

Sportmedizinisches Leistungsprofil von Handballspielerinnen der nationalen und internationalen Spitzenklasse

**Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen**

**vorgelegt von Schlevoigt, Uwe Lothar Dieter
aus Hanau**

Gießen 2004

Aus der Professur für Sportmedizin

Institut für Sportwissenschaft; Medizinisches Zentrum für Innere Medizin

**Leiter : Univ. Prof. Dr. med. P.E. Nowacki
des Universitätsklinikums Gießen**

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki

Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki

Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. R. Bretzel

Tag der Disputation: 15.03.2005

INHALTSVERZEICHNIS

SPORTMEDIZINISCHES LEISTUNGSPROFIL VON HANDBALLSPIELERINNEN DER NATIONALEN UND INTERNATIONALEN SPITZENKLASSE

1	EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
2	METHODIK	5
2.1	UNTERSUCHUNGSGUT	5
2.2	KLINISCH – SPORTMEDIZINISCHE UNTERSUCHUNG	8
2.3	UNTERSUCHUNGSBEDINGUNGEN	9
2.3.1	Meßplatz und Geräte	9
2.4	BELASTUNGSVERFAHREN	14
2.4.1	Fahrradergometrie 1,0 Watt/kg KG – Methode und frauenspezifische Beurteilungskriterien	15
2.4.2	Fahrradspiroergometrie 1,0 Watt/kg KG – Methode und frauenspezifische Beurteilungskriterien	18
2.4.3	Fahrradspiroergometrie 0,5 Watt/kg KG – Methode und frauenspezifische Beurteilungskriterien	18
2.4.4	Laufbandspiroergometrie 0,5 Watt/kg KG – Methode und frauenspezifische Beurteilungskriterien	20
2.5	LEISTUNGSMEDIZINISCHE PARAMETER	24
2.5.1	Absolute und relative maximale Wattstufe	24
2.5.2	Absolute und relative Gesamtarbeit, Belastungszeit	25
2.5.3	Absolute und relative PWC 170	26
2.5.4	Herzfrequenz und Blutdruck	27
2.5.5	Atemminutenvolumen	27
2.5.6	Absolute und relative Sauerstoffaufnahme, Sauerstoffpuls	27
2.6	STATISTIK	29
2.7	KRITIK DER METHODIK	32

3	ERGEBNISSE	34
3.1	ANTHROPOMETRISCHE PARAMETER – ENTWICKLUNG IM FRAUENHANDBALLSPORT.....	34
3.2	KÖRPERLICHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT	39
3.2.1	Maximale absolute und relative Wattstufe	39
3.2.2	Entwicklung der maximalen absoluten und relativen Wattstufe im Frauenhandballsport	41
3.2.3	Absolute und relative Gesamtarbeit, ergometrische Belastungszeit	43
3.2.4	Entwicklung der absoluten und relativen Gesamtarbeit, sowie der ergometrischen Belastungszeit im Frauenhandballsport	47
3.2.5	Absolute und relative PWC ₁₇₀	51
3.2.6	Entwicklung der absoluten und relativen PWC ₁₇₀ im Frauenhandballsport.....	53
3.3	KARDIOZIRKULATORISCHE FUNKTIONSGRÖßEN.....	55
3.3.1	Entwicklung der Herzfrequenz im Frauenhandballsport	58
3.4	RESPIRATORISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT	61
3.4.1	Verlauf des Atemminutenvolumens und der relativen Sauerstoffaufnahme	62
3.5	KARDIORESPIRATORISCHE FUNKTIONSGRÖßEN	64
3.6	LAUFBANDSPIROERGOMETRIE VS FAHRRADSPIROERGOMETRIE IM FRAUENHANDBALL – LEISTUNGSSPORT	68
3.6.1	Maximale absolute und relative Wattstufe	68
3.6.2	Maximale absolute und relative Gesamtarbeit, ergometrische Belastungszeit	70
3.6.3	Absolute und relative PWC ₁₇₀	74
3.6.4	Herzfrequenz.....	76
3.6.5	Atemminutenvolumen	79
3.6.6	Absolute und relative Sauerstoffaufnahme, Sauerstoffpuls	82

4	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	89
4.1	FUNKTIONSDIAGNOSTIK DER KÖRPERLICHEN LEISTUNGSFÄHIGKEIT	91
4.2	KARDIOZIRKULATORISCHE FUNKTIONSGRÖßEN.....	114
4.3	RESPIRATORISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT	127
4.4	KARDIORESPIRATORISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT.....	134
4.5	LAUFBANDSPIROERGOMETRIE VS FAHRRADSPIROERGOMETRIE IM FRAUENHANDBALL - LEISTUNGSSPORT	152
4.5.1	Körperliche Leistungsfähigkeit	152
4.5.2	Kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit	155
4.5.3	Spiroergometrieparameter – respiratorische und kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit	157
5	RÜCKBLICK, REFLEXION UND AUSBLICK AUF DEN FRAUENHANDBALL- LEISTUNGSSPORT DES TV GIEßEN-LÜTZELLINDEN UND DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND	163
6	ZUSAMMENFASSUNG	176
7	LITERATURVERZEICHNIS	189
8	ANHANG	208
8.1	TABELLEN	208

1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

NOWACKI 1984 bezeichnet die allgemeine Leistungsdiagnostik zur Beurteilung der körperlichen, kardiozirkulatorischen und kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit als einen der zentralen Pfeiler im Aufgabenfeld eines Sportmediziners.

Die Anfänge der Leistungsdiagnostik liegen bereits im 19. Jahrhundert.

SPECK 1883, ein hessischer Arzt, führte erstmals arbeitsphysiologische Untersuchungen mit der Drehkurbel im Sitzen durch. Der Physiologe ZUNTZ und seine Mitarbeiter 1889 entwickelten das erste Laufband der Welt in Berlin.

Auf die Spiroergometrie musste die Sportmedizin jedoch noch knapp 30 Jahre lang warten, ehe sie durch den Kölner Ordinarius für Innere Medizin KNIPPING 1925, 1926, 1927, 1928, 1938 in die Klinik eingeführt wurde. Von BRAUER, WOLF 1940 wurde die Spiroergometrie methodisch optimiert und damit eine exakte Ermittlung der kardiorespiratorischen Funktionsfähigkeit für Kranke, Gesunde und Sportler möglich gemacht.

Durch die Objektivierung dieser Methodik konnte den Forderungen nach Genauigkeit, Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit in der Ergometrie Folge geleistet werden (MELLEROWICZ 1979).

So wird die Spiroergometrie heutzutage unter anderem benutzt zur Beurteilung einer kardiorespiratorischen Insuffizienz bei der Vorbereitung zu einer Herztransplantation .

Auch die hier vorliegende experimentelle Studie basiert auf jenen historischen Grundlagen, deren Entwicklung ELGOHARI 2003 einleitend in seiner Dissertation „Quantitative und qualitative corporale, kardiozirkulatorische, kardio-respiratorische und metabolische Reaktionen von Männern bei / nach erschöpfenden Spiroergometrien in Abhängigkeit vom Trainingszustand, der Sportart sowie unterschiedlichen Belastungsmethoden“, am Sportmedizinischen Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen dargestellt hat. Die bei meiner Dissertation angewandten Verfahren waren die erschöpfende Fahrradergometrie / Fahrradspiroergometrie nach der 0,5 Watt / kg Körpergewichts - und der 1 Watt / kg Körpergewichts – Methode, sowie die Laufband-Spiroergometrie nach der 0,5 Watt / kg Körpergewichts - Methode.

Neben dem bereits erwähnten Einsatz in der klinisch-kardiologischen Diagnostik kommt der allgemeinen Leistungsdiagnostik vor allem im Bereich der Trainingssteuerung und -optimierung von Breiten- und Leistungssportlern große Bedeutung zu.

Gerade für Mädchen und Frauen hat der leistungssportliche Aspekt in den letzten Jahrzehnten einen immer größer werdenden Stellenwert bekommen und macht die auf Jugendliche und Frauen bezogene Testung und Auswertung immer wichtiger.

MEDAU, NOWACKI 1983, 1985 beschäftigen sich seit nunmehr ca. 20 Jahren vornehmlich mit der körperlichen Leistungsfähigkeit und dem Leistungsvermögen der Frau im Sport. Bei ihren Untersuchungen der olympischen Sportarten konnten MEDAU, NOWACKI 1992 eine deutliche Steigerung der Frau gerade im aeroben Bereich in den letzten Jahren feststellen und führen dies unter anderem auf eine hochqualifizierte sportmedizinische Diagnostik und Betreuung im Frauenleistungssport zurück.

Dies setzt frauenspezifische Beurteilungskriterien bei der Auswertung der ergometrischen Untersuchung (MEDAU, NOWACKI 1985) voraus, welche bei der vorliegenden Studie über Handballspielerinnen der nationalen und internationalen Spitzenklasse zur Anwendung kamen.

Ein weiterer wichtiger Bereich, neben dem Frauensport, wird ebenfalls in einer Entwicklungsstudie mitbehandelt - der Kinder- und Jugendsport.

Gerade in diesem Sektor ist in den vergangenen Jahren ein sprunghafter Anstieg des Leistungsvermögens zu beobachten (NOWACKI 1977, DITTER u. Mitarb. 1978; KEUL, KINDERMANN, SIMON 1978; NOWACKI, ROSENTHAL, VÖLPEL 1980; KLIMT 1984).

Der Grund dafür dürfte bei den immer früher beginnenden Talentsichtungen und damit dem früheren Einstieg in den Leistungssportbereich liegen.

Arbeiten über die Belastbarkeit von Kindern / Jugendlichen (HOLLMANN, BOUCHARD, HERKENRATH 1965, KLIMT, VOIGT 1971, MOCELLIN, RUTENFRANZ, SINGER 1971, NOWACKI 1978, 1987, KIM 1994, N.S. NOWACKI 1998, MOHAMMED 1999, KILLICH 2001) gewinnen dadurch an Bedeutung.

Zum einen soll die im Erwachsenenalter mögliche Leistungsfähigkeit optimiert werden und zum anderen sollen Folgeschäden bei der Überlastung und die sog. 'Drop-out'-Problematik minimiert werden.

Genau dort sieht IGWERKS 1995, die ihrerseits eine Studie über jugendliche Handballspielerinnen durchführte, die Aufgabe der Sportmedizin - nämlich der frühzeitigen ambitionierten Talentförderung kooperativ und produktiv gegenüberzutreten, den

interdisziplinären Kontakt zwischen Sportlern, Trainern und Sportmedizinern zu wahren und Unterstützung für die Trainingsplanung und -steuerung zu bieten.

Von Überlastungsschäden durch inadäquat intensives Training oder zu frühzeitige Trainingsaufnahme wird im Jugendhandball nicht berichtet. Es liegen jedoch derartige Untersuchungen für andere Sportarten wie z.B. Schwimmen, Turnen etc. vor (SOMMER 1984, COTTA, SOMMER 1986).

Daher wird im Kindes- und Jugendalter eine körperliche Allgemeinausbildung mit einem ausdauerbetontem Grundlagentraining gefordert, während die frühzeitige sportliche Spezialisierung zu einseitiger physischer und psychischer Belastung führt und abgelehnt werden sollte (RIECKERT, MARTEN 1990).

Über den Einsatz bei der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik hinaus hat die ergometrische- / spiroergometrische Untersuchung durch die Möglichkeit der exakten Kontrolle und Objektivierung der körperlichen Leistungsfähigkeit auch einen breiten klinischen und allgemeinen Einsatzbereich sowohl bei gesunden Untrainierten als auch bei Kranken (RIECKERT 1981, REINDELL u. Mitarb. 1988, HOLLMANN, HETTINGER 1990, MEDAU, NOWACKI 1992, SHEPHARD, ASTRAND 1993; TITTEL, ARNDT, HOLLMANN 1993, NEUMANN, SCHÜLER 1994, BADKE 1995, McARDLE, KATCH, F. V. KATCH 1996).

Anhand der hier vorliegenden **experimentellen Studie** über das sportmedizinische Leistungsprofil von Handballspielerinnen der nationalen und internationalen Spitzenklasse sollen die folgenden **Fragen** beantwortet werden:

1. Wie entwickelt sich die körperliche und kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit von jugendlichen Handballspielerinnen vom 10. bis zum 33. Lebensjahr bei erschöpfender ergometrischer Ausbelastung nach den Gießener 1 Watt/kg KG-Methoden auf dem Fahrradergometer?
2. Wie ist die Leistungsfähigkeit der jugendlichen Handballspielerinnen im Vergleich mit untrainierten Mädchen und Frauen gleicher Altersklassen, höherklassig spielenden Handballspielerinnen und Athletinnen aus anderen Sportarten zu bewerten?
3. In welchem Bereich liegt die körperliche, kardiozirkulatorische und kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit der im Frauenhandball national und international sehr erfolgreichen Handballmannschaft des TV Gießen-Lützellinden (Europacupsieger der Landesmeister 1991; Europacupgewinner der Pokalsieger 1993, 1996; Deutscher Meister 1988, 1989, 1990, 1993, 1997, 2000, 2001; Deutscher Vize-Meister 1991, 1992, 1994, 1995; Deutscher Pokalsieger 1989, 1990, 1992, 1998, 1999; Trainer Dr. med. Hans-Jürgen Gerlach) ?
4. Ist das sportmedizinische Leistungsprofil der Handballspielerinnen abhängig von der Belastungsmethode – Laufbandspiroergometrie vs. Fahrradspiro-ergometrie ?
5. Welche Rückschlüsse können auf der Grundlage des sportmedizinischen Leistungsprofils der national und international sehr erfolgreichen Handballmannschaften des TV Gießen-Lützellinden im Schüler-, Jugend- und Erwachsenenbereich auf die zukünftige Entwicklung des Frauenhandball-Leistungssports in der Bundesrepublik Deutschland gezogen werden?

2 METHODIK

Im Zeitraum vom 30.07.98 bis zum 18.01.99 wurden von mir 32 Handballspielerinnen im Alter von 14,8 bis 29,9 Jahren unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. NOWACKI und in Zusammenarbeit mit seinem Untersuchungsteam am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität

Gießen leistungsmedizinisch untersucht.

Zur Anwendung kam die Fahrradergometrie nach dem 1,0W/kg KG – Verfahren nach NOWACKI 1985.

Darüber hinaus wurden Untersuchungen, die bereits im Zeitraum von 1989 bis 1997 bei Frauenhandball- Bundesligaspielerinnen sowie im Zeitraum von 1979 bis 1996 bei Handballspielerinnen aus dem mittelhessischen regionalen Bereich durchgeführt wurden, ausgewertet und zu Vergleichszwecken herangezogen.

Aus diesem Grund wurde ein spezieller Bogen zur Erfassung der für die vorliegende Dissertation relevanten Daten aus den einzelnen Akten der sportmedizinisch untersuchten Handballspielerinnen benutzt (Anhang).

Die Ergebnisse dieser Auswertungen sind im nachfolgenden als biologisch-leistungsmedizinische Entwicklungskurven für die Altersklassen D-Jugend, C-Jugend, B-Jugend, A-Jugend und Seniorinnen graphisch dargestellt.

Weiterhin standen für die aktuelle vergleichende Diskussion noch die leistungsmedizinischen Parameter von jugendlichen Spielerinnen und Bundesligaspielerinnen des TV Gießen-Lützellinden aus den Wettkampf-Jahren 1999/2000, 2000/2001, 2001/2002 und 2003/2004 zur Verfügung.

2.1 Untersuchungsgut

Das eigene experimentelle Untersuchungsgut von 32 Probandinnen aus dem Handball – Leistungssportbereich des TV Gießen Lützellinden setzte sich zusammen aus 10 Spielerinnen der Frauenhandball - Bundesligamannschaft, 7 Spielerinnen der Frauenhandball - Regionalligamannschaft sowie 15 Spielerinnen aus der A - Jugendmannschaft.

Diese Spielerinnen wurden von mir persönlich auch klinisch unter Anleitung von Univ.-Prof. Dr. med. Paul. E. Nowacki untersucht.

In der laufenden Saison 1998/99, in der die Untersuchungen stattfanden, belegte die Bundesligamannschaft des TVL den 3. Platz, die Regionalligamannschaft ebenfalls den 3. Platz und die A-Jugendmannschaft den 5. Platz in der Oberliga. Die Bundesligamannschaft errang den Titel des Deutschen Pokalsiegers 1999.

Die bereits von 1989 bis 1997 durchgeführten Untersuchungen umfassen 31 Spielerinnen des TV Gießen-Lützellinden, die sämtlich aus dem im deutschen Frauenhandball besonders erfolgreichen Bundesliga-Kader der Spielzeiten 1989 bis 1997 stammen.

Diese Spielerinnen, einschließlich der bis 3/2004 im Institut untersuchten Spielerinnen, erreichten mit ihren Mannschaften unter der Leitung des weltbekannten Gießener Frauenhandball-Erfolgstrainers Dr. med. Hans-Jürgen Gerlach, Facharzt für Orthopädie . Sportmedizin, folgende nationale und internationale Erfolge:

Europacupsieger der Landesmeister 1991

Europacupgewinner Pokalsieger 1993,1996

Deutscher Meister 1988,1989,1990,1993,1997, 2000, 2001

Deutscher Vize-Meister 1991,1992,1994,1995

Deutscher Pokalsieger 1989,1990,1992, 1998, 1999

Diese Untersuchungen wurden anhand des von mir entwickelten Bogens ausgewertet und die Ergebnisse der Kategorie TVL 1989-1997 zugeordnet. Damit war die Möglichkeit, eine vierte Vergleichsgruppe heranzuziehen, gegeben.

Bei 19 dieser Spielerinnen wurde zusätzlich eine Spiroergometrie durchgeführt. Auch diese Ergebnisse werden der Kategorie TVL 1989-1997 zugeordnet und werden später in den Kapiteln Respiratorische Leistungsfähigkeit und Kardiorespiratorische Funktionsgrößen dargestellt.

10 dieser 19 Spielerinnen wurden nach allen oben genannten Belastungsverfahren – 1.0Watt/kg KG Fahrradergometrie, 0.5Watt/kg KG Fahrradergometrie, 0.5Watt/kg KG Laufbandergometrie - getestet und bieten somit die Möglichkeit eines Quervergleiches dieser Untersuchungsmethoden.

Die Ergebnisse dieser 10 Spielerinnen bei den drei Belastungsverfahren werden später im Kapitel **Fahrradergometrie vs Laufbandergometrie** einander gegenübergestellt.

Die 242 regional tätigen Spielerinnen, die zwischen 1979 und 1996 am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen nach dem 1,0W/kg KG – Verfahren nach NOWACKI 1985 untersucht wurden, waren 12 bis 29 Jahre alt.

Die ausgewerteten Untersuchungen dieser Spielerinnen finden Berücksichtigung in der Darstellung der altersmäßigen Entwicklung im Handballsport bezogen auf die Werte der **absoluten** und **relativen Wattstufe**, der **absoluten** und **relativen Gesamtarbeit**, der **absoluten** und **relativen PWC 170**, der **Belastungszeit** und der **Herzfrequenz**.

Diese Breitensportlerinnen werden ihrem Alter entsprechend im Ergebnisteil untergliedert in D-Jugend (10,0 – 11,9 J), C-Jugend (12,0 – 13,9 J), B-Jugend (14,0 – 15,9 J), A-Jugend (16,0 – 17,9 J) und Seniorinnen (>18 J) - **Entwicklungsstudie** - und dort der Wettkampfmannschaft des TV Gießen – Lützellinden 1998/1999 gegenübergestellt.

Die aktuellen Untersuchungen der Handballspielerinnen (14 Bundesliga-Spielerinnen 1999/2000, 17 Bundesliga-Spielerinnen 2000/2001, 16 Bundesliga-Spielerinnen 2001/2002, 19 Bundesliga-Spielerinnen 2003/2004, 14 Jugendspielerinnen der A- Jugend 1999-2004 und 13 Jugendspielerinnen der B-Jugend 1999-2004) des TV Gießen-Lützellinden im Zeitraum 2/1999 bis 3/2004 wurden in der Diskussion nur für die Werte der körperlichen Leistungsfähigkeit – **maximale absolute** und **relative Wattstufe**, **Gesamtarbeit in Wattmin** – und partiell für die kardiozirkulatorischen Reaktionen berücksichtigt.

2.2 Klinisch – sportmedizinische Untersuchung

Vor jedem Leistungstest wurden die Probandinnen folgendermaßen eingehend klinisch untersucht:

Zu Beginn erfolgte die Erstellung einer Gesundheits-, Leistungs-, Trainings- und Sportanamnese.

Daran schloß sich die Ermittlung des Gewichts mit einer geeichten Waage der Fa. Seca und die Messung der Körpergröße sowie eine Lungenfunktionsprüfung in Ruhe mittels Digitalspirometer " Spirotron " der Fa. Dräger, Lübeck, an.

Anschließend wurden die Athletinnen einer gründlichen allgemeinen körperlichen (internistisch – orthopädischen) Untersuchung unterzogen.

Sofern sich hierbei zusammenfassend keine klinischen Einwände gegen eine individuell erschöpfende Ausbelastung ergaben, erfolgte im Anschluß die Leistungsprüfung auf dem Fahrradergometer im Sitzen.

Alle Athletinnen waren klinisch gesund und sportmedizinisch als geeignet beurteilt worden, sich einer Belastung zu unterziehen, die sie bis in den Vita maxima – Bereich (MELLEROWICZ 1979) forderte.

2.3 Untersuchungsbedingungen

Die Untersuchungen fanden im Zeitraum vom 30.07.98 bis 18.01.99 jeweils vormittags zwischen 10:30 Uhr und 12:00 Uhr sowie nachmittags zwischen 16:00 Uhr und 18:00 Uhr statt.

Es wurde stets darauf geachtet, daß die Leistungsprüfung nicht gegen Ende der Woche vor einem Punktspiel am Wochenende abgenommen wurde.

Die Standardisierungsvorschläge der Arbeitsgruppe für Ergometrie des International Council for Sport and Physical Education (ICSPE) der UNESCO 1981, überarbeitet von SMODLAKA 1983, galten als Voraussetzung für die Leistungsumsatzbedingungen bei der Fahrradergometrie.

2.3.1 Meßplatz und Geräte

Das Sportmedizinische Untersuchungs- und Messzentrum an der Professur für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen am Institut für Sportwissenschaft ist unter anderem mit einem Meßplatz ausgestattet, der alle für die moderne Leistungsdiagnostik notwendigen technischen Geräte beinhaltet.

Dieser komplette Meßplatz zur kardiorespiratorischen Funktionsdiagnostik der Fa. E. Jaeger/Würzburg ermöglicht es unter anderem, pneumotachographisch im offenen System (Masken – oder Y – Ventilatmung) während eines Leistungstests auf dem Ergometer, das Atemzugvolumen, sowie die Atemfrequenz des Sportlers zu messen. Weiterhin wurden die Konzentrationen des Sauerstoff- und Kohlendioxydgehalts als Differenzwerte der Ein- minus Ausatemungsluft der Athletinnen fortlaufend registriert (Abbildung 1).

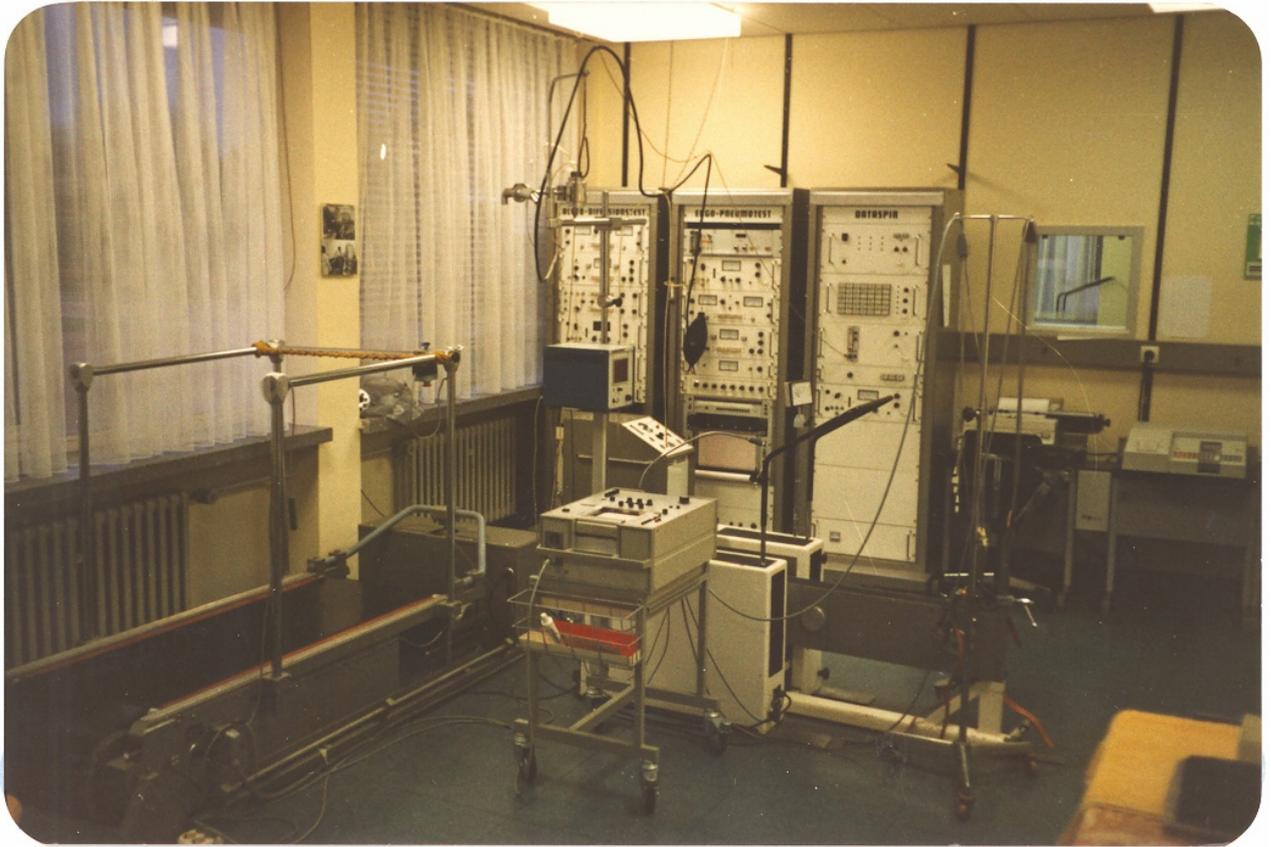


Abbildung 1: Der komplette computergesteuerte spiroergometrische Messplatz am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen, aufgestellt 1974. Im Vordergrund li.: Das Laufbandergometer LE-2000, re.: Das elektrisch gebremste Universal-Ergometer „Ergotest“; beides Spezialanfertigungen für den Hochleistungssport von der Firma E. Jaeger/Würzburg. Im Hintergrund: ALVEO-Diffusionstest, ERGO-Pneumotest, Dataspirogerät der Firma E. Jaeger und die dazugehörige Computeranlage (MLU 600) der Firma OLIVETTI/Italien. Im Vordergrund EKG-Dreifachschreiber mit Oszilloskop der Firma Hellige/Freiburg Brsg. Mit diesem modernsten Messplatz war die Universität Gießen für einige Jahre führend bei der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik.

Die Leistungen der Probandinnen wurde auf dem drehzahlunabhängigen Universalergometer "Ergotest" der Fa. E. Jaeger, Würzburg, nach einem "körpergewichtsbezogenen" Verfahren (Gießener Modell nach NOWACKI 1975, 1977, 1978) erbracht.

Für die Herzfrequenzbestimmung und die Registrierung eines Belastungs – Elektrokardiogramms wurde der Dreikanal - Elektrokardiograph "Multiscriptor EK 27" der Fa. Hellige/Freiburg i. Breisgau, benutzt.

Den Blutdruck konnte man mit dem Stand - Blutdruckmeßgerät "Erkameter" der Fa. Erka messen.

Zur Leistungsprüfung auf dem Laufband stand das Modell "Laufergotest" der Fa. E. Jaeger/Würzburg, eine Spezialanfertigung mit Überlänge der Laufbahn und variablen Steigungswinkeln von bis zu 40 %, zur Verfügung.

Auch hier wurde, analog zur Belastung auf dem Fahrradergometer, ein körperrgewichtbezogenes Belastungsverfahren gewählt (NOWACKI; ROSENTHAL, VÖLPEL 1980, STAADEN 1980, WETTICH 1980, NOWACKI 1982, ZIMMER 1982, N.S. NOWACKI 1998).

Die Daten der Spiroergometrie wurden pneumotachographisch erfaßt und die abhängigen Größen daraus berechnet.

