. klinisches Semester an der Albert-Ludwig-Universität in Freiburg
08/1996 Ärztliche Vorprüfung in Freiburg (Physikum)
1994-1996 1. bis 4. vorklinisches Semester an der Albert-Ludwig-Universität in Freiburg

Schule

07/1994 Abitur am humanistischen Bertold-Gymnasium in Freiburg
1985-1994 Humanistisches Gymnasium in Freiburg
1983-1985 Emil-Thoma-Grundschule in Freiburg
1979-1983 Französische Vor- und Grundschule der französischen Armee-garnison in Freiburg

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Zunächst natürlich ganz herzlich denen, ohne die dieses Projekt nie zustande gekommen wäre: den jugendlichen Diabetikerinnen und Diabetikern, sowie ihren Freundinnen und Freunden, die mit viel Engagement und Freude an dem Projekt teilgenommen haben und auch die unangenehmeren Untersuchungen geduldig über sich haben ergehen lassen.

Herrn Prof. Dr. H.P. Schwarz für die Vergabe und die Betreuung dieser Arbeit.

Herrn Dr. K. Raile und Fr. Dr. V. Noelle, die mir bei der Konzeption, Durchführung und beim Schreiben stets mir Rat und vor allem Tat zur Seite standen.

Frau V. Löhner, Herrn S. Paintner, Herrn K. Müller und Herrn W. Bauer, deren Planung und engagierte Betreuung des Sportprogramms entscheidend zum Gelingen des Projekts beigetragen haben.

Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der TU München für die Durchführung der sportmedizinischen Leistungstests. Dem Leiter Herr Prof. Dr. D. Jeschke gilt mein Dank für die Beratung. Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. rer. nat. habil. R. Lorenz für die unermüdlige Hilfe bei der Auswertung und Interpretation der sportmedizinischen Leistungstests.

Ebenfalls danken möchte ich meinen Kollegen in der Abteilung Nuklearmedizin der Universitätsklinik Freiburg, Herrn Dr. rer. nat. M. Hentschel für das sorgfältige Korrekturlesen und Herrn Dipl. Ing. D. Paul für seine unschätzbare Hilfe im Kampf mit dem Layout.

Besonders danken möchte ich meiner Freundin Jeannette und meiner Familie für die Unterstützung und den Rückhalt während der gesamten Zeit.