Folgende Meßgrößen, auf die später nochmals gesondert eingegangen wird, wurden registriert:

- Körpergröße und Gewicht
- Vitalkapazität
- Trainingsumfang
- maximale absolute Wattstufe
- maximale relative Wattstufe
- absolute Gesamtarbeit
- relative Gesamtarbeit
- Belastungszeit
- absolute PWC 170
- relative PWC 170
- Herzfrequenz
- Blutdruck
- Atemzugvolumen
- Atemfrequenz
- Atemminutenvolumen
- absolute Sauerstoffaufnahme
- relative Sauerstoffaufnahme
- Sauerstoffpuls

Die aktuellen Untersuchungen von 1/2001 – 3/2004 erfolgten mit dem modernsten Spiroergometriemeßplatz „Oxycon Delta“ der Firma E. Jaeger, Höchberg (bedingt infolge der völlig unzureichenden personellen, aparativen und finanziellen Ausstattung des Lehrstuhls für Sportmedizin durch das Präsidium der Justus-Liebig-Universität, den Fachbereich 06 und das Institut für Sportwissenschaft, nur über einen Privat-Leasing-Vertrag von Prof. Dr. Nowacki mit der Firma ermöglicht) und dem Ergometer Ergoline Variobike 500 der Firma GE Medical Systems Information Technologies GmbH, Freiburg, sowie dem 12-Kanal Elektrokardiographen MAC 1200 ST der Firma GE Medical Systems Information Technologies GmbH, Freiburg (Abbildung 2).



Abbildung 2: Modernster Spiroergometriemeßplatz „Oxycon Delta“ der Firma E. Jaeger/Würzburg-Höchberg, im Sportmedizinischen Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen seit September 2002 (re). Links ein modernes computergesteuertes Ergometer mit dem elektrokardiographischen Messplatz der Firma GE Medical Systems, Freiburg/Brsg.

2.4 Belastungsverfahren

Alle im oben genannten Zeitraum von mir untersuchten Probandinnen wurden auf dem Fahrradergometer nach der 1Watt/kg Körpergewichts (1W/kgKG) – Methode nach NOWACKI getestet.

Auch sämtliche von mir mit Hilfe des Bogens retrospektiv ausgewerteten Untersuchungen wurden nach einem "körpergewichtsbezogenen" Verfahren durchgeführt. Es waren dies die 0,5W/kg KG - und 1,0W/kg KG – Fahrradergo-metrie und die 0,5W/kg KG – Laufbandergometrie.

Das Prinzip der "körpergewichtsbezogenen" Untersuchung besteht darin, die Probandinnen, unter Steigerung der Belastungsstufe alle 2 Minuten um jeweils 0,5 Watt bei der 0,5 W/kg KG - Methode, bzw. 1,0 Watt bei der 1,0 Watt/kg KG - Methode, bis zur völligen individuellen Erschöpfung auszubelasten.

Abbruchkriterien sind das subjektive Erschöpfungsgefühl der Athletin oder die von HOLLMANN 1963, 1965 und BRINKMANN 1980 empfohlenen Kriterien.

Bei dieser Belastungsmethode werden die Werte, die nach der zweiten bzw. vierten Belastungsminute mit 2W/kg KG, gemessen werden, also bei der 0,5W – Methode nach 8 min und bei der 1,0W – Methode nach 4 min, dem submaximalen Belastungsbereich zugeordnet.

Nach der Erschöpfung folgt eine 5 - minütige Erholungsphase, während derer ersten 3 Minuten die Probandin, die auf dem Fahrradergometer getestet wurde, unter minimalem Widerstand und geringster Umdrehungszahl weitertritt. Die letzten beiden Minuten der Erholungsphase nach der Fahrradergometrie verbringt die Athletin in absoluter Ruhestellung.

Bei der Laufbandergometrie folgt nach der Erschöpfung eine 1- bis 2-minütige Gehphase. Danach sitzt die Athletin auf einem Stuhl, der auf das Laufband gestellt wird.

2.4.1 Fahrradergometrie 1,0 Watt/kg KG – Methode und frauenspezifische Beurteilungskriterien

Die ergometrische Leistungsprüfung wird in die drei Phasen Vorstart, Leistung und Erholung unterteilt.

Das Ergometer besitzt sowohl einen höhenverstellbaren Sitz als auch eine dem Lenker des Fahrrades entsprechende höhenverstellbare Haltestange, so daß die optimale, für eine maximale Leistungsabgabe erforderliche, individuelle Sitzposition jeder Probandin gefunden werden kann.

Die Athletinnen erbrachten ihre Leistung in Sportbekleidung.

Sie trugen Sportschuhe, kurze Hosen und waren bis auf einen Sportbüstenhalter am Oberkörper unbedeckt, um den korrekten Sitz des EKG - Gurtes zu jeder Zeit der Untersuchung gewährleisten und auch überprüfen zu können.

Der Start der Untersuchung erfolgte bei einer Belastung von 1 Watt/kg Körpergewicht und einer Drehzahl von 50 Umdrehungen pro Minute.

Der Widerstand wurde alle zwei Minuten um 1 Watt/kg Körpergewicht gesteigert bis die völlige individuelle Erschöpfung der Probandin erreicht war und die Belastung abgebrochen wurde.

Mit jeder Steigerung des Widerstandes ging eine Aufforderung an die Athletin einher, die Drehzahl um ca. 10 Umdrehungen pro Minute zu erhöhen.

Vor Beginn der Belastung wurde bei den bereits auf dem Ergometer sitzenden Probandinnen unter Vorstartbedingungen der Blutdruck gemessen, die Herzfrequenz bestimmt und ein EKG geschrieben. Bei einigen Probandinnen kam die Entnahme von Kapillarblut aus dem mit Hilfe von "Finalgon" - Salbe hyperämisierten Ohrläppchen zur Laktatdiagnostik hinzu.

Nach 50 Sekunden jeder Belastungsminute wurde für die Dauer von 10 Sekunden ein EKG geschrieben, anhand dessen sich die jeweilige Herzfrequenz ablesen ließ. Nach der zweiten, der vierten und teilweise - bei auffälligen Werten in der vierten Minute - auch nach der sechsten Belastungsminute, fand eine Messung des Blutdrucks statt.

Nach dem Abbruch der Belastung schloß sich die 5 - minütige Erholungsphase an. Es wurde am Ende jeder Erholungsminute sowohl der Blutdruck gemessen, als auch die

Herzfrequenz anhand des EKGs bestimmt. Das Ende der dritten Erholungsminute wurde bei einigen Athletinnen zur Bestimmung des maximalen Laktatwertes herangezogen (NICKEL 1992).

Nachdem die Probandinnen die ersten drei Minuten der Erholungsphase in aktiver Erholung verbrachten, also weiterhin den sehr geringen Widerstand von ca. 15 bis 20 Watt bei einer Drehzahl von ca. 30 Umdrehungen pro Minute bewältigten, verblieben sie die letzten beiden Minuten der Erholungsphase in absoluter Ruhestellung.

Die abschließende Beurteilung der dargebrachten Leistung erfolgte gemäß den "frauenspezifischen Kriterien" zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit nach MEDAU, NOWACKI 1984 für Leistungssportlerinnen, belastet nach der 1,0 Watt/kg KG – Methode (Abbildung 3).

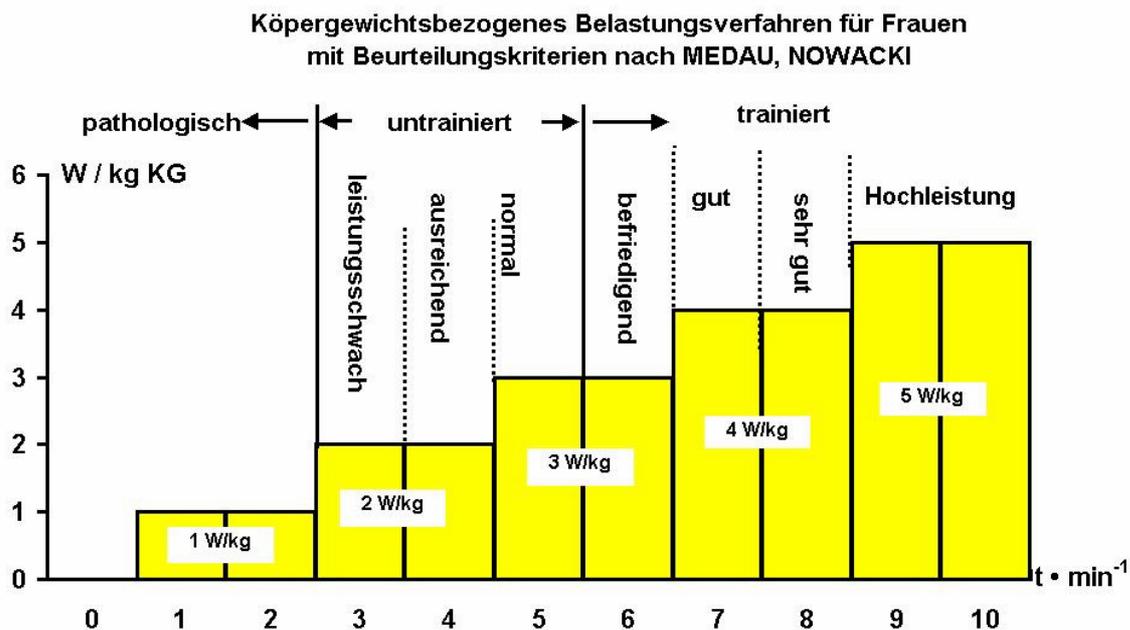


Abbildung 3: Frauenspezifische Kriterien zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit nach MEDAU, NOWACKI 1984 für Leistungssportlerinnen, belastet nach der 1,0 Watt/kg KG – Methode bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen

Danach beginnt der trainierte Bereich ab der 2. Minute 3W/kg KG, der darunter liegende Bereich gilt als untrainiert.

Ab 1 min 4W/kg KG wird die Leistung als gut und ab 2 min 4W/kg KG als sehr gut trainiert bezeichnet.

Der darüber liegende Bereich ab 1 min 5W/kg KG wird dem Frauen-Hochleistungstrainingzustand zugeordnet.

2.4.2 Fahrradspiroergometrie 1,0 Watt/kg KG – Methode und frauenspezifische Beurteilungskriterien

Die Belastung sowie die abschließende Beurteilung der dargebrachten Leistung erfolgte analog dem oben beschriebenen Verfahren bei der Fahrradergometrie.

Zusätzlich wurden hier jedoch die Ventilationsgrößen Atemzugvolumen und Atemfrequenz pneumotachographisch im offenen System mit dem kompletten Meßplatz zur kardiorespiratorischen Funktionsdiagnostik der Fa. E. Jäger/Würzburg registriert.

Aus den gewonnenen Meßgrößen läßt sich das zugehörige Atemminutenvolumen als Produkt aus Atemzugvolumen und Atemfrequenz in Liter / min BTPS errechnen ($AMV \text{ l BTPS} = AZV \text{ ml BTPS} * Af * \text{min}^{-1}$).

Als Differenz aus Ein- und Ausatemungsluft wurde die prozentuale Sauerstoffausnutzung (Vol.% O₂) bestimmt.

Mit diesem Wert und mit dem auf STPD – Bedingungen reduzierten AMV konnte die absolute Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_2 \text{ ml} * \text{min}^{-1} \text{ STPD}$) in jeder Minute bestimmt werden.

Dividiert man diesen Wert durch das Körpergewicht der Athletin, so erhält man die relative Sauerstoffaufnahme in $\text{ml} * \text{min}^{-1} * \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$.

BTPS = Body Temperature Pressure Saturated : 37 °, 760 mmHg, 100 % H₂O

STPD = Standard Temperature Pressure Dry : 0°, 760 mmHg, = 0 % H₂O

2.4.3 Fahrradspiroergometrie 0,5 Watt/kg KG – Methode und frauenspezifische Beurteilungskriterien

Auch hier erfolgte die Belastung nach dem in Abschnitt 2.4.1 beschriebenen körpergewichtsbezogenen Verfahren, mit Steigerung des Widerstandes alle 2 Minuten um 0,5 Watt /kg Körpergewicht.

Dieses 0,5 Watt /kg KG – Verfahren kann für den Frauensport als " Methode der Wahl " bei erschöpfenden Fahrradergometrien im Sitzen eingestuft werden.

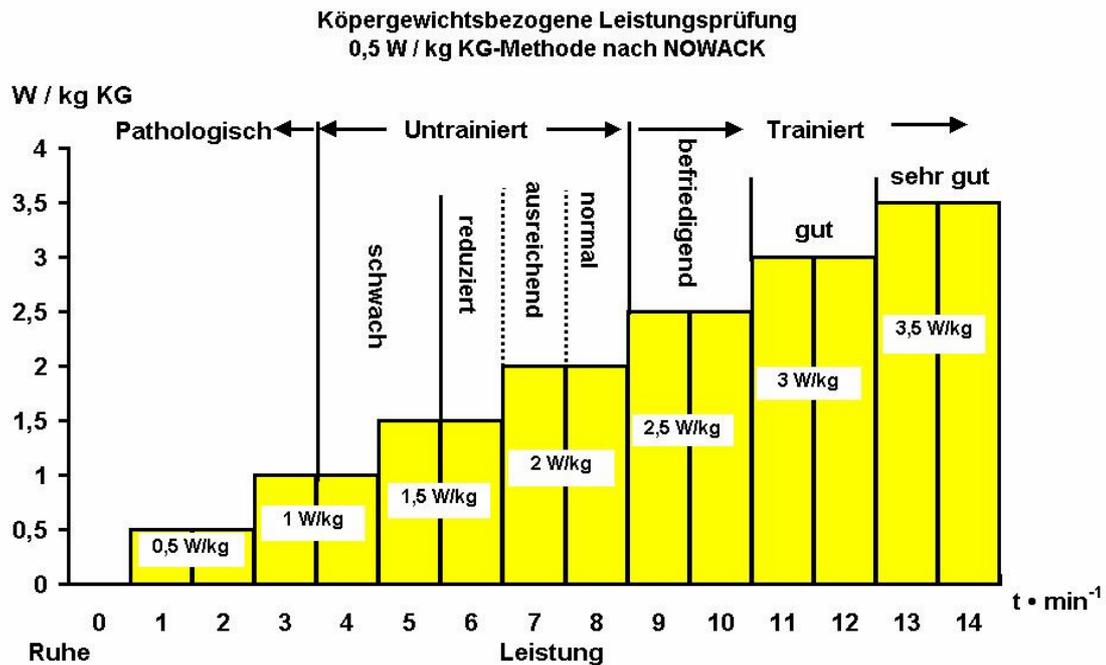


Abbildung 4: Frauenspezifische Kriterien zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit nach MEDAU, NOWACKI 1984 für Frauen bei Standardbelastung, belastet nach der 0,5 Watt/kg KG – Methode bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen

Die respiratorischen und kardiorespiratorischen Daten wurden analog dem bereits oben beschriebenen Verfahren ermittelt und berechnet.

Bei der abschließenden Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit jedoch mußte ein anderes Schema herangezogen werden.

Durch das langsamere Steigern des Widerstandes und die damit verbundene längere Belastungsdauer fällt auch die Beurteilung der erbrachten Leistung anders aus.

Die in der Abbildung 4 dargestellten Beurteilungskriterien nach MEDAU, NOWACKI 1984 kommen hier zum Einsatz, sie haben sich bewährt.

Hierbei wird in die drei Bereiche pathologisch, untrainiert und trainiert unterteilt.

Bis zu einer Leistung von 1 min 1 W/kg KG wird das Ergebnis als pathologisch bezeichnet.

Daran schließt sich bis zu einer Leistung von 2 min 2W/kg KG der untrainierte Bereich an, unterteilt in einen schwachen Leistungsbereich (bis 1min 1,5 W/kg KG), einen reduzierten Leistungsbereich (bis 2min 1,5 W/kg KG), einen ausreichenden Leistungsbereich (bis 1min 2,0 W/kg KG) und einen normalen Leistungsbereich (bis 2min 2W/kg KG).

Darüber liegt der trainierte Bereich.

2min 2,5W/kg KG sind als befriedigend trainiert, 2min 3W/kg KG als gut trainiert und ab 1min 3,5W/kg KG als sehr gut trainiert zu beurteilen.

2.4.4 Laufbandspiroergometrie 0,5 Watt/kg KG – Methode und frauenspezifische Beurteilungskriterien

Diese Belastungsmethode entspricht in der Intensität und der späteren Beurteilung dem in 2.4.3 beschriebenen Verfahren auf dem Fahrradergometer.

Auch hier wird die Belastung der Athletin um 0,5 Watt/kg KG, z.B. durch Erhöhung des Steigungswinkels bei gleicher Geschwindigkeit oder Erhöhung der Geschwindigkeit bei gleichem Steigungswinkel oder einer entsprechenden Kombination, gesteigert (NOWACKI 1981).

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit werden ebenfalls die Kriterien zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit nach MEDAU, NOWACKI 1984 für Frauen bei Standardbelastung herangezogen.

Lediglich die Art der Belastung ist eine andere. Anstelle des Fahrradergometers kommt nun das Laufband "Laufergotest" der Fa. E. Jaeger, Würzburg, zum Einsatz.

Dieses Laufband ist eine Spezialanfertigung mit Laufbandüberlänge und der Möglichkeit der Veränderung des Steigungswinkels bis zu 40%.

Die Athletinnen wurden bei konstant 9 km/h Laufbandgeschwindigkeit getestet. Die Laufkoordination der Probandinnen mußte genau beobachtet und abgestimmt werden.

Eine Erhöhung der Steigung von anfangs 2% alle 2 Minuten um 2% entspricht bei einer konstanten Laufbandgeschwindigkeit von 9 km/h der Belastungssteigerung von 0,5 Watt/kg KG auf dem Fahrradergometer und wird somit auch entsprechend nach den oben beschriebenen Kriterien bis zur völligen Erschöpfung durchgeführt und abschließend bewertet (Abbildung 5).

Um auch auf dem Laufband aussagekräftige kardiorespiratorische Meßdaten zu erhalten, mußte insbesondere auf den luftdichten und bewegungsfesten Sitz der Atemmaske geachtet werden.

Im Laufe dieser Studie werde ich prüfen, ob sich Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der Sportlerinnen bei verschiedenen Belastungsarten (Fahrrad vs Laufband) mit dem gleichen Belastungsschema (0,5 W/kg KG) ergeben.

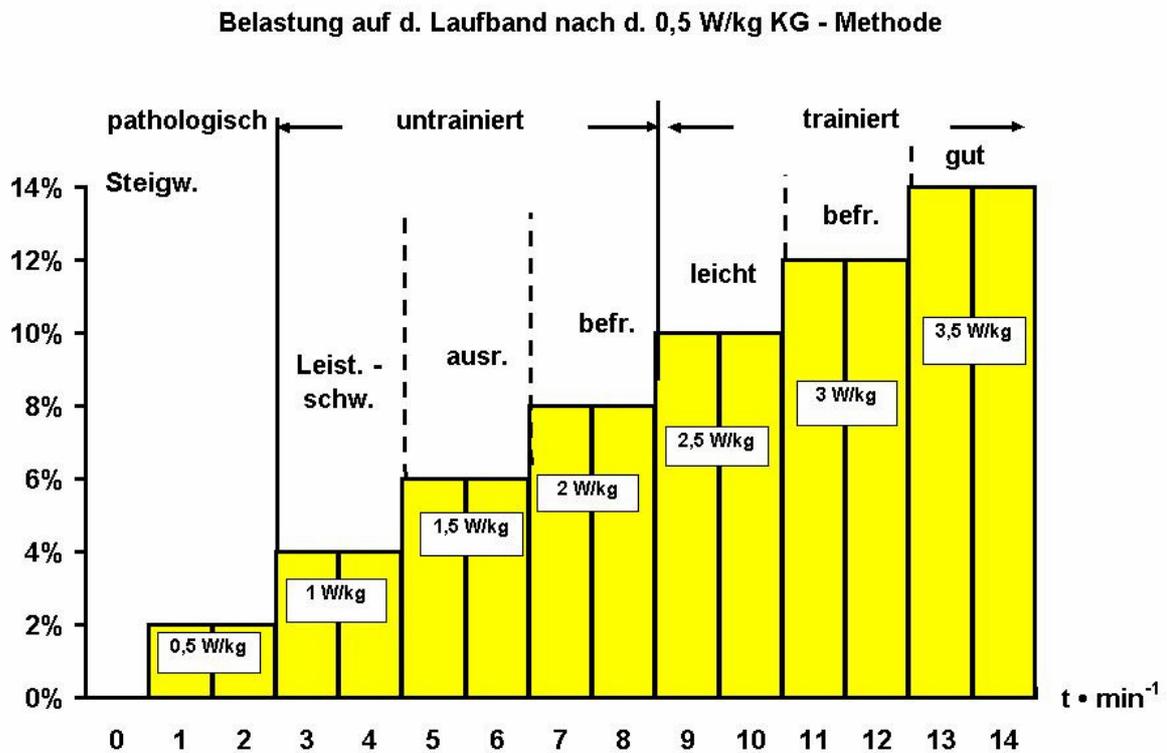
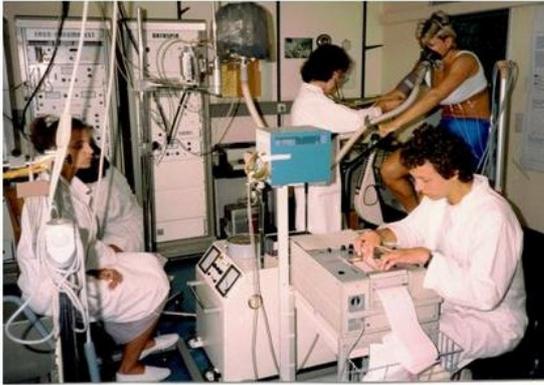


Abbildung 5: Frauenspezifische Kriterien zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit nach MEDAU, NOWACKI 1984 für Frauen bei Standardbelastung, belastet nach der 0,5 Watt/kg KG – Methode bei erschöpfender Laufbandergometrie. Konstante Geschwindigkeit 9km/h.

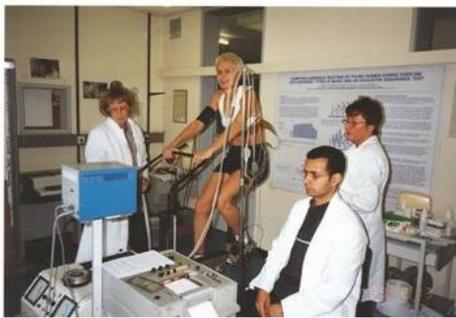
Einen Eindruck vom Versuchsablauf bei der erschöpfenden fahrradergometrischen Belastung im Sitzen oder spiroergoergometrischen Leistungstestung der Handballspielerinnen auf dem Fahrrad- oder Laufbandergometer vermittelt die Abbildung 6.



a



b



c



d



e



f



g



h

Abbildung 6: Handballspielerinnen des TV Gießen-Lützellinden bei der Leistungsdiagnostik im Institut für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen (Ärztlicher Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki).

- a) **Fahrradspiroergometrie mit Maskenatmung (Spielerin C. El.) und Blutdruckmessung durch die Sportmedizinische Funktionsassistentin Doralies Nowacki. EKG-Schreibung (Ärztin Dr. Eva Schenkel). Bedienung des Ergometers (Doktorandin) und des kardiorespiratorischen Messplatzes (Professor Nowacki).**
- b) **Fahrradspiroergometrie mit Ventilatmung (Spielerin E. Lu.). Überwachung und RR-Messung Assistentin Doralies Nowacki. EKG-Registrierung MTA Silvia Faussonne.**
- c) **Körperliche und kardiozirkulatorische Leistungsdiagnostik. Spielerin M. Da. und Assistenzärztin Andrea Bauer.**
- d) **Laufbandspiroergometrie mit Maskenatmung (Spielerin M. Fie.) und Doktorandin Maria Petalidou.**
- e) **Auskultation des Herzens bei der Torfrau P. Bra. durch Prof. Dr. P. E. Nowacki.**
- f) **Laktatmessung bei der Spielerin S. Be. und Blutentnahme aus dem mit Finalgon-Salbe hyperaemisierten Ohrläppchen durch die MTA Ursula Dittrich.**
- g) **Spiroergometrie der früheren Spielerin S. Me. mit dem „Oxycon Delta“ und modernste Registrierung der Ventilation und Gaskonzentrationen (O₂, CO₂) unmittelbar im digitalen Volumenmesser „Triple V“ sowie rechnerische Auswertung und graphische Registrierung mit einem Pentium PC der neuesten Generation. Blutdruckmessung durch Professor Nowacki.**
- h) **Spielerin D. Sku. mit der MTA U. Dittrich bei der erschöpfenden Fahrradergometrie mit Registrierung des Ergo-EKGs (12 Ableitungen) und des Blutdrucks in der Vorstart-, Leistungs- und fünfminütigen Erholungsphase.**

2.5 Leistungsmedizinische Parameter

2.5.1 Absolute und relative maximale Wattstufe

Die körperliche Leistungsfähigkeit eines Menschen wird in mkp/Zeit bzw. Watt ausgedrückt. 1 mkp/s entspricht 9,81 Watt, aufgerundet etwa 10 Watt.

In der Physik wird die Leistung definiert als der Quotient aus verrichteter Arbeit W durch Zeit t , ausgedrückt in Watt.

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit (W)}}{\text{Zeit (t)}} \text{ Watt}$$

Die von den Probandinnen erbrachte absolute Leistung in Watt wird auf der geeichten Skala des Ergometers abgelesen. Teilt man anschließend den erhaltenen Wert durch das Körpergewicht der Athletin in kg, so erhält man die relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht.

2.5.2 Absolute und relative Gesamtarbeit, Belastungszeit

Die absolute Gesamtarbeit in Wattminuten ist die Summe der erbrachten Leistung in jeder Belastungsminute über den gesamten Belastungszeitraum (NOWACKI 1977).

Wenn zum Beispiel eine 65 kg schwere Athletin nach der 1W/kg Körpergewicht – Methode nach NOWACKI über einen Belastungszeitraum von 8 Minuten belastet wird, errechnet sich die absolute Gesamtarbeit dieser Athletin wie folgt:

2 Minuten 1 W/kg KG =	65 Watt	→	130 Wattmin
2 Minuten 2 W/kg KG =	130 Watt	→	260 Wattmin
2 Minuten 3 W/kg KG =	195 Watt	→	390 Wattmin
2 Minuten 4 W/kg KG =	260 Watt	→	520 Wattmin
Summe		→	1300 Wattmin

Auch hier gilt: dividiert man den Wert für die absolute Gesamtarbeit in Wattminuten durch das Körpergewicht der Athletin in kg, so erhält man die relative Gesamtarbeit in Wattminuten/kg Körpergewicht. Im vorliegenden Beispiel errechnete sich ein Wert von 20 Wattminuten/kg Körpergewicht als relative Gesamtarbeit.

Die Belastungszeit wurde mit Hilfe einer großen Stoppuhr der Fa. Wilken kontrolliert. Die einzelne Athletin wurde vom Untersuchungsteam durch Zurufe bis zum Eintritt in den Vita maxima – Bereich motiviert. Sie wurde durch den Blick auf die Uhr zusätzlich stimuliert, sich bis zur Vollendung der vollen oder halben Minute auszubelasten.

2.5.3 Absolute und relative PWC 170

Die Physical Working Capacity (PWC 170) ist die Leistung, die ein menschlicher Organismus bei einer Herzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute zu leisten im Stande ist. Sie wird demnach in Watt ausgedrückt.

Dividiert man den Wert durch das Körpergewicht des Probanden, so erhält man die relative PWC 170, ausgedrückt in Watt pro Kilogramm Körpergewicht (Watt/kg).

Nach NOWACKI, SCHÄFER 1984 errechnet sich der Wert für die PWC 170 nach folgender Formel:

$$\text{PWC 170} = L2 + \frac{L2 - L1}{\text{Hf2} - \text{Hf1}} (170 - \text{Hf2})$$

bei einer Herzfrequenz (Hf2) unter 170 Schlägen/ min und

$$\text{PWC 170} = L2 - \frac{L2 - L1}{\text{Hf2} - \text{Hf1}} (170 - \text{Hf2})$$

bei einer Herzfrequenz (Hf2) über 170 Schlägen/ min.

Dabei bedeuten:

- L1 = die niedrigere Leistungsstufe (z.B. 2 Watt/kg)
- L2 = die höhere Leistungsstufe (z.B. 3 Watt/kg)
- Hf1 = die Herzfrequenz in den letzten 10 sec der ersten Belastungsminute von L1
- Hf2 = die Herzfrequenz in den letzten 10 sec der ersten Belastungsminute von L2

Hf2 ist definiert als diejenige Herzfrequenz, die am nächsten an 170 Schlägen/min liegt, sie bestimmt somit alle anderen Werte und damit auch L2.

Die Methode der graphischen PWC₁₇₀ - Bestimmung hat KIM 1994 in seiner Dissertation, welche auch international die größte PWC₁₇₀ - Studie repräsentiert, dargestellt.

2.5.4 Herzfrequenz und Blutdruck

Herzfrequenz

Während der Ergometrie wurde der Herzrhythmus und die Herzfrequenz der Probandin durch die Brustwandableitungen V4 – V6 nach WILSON beobachtet und registriert. Erstellt wurde das Elektrokardiogramm mittels EKG Dreifach – Schreiber "Multiscriptor EK 27" und Oszilloskop der Fa. Hellige/Freiburg i. Breisgau.

Für die aktuellen Untersuchungen von 1/2001 – 3/2004 stand der moderne 12-Kanal Elektrokardiograph MAC 1200 ST der Firma GE Medical Systems Information Technologies GmbH, Freiburg, zur Verfügung. Hierdurch war es möglich, während der Untersuchungen die Ableitungen I, II, III, aVR, aVL, aVF und V₁-V₆ aufzuzeichnen.

Blutdruck

Die Messung des Blutdruckes erfolgte unblutig durch die herkömmliche Methode nach RIVA ROCCI und Auskultation nach KOROTKOW. Benutzt wurde das Standblutdruckgerät "Erkameter" der Fa. Erka, eine 14cm breite Manschette und ein Stethoskop.

2.5.5 Atemminutenvolumen

Das Atemminutenvolumen ist eine errechnete Größe.

Es wird in Liter BTPS ausgedrückt und bestimmt durch die Multiplikation der Werte Atemzugvolumen und Atemfrequenz. Diese Größen werden in Ruhe, während jeder Belastungsminute und während jeder Erholungsminute gemessen.

Das Atemminutenvolumen in Liter BTPS kann mit dem luftdruckunabhängigen Faktor "f" zu weiteren Berechnungen auf STPD – Bedingungen reduziert werden.

2.5.6 Absolute und relative Sauerstoffaufnahme, Sauerstoffpuls

Die bei der Spiroergometrie erfaßte Differenz aus Ein- und Ausatemluft ergibt die prozentuale Sauerstoffausnutzung.

Multipliziert man nun die prozentuale Sauerstoffausnutzung mit dem auf STPD – Bedingungen reduzierten Atemminutenvolumen, so erhält man die absolute Sauerstoffaufnahme des Körpers $\dot{V}O_2$ ml * min⁻¹ STPD.

Um die relative Sauerstoffaufnahme $\dot{V}O_2$ ml * min⁻¹ * kg⁻¹ STPD zu berechnen, muß man den Wert durch das Körpergewicht der Athletin teilen.

Der Quotient aus absoluter Sauerstoffaufnahme und der Herzfrequenz zum jeweiligen Meßzeitpunkt ergibt den Sauerstoffpuls ($\dot{V}O_2 / \text{Hf ml}$).

2.6 Statistik

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit der freundlichen Unterstützung des Hochschulrechenzentrums (Leiter: Dr. Joseph Hammerschick).

Nach Auswertung der Untersuchungen und Erfassung der entsprechenden Werte erfolgte die Kopie der Daten zur statistischen Berechnung im Hochschulrechenzentrum.

Es wurden folgende Parameter auf statistisch zu sichernde Unterschiede hin überprüft: Größe, Gewicht, absolute und relative physikalische Leistungsfähigkeit (absolute und relative maximale Wattstufe), absolute und relative Gesamtarbeit, absolute und relative PWC₁₇₀, Belastungszeit, Herzfrequenz, Blutdruck, Atemminutenvolumen, absolute und relative Sauerstoffaufnahme, Sauerstoffpuls und Laktatverhalten.

Für die Vergleiche im Rahmen der Entwicklungsstudie mit den 6 Gruppen D-Jugend, C-Jugend, B-Jugend, A-Jugend, Seniorinnen und TVL BL 1998/99 wurde – ebenso wie für den TVL-Vergleich mit 4 Gruppen – folgende Vorgehensweise gewählt:

Zunächst erfolgte die Darstellung der deskriptiven Statistik.

Nach Prüfung auf Vorliegen einer Normalverteilung und gegebenenfalls anschließender Ausreißerbeseitigung als Grundvoraussetzung für die spätere Durchführung des F - Tests für unabhängige Stichproben wurde der Mittelwert, die Standardabweichung, der Median sowie der kleinste und größte Wert ermittelt.

Danach schloß sich der F - Test für unabhängige Stichproben an, um statistisch gesicherte vergleichende Beurteilungen der Untersuchungsergebnisse vornehmen zu können. Folgende Hypothesen mußten dafür formuliert werden, wobei wir von der Einteilung der Grundgesamtheit - aufgrund eines Merkmals mit 6 Ausprägungen – in die Gruppen A,B,C,D,E und F ausgehen.

H₀: Die Stichproben aus A, B, C, D, E und F stammen aus Grundgesamtheiten mit gleichen Lageparametern

H₁: Mindestens 2 der Stichproben aus A, B, C, D, E und F stammen aus Grundgesamtheiten mit unterschiedlichen Lageparametern

Analog dazu wird die Grundgesamtheit bei einem Vergleich von 4 Gruppen – wie z.B. der TVL-internen Vergleichsstudie – in die Gruppen A, B, C und D eingeteilt und die H_0 - und H_1 -Hypothesen entsprechend formuliert.

Bei diesem Test kann die H_0 -Hypothese dann abgelehnt werden, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit für den Fehler 1. Art $p \leq 0,05$ ist.

Je kleiner p , die Wahrscheinlichkeit für den Fehler 1. Art, desto geringer ist die Irrtumswahrscheinlichkeit beim Verwerfen der H_0 -Hypothese.

Die statistische Aussagekraft der Ergebnisse wird durch die Unterscheidung in verschiedene Signifikanzniveaus beschrieben:

$p \leq 0,001$	\Rightarrow	höchst signifikant	(3)
$p \leq 0,01$	\Rightarrow	hoch signifikant	(2)
$p \leq 0,05$	\Rightarrow	signifikant	(1)
$p \geq 0,05$	\Rightarrow	nicht signifikant	(0)

Mit dieser Varianzanalyse werden signifikante Lageunterschiede der Merkmale zwischen den verschiedenen Gruppen, im vorliegenden Falle Mannschaften, nachgewiesen.

Im Anschluß an den F – Test wurde mit dem Tukey – Test (im Falle von inhomogenen Varianzen innerhalb der Teilstichproben mit Dunnett´s T3 – Test) untersucht, welche der Gruppen sich bezüglich des zu untersuchenden Parameters signifikant unterscheiden.

Auf eine nähere Beschreibung der statistischen Auswertung wird mit dem Hinweis auf die entsprechende Literatur (KREYSZIG 1977; HOCHBERG, TAMHANE 1987) in diesem Rahmen verzichtet.

Zum Vergleich der Belastungsmethoden wurden jeweils 3 Ergebnisse derselben Spielerinnen herangezogen. Daher handelt es sich um den Vergleich abhängiger Stichproben.

Die Leistungsparameter wurden hierbei paarweise mit dem t – Test für abhängige Stichproben untersucht, wenn die Normalverteilung soweit wie nötig gegeben war. Anderenfalls wurde der Vorzeichentest verwendet.

Um aus den paarweisen Vergleichen der Belastungsmethoden statistisch abgesicherte Aussagen über alle drei Methoden zu gewinnen, wurde auf die Ergebnisse der drei t – Tests bzw. der drei Vorzeichentests für einen bestimmten Parameter die Shaffer – Korrektur angewandt.

Für weitere Angaben hierzu sei erneut auf die entsprechende Fachliteratur (KREYSZIG 1977; HOCHBERG, TAMHANE 1987) verwiesen.

Für die Durchführung aller Tests und die freundliche Unterstützung möchte ich an dieser Stelle dem wissenschaftlichen Mitarbeiter des Hochschulrechenzentrums, Herrn Dr. M. Hollenhorst, sehr herzlich danken.

2.7 Kritik der Methodik

Die Ergometrie hat sich in vielen tausend Untersuchungen allein an der Gießener Universität als anerkanntes Verfahren zur Messung, Darstellung und Objektivierung der körperlichen Leistungsfähigkeit eines Athleten erwiesen.

SMODLAKA , MELLEROWICZ, HORAK 1983 fordern als Kriterien für die Zuverlässigkeit der Aussage einer Leistungsüberprüfung Objektivität, Validität und Reproduzierbarkeit. Diese Bedingungen werden durch die Ergometrie alle erfüllt.

Die Meßgenauigkeit der Untersuchungsergebnisse wurde durch genaue Eichung der verwendeten Instrumente vor der eigentlichen Untersuchung sichergestellt.

Da sich der Zeitraum der Untersuchungen zwischen Ende Juli 1998 und Mitte Januar 1999 befand, bedeutete dies für alle 3 Mannschaften gleichermaßen, daß sie die Untersuchungen während ihrer jeweiligen Wettkampfphasen, also mit den besten konditionellen Voraussetzungen, hinter sich zu bringen hatten.

Es wurde jedoch streng darauf geachtet, daß die Leistungsprüfung nicht gegen Ende der Woche vor einem Punktspiel am Wochenende abgenommen wurde.

Trotz aller getroffenen Maßnahmen zur Sicherstellung einer Reproduzierbarkeit der Untersuchung versteht es sich von selbst, daß persönliche Belastungen oder Streßfaktoren psychischer sowie physischer Art nur teilweise Berücksichtigung finden konnten.

So ließen sich beispielsweise als Ausdruck persönlicher Nervosität bei einigen Athletinnen sowohl überhöhte Werte für den Ruhepuls, als auch für den Ruheblutdruck feststellen.

Durch die Einbeziehung des Körpergewichts ergab sich eine sehr gute Vergleichbarkeit der Leistungsfähigkeit körperlich unterschiedlich weit entwickelter junger Frauen, wie zum Beispiel der A – Jugendmannschaft des TV Gießen – Lützellinden (TVL) mit einem Durchschnittsalter von 16,7 Jahren und der Frauenhandball – Bundesligamannschaft des TVL mit einem Durchschnittsalter von 24,5 Jahren.

Die Belastung auf dem Fahrrad kann nicht als "sportartspezifisch" bezeichnet werden, gibt aber eine zuverlässige Aussage über die körperliche Leistungsfähigkeit im Sinne einer Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeit der Sportlerin ab.

Generell darf gesagt werden, daß die Bemühungen, "sportartspezifische" Belastungsverfahren für Ballsportarten zu entwickeln, lediglich als Näherungsversuche zu bewerten sind, da es nicht möglich sein wird, die z.B. bei einem Handballspiel auftretenden unterschiedlichen Belastungsmuster einer Spielerin exakt valide und objektiv reproduzieren zu können.

Es gilt jedoch, je sportartspezifischer eine Belastung erfolgt, desto präziser werden die Aussagen über die maximale Leistungsfähigkeit eines Sportlers.

Die Athletinnen wurden den Kriterien nach NOWACKI entsprechend erschöpfend ausbelastet.

Das bedeutet, ein Abbruch der Belastung fand bei zuvor körperlich fitter, unverletzter Probandin erst statt, wenn die Herzfrequenz mehr als 170 Schläge pro Minute betrug.

Zu dem Vergleich der Belastungsmethoden anhand der von mir retrospektiv ausgewerteten Untersuchungsergebnisse der 10 Lützellindener Profi-Spielerinnen gilt es zu sagen, daß sich selbstverständlich zeitliche Abstände zwischen den drei Untersuchungen einer Personen befanden.

Somit ist das Ergebnis von der momentanen Verfassung der Athletin abhängig.

Da diese 10 Spielerinnen dem Institutsleiter jedoch bestens bekannt sind und dieser bei jeder Untersuchung mitgewirkt hat, kann man davon ausgehen, daß sie maximal motiviert ihre Leistungsgrenzen gesucht haben.

Unterschiede in der Tagesform sind nie ganz auszuschließen, man kann jedoch annehmen, daß signifikante Unterschiede im maximalen Leistungsvermögen auf die Belastungsart zurückzuführen sind.

3 ERGEBNISSE

3.1 Anthropometrische Parameter – Entwicklung im Frauenhandballsport

Die Abbildungen 5-8 zeigen die anthropometrische Entwicklung im Frauenhandballsport. Die dazugehörigen Mittelwerte und Standardabweichungen sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Probandenzahl, Mittelwerte und Standardabweichungen der anthropometrischen Parameter Gewicht, Größe und Vitalkapazität der untersuchten Handballspielerinnen in der Entwicklungsstudie

Anthropometrische Parameter	D - Jugend	C - Jugend	B - Jugend	A - Jugend	Seniorinnen	TVL 1998/99 Bundesliga
n	79	50	33	43	37	10
Alter	11,1	12,8	14,9	17,1	20,1	24,5
± 1s	0,5	0,5	0,6	0,5	3,2	2,4
Gewicht	40,2	49,5	57,6	60,5	60,3	67,2
± 1s	7,9	10,1	8,5	7,3	4,8	5,8
Größe	147,8	158,6	165,5	165,7	168,2	174,6
± 1s	8,1	8,5	6,7	5,4	5,9	7,7
VK	2243	2709	3400	3514	3697	3700
± 1s	541	596	620	585	728	464

Die anthropometrischen Parameter für die TVL-Vergleichsgruppen A-Jugend, Regionalliga, Bundesliga 1989-1997 und Bundesliga 1998/99 zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Probandenzahl, Mittelwerte und Standardabweichungen der anthropometrischen Parameter Gewicht, Größe und Vitalkapazität der TVL-Vergleichsgruppen

Mannschaft	A-Jugend n = 15 M ± 1s	Regionalliga n = 7 M ± 1s	BL 1989-1997 n = 31 M ± 1s	BL 1998/99 n = 10 M ± 1s
Alter J.	16,6 ± 1,1	20,9 ± 2,8	24,3 ± 3,9	24,5 ± 2,4
Größe cm	169,7 ± 5,2	176,1 ± 5,4	175,0 ± 5,5	174,6 ± 7,7
Gewicht kg	61,5 ± 7,7	71,5 ± 7,1	71,1 ± 6,9	67,2 ± 5,8
Vitalkapazität ml	3753 ± 381	4085 ± 902	4555 ± 603	3700 ± 464

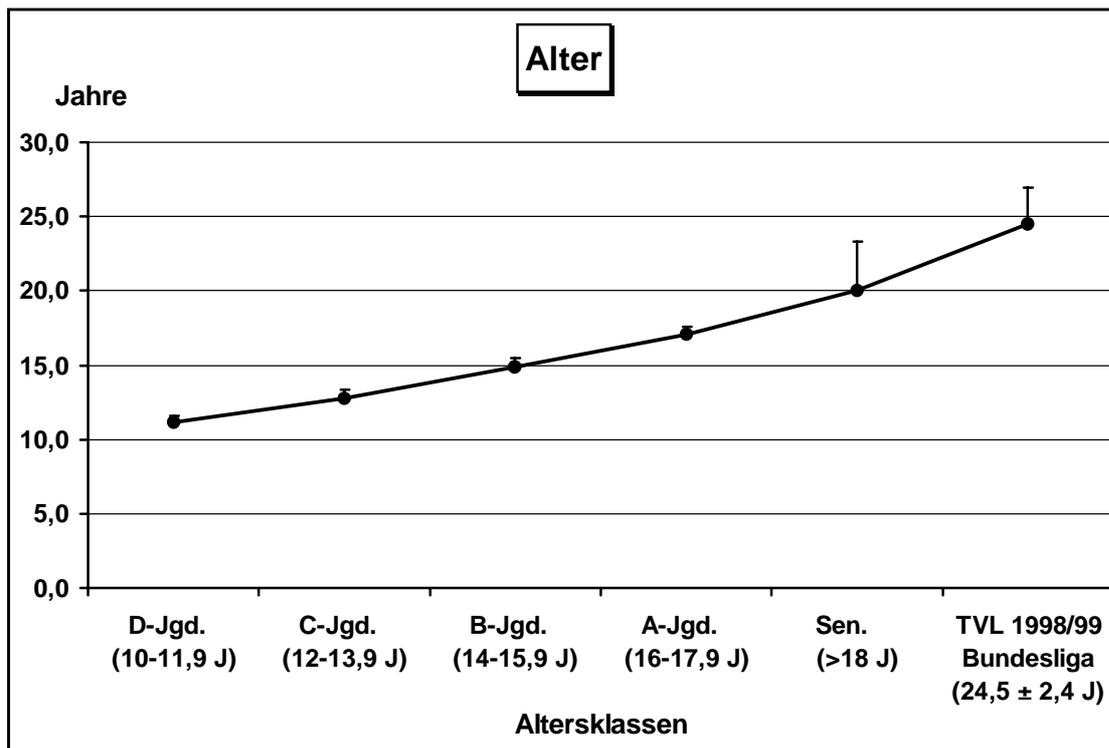


Abbildung 7: Mittelwertskurve (M) und Standardabweichungen ($\pm 1s$) des Alters der untersuchten Handballspielerinnen in der Entwicklungsstudie

Der Altersdurchschnitt der untersuchten Probandinnen ist in der Abbildung 7 dargestellt. Die Spielerinnen des TVL sind mit durchschnittlich 24,5 Jahren deutlich älter als die Seniorinnen der Entwicklungsstudie (20,1 Jahre).

Der lineare Anstieg der Kurve und die Werte in der Tabelle 1 zeigen die homogene Altersverteilung innerhalb der Untergruppen, die um den jeweiligen Mittelwert gestreut liegen. So fallen z.B. in die Untergruppe D-Jugend alle Spielerinnen, die zwischen 10 und 12 Jahre alt sind. Das mittlere Alter unserer Spielerinnen dieser Gruppe beträgt 11,1 Jahre. Diese Tatsache spricht für die Repräsentativität der folgenden Aussagen über die Leistungsfähigkeit der einzelnen Untergruppen.

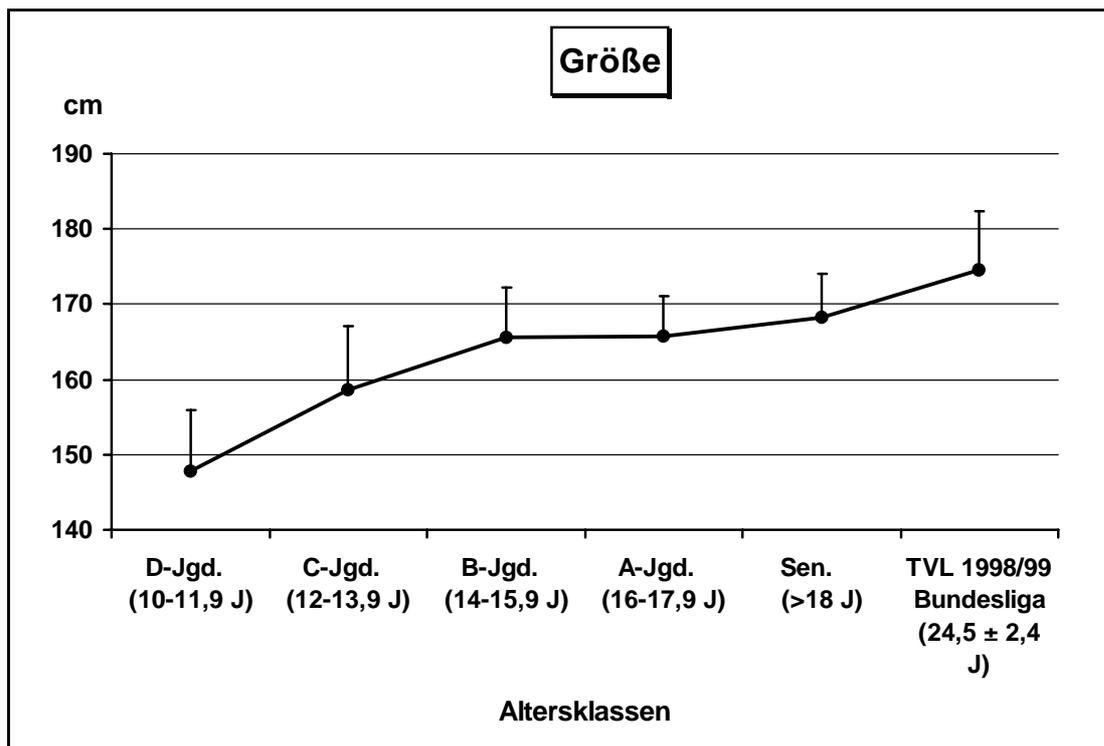


Abbildung 8: Mittelwertskurve (M) und Standardabweichungen ($\pm 1s$) der Größe der untersuchten Handballspielerinnen in der Entwicklungsstudie

Die Abbildung 8 zeigt die durchschnittliche Körpergröße der untersuchten Spielerinnen. Hier ist bereits der puberale Wachstumsschub zwischen 10 und 16 Jahren zu erkennen. Die Körpergröße steigt sprunghaft von der D-Jugend (147,8cm) zur B-Jugend (165,5cm) an. Anschließend ist der Anstieg bis in das Seniorinnenalter innerhalb der Entwicklungsstudie geringer.

Lediglich die TVL Spielerinnen weisen mit 174,6cm eine deutlich größere Statur auf, was sie für die Leistungssportart Handball zu prädestinieren scheint.

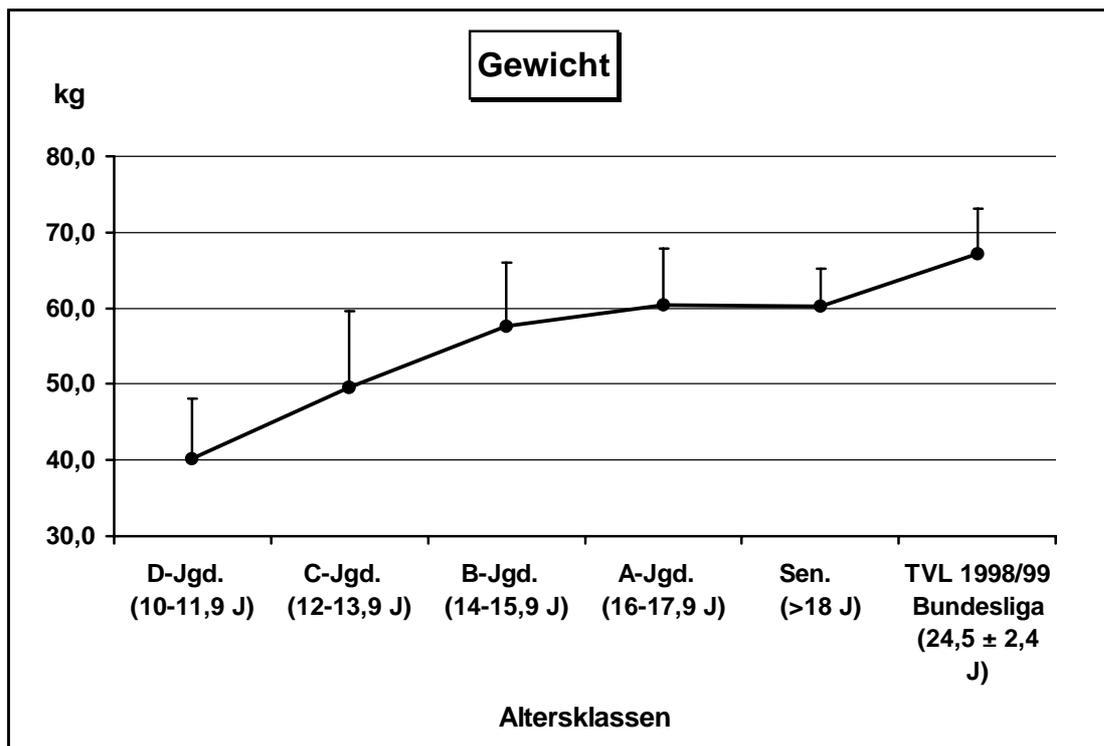


Abbildung 9: Mittelwertskurve (M) und Standardabweichungen ($\pm 1s$) des Gewichts der untersuchten Handballspielerinnen in der Entwicklungsstudie

Die Abbildung 9 zeigt die Entwicklung des durchschnittlichen Gewichts. Hier verläuft die Kurve analog der Größenentwicklung. Der sprunghafte, puberal bedingte Anstieg des Körpergewichtes zwischen 10 und 16 Jahren wird gefolgt von einer nahezu stagnierenden Gewichtszunahme bis in das Seniorinnenalter.

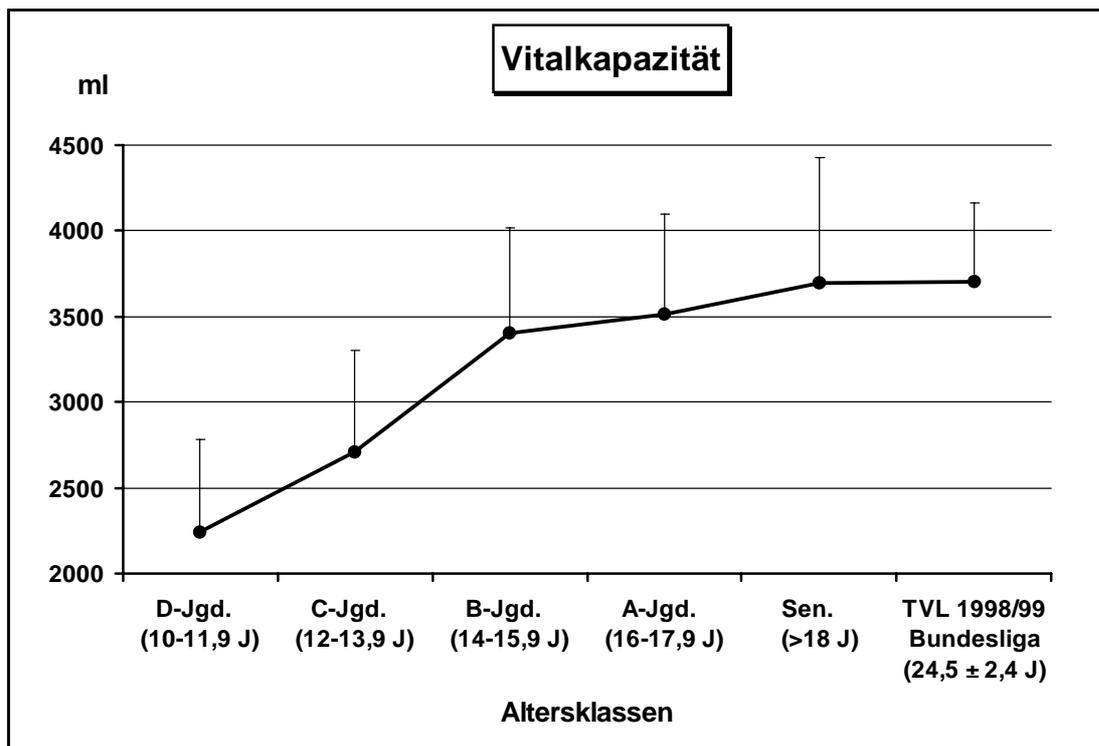


Abbildung 10: Altersabhängige Entwicklung der Mittelwertskurve (M) und Standardabweichungen ($\pm 1s$) der Vitalkapazität der untersuchten Handballspielerinnen in der Entwicklungsstudie

Die D-Jugend hat eine durchschnittliche Vitalkapazität von 2243 ml. Diese steigt sprunghaft über die C-Jugend mit 2709 ml zur B-Jugend mit 3400ml an (Abbildung 10).

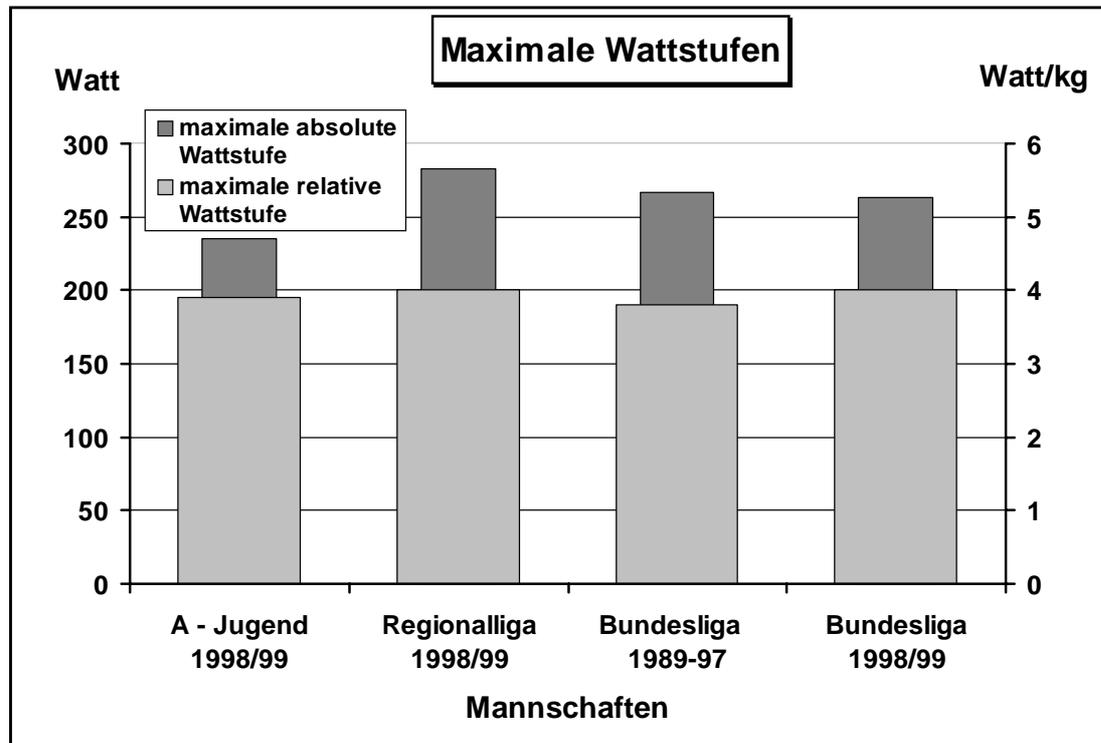
Die A-Jugend erreicht 3514 ml, die Seniorinnen 3697 ml und die TVL Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 kommt auf 3700 ml.

Die Werte der D-Jugend und der C-Jugend unterscheiden sich statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) von allen anderen untersuchten Gruppen. Die übrigen durchgeführten statistischen Vergleiche für den Parameter Vitalkapazität erbrachten keine weiteren signifikanten Unterschiede.

3.2 Körperliche Leistungsfähigkeit

3.2.1 Maximale absolute und relative Wattstufe

Die Mittelwerte im TVL-Vergleich mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung für die Parameter **maximale absolute und relative Wattstufe** nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen sind in der Abbildung 11 dargestellt.



Maximale absolute Wattstufe in Watt	A - Jugend	Regionalliga	Bundesliga	Bundesliga
	1998/99 (n=15)	1998/99 (n=7)	1989-97 (n=31)	1998/99 (n=10)
M	235	283	265	263
1s	44	29	35	31
A - Jugend		p < 0,05	p < 0,05	n.s.
Regionalliga			n.s.	n.s.
Bundesliga 1989-1997				n.s.

Maximale relative Wattstufe in Watt/kg	A - Jugend	Regionalliga	Bundesliga	Bundesliga
	1998/99 (n=15)	1998/99 (n=7)	1989-97 (n=31)	1998/99 (n=10)
M	3,9	4,0	3,8	4,0
1s	0,5	0,0	0,6	0,5

Abbildung 11: Säulendiagramm der Mittelwerte (M), Wertetabelle mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen für die Parameter maximale absolute und relative Wattstufe der TVL-Vergleichsgruppen bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

Die A-Jugend erreicht 235 Watt, die Regionalliga-Mannschaft 283 Watt, der Bundesliga-Kader der Spielzeiten 1989-1997 265 Watt und die aktuelle Bundesliga-Mannschaft 1998/1999 263 Watt.

Erwartungsgemäß erzielen die Erwachsenen Spielerinnen höhere Werte und unterscheiden sich untereinander nur geringfügig.

Statistisch signifikant ($p < 0,05$) liegt der Wert der A-Jugend unter dem Wert der Regionalliga-Mannschaft und dem Wert des Bundesliga-Kaders der Spielzeiten 1989-1997.

Nach Einbeziehung des Körpergewichtes ergeben sich nur noch marginale Unterschiede. Die A-Jugend erreicht 3,9 Watt / kg KG, die Regionalliga-Mannschaft 4,0 Watt / kg KG, der Bundesliga-Kader der Spielzeiten 1989-1997 3,8 Watt / kg KG und die aktuelle Bundesliga-Mannschaft 1998/1999 wieder 4,0 Watt / kg KG. Damit liegt der Wert der aktuellen Bundesliga-Mannschaft über dem Wert des Bundesliga-Kaders von 1989 – 1997.

Die statistische Auswertung ergab analog der marginalen Unterschiede für den Parameter maximale relative Wattstufe keine signifikanten Unterschiede.

3.2.2 Entwicklung der maximalen absoluten und relativen Wattstufe im Frauenhandballsport

Die Mittelwerte der **Entwicklungsstudie** mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung für die Parameter **maximale absolute und relative Wattstufe** nach der erschöpfenden Fahrradergometrie im Sitzen sind in Abbildung 12 dargestellt.

Es ergibt sich ein Anstieg von der D-Jugend mit 121 Watt zur C-Jugend mit 156 Watt. Daran schließt sich erneut eine Steigerung um annähernd 40 Watt zur B-Jugend mit 197 Watt an. Statistisch sind diese Unterschiede jeweils höchst signifikant ($p < 0,001$).

Die A-Jugend erreicht 204 Watt und die Seniorinnen 212 Watt. Sie zeigen somit nur noch eine minimale Steigerung gegenüber der B-Jugend.

Die Bundesliga-Mannschaft des TVL liegt mit 263 Watt um mehr als 50 Watt über dem Wert der gleichaltrigen Freizeithandballspielerinnen ($p < 0,01$) und unterscheidet sich höchst signifikant ($p < 0,001$) von allen übrigen Gruppen.

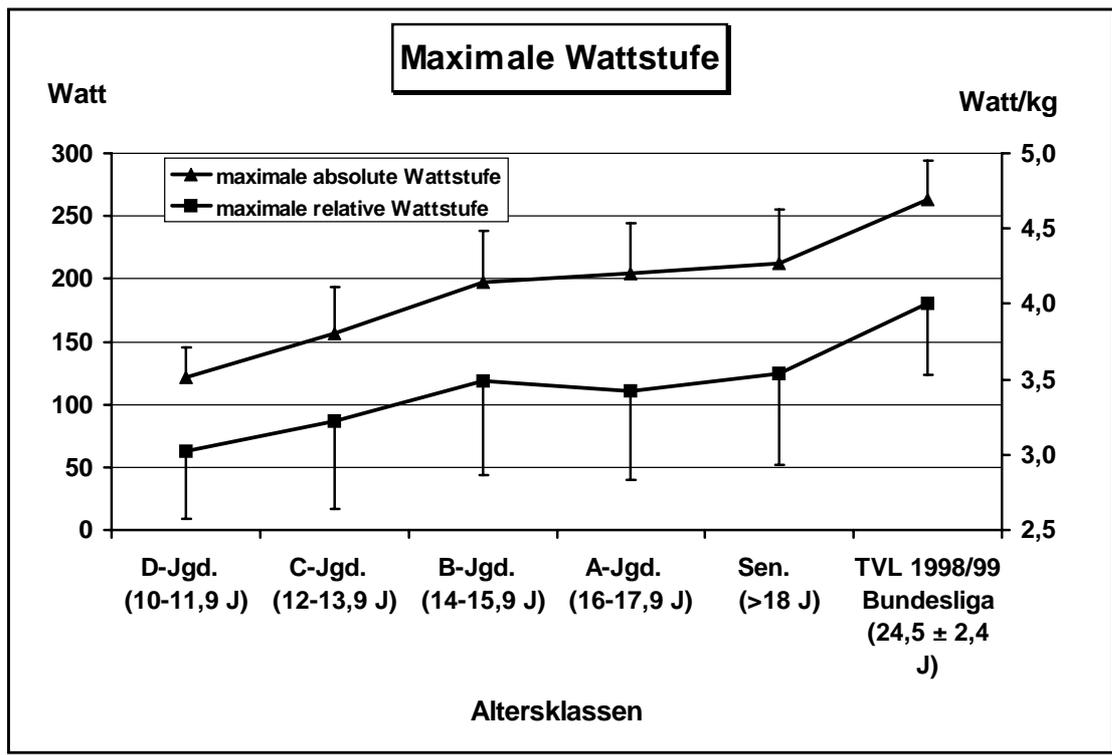
Nach Einbeziehung des Körpergewichtes stellt die D-Jugend wieder die untere Grenze mit 3,0 Watt / kg KG dar, die Bundesligamannschaft 1998/1999 markiert mit 4,0 Watt / kg KG erwartungsgemäß die Spitze. Die B-Jugend nimmt in diesem Vergleich mit 3,5 Watt / kg KG die exakte Mittelstellung ein.

Die C-Jugend liegt mit 3,2 Watt / kg KG nicht nur vom Alter her zwischen der D-Jugend und der B-Jugend.

Die A-Jugend erreicht 3,4 Watt / kg KG, die Seniorinnen 3,5 Watt / kg KG und erzielen damit annähernd gleiche, bzw. exakt gleiche Werte wie die B-Jugend.

Die Werte für den Parameter maximale relative Wattstufe waren nicht normalverteilt und entzogen sich somit einer statistischen Auswertung.

Auch wenn in diesem Fall eine statistische Aussage nicht möglich ist, so zeigen sich hier doch ähnliche Verhältnisse wie bei der Betrachtung des Parameters absolute Wattstufe, welche statistisch sehr aussagekräftig sind.



Maximale absolute Wattstufe in Watt	D-Jgd.	C-Jgd.	B-Jgd.	A-Jgd.	Seniorinnen	TVL 1998/99 Bundesliga
M	121	156	197	204	212	263
1s	25	37	41	40	43	31
D-Jgd.		p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
C-Jgd.			p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
B-Jgd.				n.s	n.s	p < 0,001
A-Jgd.					n.s	p < 0,001
Seniorinnen						p < 0,01

Maximale relative Wattstufe in Watt/kg	D-Jgd.	C-Jgd.	B-Jgd.	A-Jgd.	Seniorinnen	TVL 1998/99 Bundesliga
M	3,0	3,2	3,5	3,4	3,5	4,0
1s	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5

Abbildung 12: Mittelwertskurven (M), Wertetabellen mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen für die Parameter maximale absolute und relative Wattstufe der Entwicklungsstudie bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

3.2.3 Absolute und relative Gesamtarbeit, ergometrische Belastungszeit

Die Mittelwerte im TVL-Vergleich mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung für die Parameter **absolute und relative Gesamtarbeit** nach der erschöpfenden Fahrradergometrie im Sitzen sind in der Abbildung 13 dargestellt.

Es zeigt sich auch hier, daß die A-Jugend mit 904 Wattmin deutlich niedrigere Werte erzielt als die erwachsenen Leistungssportlerinnen. Diese Unterlegenheit läßt sich statistisch signifikant ($p < 0,05$), bzw. hoch signifikant ($p < 0,01$) belegen.

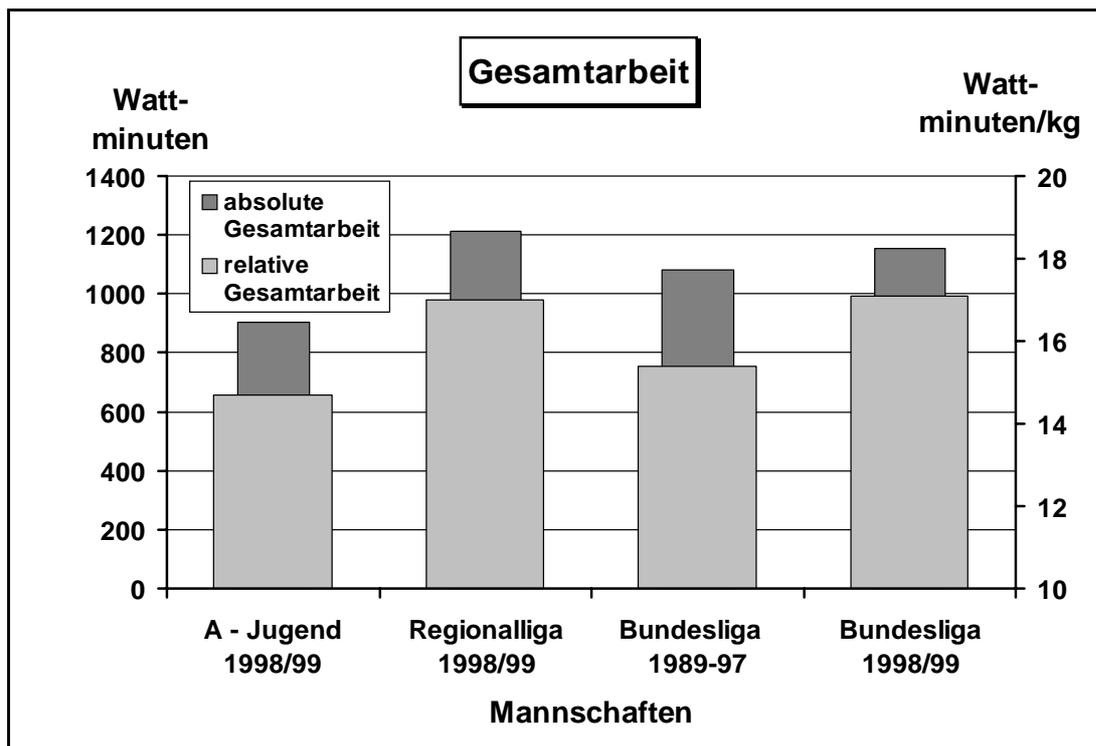
Die Regionalliga-Mannschaft erreicht durchschnittlich erstaunliche 1214 Wattmin, der TVL Bundesligakader der Spielzeiten 1989 – 1997 kommt auf 1066 Wattmin. und die Bundesliga-Mannschaft 1998/99 erreicht 1152 Wattmin.

Diese Werte sind als außergewöhnlich hoch zu bezeichnen und unterscheiden sich statistisch nicht signifikant voneinander.

Demnach erreicht die A-Jugend auch nach Einbeziehung des Körpergewichtes mit 14,9 Wattmin / kg KG den niedrigsten Wert in diesem Vergleich.

Der Bundesliga-Kader der Spielzeiten 1989 – 1997 kommt auf 15,1 Wattmin / kg KG, die Regionalliga-Mannschaft kommt auf 17,0 Wattmin / kg KG und die Bundesliga-Mannschaft erzielt mit 17,1 Wattmin / kg KG den höchsten Wert.

Die statistische Auswertung ergab für den Parameter relative Gesamtarbeit keine signifikanten Unterschiede.



Absolute Gesamtarbeit in Wattminuten	A - Jugend 1998/99 (n=15)	Regionalliga 1998/99 (n=7)	Bundesliga 1989-97 (n=31)	Bundesliga 1998/99 (n=10)
M	904	1214	1066	1152
1s	193	138	164	156
A - Jugend		p < 0,01	p < 0,05	p < 0,01
Regionalliga			n.s.	n.s.
Bundesliga 1989-1997				n.s.

Relative Gesamtarbeit in Wattminuten/kg	A - Jugend 1998/99 (n=15)	Regionalliga 1998/99 (n=7)	Bundesliga 1989-97 (n=31)	Bundesliga 1998/99 (n=10)
M	14,7	17,0	15,1	17,1
1s	3,5	2,2	2,9	3,0

Abbildung 13: Säulendiagramm der Mittelwerte (M), Wertetabelle mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen für die Parameter absolute und relative Gesamtarbeit der TVL-Vergleichsgruppen bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

Die Mittelwerte im TVL-Vergleich mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung für den Parameter **ergometrische Belastungszeit** nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen sind in der Abbildung 14 dargestellt.

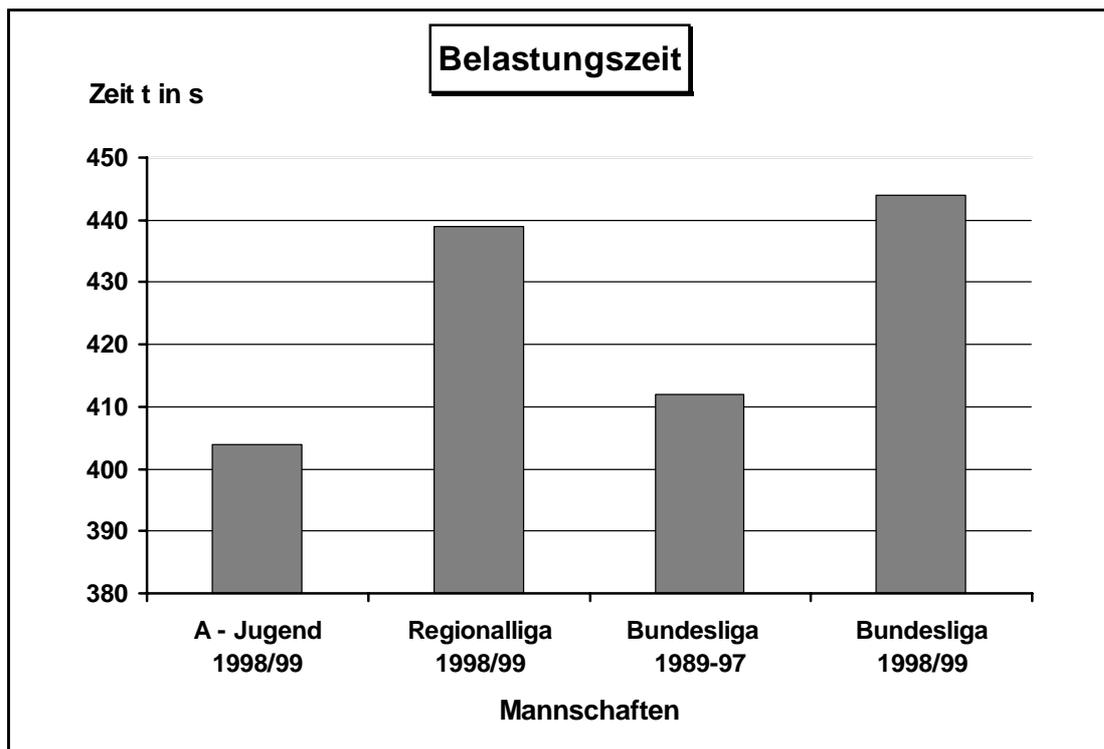
Die Ergebnisse verhalten sich analog zu den Ergebnissen für den Parameter relative Gesamtarbeit, da sich die Gesamtarbeit bei einem körpergewichtsbezogenen Belastungsverfahren aus der Summe der geleisteten Arbeit pro Belastungsstufe errechnet. Athletinnen mit einem höheren Körpergewicht erreichen also nach einer kürzeren Belastungszeit vergleichsweise höhere Werte für die absolute Gesamtarbeit.

Wird nun das Körpergewicht miteinbezogen, verhält sich die ergometrische Belastungszeit in s direkt proportional zur relativen Gesamtarbeit in Wattmin / kg KG.

Die A-Jugend wurde mit durchschnittlich 404 s am kürzesten belastet, die Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 mit 444 s am längsten.

Die Regionalliga-Mannschaft erreichte eine ergometrische Belastungszeit von 439 s und der Bundesliga-Kader der Spielzeiten 1989 – 1997 erreichte eine Belastungszeit von 408 s.

Die statistische Auswertung ergab für den Parameter ergometrische Belastungszeit der TVL-Vergleichsgruppen wie schon für den Parameter relative Gesamtarbeit keine signifikanten Unterschiede.



Belastungszeit in s	A - Jugend	Regionalliga	Bundesliga	Bundesliga
	1998/99 (n=15)	1998/99 (n=7)	1989-97 (n=31)	1998/99 (n=10)
M	404	439	408	444
1s	57	35	42	47

Abbildung 14: Säulendiagramm der Mittelwerte (M) und Wertetabelle mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) für den Parameter ergometrische Belastungszeit der TVL-Vergleichsgruppen bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

3.2.4 Entwicklung der absoluten und relativen Gesamtarbeit, sowie der ergometrischen Belastungszeit im Frauenhandballsport

Die Mittelwerte der Entwicklungsstudie mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung für die Parameter **absolute und relative Gesamtarbeit** nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen sind in der Abbildung 15 dargestellt.

Die D-Jugend erreicht mit 424 Wattmin den niedrigsten Wert. Der steile Anstieg der Werte über die B-Jugend mit 575 Wattmin zur C-Jugend mit 751 Wattmin verläuft nahezu linear. Die Unterschiede sind statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$).

Die A-Jugend kommt auf 775 Wattmin und die Seniorinnen auf 798 Wattmin, liegen somit knapp über der B-Jugend, statistisch lassen sich zwischen diesen drei Gruppen keine Unterschiede feststellen.

Die Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 des TVL erzielt 1152 Wattmin und liegt damit statistisch höchst signifikant über allen anderen Gruppen.

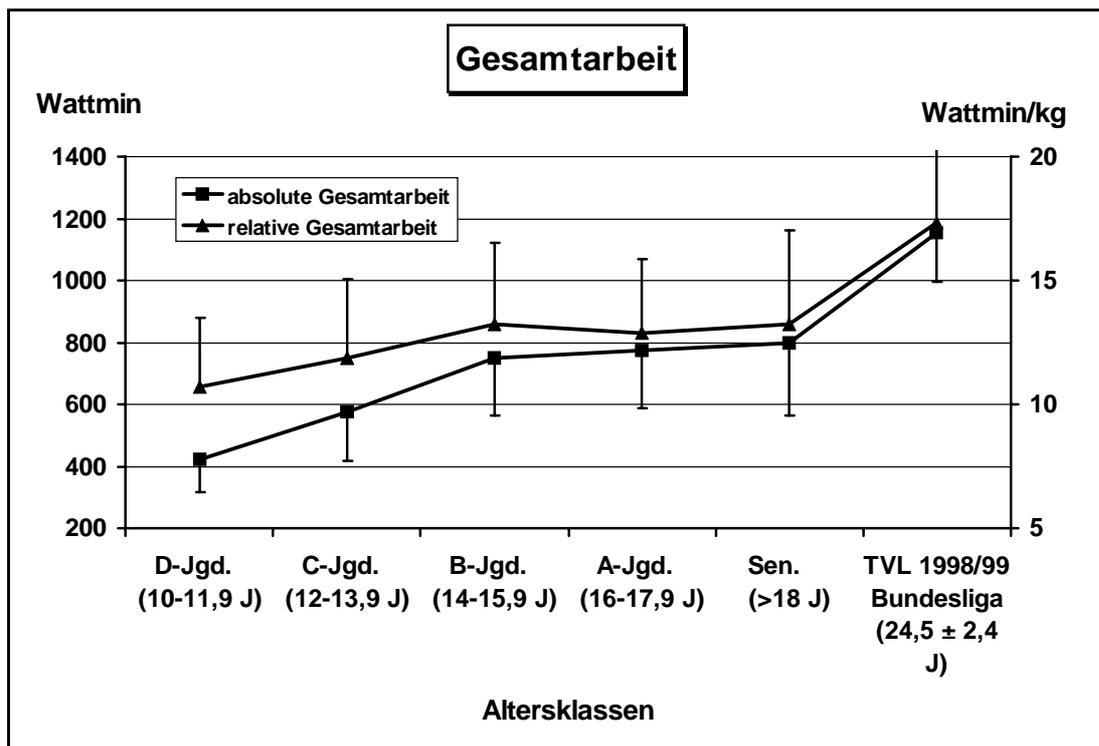
Die D-Jugend liegt mit 10,7 Wattmin / kg KG auch nach Einbeziehung des Körpergewichtes wieder am unteren Ende der Leistungsskala. Die C-Jugend erreicht 11,9 Wattmin / kg KG und liegt damit nahezu exakt zwischen der D-Jugend und der B-Jugend, die 13,2 Wattmin / kg KG erreicht.

Der Wert der D-Jugend unterscheidet sich hoch signifikant ($p < 0,01$) von den Werten der B-Jugend und der A-Jugend und höchst signifikant ($p < 0,001$) von den Werten der Seniorinnen und der Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999.

Die A-Jugend kommt auf 12,9 Wattmin / kg KG und liegt damit knapp unter den Seniorinnen mit 13,2 Wattmin / kg KG.

Die Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 erzielt 17,3 Wattmin / kg KG und unterstreicht damit erneut ihre Ausnahmestellung in diesem Vergleich.

Diese 17,3 Wattmin / kg KG sind höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als die von der D-Jugend, der B-Jugend und der A-Jugend erzielten Werte und hoch signifikant ($p < 0,01$) höher als die Werte der B-Jugend und der Seniorinnen.



Gesamtarbeit in Wattminuten	D-Jgd.	C-Jgd.	B-Jgd.	A-Jgd.	Seniorinnen	TVL 1998/99 Bundesliga
M	424	575	751	775	798	1152
1s	108	154	187	188	232	156
D-Jgd.		p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
C-Jgd.			p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
B-Jgd.				n.s	n.s	p < 0,001
A-Jgd.					n.s	p < 0,001
Seniorinnen						p < 0,001

Relative Gesamtarbeit in Wattminuten/kg	D-Jgd.	C-Jgd.	B-Jgd.	A-Jgd.	Seniorinnen	TVL 1998/99 Bundesliga
M	10,7	11,9	13,2	12,9	13,2	17,3
1s	2,7	3,2	3,3	3,0	3,8	3,1
D-Jgd.		n.s	p < 0,01	p < 0,01	p < 0,001	p < 0,001
C-Jgd.			n.s	n.s	n.s	p < 0,001
B-Jgd.				n.s	n.s	p < 0,01
A-Jgd.					n.s	p < 0,001
Seniorinnen						p < 0,01

Abbildung 15: Mittelwertskurven (M), Wertetabellen mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen für die Parameter absolute und relative Gesamtarbeit der Entwicklungsstudie bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

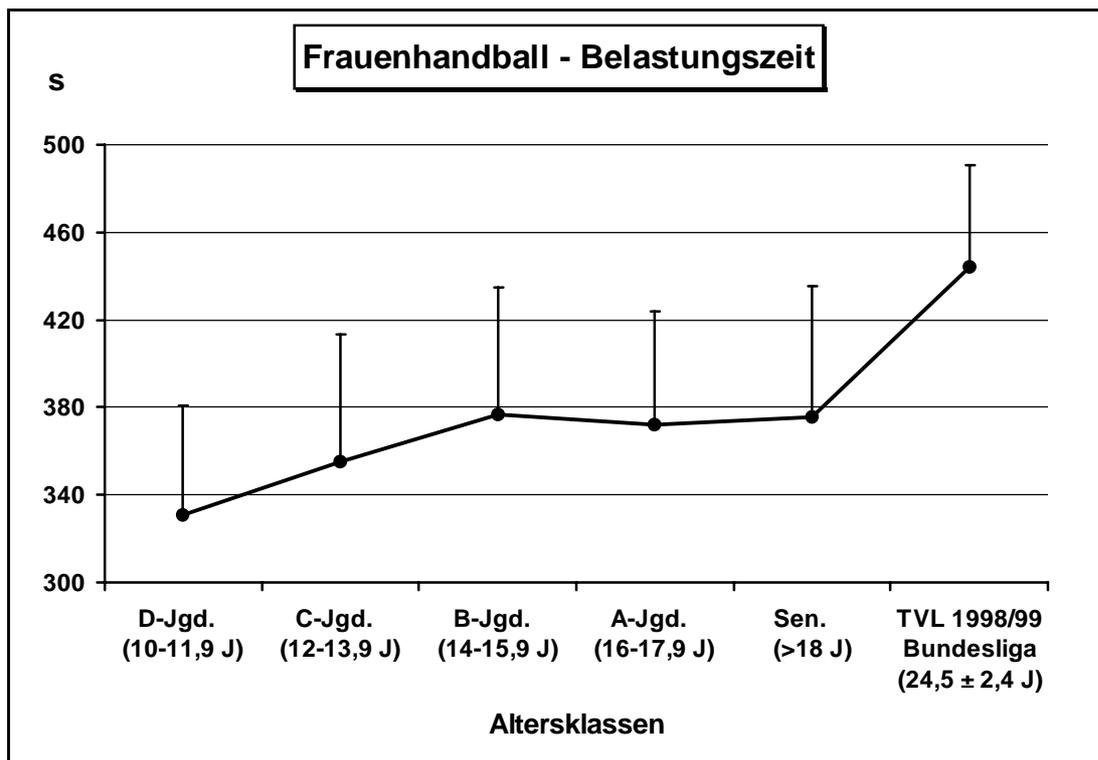
Die Mittelwerte der **Entwicklungsstudie** mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung für den Parameter **ergometrische Belastungszeit** nach der erschöpfenden Fahrradergometrie im Sitzen sind in der Abbildung 16 dargestellt.

Die D-Jugend wurde mit 331 s am kürzesten belastet, die C-Jugend liegt mit 355 s exakt zwischen der D-Jugend und der B-Jugend mit 377 s.

Die Belastungszeit der D-Jugend ist höchst signifikant ($p < 0,001$) kürzer als die Belastungszeit der B-Jugend, der A-Jugend und der Bundesliga-Mannschaft 1998/1999 und hoch signifikant ($p < 0,01$) kürzer als die Belastungszeit der Seniorinnen.

Die A-Jugend kommt auf 372 s, die Seniorinnen auf 375 s. Damit liegen die Werte wieder auf dem Niveau der B-Jugend und es ergeben sich keine statistischen Unterschiede innerhalb dieser drei Gruppen.

Die Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 des TVL erzielt 444 s. Dieser Wert unterscheidet sich höchst signifikant ($p < 0,001$) von den Werten der D-Jugend und der C-Jugend und signifikant ($p < 0,05$) von den Werten der B-Jugend, der A-Jugend und der Seniorinnen.



Belastungszeit in s	D-Jgd.	C-Jgd.	B-Jgd.	A-Jgd.	Seniorinnen	TVL 1998/99 Bundesliga
M	331	355	377	372	375	444
1s	50	58	58	52	60	46
D-Jgd.		n.s	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,01	p < 0,001
C-Jgd.			n.s	n.s	n.s	p < 0,001
B-Jgd.				n.s	n.s	p < 0,05
A-Jgd.					n.s	p < 0,05
Seniorinnen						p < 0,05

Abbildung 16: Mittelwertskurve (M), Wertetabelle mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen für den Parameter ergometrische Belastungszeit der Entwicklungsstudie bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg-Methode

3.2.5 Absolute und relative PWC₁₇₀

Die Mittelwerte im TVL-Vergleich mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung für die Parameter **absolute und relative PWC₁₇₀** nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen sind in der Abbildung 17 dargestellt.

Die A-Jugend des TVL erreicht mit 181 Watt den niedrigsten Wert. Er unterscheidet sich statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) vom Wert des TVL Bundesliga-Kaders der Spielzeiten 1989 – 1997 mit 250 Watt und statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$) vom Wert der TVL Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 mit 237 Watt.

Die TVL Regionalliga-Mannschaft kommt auf 225 Watt.

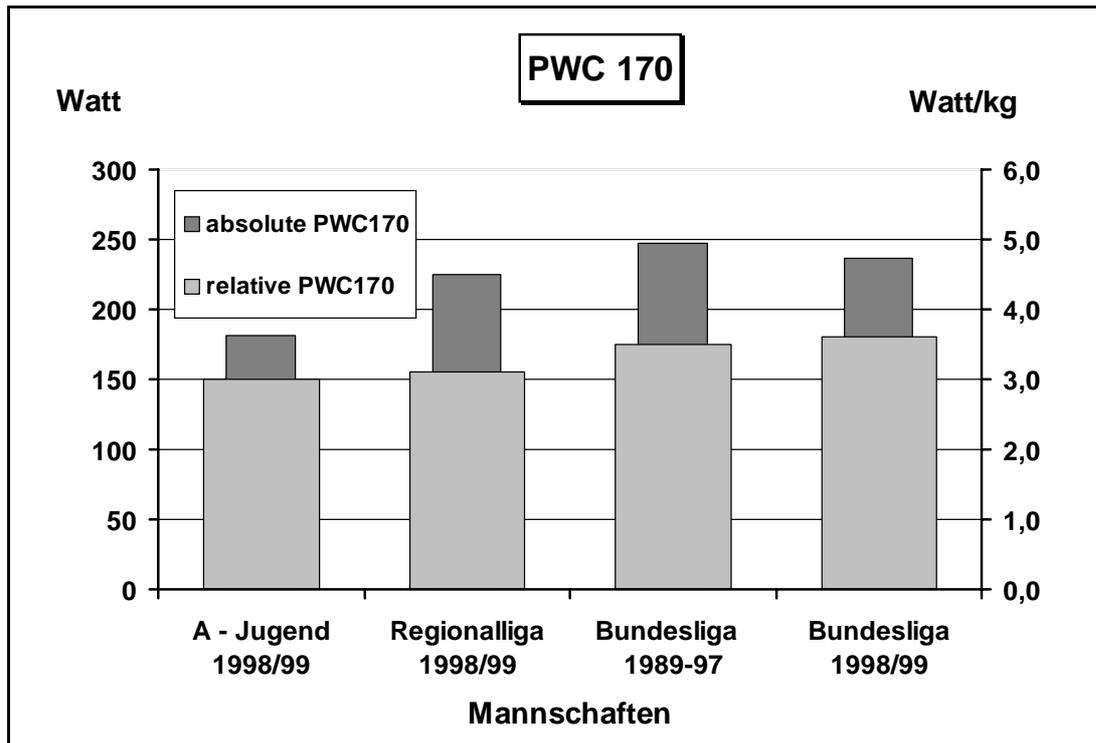
Die übrigen durchgeführten statistischen Vergleiche für den Parameter absolute PWC₁₇₀ erbrachten keine weiteren signifikanten Unterschiede.

Nach Einbeziehung des Körpergewichtes kommt die A-Jugend auf 3,0 Watt / kg KG und liegt damit nur noch knapp unter dem Wert der Regionalliga-Mannschaft mit 3,1 Watt / kg KG.

Der TVL Bundesliga-Kader der Spielzeiten 1989 – 1997 erreicht 3,5 Watt / kg KG, die aktuelle Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 liegt mit 3,6 Watt / kg KG knapp darüber.

Die Werte der beiden Bundesliga-Mannschaften sind statistisch signifikant ($p < 0,05$) höher als der Wert der A-Jugend.

Die übrigen durchgeführten statistischen Vergleiche für den Parameter relative PWC₁₇₀ erbrachten keine weiteren signifikanten Unterschiede.



Absolute PWC ₁₇₀ in Watt	A - Jugend	Regionalliga	Bundesliga	Bundesliga
	1998/99 (n=15)	1998/99 (n=7)	1989-97 (n=31)	1998/99 (n=10)
M	181	225	250	237
1s	41	38	42	32
A - Jugend		n.s.	p < 0,001	p < 0,01
Regionalliga			n.s.	n.s.
Bundesliga 1989-1997				n.s.
Relative PWC ₁₇₀ in Watt/kg	A - Jugend	Regionalliga	Bundesliga	Bundesliga
	1998/99 (n=15)	1998/99 (n=7)	1989-97 (n=31)	1998/99 (n=10)
M	3,0	3,1	3,5	3,6
1s	0,7	0,4	0,5	0,5
A - Jugend		n.s.	p < 0,05	p < 0,05
Regionalliga			n.s.	n.s.
Bundesliga 1989-1997				n.s.

Abbildung 17: Säulendiagramm der Mittelwerte (M), Wertetabelle mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen für die Parameter absolute und relative PWC₁₇₀ der TVL-Vergleichsgruppen bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

3.2.6 Entwicklung der absoluten und relativen PWC_{170} im Frauenhandballsport

Die Mittelwerte der Entwicklungsstudie mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung für die Parameter **absolute und relative PWC_{170}** nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen sind in der Abbildung 18 dargestellt.

Die D-Jugend erreicht 91 Watt, die C-Jugend 117 Watt, die B-Jugend 150 Watt.

Die A-Jugend mit 168 Watt und die Seniorinnen mit 170 Watt liegen annähernd auf gleicher Höhe.

Die Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 des TVL erreicht 237 Watt.

Der Wert der D-Jugend liegt statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) unter den Werten der restlichen Vergleichsgruppen.

Der Wert der C-Jugend liegt statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) über dem Wert der D-Jugend und ebenfalls statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) unter den Werten der restlichen Vergleichsgruppen.

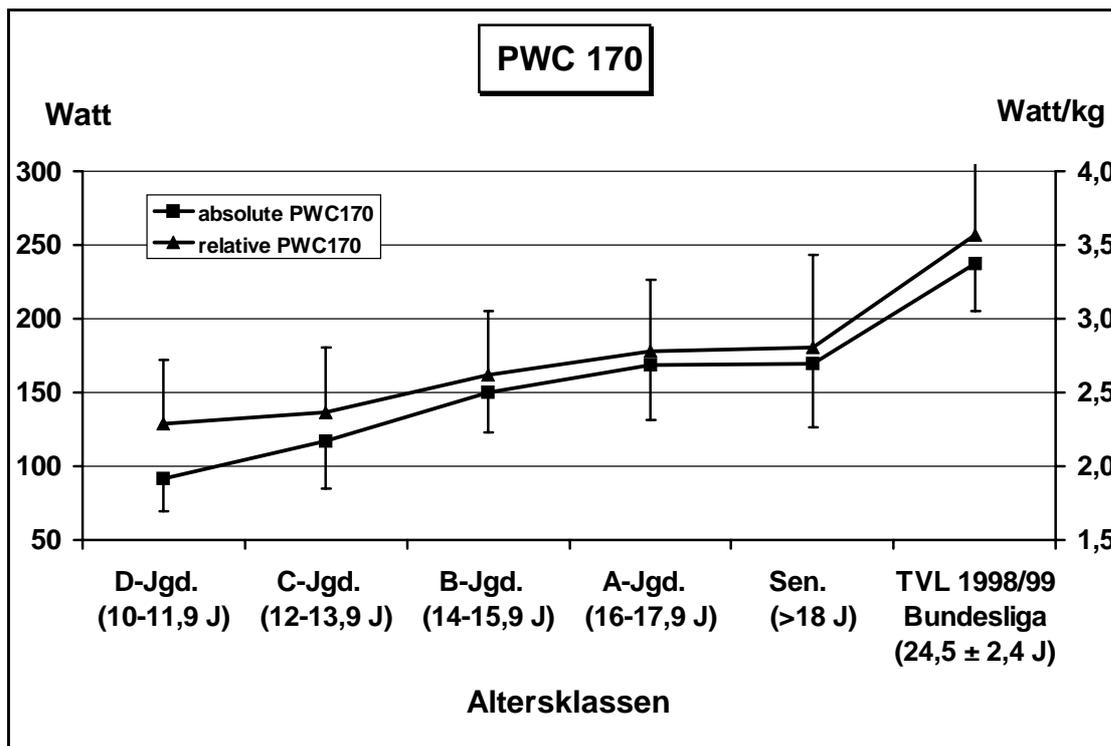
Die Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 des TVL liegt mit ihrem Wert statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) über allen anderen Vergleichsgruppen.

Nach Einbeziehung des Körpergewichtes kommt die D-Jugend auf 2,3 Watt / kg KG, die C-Jugend kommt auf 2,4 Watt / kg KG.

Die B-Jugend liegt mit 2,6 Watt / kg KG exakt zwischen der C-Jugend und der A-Jugend mit 2,8 Watt / kg KG. Die Seniorinnen erreichen ebenfalls 2,8 Watt / kg KG. Die Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 erreicht mit 3,6 Watt / kg KG erneut den mit Abstand höchsten Wert dieses Vergleiches.

Die D-Jugend liegt mit ihrem Wert statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$) unter den Werten der B-Jugend und der Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 und statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) unter den Werten der A-Jugend und der Seniorinnen.

Die C-Jugend liegt statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) unter den Werten der A-Jugend und der Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 des TVL und hoch signifikant ($p < 0,001$) unter den Werten der Seniorinnen.



Absolute PWC ₁₇₀ in Watt	D-Jgd.	C-Jgd.	B-Jgd.	A-Jgd.	Seniorinnen	TVL 1998/99 Bundesliga
M	91	117	150	168	170	237
1s	22	32	27	37	44	32
D-Jgd.		p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
C-Jgd.			p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
B-Jgd.				n.s	n.s	p < 0,001
A-Jgd.					n.s	p < 0,001
Seniorinnen						p < 0,001

Relative PWC ₁₇₀ in Watt/kg	D-Jgd.	C-Jgd.	B-Jgd.	A-Jgd.	Seniorinnen	TVL 1998/99 Bundesliga
M	2,3	2,4	2,6	2,8	2,8	3,6
1s	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
D-Jgd.		n.s	p < 0,01	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,01
C-Jgd.			n.s	p < 0,001	p < 0,01	p < 0,001
B-Jgd.				n.s	n.s	p < 0,05
A-Jgd.					n.s	n.s
Seniorinnen						n.s

Abbildung 18: Mittelwertskurven (M), Wertetabellen mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen für die Parameter absolute und relative PWC₁₇₀ der Entwicklungsstudie bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

3.3 Kardiozirkulatorische Funktionsgrößen

Herzfrequenz

Die Abbildung 19 zeigt den Verlauf der Herzfrequenz bei der fahrradergometrischen Belastung von Handballspielerinnen nach dem Gießener

1 Watt / kg KG – Verfahren mit der dazugehörigen Wertetabelle.

Die statistischen Auswertungen des Vergleichs der Einzelwerte sind der Tabelle 18 im Anhang zu entnehmen.

Die **Vorstartherzfrequenzen** liegen bei 86 / min (A-Jugend), 81 / min (Regionalliga), 78 / min (Bundesligakader 1989 – 1997) und 83 / min (Bundesliga 1998 / 1999).

Der Wert der A-Jugend ist statistisch signifikant ($p < 0,05$) höher als der Wert des TVL Bundesligakaders der Spielzeiten 1989 – 1997.

Die übrigen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

Submaximal, also in der 4. Minute bei 2 Watt/kg KG, betragen die **Herzfrequenzen** 152 / min bei der A-Jugend, 151 / min bei der Regionalliga, 141 / min beim Bundesligakader 1989 – 1997 und 142 / min bei der Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999.

Die Werte der A-Jugend und der Regionalliga-Mannschaft liegen statistisch signifikant ($p < 0,05$) höher als der Wert des TVL Bundesligakaders der Spielzeiten 1989 – 1997.

Die übrigen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

Die **maximalen Herzfrequenzen** liegen bei 187 / min (A-Jugend), 187 / min (Regionalliga), 176 / min (Bundesligakader 1989 – 1997) und 180 / min (Bundesliga 1998 / 1999).

Die maximalen Herzfrequenzwerte unterstreichen somit eine volle kardiozirkulatorische Ausbelastung der Handballspielerinnen durch die erschöpfende Fahrradergometrie im Sitzen. Die Werte liegen sogar über den Empfehlungen der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (MELLEROWICZ 1979).

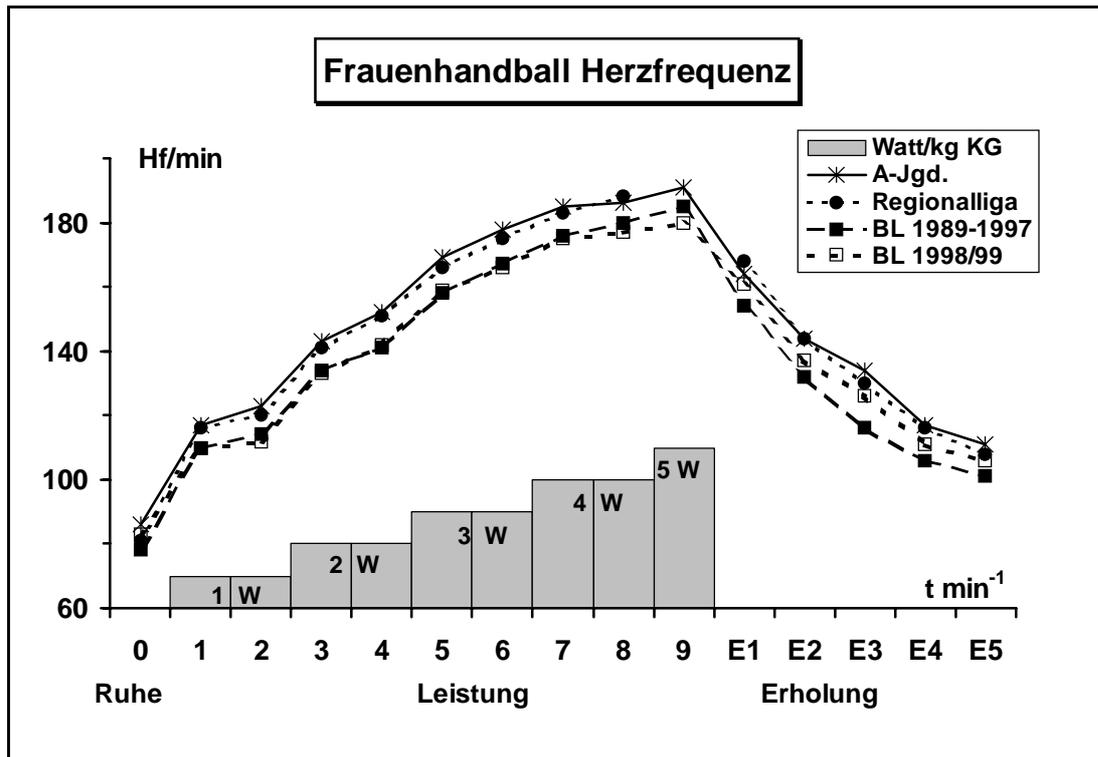
Die Werte der A-Jugend und der Regionalliga-Mannschaft liegen statistisch signifikant ($p < 0,05$) höher als der Wert des TVL Bundesligakaders der Spielzeiten 1989 – 1997.

Die übrigen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

Die **Erholungsherzfrequenzen nach 5 Minuten (E5)** liegen bei 111 / min (A-Jugend), 108 / min (Regionalliga), 101 / min (Bundesligakader 1989 – 1997) und 106 / min (Bundesliga 1998 / 1999).

Der Wert der A-Jugend ist statistisch signifikant ($p < 0,05$) höher als der Wert des TVL Bundesligakaders der Spielzeiten 1989 – 1997.

Die übrigen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.



Herzfrequenz	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E1	E2	E3	E4	E5
TVL Vergleichsgruppen															
A-Jugend	86	117	123	143	152	169	178	185	186	191	164	144	134	117	111
±1s	16	13	18	19	19	16	15	11	3	0	13	14	15	14	12
n	15	15	15	15	15	15	14	12	4	1	15	15	15	15	15
Regionalliga	81	116	120	141	151	166	175	183	188		168	144	130	116	108
±1s	15	17	14	12	12	11	9	7	8		9	9	12	12	6
n	7	7	7	7	7	7	7	6	3		7	7	7	7	7
Bundesliga 1989-1997	78	110	114	134	141	158	167	176	180	185	154	132	116	106	101
±1s	11	11	12	11	13	12	11	10	5	1	12	13	13	12	10
n	31	31	31	31	31	31	31	22	5	2	31	31	31	31	31
Bundesliga 1998/99	83	110	112	133	142	159	166	175	177	180	161	137	126	111	106
±1s	10	11	10	12	12	11	13	12	10	0	9	12	9	9	11
n	10	10	10	10	10	10	10	9	6	1	10	10	10	10	10

Abbildung 19: Mittelwertkurven und Wertetabelle mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) der Herzfrequenz der TVL-Vergleichsgruppen vor, während und nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

3.3.1 Entwicklung der Herzfrequenz im Frauenhandballsport

Die Abbildung 20 zeigt das Verhalten der Herzfrequenzen der untersuchten Mädchen- und Frauenhandball- Mannschaften der Entwicklungsstudie bei der erschöpfenden fahrradergometrischen Belastung nach der 1 Watt / kg KG – Methode in Ruhe, submaximal, maximal, nach einer Erholungsminute und nach 5 Erholungsminuten mit der dazugehörigen Wertetabelle.

Die statistischen Auswertungen des Vergleichs der Einzelwerte sind der Tabelle 19 im Anhang zu entnehmen.

Die **Vorstartherzfrequenzen** liegen bei 96 / min (D-Jugend), 100 / min (C-Jugend), 89 / min (B-Jugend), 82 / min (A-Jugend), 88 / min (Seniorinnen) und 83 / min (Bundesliga 1998 / 1999).

Der Wert der D-Jugend ist statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als der Wert der A-Jugend.

Der Wert der C-Jugend ist statistisch signifikant ($p < 0,05$) höher als der Wert der B-Jugend, höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als der Wert der A-Jugend und hoch signifikant ($p < 0,01$) höher als die Werte der Seniorinnen und der TVL Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999.

Die übrigen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

Submaximal betragen die **Herzfrequenzen** 172 / min bei der D-Jugend, 169 / min bei der C-Jugend, 163 / min bei der B-Jugend, 160 / min bei der A-Jugend, 162 / min bei den Seniorinnen und 142 / min bei der Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999.

Der Wert der D-Jugend ist statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$) höher als der Wert der B-Jugend und statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als die Werte der A-Jugend, der Seniorinnen und der TVL Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999.

Der Wert der C-Jugend ist statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$) höher als der Wert der A-Jugend.

Die TVL Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 liegt mit 142 / min statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) unter den Werten aller anderen Vergleichsgruppen.

Die übrigen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

Die **maximalen Herzfrequenzen** liegen bei 192 / min (D-Jugend), 190 / min (C-Jugend), 188 / min (B-Jugend), 185 / min (A-Jugend), 184 / min (Seniorinnen) und 180 / min (Bundesliga 1998 / 1999).

Der Wert der D-Jugend liegt statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als die Werte der A-Jugend, der Seniorinnen und der TVL Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999.

Die TVL Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999 liegt mit 180 / min statistisch signifikant ($p < 0,05$) unter dem Wert der C-Jugend.

Die übrigen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

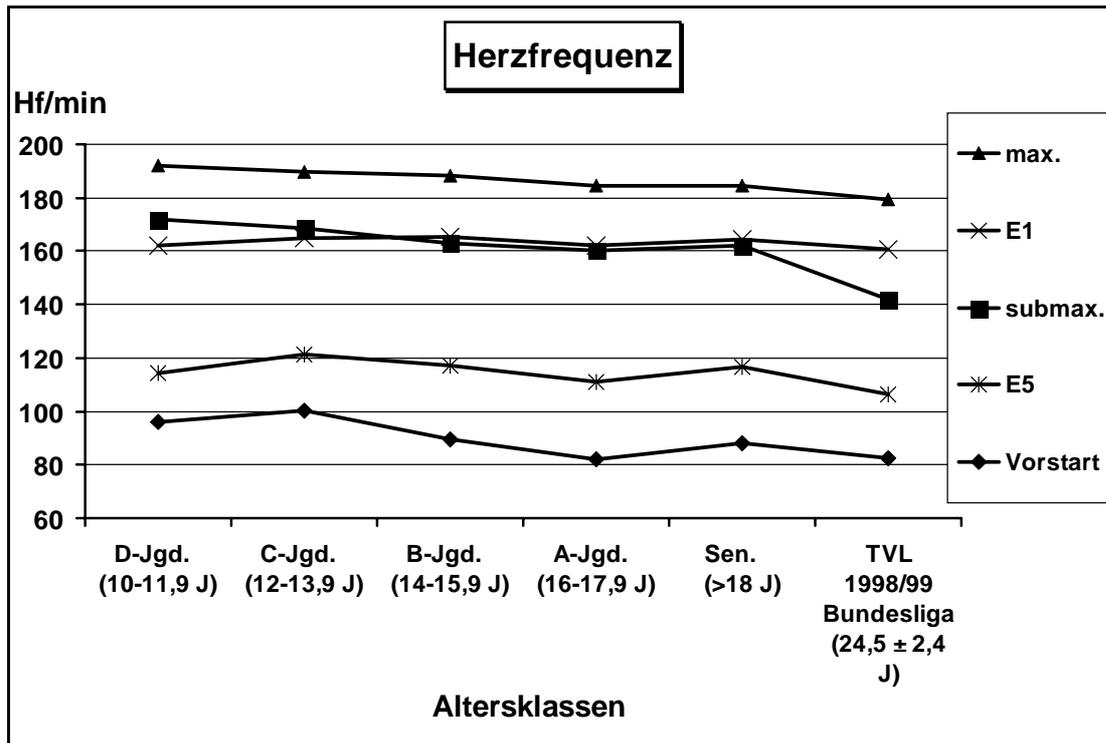
Die **Erholungsherzfrequenzen nach 1 Minute (E1)** liegen bei 162 / min (D-Jugend), 165 / min (C-Jugend), 165 / min (B-Jugend), 162 / min (A-Jugend), 164 / min (Seniorinnen) und 161 / min (Bundesliga 1998 / 1999).

Die statistische Auswertung erbrachte keine signifikanten Unterschiede.

Die **Erholungsherzfrequenzen nach 5 Minuten (E5)** liegen bei 114 / min (D-Jugend), 122 / min (C-Jugend), 117 / min (B-Jugend), 111 / min (A-Jugend), 117 / min (Seniorinnen) und 106 / min (Bundesliga 1998 / 1999).

Der Wert der C-Jugend ist statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$) höher als der Wert der A-Jugend und signifikant höher als der Wert der TVL Bundesliga-Mannschaft 1998 / 1999.

Die übrigen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.



Herzfrequenz - verhalten	D-Jgd.	C-Jgd.	B-Jgd.	A-Jgd.	Seniorinnen	TVL 1998/99 Bundesliga
Hf Vorstart	96	100	89	82	88	83
± 1s	14	17	15	14	15	10
Hf 4' submax	172	169	163	160	162	142
± 1s	13	12	12	12	12	12
Hf max	192	190	188	185	184	180
± 1s	9	9	10	9	8	9
Hf E1	162	165	165	162	164	161
± 1s	13	13	12	16	12	9
Hf E5	114	122	117	111	117	106
± 1s	15	14	14	15	13	11

Abbildung 20: Verhalten der Herzfrequenz von Mädchen- und Frauenhandball-Mannschaften in Ruhe (Vorstart), submaximal, maximal, nach einer Erholungsminute (E1), nach fünf Erholungsminuten (E5) und der Wertetabelle mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) der Entwicklungsstudie bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

3.4 Respiratorische Leistungsfähigkeit

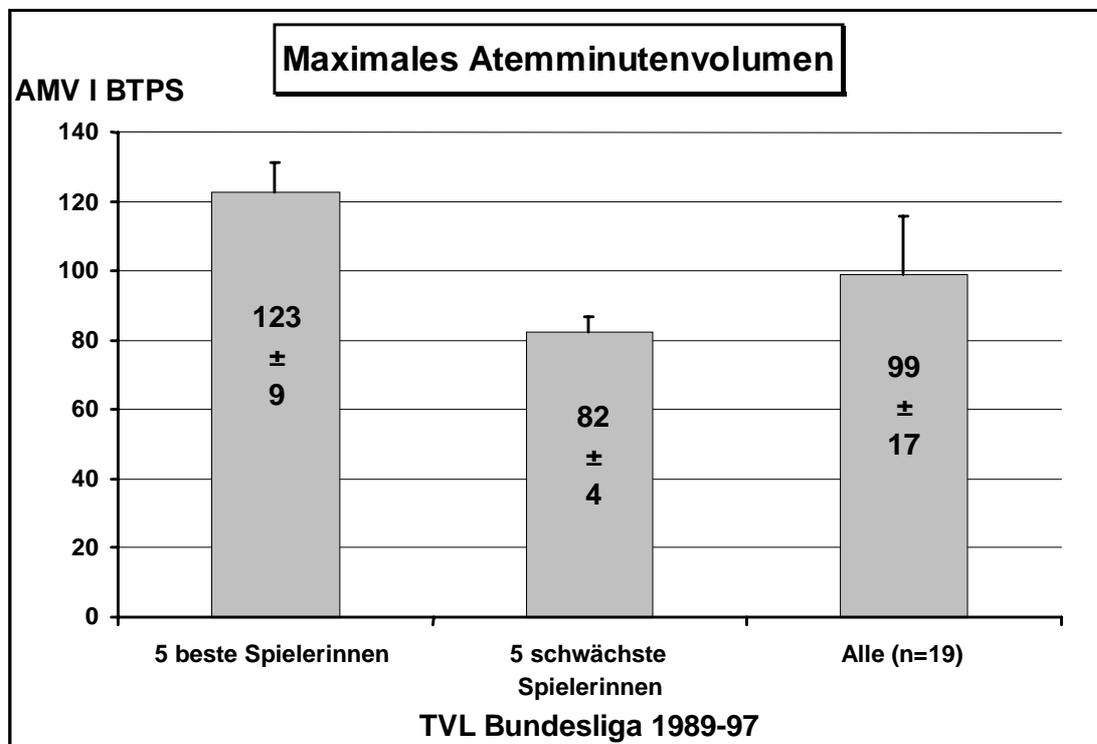
Atemminutenvolumen

In der Abbildung 21 sind die Mittelwerte für das **maximale Atemminutenvolumen** der 5 besten, der 5 schwächsten und aller Spielerinnen des TVL Bundesliga-Kaders der Spielzeiten 1989 – 1997, die bei der Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt / kg KG – Methode untersucht wurden, dargestellt.

Die 5 besten Spielerinnen erzielen ein maximales Atemminutenvolumen von 123 ± 9 l BTPS, die 5 schwächsten Spielerinnen kommen nur auf 82 ± 4 l BTPS.

Der Durchschnitt aller Spielerinnen des TVL Bundesliga-Kaders der Spielzeiten 1989 – 1997 erreicht ein AMV von 99 ± 17 l BTPS.

Eine statistische Untersuchung erübrigt sich in diesem Falle.



Frauenhandball	5 beste	5 schwächste	Alle
TVL 1989-1997	Spielerinnen	Spielerinnen	(n=19)
M AMV _{max} in l	123	82	99
± 1s	9	4	17

Abbildung 21: Mittelwerte und Standardabweichungen mit der Wertetabelle für das maximale Atemminutenvolumen (AMV_{max} l BTPS) des TVL-Bundesliga-Kaders 1989-1997 bei der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W / kg KG – Methode

3.4.1 Verlauf des Atemminutenvolumens und der relativen Sauerstoffaufnahme

Die Abbildung 22 zeigt die Verlaufskurven des **Atemminutenvolumens** (AMV I BTPS) und der **relativen Sauerstoffaufnahme** ($\dot{V}O_2$ ml * min⁻¹ * kg⁻¹ STPD) mit der zugehörigen Wertetabelle vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 1 Watt / kg KG – Methode.

Unter Vorstartbedingungen liegt das AMV bei 11 l. Es folgt ein nahezu linearer Anstieg bis in den submaximalen Bereich nach 4 min mit 48 l.

Nach 5 min werden bereits 64 l und nach 6 min 84 l BTPS ventiliert .

Dieser Bereich von der 4. bis nach der 6. Minute zeigt den Abschnitt des steilsten Anstiegs der Kurve. Es sei schon hier darauf hingewiesen, daß metabolisch in diesen Minuten auch der Übergang zur aerob/anaeroben Energiegewinnung erfolgt.

Der weitere Kurvenverlauf über 96 l nach 7 min bis zum Maximalwert von 103 l BTPS zeigt jetzt einen einen geringeren exponentiellen Anstieg.

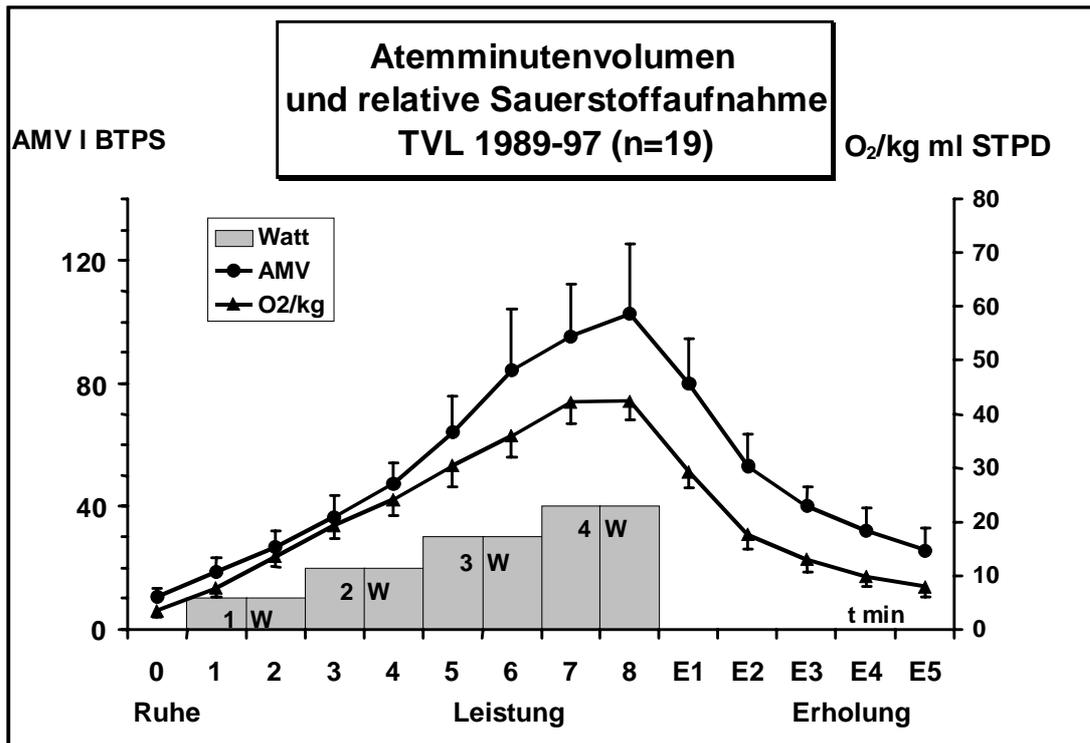
Nach dem Belastungsende sinkt das AMV über 80 l nach 1 Minute, 53 l nach 2 Minuten, 40 l nach 3 Minuten, 32 l nach 4 Minuten auf 26 l BTPS nach 5 Minuten Erholung ab.

Die Mehrventilation in diesen Erholungsminuten ermöglicht den Abbau der eingegangenen Sauerstoffschuld und die Azidosebekämpfung durch die erhöhte Kohlendioxidelimination.

Unter Vorstartbedingungen liegt die Mittelwerts-Kurve der **relativen Sauerstoffaufnahme** bei 3,4 ml * min⁻¹ * kg KG⁻¹. Es folgt ein nahezu linearer Anstieg über den submaximalen Bereich nach 4 min mit 24 ml * min⁻¹ * kg KG⁻¹ in den Bereich nach 7 min mit 42 ml * min⁻¹ * kg KG⁻¹.

Der Maximalwert von 42,5 ml * min⁻¹ * kg KG⁻¹ STPD wird nach 8 min registriert.

Nach dem Belastungsende sinkt die relative Sauerstoffaufnahme über 29 ml * min⁻¹ * kg KG⁻¹ nach 1 Minute, 18 ml * min⁻¹ * kg KG⁻¹ nach 2 Minuten, 13 ml * min⁻¹ * kg KG⁻¹ nach 3 Minuten, 9,7 ml * min⁻¹ * kg KG⁻¹ nach 4 Minuten auf 7,8 ml * min⁻¹ * kg KG⁻¹ STPD nach 5 Minuten Erholung ab.



Frauenhandball														
TVL 1989-1997	19	19	19	19	19	19	19	11	5	19	19	19	19	19
n														
min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	E1	E2	E3	E4	E5
M AMV in l	11	19	27	37	48	64	84	96	103	80	53	40	32	26
±1s	3	4	5	7	7	12	20	17	23	15	10	6	7	7
M O ₂ /kg in ml*kg ⁻¹	3,4	7,6	13	19	24	30	36	42	42,5	29	18	13	9,7	7,8
±1s	1,1	1,5	1,7	2,3	3,1	4,0	4,1	4,0	3,6	3,2	2,7	2,2	1,7	1,8

Abbildung 22: Verlaufskurven und Wertetabelle mit Standardabweichungen (±1s) des Atemminutenvolumens und der relativen Sauerstoffaufnahme des TVL-Bundesligakaders 1989-1997 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

3.5 Kardiorespiratorische Funktionsgrößen

Absolute und relative Sauerstoffaufnahme, Sauerstoffpuls

In der Abbildung 23 sind die Mittelwerte für die **maximale relative Sauerstoffaufnahme** der 5 besten, der 5 schwächsten und aller Spielerinnen des TVL Bundesliga-Kaders der Spielzeiten 1989–1997, die bei der Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt / kg KG – Methode erschöpfend ausbelastet wurden, dargestellt.

Die 5 besten Spielerinnen erzielen eine maximale relative Sauerstoffaufnahme von $47,2 \pm 2,4 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, die 5 schwächsten Spielerinnen kommen auf $36,0 \pm 1,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ und der Durchschnitt aller Spielerinnen des TVL Bundesliga-Kaders der Spielzeiten 1989 – 1997 erreicht $41,4 \pm 4,9 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Eine statistische Untersuchung erübrigt sich in diesem Fall.

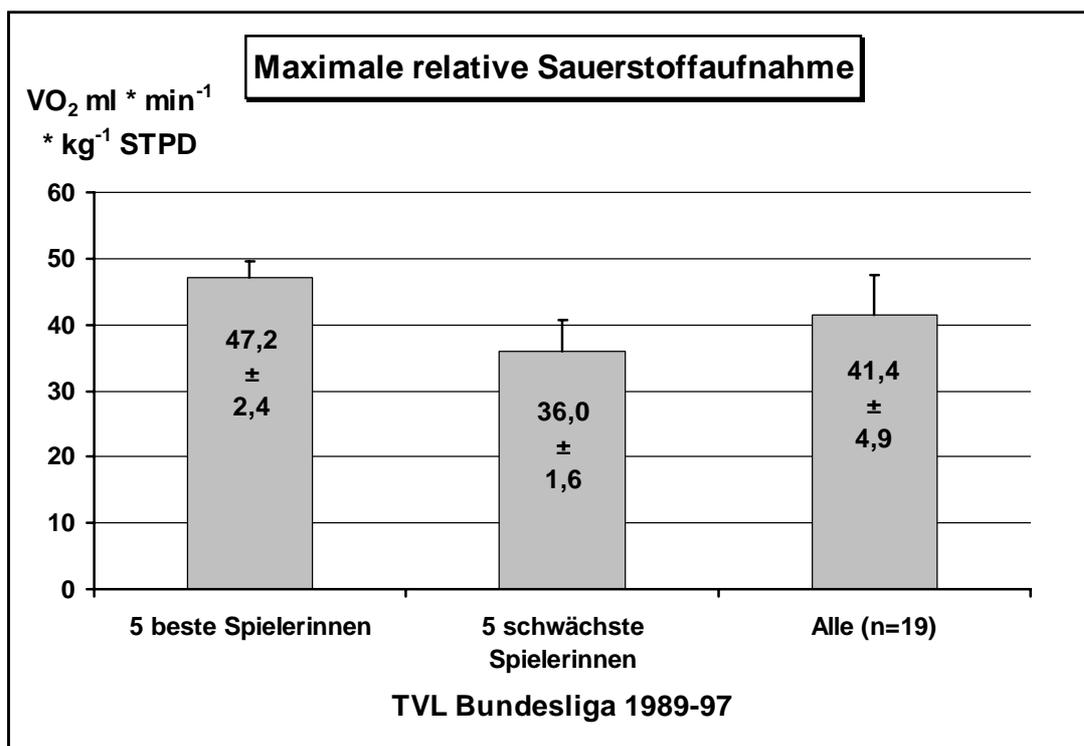


Abbildung 23: Mittelwerte und Standardabweichungen für den Parameter maximale relative Sauerstoffaufnahme des Frauenhandball - TVL-Bundesliga-Kaders 1989-1997 bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

In der Abbildung 24 sind die Mittelwerte für die **maximale absolute Sauerstoffaufnahme** der 5 besten, der 5 schwächsten und aller Spielerinnen des TVL Bundesliga-Kaders der Spielzeiten 1989–1997, die bei der Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt / kg KG – Methode untersucht wurden, dargestellt.

Die 5 besten Spielerinnen erzielen eine maximale absolute Sauerstoffaufnahme von $3264 \pm 134 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$, die 5 schwächsten Spielerinnen kommen auf $2742 \pm 42 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ und der Durchschnitt aller Spielerinnen des TVL Bundesliga-Kaders der Spielzeiten 1989 – 1997 erreicht $2971 \pm 224 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$. Die $\dot{V}O_2 \text{ max}$ ist als integraler Wert der aeroben und anaeroben Kapazität definiert worden (P. E. NOWACKI 1992, N.S. NOWACKI 1998, MOHAMMED 1999, HENNE 2001, ELGOHARI 2003).

Eine statistische Untersuchung erübrigt sich in diesem Fall.

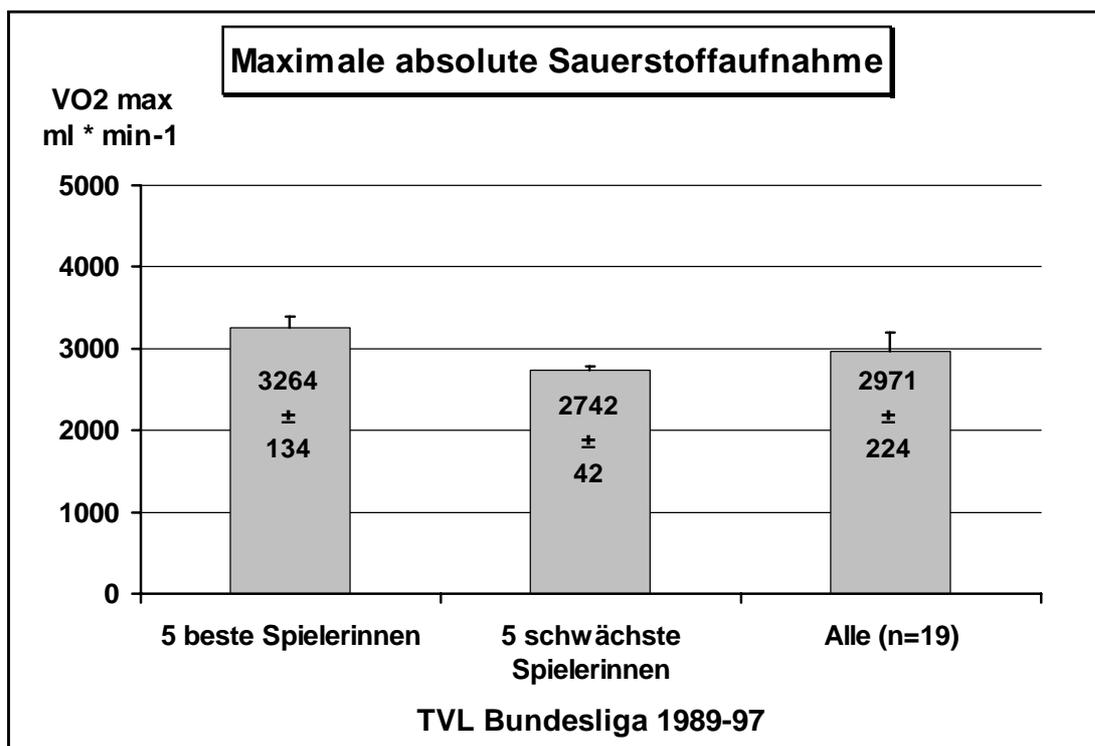


Abbildung 24: Mittelwerte und Standardabweichungen für den Parameter maximale absolute Sauerstoffaufnahme des Frauenhandball - TVL-Bundesliga-Kaders 1989-1997 bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

In der Abbildung 25 sind die Mittelwerte für den **maximalen Sauerstoffpuls** der 5 besten, der 5 schwächsten und aller Spielerinnen des TVL Bundesliga-Kaders der Spielzeiten 1989 – 1997, die bei der Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt / kg KG – Methode untersucht wurden, dargestellt.

Die 5 besten Spielerinnen erzielen einen maximalen Sauerstoffpuls von $19,2 \pm 0,7$ ml O₂ /Hf, die 5 schwächsten Spielerinnen kommen auf $15,5 \pm 0,6$ ml O₂ /Hf und der Durchschnitt aller Spielerinnen des TVL Bundesliga-Kaders der Spielzeiten 1989 – 1997 erreicht $17,1 \pm 1,5$ ml O₂/Hf.

Eine statistische Untersuchung erübrigt sich in diesem Falle.

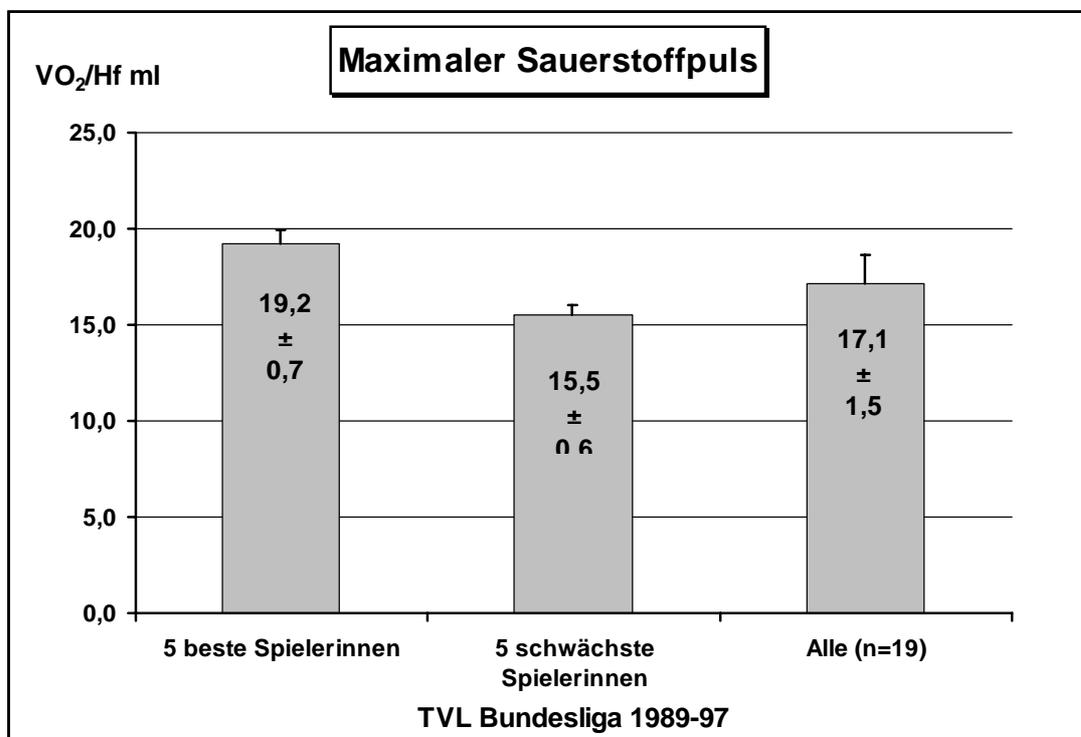


Abbildung 25: Mittelwerte und Standardabweichungen für den Parameter maximaler Sauerstoffpuls des Frauenhandball - TVL-Bundesliga-Kaders 1989-1997 bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode

Die Tabelle 3 zeigt zusammenfassend die oben beschriebenen Mittelwerte mit den dazugehörigen Standardabweichungen für die Parameter **maximale absolute Sauerstoffaufnahme**, **maximale relative Sauerstoffaufnahme** und **maximaler Sauerstoffpuls**.

Tabelle 3: **Mittelwerte (M) und Standardabweichungen ($\pm 1s$) der spiroergometrisch ermittelten Parameter maximale absolute und relative Sauerstoffaufnahme sowie maximaler Sauerstoffpuls des Frauenhandball - TVL-Bundesliga-Kaders 1989-1997**

Frauenhandball TVL 1989-1997	5 beste Spielerinnen	5 schwächste Spielerinnen	Alle (n=19)
M VO_{2max}/kg in $ml \cdot kg^{-1}$	47,2	36,0	41,4
$\pm 1s$	2,4	1,6	4,9
M VO_{2max} in ml	3264	2742	2971
$\pm 1s$	134	42	224
M VO_{2max}/Hf in ml	19,2	15,5	17,1
$\pm 1s$	0,7	0,6	1,5

3.6 Laufbandspiroergometrie vs Fahrradspiroergometrie im Frauenhandball – Leistungssport

3.6.1 Maximale absolute und relative Wattstufe

Die Mittelwerte für den Parameter **maximale absolute Wattstufe** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung nach den erschöpfenden Fahrrad- und Laufbandspiroergometrien sind in der Abbildung 26 dargestellt.

Bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 253 Watt erreicht, bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 230 Watt erreicht und bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie werden 203 Watt erreicht.

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch signifikant ($p < 0,05$) niedriger als die Werte bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

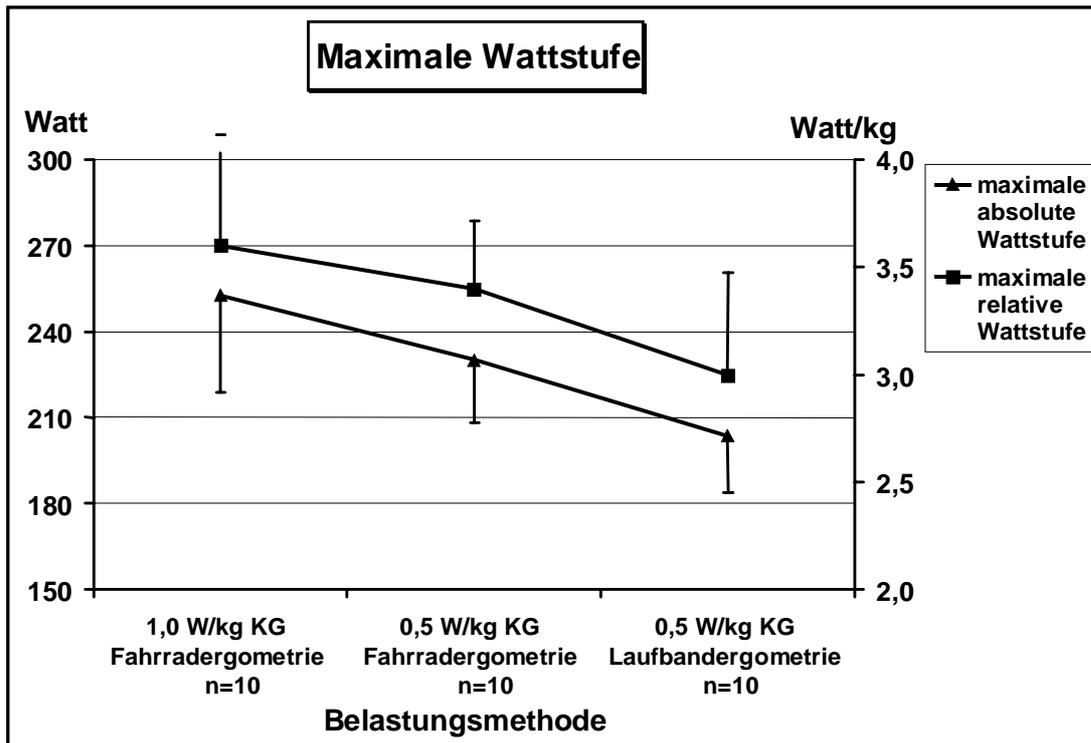
Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.

Die Mittelwerte für den Parameter **maximale relative Wattstufe** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung nach den erschöpfenden Fahrrad- und Laufbandspiroergometrien sind ebenfalls in der Abbildung 26 dargestellt.

Bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 3,6 Watt / kg KG erreicht, bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 3,4 Watt / kg KG erreicht und bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie werden 3,0 Watt / kg KG erreicht.

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch signifikant ($p < 0,05$) niedriger als der Wert bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden anderen Vergleiche erbrachten keine statistisch signifikanten Unterschiede.



Maximale absolute Wattstufe in Watt	1,0 W/kg KG	0,5 W/kg KG	0,5 W/kg KG
	Fahrradergometrie	Fahrradergometrie	Laufbandergometrie
M	253	230	203
±1s	34	22	19
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,05
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,05

Maximale relative Wattstufe in Watt/kg	1,0 W/kg KG	0,5 W/kg KG	0,5 W/kg KG
	Fahrradergometrie	Fahrradergometrie	Laufbandergometrie
M	3,6	3,4	3,0
±1s	0,5	0,3	0,5
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,05
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			n.s.

Abbildung 26: Vergleich der maximalen absoluten und relativen Wattstufen der Frauenhandball-Bundesligamannschaften des TV Gießen-Lützellinden, dazugehörige Mittelwertstabellen (M) mit Standardabweichungen (±1s) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 0,5W/kg KG- und 1W/kg KG-Methode, sowie bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 0,5W/kg KG-Methode der Frauenhandball-Bundesligamannschaften des TV Gießen-Lützellinden

3.6.2 Maximale absolute und relative Gesamtarbeit, ergometrische Belastungszeit

Die Mittelwerte für den Parameter **maximale absolute Gesamtarbeit** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung nach den erschöpfenden Fahrrad- und Laufbandspiroergometrien sind in der Abbildung 27 dargestellt.

Bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 976 Wattmin erreicht, bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 1663 Wattmin erreicht und bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie werden 1380 Wattmin erreicht.

Der Wert bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie ist höchst signifikant ($p < 0,001$) niedriger als der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und statistisch hoch signifikant niedriger ($p < 0,01$) als die bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie erzielte absolute Gesamtarbeit.

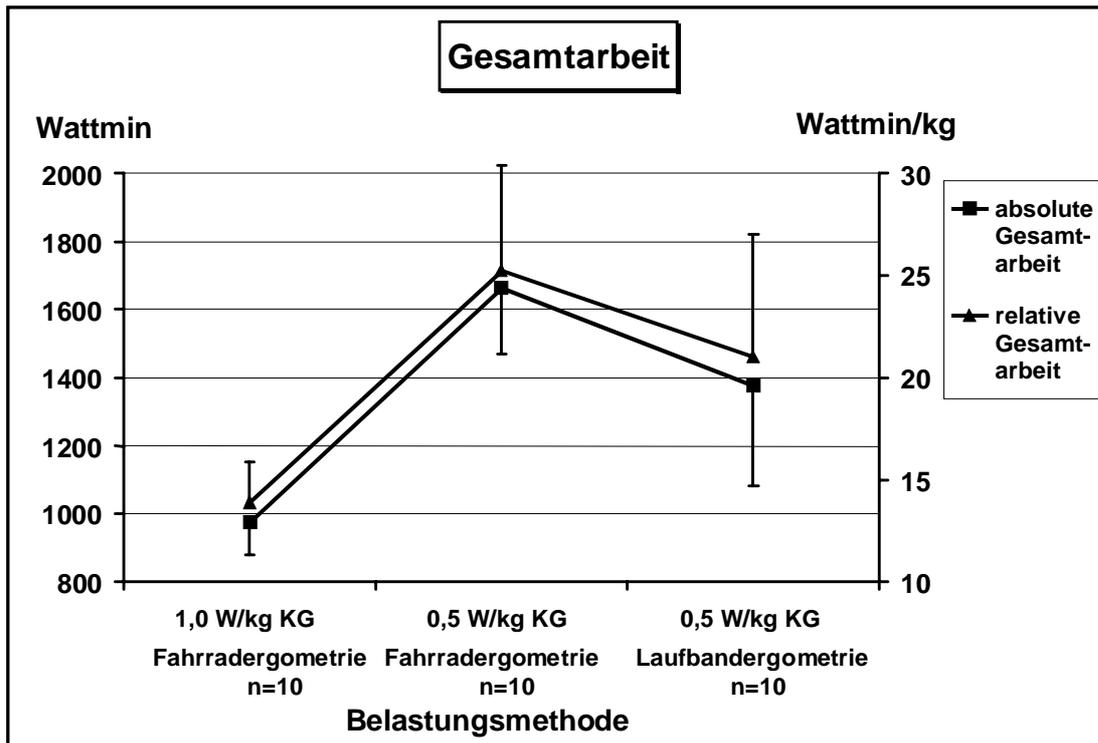
Die 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie erzielt statistisch signifikant ($p < 0,05$) höhere Werte als die 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie.

Die Mittelwerte für den Parameter **maximale relative Gesamtarbeit** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung nach den erschöpfenden Fahrrad- und Laufbandspiroergometrien sind ebenfalls in der Abbildung 27 dargestellt.

Bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 13,9 Wattmin / kg KG erreicht, bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 25,3 Wattmin / kg KG erreicht und bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie werden 21,1 Wattmin / kg KG erreicht.

Der Wert bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie ist höchst signifikant ($p < 0,001$) niedriger als der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und statistisch hoch signifikant niedriger ($p < 0,01$) als der bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie erzielte Wert.

Die 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie erzielt statistisch signifikant ($p < 0,05$) höhere Werte als die 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie.



Absolute Gesamtarbeit in Wattminuten	1,0 W/kg KG	0,5 W/kg KG	0,5 W/kg KG
	Fahrradergometrie	Fahrradergometrie	Laufbandergometrie
M	976	1663	1380
±1s	97	195	297
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		< 0,001	< 0,01
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,05

Relative Gesamtarbeit in Wattminuten/kg	1,0 W/kg KG	0,5 W/kg KG	0,5 W/kg KG
	Fahrradergometrie	Fahrradergometrie	Laufbandergometrie
M	13,9	25,3	21,1
±1s	1,9	5,1	5,9
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		< 0,001	< 0,01
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,05

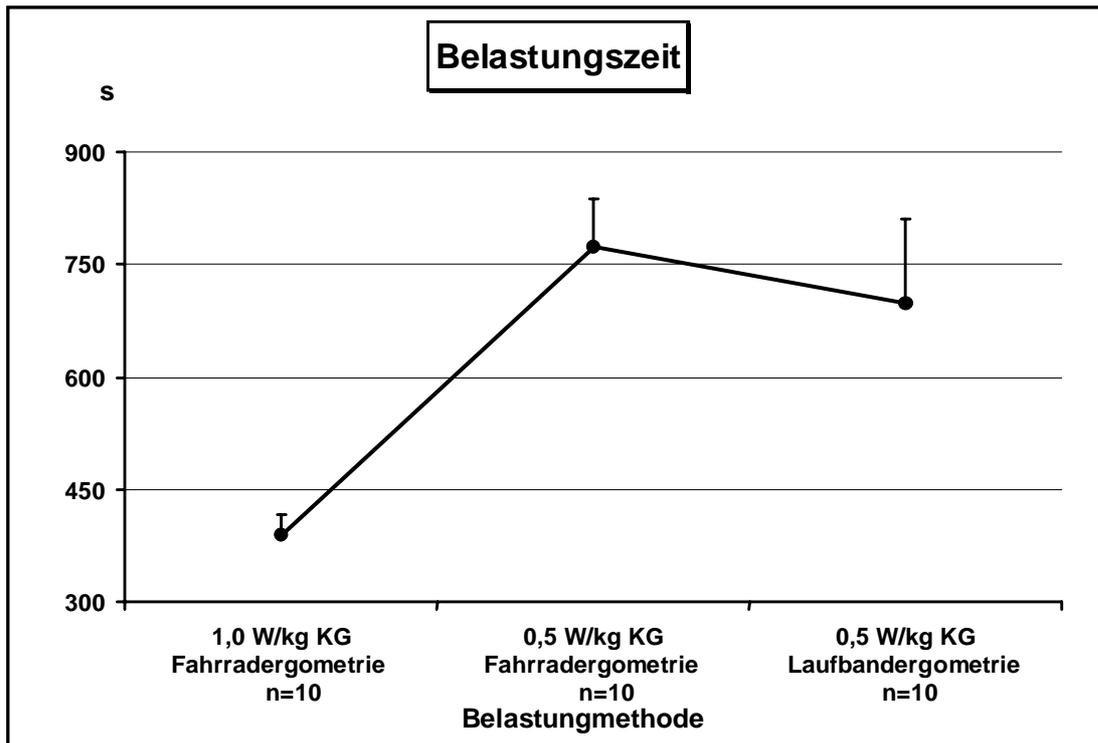
Abbildung 27: Vergleich der absoluten und relativen Gesamtarbeit der Frauenhandball-Bundesligamannschaften des TV Gießen-Lützellinden, dazugehörige Mittelwertstabellen (M) mit Standardabweichungen (±1s) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 0,5W/kg KG- und 1W/kg KG-Methode, sowie bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 0,5W/kg KG-Methode

Die Mittelwerte für den Parameter **ergometrische Belastungszeit** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung nach den erschöpfenden Fahrrad- und Laufbandspiroergometrien sind in der Abbildung 28 dargestellt.

Bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie wurden die Athletinnen 389 s belastet, bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie 773 s und bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie 698 s.

Der Wert bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie ist höchst signifikant ($p < 0,001$) niedriger als die Werte bei der 0,5 Watt/kg KG – Fahrradspiroergometrie und bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie.

Die 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie erzielt statistisch signifikant ($p < 0,05$) höhere Werte als die 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie.



Belastungszeit in s	1,0 W/kg KG	0,5 W/kg KG	0,5 W/kg KG
	Fahrradergometrie	Fahrradergometrie	Laufbandergometrie
M	389	773	698
±1s	27	63	112
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		< 0,001	< 0,001
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,05

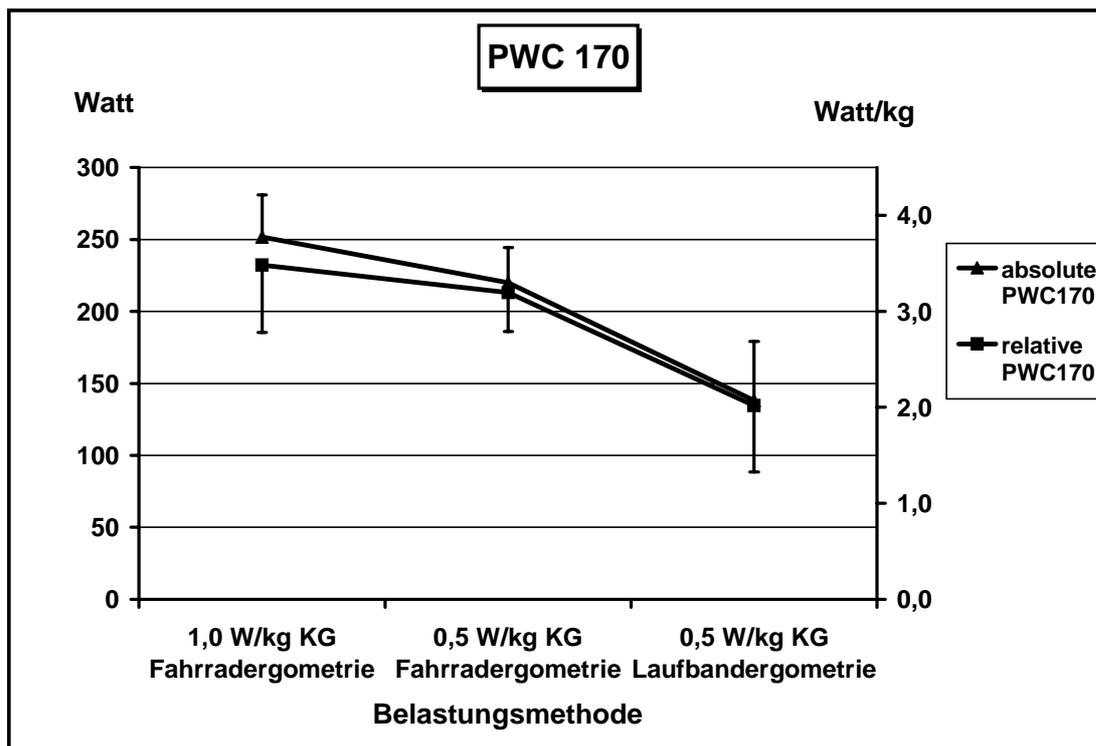
Abbildung 28: Vergleich der ergometrischen Belastungszeit der Frauenhandball-Bundesligamannschaften des TV Gießen-Lützellinden, dazugehörige Mittelwertstabellen (M) mit Standardabweichungen (±1s) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 0,5W/kg KG- und 1W/kg KG-Methode, sowie bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 0,5W/kg KG-Methode

3.6.3 Absolute und relative PWC₁₇₀

Die Mittelwerte für den Parameter **absolute und relative PWC₁₇₀** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung nach den erschöpfenden Fahrrad- und Laufbandspiroergometrien sind in der Abbildung 29 dargestellt.

Bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 252 Watt erreicht, bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 220 Watt erreicht und bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie werden 138 Watt erreicht. Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) niedriger als die Werte bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie. Der bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie erzielte Wert liegt statistisch hoch signifikant über dem Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 3,5 Watt / kg KG erreicht bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 3,2 Watt / kg KG erreicht und bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie werden 2,0 Watt / kg KG erreicht. Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) niedriger als die Werte bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie. Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.



Absolute PWC ₁₇₀ in Watt	1,0 W/kg KG	0,5 W/kg KG	0,5 W/kg KG
	Fahrradergometrie	Fahrradergometrie	Laufbandergometrie
M	252	220	138
±1s	29	24	41
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		< 0,01	< 0,001
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001

Relative PWC ₁₇₀ in Watt/kg	1,0 W/kg KG	0,5 W/kg KG	0,5 W/kg KG
	Fahrradergometrie	Fahrradergometrie	Laufbandergometrie
M	3,5	3,2	2,0
±1s	0,7	0,4	0,7
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,001
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001

Abbildung 29: Vergleich der absoluten und relativen PWC₁₇₀ der Frauenhandball-Bundesligamannschaften des TV Gießen-Lützellinden, dazugehörige Mittelwertstabellen (M) mit Standardabweichungen (±1s) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 0,5W/kg KG- und 1W/kg KG-Methode, sowie bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 0,5W/kg KG-Methode

3.6.4 Herzfrequenz

Die Abbildung 30 zeigt das Verhalten der **Herzfrequenzen** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden bei erschöpfenden Fahrrad- und Laufbandspiroergometrien in Ruhe, submaximal, maximal, nach 1 und nach 5 Erholungsminuten mit der Wertetabelle.

Die statistischen Auswertungen des Vergleichs der Einzelwerte sind der Tabelle 20 im Anhang zu entnehmen.

Die **Vorstartherzfrequenzen** liegen bei 76 / min (1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), 75 / min (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie) und 83 / min (0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie).

Die statistischen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

Submaximal (1 Watt/kg KG), also nach 2 bzw. 4 Belastungsminuten, betragen die **Herzfrequenzen** 111 / min bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie, 122 / min bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und 157 / min bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie.

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als die Werte bei der 1,0 Watt / kg KG – und bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradspiroergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.

Submaximal (2 Watt/kg KG), also nach 4 bzw. 8 Belastungsminuten betragen die **Herzfrequenzen** 139 / min bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie, 141 / min bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und 173 / min bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie.

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als die Werte bei der 1,0 Watt / kg KG – und bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradspiroergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.

Die **maximalen Herzfrequenzen** liegen bei 171 / min (1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), 177 / min (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie) und 186 / min (0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie).

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als die Werte bei der 1,0 Watt / kg KG – und bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

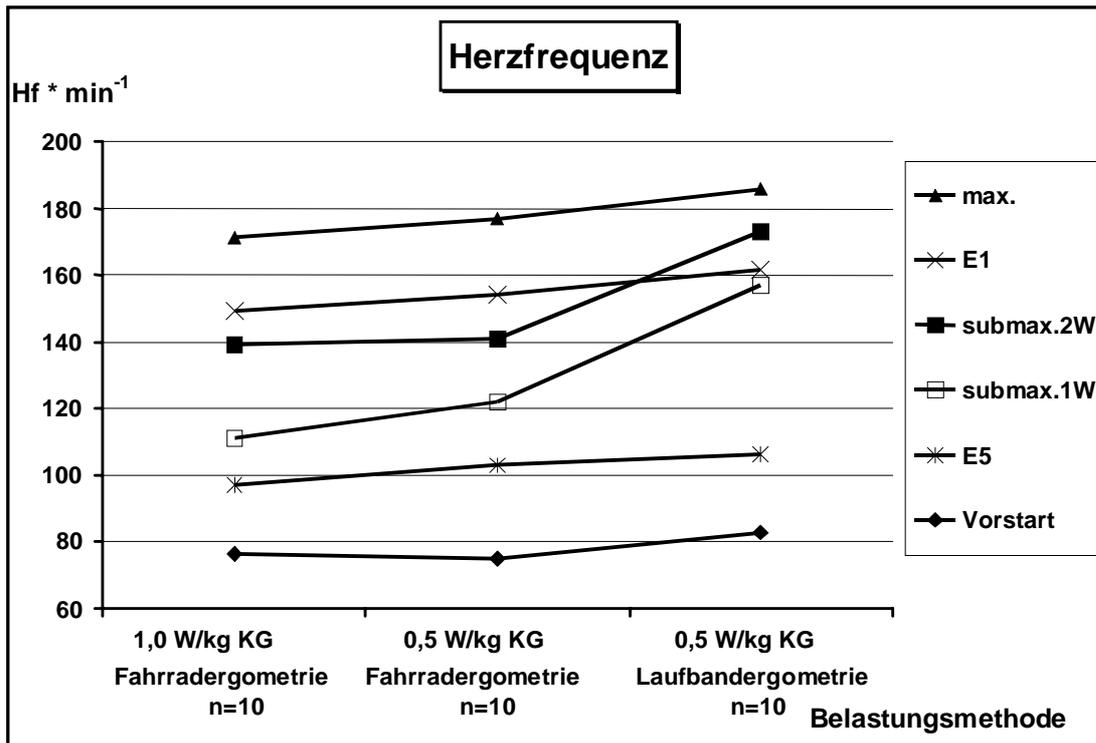
Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradspiroergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.

Die **Erholungsherzfrequenzen nach 1 Minute (E1)** liegen bei 149 / min (1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), 154 / min (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), und 161 / min (0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie).

Die statistischen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

Die **Erholungsherzfrequenzen nach 5 Minuten (E5)** liegen bei 97 / min (1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), 103 / min (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), und 106 / min (0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie).

Die statistischen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.



Herzfrequenz - verhalten	1,0 W/kg KG	0,5 W/kg KG	0,5 W/kg KG
	Fahrradergometrie	Fahrradergometrie	Laufbandergometrie
Hf Vorstart	76	75	83
±1s	11	17	10
Hf submax1W	111	122	157
±1s	9	8	12
Hf submax2W	139	141	173
±1s	10	9	11
Hf max	171	177	186
±1s	12	8	9
Hf E1	149	154	161
±1s	13	11	14
Hf E5	97	103	106
±1s	12	9	9

Abbildung 30: Verhalten der Herzfrequenz der Frauenhandball-Bundesligamannschaften des TV Gießen-Lützellinden im Vergleich, dazugehörige Mittelwertstabelle (M) mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 0,5W/kg KG- und 1W/kg KG-Methode, sowie bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 0,5W/kg KG-Methode

3.6.5 Atemminutenvolumen

Die Abbildung 31 zeigt das Verhalten des **Atemminutenvolumens** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden bei erschöpfenden Fahrrad- und Laufbandspiroergometrien in Ruhe, submaximal, maximal, nach 1 und nach 5 Erholungsminuten mit der Wertetabelle.

Die statistischen Auswertungen des Vergleichs der Einzelwerte sind der Tabelle 21 im Anhang zu entnehmen.

Die **AMV Vorstartwerte** liegen bei 11,6 l (1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), 10,7 l (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie) und 13,1 l (0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie).

Die statistischen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

Submaximal (1 Watt/kg KG) betragen die **Werte für das AMV** 28,6 l bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie, 24,5 l bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und 72,1 l bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie.

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als die Werte bei der 1,0 Watt / kg KG – und bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradspiroergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.

Submaximal (2 Watt/kg KG) betragen die **Werte für das AMV** 51,8 l bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie, 46,1 l bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und 92,6 l bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie.

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als die Werte bei der 1,0 Watt / kg KG – und bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradspiroergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.

Die **maximalen Atemminutenvolumina** liegen bei 96,3 l (1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), 94,3 l (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie) und 119,1 l (0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie).

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch signifikant ($p < 0,05$) höher als der Wert bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradspiroergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.

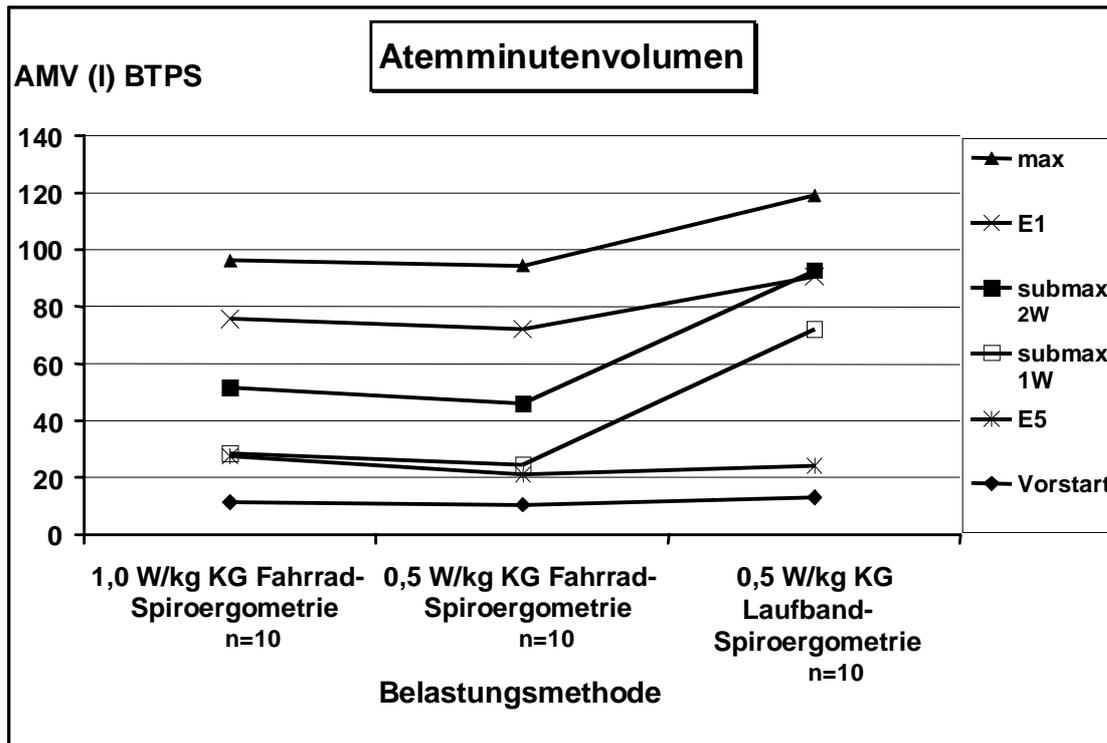
Die **AMV - Werte nach 1 Minute Erholung (E1)** liegen bei 75,8 l (1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), 72,3 l (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiro-ergometrie) und 90,6 l (0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie).

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden anderen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

Die **AMV - Werte nach 5 Minuten Erholung (E5)** liegen bei 27,4 l (1,0 Watt / kg KG– Fahrradspiroergometrie), 20,9 l (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), und 24,1 l (0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie).

Die statistischen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.



Verlauf des Atemminutenvolumens in l	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
	AMV Vorstart	11,6	10,7
±1s	2,2	3,6	5,3
AMV 1W/kg	28,6	24,5	72,1
±1s	3,9	5,5	16,1
AMV 2W/kg	51,8	46,1	92,6
±1s	5,2	8,7	19,9
AMV max	96,3	94,3	119,1
±1s	19,4	11,7	13,1
AMV E1	75,8	72,3	90,6
±1s	17,7	11,3	16,0
AMV E5	27,4	20,9	24,1
±1s	9,6	3,2	5,7

Abbildung 31: Verhalten des Atemminutenvolumens der Frauenhandball-Bundesligamannschaften des TV Gießen-Lützellinden im Vergleich, dazugehörige Mittelwertstabelle (M) mit Standardabweichungen ($\pm 1s$) bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 0,5W/kg KG- und 1W/kg KG-Methode, sowie bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 0,5W/kg KG-Methode

3.6.6 Absolute und relative Sauerstoffaufnahme, Sauerstoffpuls

Die Abbildung 32 zeigt das Verhalten des **relativen Sauerstoffaufnahme** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden bei erschöpfenden Fahrrad- und Laufbandspiroergometrien in Ruhe, submaximal, maximal, nach 1 und nach 5 Erholungsminuten mit der Wertetabelle.

Die statistischen Auswertungen des Vergleichs der Einzelwerte sind der Tabelle 22 im Anhang zu entnehmen.

Die **Vorstartwerte der relativen Sauerstoffaufnahme** liegen bei $3,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), $4,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie) und $4,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (0,5 Watt / kg KG – Laufband-spiroergometrie). Die statistischen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

Submaximal (1 Watt/kg KG) betragen die Werte für die **relative Sauerstoffaufnahme** $13,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie, $14,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiro-ergometrie und $39,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufband-spiroergometrie.

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$) höher als der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden anderen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.

Submaximal (2 Watt/kg KG) betragen die Werte für die **relative Sauerstoffaufnahme** $24,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiro-ergometrie, $26,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und $47,0 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie.

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$) höher als der Wert bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrrad-spiroergometrie und statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradspiroergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.

Die **maximale relative Sauerstoffaufnahme** liegt bei $39,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (1,0 Watt / kg KG–Fahrradspiroergometrie), $45,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie) und $55,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie).

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als die Werte bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradspiroergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.

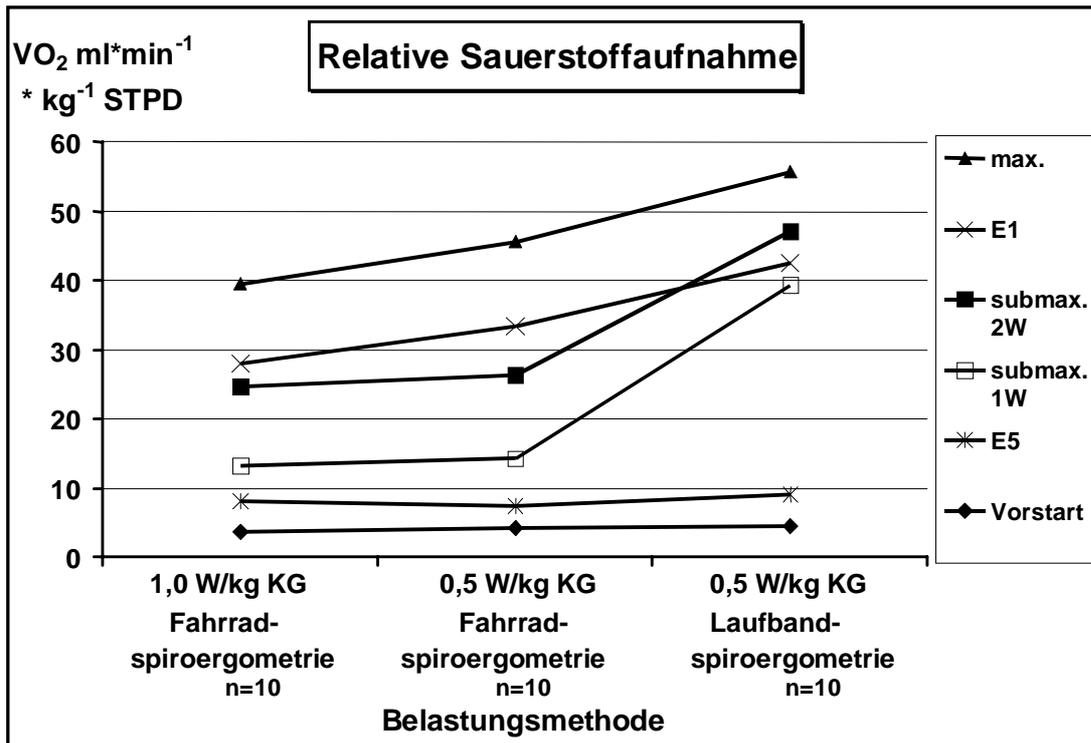
Die **Werte für die relative Sauerstoffaufnahme nach 1 Minute Erholung (E1)** liegen bei $27,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (1,0 Watt / kg KG–Fahrradspiroergometrie), $33,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), und $42,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie).

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$) höher als der Wert bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradspiroergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.

Die **Werte für die relative Sauerstoffaufnahme nach 5 Minuten Erholung (E5)** liegen bei $8,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (1,0 Watt / kg KG–Fahrradspiroergometrie), $7,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie), und $9,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie).

Die statistischen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede.



Verlauf der relativen Sauerstoffaufnahme in ml/kg	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
	O2/kg Vorstart	3,5	4,2
±1s	0,6	1,0	1,9
O2/kg 1W/kg	13,1	14,2	39,2
±1s	1,6	1,8	4,3
O2/kg 2W/kg	24,7	26,3	47,0
±1s	4,1	2,4	4,4
O2/kg max	39,4	45,6	55,7
±1s	7,0	4,9	5,1
O2/kg E1	27,9	33,4	42,6
±1s	3,8	3,3	4,8
O2/kg E5	8,2	7,4	9,1
±1s	2,7	1,0	1,2

Abbildung 32: Verhalten der relativen Sauerstoffaufnahme mit dazugehöriger Mittelwertstabelle im Vergleich bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 0,5W- und 1W-Methode und bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 0,5W-Methode

Die Mittelwerte für den Parameter **absolute Sauerstoffaufnahme** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung nach erschöpfender Fahrrad- und Laufband-spiroergometrie sind in der Abbildung 33 dargestellt.

Bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 2879 ml erreicht, bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie werden 3223 ml Sauerstoff maximal aufgenommen und bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie 3841 ml.

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$) höher als der Wert bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

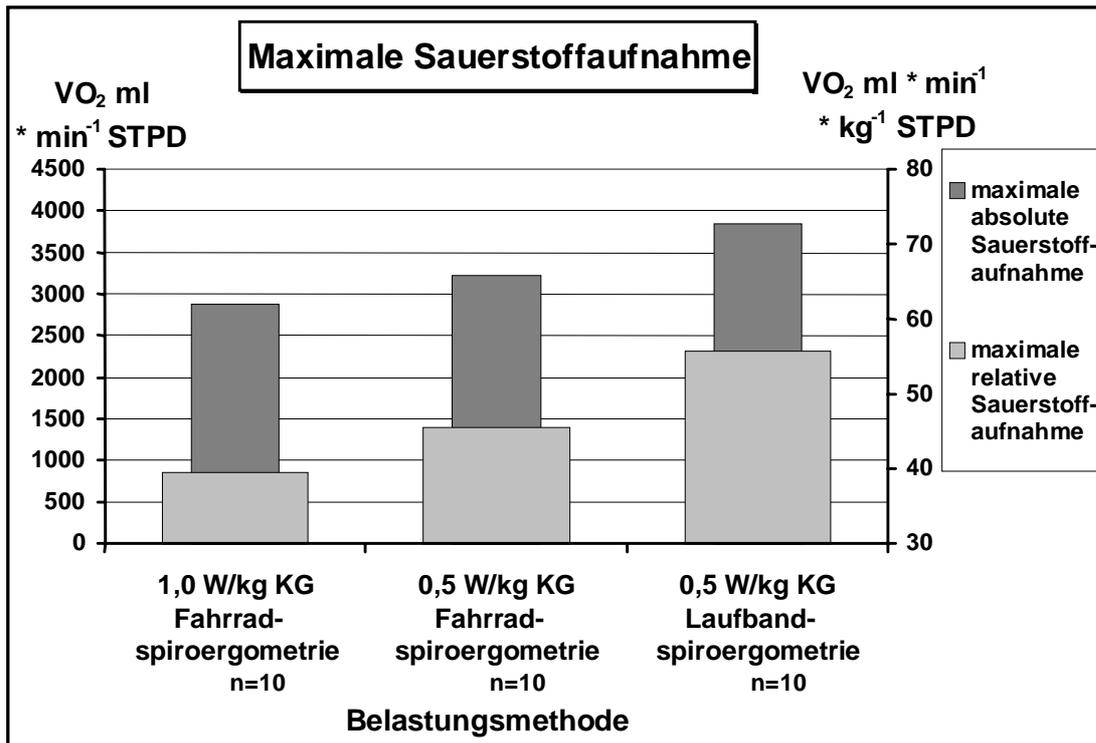
Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradspiroergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.

Die Mittelwerte für den Parameter **relative Sauerstoffaufnahme** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung nach erschöpfender Fahrrad- und Laufbandspiroergometrie sind ebenfalls in der Abbildung 33 dargestellt.

Wie bereits in der Abbildung 32 beim Verlauf der relativen Sauerstoffaufnahme beschrieben, betragen die Maximalwerte für die relative Sauerstoffaufnahme bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie $39,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$, bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie $45,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ und bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie $55,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) höher als die Werte bei der 1,0 Watt / kg KG – und bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradspiroergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.



Frauenhandball TVL 1989-1997	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
	M VO _{2max} in ml	2879	3223
±1s	461	244	282
1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie		n.s.	< 0,01
0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie			< 0,001
Maximale relative Sauerstoffaufnahme in ml/kg	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
	M	39,4	45,6
±1s	7,0	4,9	5,1
1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie		n.s.	< 0,01
0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie			< 0,001

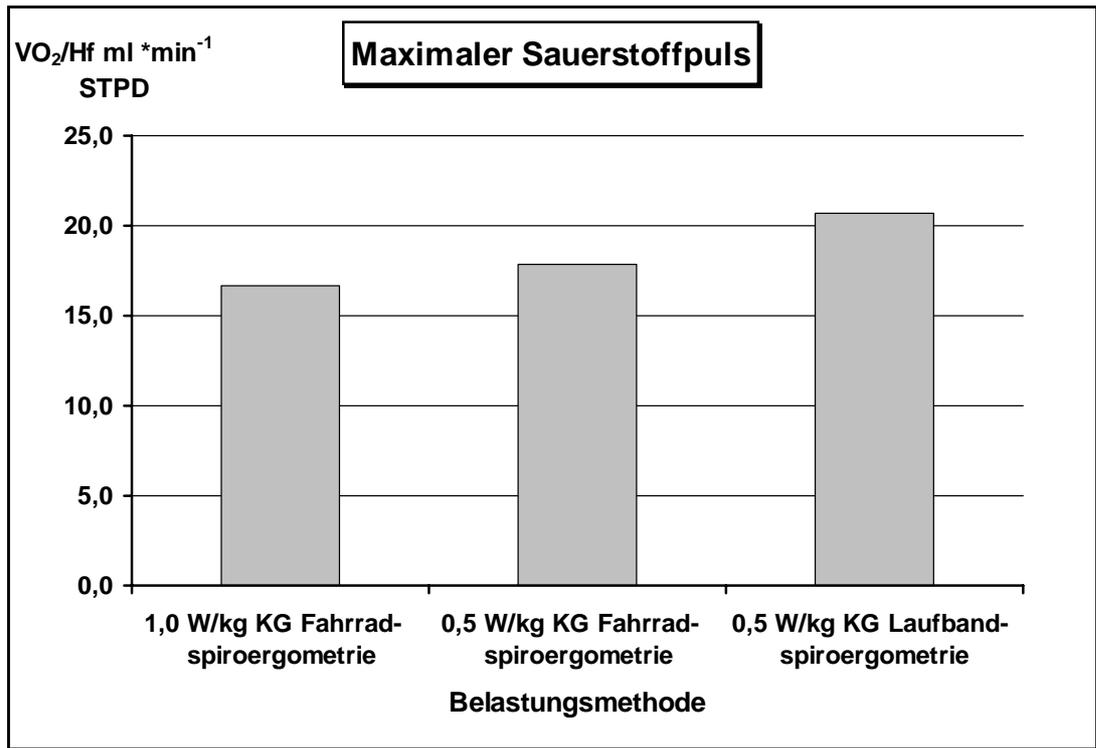
Abbildung 33: Vergleich der maximalen absoluten und relativen Sauerstoffaufnahme der Frauenhandball-Bundesligamannschaften des TV Gießen-Lützellinden, dazugehörige Mittelwertstabellen (M) mit Standardabweichungen (±1s) und Ergebnisse der statistischen Auswertungen bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 0,5W/kg KG- und 1W/kg KG-Methode, sowie bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 0,5W/kg KG-Methode

Die Mittelwerte für den Parameter **maximaler Sauerstoffpuls** der Handballspielerinnen im Vergleich der Belastungsmethoden mit der Wertetabelle und statistischen Auswertung nach den erschöpfenden Fahrrad- und Laufbandspiroergometrien sind in der Abbildung 34 dargestellt.

Bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie erreichten die Athletinnen $16,6 \text{ ml} \cdot \text{Hf}^{-1}$, bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie $17,9 \text{ ml} \cdot \text{Hf}^{-1}$ und bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie $20,7 \text{ ml} \cdot \text{Hf}^{-1}$.

Der Wert bei der 0,5 Watt / kg KG – Laufbandspiroergometrie ist statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$) höher als die Werte bei der 1,0 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie und bei der 0,5 Watt / kg KG – Fahrradspiroergometrie.

Die beiden nach unterschiedlichen Belastungsschemata fahrradergometrisch erzielten Werte unterscheiden sich nicht signifikant ($p > 0,05$) voneinander.



Frauenhandball TVL 1989-1997	1,0 W/kg KG Fahrradspiro- ergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiro- ergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiro- ergometrie
	VO _{2max} /hf	16,6	17,9
±1s	1,9	1,8	1,3
1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie		n.s.	< 0,01
0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie		< 0,01	

Abbildung 34: Vergleich des maximalen Sauerstoffpulses der Frauenhandball-Bundesligamannschaften des TV Gießen-Lützellinden mit der dazugehörigen Mittelwertstabelle (M) mit Standardabweichungen (±1s) und dem Ergebnis der statistischen Auswertung bei der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 0,5W/kg KG- und 1W/kg KG-Methode, sowie bei der erschöpfenden Laufbandspiroergometrie nach der 0,5W/kg KG-Methode

4 DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Im Rahmen dieser experimentellen Studie über den Mädchen- und Frauenhandball wurden, wie im Methodik- und Ergebnisteil beschrieben, die folgenden Belastungsverfahren angewandt:

Für die Untersuchung der Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit im Altersgang bei Handballspielerinnen kam die erschöpfende Fahrradergometrie im Sitzen nach der 1 Watt/kg KG-Methode zum Einsatz.

Ebenfalls nach diesem Belastungsprotokoll wurden die Bundesliga-Spielerinnen des TV Gießen-Lützellinden getestet, um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erhalten.

Dies war von besonderer Wichtigkeit, da MELLEROWICZ, NOWACKI 1961, NOWACKI 1992, ZHAO 1995 bereits darauf hinwiesen, daß eine gleiche physikalisch definierte Leistung unterschiedliche biologische Reaktionen des Organismus hervorrufen kann.

Zusätzlich wurde bei 19 leistungsmedizinischen Untersuchungen der Frauenhandball-Bundesligaspielerinnen eine Spiroergometrie durchgeführt.

Auch hier erfolgte die Belastung auf dem Fahrradergometer im Sitzen nach der 1 Watt/kg KG-Methode, da gerade die Ergebnisse der kardiorespiratorischen Parameter bei gleicher physikalischer Arbeit durch unterschiedliche physikalische Wirkungsgrade stark differieren können (NOWACKI 1967, HOLLMANN u. Mitarb. 1971).

Im Kapitel Vergleich der Belastungsmethoden werden die maximalen biologischen Leistungsdaten von 10 Frauenhandball-Bundesligaspielerinnen verglichen, die sowohl nach der 1Watt/kg KG- und der 0,5Watt/kg KG-Methode auf dem Fahrradergometer im Sitzen, als auch nach der 0,5Watt/kg KG-Methode auf dem Laufband untersucht wurden.

Grundlage für die Einbeziehung der Laufbandergometrie und die Vergleichbarkeit der Methoden ist die Entwicklung einer mathematischen Berechnungsmöglichkeit der entsprechenden maximalen relativen Wattstufen auf dem Laufband unter Berücksichtigung der Laufbandgeschwindigkeit und des Steigungswinkels durch STAADEN 1980, WETTICH 1980, ZIMMER 1982, NOWACKI 1983, NOWACKI N.S. 1998.

Damit lassen sich die W/kg-Methoden der Fahrradergometrie auf das Laufband übertragen, was entsprechend auch für die frauenspezifischen Beurteilungskriterien des

Leistungs- und Trainingszustands gilt (MEDAU, NOWACKI 1984, FALKENHAGEN, MEDAU, GERLACH, TINIAKOS, NOWACKI 1992).

Die hier angewandte erschöpfende Ergometrie/Spiroergometrie als Möglichkeit zur physikalischen Messung des Leistungsvermögens hat sich bereits zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit von männlichen und weiblichen Probanden, Gesunden und Kranken, sowie Probanden aller Altersstufen vielfach bewährt (MELLEROWICZ 1979).

Dabei bietet die Fahrradergometrie im Sitzen die Vorteile einer exakten Dosierbarkeit, guten Reproduzierbarkeit und Validität der Ergebnisse (MELLEROWICZ, FRANZ 1983).

Durch die Standardisierung der Laufbandergometrie auf der Grundlage der Watt/kg KG-Methoden (NOWACKI 1983) gilt dies ebenso für diese Belastungsart.

Da es sich in dieser Studie ausschließlich um weibliche Probanden handelt und die Leistungsfähigkeit der Frau gegenüber der des Mannes um ca.20 - 30% reduziert ist (IGWERKS 1995), kommen bei der Beurteilung die von NOWACKI, MEDAU 1984 überarbeiteten Kriterien zur Beurteilung des Leistungsvermögens der Frau und des Trainingszustandes von Sportlerinnen zur Geltung.

Für die Durchführung einer Entwicklungsstudie von 10-Jährigen bis ins Erwachsenenalter ist die Gießener 1 Watt/kg KG-Methode als körperrgewichtbezogenes Verfahren sehr gut geeignet, da die individuellen Anfangs- und Steigerungsstufen dem körperlichen Entwicklungsstand von Kindern besser gerecht werden (MATZDORFF 1984, NOWACKI, SCHÄFER 1984, KELLER-KREUZER 1993, SCHRÖDER 1994, SCHULZ 1994, KIM 1994, IGWERKS 1995, NOWACKI, N.S. 1998, FREY 2003, WU 2003).

4.1 Funktionsdiagnostik der körperlichen Leistungsfähigkeit

Unter der Voraussetzung eines standardisierten Belastungsverfahrens haben sich die Parameter absolute und relative maximale Wattstufen (als physikalische Leistung in Watt und Watt/kg), die absolute und relative Gesamtarbeit (in Wattminuten und Wattminuten/kg) und die Belastungszeit (in Minuten oder Sekunden) als leistungsdiagnostische Parameter zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit eines Probanden international durchgesetzt (SMODLAKA 1972; NOWACKI, P.E. 1975, 1977, 1978; ASTRAND, RODAHL 1977; MELLEROWICZ 1979; ROST, HOLLMANN, HECK, LIESEN, MADER 1982).

Zusätzlich wurden die Größen absolute und relative PWC 170 nach NOWACKI, SCHÄFER 1984 und KIM 1994 errechnet.

Diese Parameter werden in der vorliegenden Entwicklungsstudie behandelt, da die einfache Fahrradergometrie ohne zusätzliche spirometrische Untersuchungen gerade im Kindes- und Jugendalter bereits ausreichend für eine richtungsweisende Leistungsdiagnostik ist (KLIMT 1984, PROKOP 1986, NOWACKI 1987, KLIMT 1992, KILLICH 2001, FREY 2003).

Maximale absolute Wattstufe

Bei der Betrachtung der Maximalwerte für die absolute Wattstufe während der Entwicklung im Altersgang des mittelhessischen Frauenhandballsports fällt auf, daß erwartungsgemäß eine altersentsprechende Steigerung der Werte zu verzeichnen ist.

Das Charakteristische dabei ist jedoch der Verlauf der Kurven, der sich für sämtliche untersuchten Parameter, bezogen auf die Entwicklung im Altersgang im Frauenhandballsport gleichermaßen darstellt.

Es zeigt sich ein steiler, gleichmäßiger Anstieg der Werte von der D-Jugend (10-11,9 Jahre) über die C-Jugend (12-13,9 Jahre) bis zur B-Jugend (14-15,9 Jahre).

Danach flacht die Steigung der Kurve ab oder stagniert im Bereich der B-Jugend über die A-Jugend (16-17,9 Jahre) bis zu den Seniorinnen (> 18 Jahre).

Von den Seniorinnen bis zur TV Gießen-Lützellinden Frauenhandball Bundesligamannschaft erhält die Steigung einen zweiten Höhepunkt hin zum absoluten Maximalwert, der ausschließlich von dieser Gruppe der Spitzenathletinnen erreicht wird.

Dies verdeutlicht die graphische Darstellung der Entwicklungskurven, die sämtlich einen annähernd parallelen Kurvenverlauf zeigen.

Die starke Zunahme der absoluten Leistungsfähigkeit in Watt von der D- bis zur B-Jugend korreliert gut mit den von IGWERKS 1995 gemachten Beobachtungen, die diese auf das Einsetzen der puberalen Veränderungen zurückführt.

Der weitere Verlauf der Kurve stützt diesen Zusammenhang, da die geringere bzw. stagnierende Zunahme der Leistungsfähigkeit ab der B-Jugend bis ins Seniorinnenalter mit der bei Frauen früher einsetzenden Vollendung des körperlichen Reifeprozesses einhergeht.

Eine weitere deutliche Steigerung des Leistungsvermögens scheint dann nur noch über ein forciertes Training und Engagement, wie zum Beispiel die Teilnahme am Leistungssport Frauenhandball in überregionalen Leistungs- und Spielklassen realisierbar zu sein.

Die statistische Auswertung weist ebenfalls in diese Richtung.

Es ergeben sich hierbei höchst signifikante Unterschiede für die D-Jugend, C-Jugend und die TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998 / 99, verglichen mit allen anderen Gruppen. Die homogenen bzw. stagnierenden Gruppen der B-Jugend, A-Jugend und Seniorinnen weisen keinerlei Signifikanzen untereinander auf, sind jedoch gegenüber allen anderen Gruppen höchst signifikant.

Vergleiche mit den Werten untrainierter Mädchen und Frauen bezogen auf die maximale absolute Wattstufe finden sich in der Literatur nicht, jedoch werde ich für die Parameter relative maximale Wattstufe, Gesamtarbeit in Wattminuten und PWC₁₇₀ darauf zurückkommen.

Beim Vergleich der TVL-Mannschaften ist der hohe Wert der Regionalligamannschaft für die absolute maximale Wattstufe von 283 Watt auffällig, bedingt auch durch das höhere Körpergewicht der Spielerinnen, die mit 71,5 kg die schwerste Vergleichsgruppe darstellen.

Diese 283 Watt unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$) von den von der A-Jugend erreichten 235 Watt. Ebenfalls signifikant höher als der Wert der A-Jugend ist der Wert der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989 - 97 mit 265 Watt ($p < 0,05$).

Ansonsten lassen sich keine signifikanten Unterschiede für die absoluten Wattstufen feststellen. Ganz im Gegenteil, denn der TVL Bundesliga-Kader 1989 - 1997 und die TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998 / 99 erreichten nahezu den gleichen Wert mit 265 bzw. 263 Watt.

Dies ist gleichzeitig auch eine Bestätigung für das konstant hohe tägliche Trainingsniveau beim TV Gießen-Lützellinden unter der Leitung von Cheftrainer Dr. med. Hans-Jürgen Gerlach und Co-Trainer Eckhard Weber.

Maximale relative Wattstufe

Die absolute Leistung ist jedoch von weit geringerer Aussagekraft über das physische Potential Jugendlicher, als die relative, auf das Körpergewicht bezogene Leistung (IGWERKS 1995).

So bezeichnen denn auch bereits KLEMT, ROST 1986, KINDERMANN 1987, NOWACKI 1987, ZHAO 1995 und APPEL 1996 die relative Wattstufe als eines der bedeutendsten Kriterien für die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

Um eine reliable Aussagefähigkeit der maximalen relativen Wattstufe zu erhalten, muß das Belastungsschema so ausgelegt sein, daß die kardiozirkulatorische Ausbelastung von 180-200 Schlägen/min (ISRAEL 1970, MELLEROWICZ 1979, ISRAEL u. Mitarb. 1982) innerhalb eines Zeitraumes von 5-12 min erreicht wird, da bei länger ausgelegten Belastungsverfahren die ermittelte absolute Wattstufe als Ausgangswert durch ausdauerbedingte Erschöpfung zu gering ausfiele (ZHAO 1995, ELGOHARI 2003, FREY 2003, VATER 2003).

Auffällig ist der bereits oben beschriebene für die Entwicklung im Altersgang typische Kurvenverlauf, der sich jedoch durch die Einbeziehung des Körpergewichts nicht ganz so drastisch darstellt.

Die Zunahme der relativen Wattstufe von 3,0 W/kg KG (D-Jugend) über 3,2 W/kg KG (C-Jugend) auf 3,5 W/kg KG (B-Jugend) ist weniger deutlich als die Entwicklung der absoluten Wattstufe mit 121 W über 152 W auf 197 W.

Bei der absoluten Wattstufe erfolgt eine weitere geringere Zunahme von 197 W (B-Jugend) über 204 W (A-Jugend) zu 212 W (Seniorinnen), was jedoch durch die Hinzunahme der Bezugsgröße Körpergewicht relativiert wird und für die relative Wattstufe bedeutet, daß der Wert von 3,5 W/kg KG (B-Jugend) auf 3,4 W/kg KG (A-Jugend) fällt und wieder den Ausgangswert von 3,5 W/kg KG (Seniorinnen) erreicht.

Die Frauenhandball-Bundesligamannschaft des TVL 1998/1999 steht jeweils mit 263 W und 4,0 W/kg KG als Hochleistungsathletinnengruppe mit deutlichem Abstand da.

Eine statistisch zu sichernde Aussage über den Parameter relative Wattstufe ist leider nicht möglich, da auch nach Ausreisserbeseitigung keine Normalverteilung vorlag.

Die Aussage der relativen Wattstufe muß zur Beurteilung mit einer Zeitangabe versehen werden, wobei für Mädchen nach der Maturität und Frauen nach der 1 W/kg KG-Methode

folgendes Bewertungsschema der Tabelle 4 gilt (MEDAU, NOWACKI 1984, KIM 1994, NOWACKI,N.S. 1998):

Tabelle 4: Frauenspezifische Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit und des Trainingszustandes nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen mit der 1 W/kg KG-Methode (MEDAU, NOWACKI 1984, 1992)

Belastungszeit in Minuten nach der	1 Watt/kg KG- Methode	Erschöpfende Fahrradergometrie im Sitzen Beurteilung für Frauen (nach der Maturität)
1. min	1	Sicherer Hinweis auf pathologische Veränderungen
2. Min	1	Verdacht auf pathologische Veränderungen
3. min	2	Leistungsschwach
4. Min	2	Ausreichende Leistung einer Untrainierten
5. min	3	Normale befriedigende Leistung einer Untrainierten
6. min	3	Befriedigend trainiertes körperliches Leistungsvermögen
7. min	4	Gut trainiertes körperliches Leistungsvermögen
8. min	4	Sehr gut trainiertes körperliches Leistungsvermögen
9. - 10. min	5	Hochleistungstrainingszustand einer Athletin

Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich nach MEDAU u. Mitarb. 1984 sowie NOWACKI u. Mitarb. 1988 die Klassifizierung des Trainingszustandes als abschließende Beurteilung der Leistungsfähigkeit spätestens ab dem 17. Lebensjahr für die Frau nach links verschiebt.

2 min 4W/kg gelten somit als sehr gut trainiert und ab 1 min 5W/kg beginnt der Hochleistungszustand einer Athletin.

Interessant ist ebenfalls, daß die Werte der untersuchten Handball-Spielerinnen dieser Studie in jeder Altersklasse deutlich über den von NOWACKI, N.S. 1998 ermittelten Werten für Untrainierte gleichen Alters lagen (Tabelle 5):

Tabelle 5: Maximale relative Wattstufen der Handball – Spielerinnen im Vergleich zu untrainierten Mädchen und Frauen gleichen Alters (N.S. NOWACKI 1998)

Maximale relative Wattstufen 1 Watt / kg KG - Methode, Fahrradergometrie		
Altersgruppe in Jahren	Untrainierte Mädchen und Frauen	Handball - Spielerinnen
10,0 - 11,9	2,7 ± 0,4 (n = 72)	3,0 ± 0,5 (n = 79)
12,0 - 13,9	2,7 ± 0,5 (n = 77)	3,2 ± 0,6 (n = 50)
14,0 - 15,9	2,8 ± 0,4 (n = 19)	3,5 ± 0,6 (n = 33)
16,0 - 17,9	2,8 ± 0,4 (n = 11)	3,4 ± 0,6 (n = 43)
Seniorinnen	2,8 ± 0,2 (n = 50) *	3,5 ± 0,6 (n = 37)

* Korrigiert nach Ergebnissen am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen, pers. Mittlg. Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki, Institutsleiter

Hier scheint das Handball-Training einen positiven Reiz auf die Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit junger Mädchen und Frauen während der körperlichen Reifung und nach deren Abschluß zu haben.

Die Betrachtung der TV Gießen - Lützellinden Vergleichsgruppen erbringt insgesamt ein homogeneres Feld.

Für die relative maximale Wattstufe liegen die Werte zwischen 3,8 Watt/kg KG und 4,0 Watt/kg KG bei annähernd gleichen Streuungsparametern.

Hieraus ergeben sich auch keine signifikanten Unterschiede für diesen Parameter.

Die erzielten Ergebnisse von 3,8 - 4,0 Watt/kg unterstreichen die gute Kondition der TVL-Akteurinnen. Sie befinden sich durchschnittlich im gut trainierten Bereich.

Ein Vergleich mit den Beurteilungskriterien der maximalen relativen körperlichen Leistungsfähigkeit für Männer zeigt, daß die Spielerinnen des TVL auch mit ihrem Durchschnittswert von 4,0 Watt/kg KG im gut trainierten Männerbereich liegen (Tabelle 6).

Tabelle 6: Beurteilungskriterien für die Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei der Anwendung der körperrgewichtsbezogenen 1 W/kg KG – Methode – erschöpfende Fahrradergometrie im Sitzen für Sportler, untrainierte Männer, Jungen, Kinder und Mädchen bis zur Maturität (NOWACKI 1977, 1992, 1997)

Belastungszeit in Minuten nach der	1 Watt/kg KG- Methode	Erschöpfende Fahrradergometrie im Sitzen Beurteilung für Sportler, untrainierte Männer, Jungen, Kinder und Mädchen bis zur Maturität
1. min	1	Sicherer Hinweis auf pathologische Veränderungen
2. Min	1	Verdacht auf pathologische Veränderungen
3. min	2	Leistungsschwach
4. Min	2	Ausreichende Leistung eines Untrainierten
5. min	3	Normale befriedigende Leistung eines Untrainierten
6. min	3	Normale gute Leistung eines Untrainierten
7. min	4	Befriedigend trainiertes körperliches Leistungsvermögen
8. min	4	Gut trainiertes körperliches Leistungsvermögen
9. - 10. min	5	Sehr gut trainiertes körperliches Leistungsvermögen
11.- 12. min	6	Hochleistungstrainingszustand eines Athleten

Die körperlich leistungsstärksten Handballspielerinnen des mehrfachen Deutschen Meisters und Pokalsiegers liegen dagegen mit 5 Watt/kg KG für Frauen im Hochleistungstrainingszustand und im Vergleich zu Männern im sehr gut trainierten Bereich.

Maximale absolute Gesamtarbeit

Ein sicherer Parameter zur Beurteilung des körperlichen Leistungsvermögens ist die Gesamtarbeit in Wattminuten, da die Fitness der Frau sehr gut mit dem ergometrisch/spiroergometrisch ermittelten Wert der physischen Leistungsfähigkeit als Gesamtarbeit in Wattminuten korreliert (NOWACKI 1983).

Die Aussagekraft dieses Parameters setzt den Gebrauch eines einheitlichen ergometrischen Belastungsschemas voraus (DITTER u. Mitarb. 1977, BURGER u. Mitarb. 1987, ZHAO 1995, WIMMER 2001, HENNE 2002).

Auch hier zeigt sich der für die Entwicklung im Altersgang typische Kurvenverlauf und die anschließende Relativierung der Aussage nach Teilung der Werte durch das Körpergewicht.

Alle genauen Zahlenwerte, Standardabweichungen und die Signifikanzen bezüglich der Gesamtarbeit in Wattminuten sowie der relativen Gesamtarbeit in Wattminuten/kg KG sind in der Tab. I im Anhang, bzw. dem entsprechenden Kapitel im Ergebnisteil zu entnehmen.

Ähnlich wie bei der Betrachtung der maximalen Wattstufe zeichnet sich auch bei der Gesamtarbeit eine kontinuierliche Steigerung der Absolutwerte ab, die abhängig vom Alter mehr oder weniger deutlich verläuft.

Die Statistik zeigt, daß für den Parameter absolute Gesamtarbeit lediglich die Gruppen B-Jugend, A-Jugend und Seniorinnen keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Alle anderen, paarweise durchgeführten Gruppenvergleiche erbringen höchst signifikante Unterschiede ($p < 0,001$).

Der Vergleich mit den von NOWACKI, N.S. 1998 durchgeführten Untersuchungen bei Skilangläuferinnen erbringt auch für den Parameter Gesamtarbeit, daß die Handballspielerinnen in allen Altersklassen den untrainierten Mädchen weit überlegen sind (Tabelle 7):

Tabelle 7: Maximale absolute Gesamtarbeit der Handball – Spielerinnen im Vergleich zu untrainierten Mädchen und Frauen gleichen Alters und Skilangläuferinnen (N.S. NOWACKI 1998)

Maximale absolute Gesamtarbeit 1 Watt / kg KG - Methode, Fahrradergometrie			
Altersgruppe in Jahren	Untrainierte Mädchen und Frauen	Handball - Spielerinnen	Skilanglauf - Läuferinnen
10,0 - 11,9	280 ± 70 (n = 72)	424 ± 108 (n = 79)	453 ± 138 (n = 50)
12,0 - 13,9	320 ± 88 (n = 77)	575 ± 154 (n = 50)	684 ± 168 (n = 70)
14,0 - 15,9	442 ± 84 (n = 19)	751 ± 187 (n = 33)	901 ± 184 (n = 50)
16,0 - 17,9	535 ± 76 (n = 11)	775 ± 188 (n = 43)	1026 ± 203 (n = 17)
Seniorinnen	540 ± 45 (n = 50)*	798 ± 232 (n = 37)	1092 ± 136 (n = 8)

* Korrigiert nach Ergebnissen am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig- Universität Gießen, pers. Mittlg. Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki, Institutsleiter

Beeindruckend hierbei ist, daß die 12,0-13,9 Jahre alten Handballspielerinnen (C-Jugend) bereits deutlich höhere Werte in der Gesamtarbeit erzielen als untrainierte erwachsene Frauen.

Die ebenfalls von NOWACKI, N.S. 1998 beobachteten Skilangläuferinnen als vorrangige Ausdauer-Kraft-Sportlerinnen erzielen erwartungsgemäß höhere Ergebnisse in allen Altersklassen als die von mir untersuchten Handballspielerinnen (s. Tabelle 7).

Beim Vergleich der TVL-Mannschaften zeigt sich die Unterlegenheit der A-Jugend deutlich durch niedrigere Werte, die auch hoch signifikant (gegenüber der Regionalliga-Mannschaft, der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998 / 99) und signifikant (TVL Bundesliga 1989 - 1997) unter denen der Erwachsenen liegen.

Die übrigen Werte unterscheiden sich nicht statistisch voneinander.

Den höchsten absoluten Wert erreicht die Regionalliga-Mannschaft mit hervorragenden 1214 Wattminuten. Damit liegt sie etwa im Bereich der von FALKENHAGEN 1991 ermittelten Werte für die Bundesligamannschaft des TV Gießen-Lützellinden mit 1296 Wattminuten, die nicht nur Deutscher Meister war, sondern auch den Europa-Cup der Landesmeister errang.

Auch für diesen Leistungsparameter wird der Vorteil eines kontrollierten leistungssportlichen Trainings deutlich, da die A-Jugend Handballspielerinnen des TV Gießen-Lützellinden mit 904 Wattminuten deutlich höhere Werte erreichen als die A-Jugend Freizeitspielerinnen mit 775 Wattminuten in den biologisch-leistungsmedizinischen Entwicklungskurven.

Maximale relative Gesamtarbeit

Für die relativen, auf das Körpergewicht bezogenen Werte ist sowohl bei der Wattstufe als auch bei der Gesamtarbeit ein leichter Rückgang der Maximalwerte von der B- zur A-Jugend zu verzeichnen.

Die Seniorinnen erreichen dann wieder die gleiche Leistung wie die B-Jugend.

Für die bessere Deutlichkeit seien die Eckwerte für die D-Jugend (423 Wmin bzw. 10,7 Wmin/kg KG) als kleinstem Wert, die B-Jugend (751 Wmin bzw. 13,2 Wmin/kg KG) als der Wert, ab dem die weitere Entwicklung ohne weiterführende leistungssportliche Ambitionen stagniert und für die Bundesligamannschaft des TVL (1152 Wmin bzw. 17,3 Wmin/kg KG) als Höhepunkt der Kurve genannt.

Die Betrachtung der statistischen Ergebnisse unterstreicht die Relativierung der Aussage durch die Hinzunahme des Körpergewichtes.

Für die relative Gesamtarbeit zeigt sich eine ähnliche Tendenz wie für die absolute Gesamtarbeit mit dem Unterschied, daß die Werte der C-Jugend nun nicht mehr signifikant gegen alle anderen Gruppen ausser zu dem Wert der TVL-Bundesligamannschaft 1998 / 99 sind.

Beim Vergleich der TVL-Mannschaften bezogen auf die relative Gesamtarbeit erreicht die A-Jugend des TVL jeweils den niedrigsten Wert mit 14,9 Wmin / kg Körpergewicht.

Die Werte in diesem TVL-internen Mannschaftsvergleich erstrecken sich für die relative Gesamtarbeit von 14,9 Wmin / kg KG (A-Jugend TVL) bis 17,3 Wmin / kg, erreicht von der TVL-Bundesligamannschaft 1998 / 99.

Statistisch sind keine unterschiedlichen Lageparameter der TVL-Gruppen für die maximale relative Wattstufe untereinander nachweisbar.

Mit 14,9 Wmin / kg Körpergewicht liegt der Wert für die A-Jugend Handballspielerinnen des TVL wieder deutlich über dem Wert der A-Jugend Freizeitspielerinnen in den biologisch-sportmedizinischen Entwicklungskurven.

Belastungszeit

Die Belastungszeit korreliert bei Anwendung des gleichen Belastungsverfahrens mit den oben beschriebenen Parametern maximale absolute und relative Gesamtarbeit und stützt die hierbei getroffenen Aussagen.

Die Belastungszeit zeigt bei Betrachtung der Signifikanzen das gleiche Muster wie die relative Gesamtarbeit. Für diesen Parameter jedoch ist der Wert der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998 / 99 gegenüber den Werten der B-Jugend, der A-Jugend und der Seniorinnen nur noch im 0,05 Intervall höher, d.h. einfach signifikant unterschiedlich.

Mit der 1 W/kg KG – Methode erreichen Sportlerinnen mit mindestens 6 Minuten (2 min 3 W/kg KG = befriedigend trainiert) bis zu 10 Minuten (2 min 5 W/kg KG = Hochleistungstrainingszustand) eine optimale Zeit zur Ausschöpfung der kardiorespiratorischen Funktionen, ebenso für das Eingehen einer maximalen Laktatazidose.

Die 5 Minuten Belastungszeit für normal leistungsfähige untrainierte Frauen (1min 3 W /kg KG) ist ebenfalls noch ausreichend für erschöpfende Reaktionen. Dagegen ist nach dieser Methode für leistungsschwache Frauen die Belastungszeit zu niedrig und die Steigerungsstufe von 1 auf 2 W/kg KG – vor allem bei Übergewichtigen – zu hoch.

Somit eignet sich zur ergometrischen Ausbelastung von untrainierten und nur auf Ausdauer trainierten Frauen das 0,5 W/kg KG – Verfahren besser. Auch Leistungsschwache erreichen noch eine Belastungszeit von 5 Minuten (1 min 1,5 W/kg KG). Für sehr gut Trainierte (3,5 W/kg KG) ist dagegen die hierfür erforderliche Belastungszeit mit 13-14 Minuten relativ lang und im Prinzip auch unökonomisch für das Untersuchungszentrum.

Ähnlich wie für die Entwicklung im Altersgang korreliert auch hier beim TVL-Vergleich die Belastungszeit mit den Ergebnissen der Gesamtarbeit.

Es ergeben sich keine statistisch zu sichernden Unterschiede.

Die A-Jugend erreicht die niedrigsten und die TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998/99 die höchsten Werte.

Mit 404 s (A-Jugend TVL) bis 444 s (Bundesliga-Mannschaft 1998/99) stellen sich durchweg befriedigende bis gut trainierte ergometrische Belastungszeiten dar.

Die Zeiten liegen auch hier deutlich über den von der A-Jugend und den Seniorinnen bei den biologisch-leistungsmedizinischen Entwicklungskurven erbrachten Werten.

Absolute PWC₁₇₀

Als ein weiteres international bedeutsames Leistungskriterium hat sich die PWC₁₇₀ (Physical Working Capacity) für Sportler im Kindes- und Jugendalter, Vereins- und Breitensportler durchaus bewährt (SELIGER 1968; MOCELLIN, RUTENFRANZ, SINGER 1971; NOWACKI, BÖHMER, SCHRÖDER 1979; SCHÄFER 1980; ROST 1981; NOWACKI 1981, KIM 1994).

NOWACKI, SCHÄFER 1984 gehen davon aus, daß - bei entsprechender Standardisierung der Bestimmungsmethoden der PWC₁₇₀ auf der Grundlage einer, wie im hier vorliegenden Falle, so kurz wie möglich gehaltenen ergometrischen Belastung – dieser Parameter durch den zunehmenden Bedarf an sportmedizinischer Diagnostik gerade im Kindes-, Jugend- und jungen Erwachsenenalter eine Renaissance erlebt. Dies hat sich durch aktuelle Publikationen über die PWC₁₇₀ bestätigt (WU 2003).

Die Werte für die absolute und relative PWC₁₇₀ in der Entwicklung im Altersgang stellen sich nach dem bereits beschriebenen Kurvenverlauf so dar, daß die D-Jugend (abs. 91 W / rel. 2,3 W/kg KG), die B-Jugend (150 W / 2,6 W/kg KG) und die Bundesligamannschaft des TVL (237 W / 3,6 W/kg KG) erneut die Wendepunkte darstellen.

Auffällig ist hier, daß die A-Jugend und die Seniorinnen sowohl für die absolute als auch für die relative PWC₁₇₀ exakt identische Werte (163 W / 2,8 W/kg KG) mit ähnlichen Streubreiten erreichen.

Eine weitere Aufwärtsentwicklung erbringt erst der Leistungssport im überregionalen Bereich, wie dies für die Spielerinnen des TVL der Fall ist.

Der Zuwachs an Leistungsfähigkeit durch die Aufnahme eines intensiven Trainings ist jedoch geringer für diesen Parameter als der Zuwachs in der puberalen Phase von der D- zur B-Jugend, dem ersten Steigungshöhepunkt der Kurve, verursacht allein durch den einsetzenden körperlichen Reifeprozess.

Diese Aussage lässt sich statistisch begründen und wird deutlich, wenn man jeweils die benachbarten und die darauf folgenden Gruppen betrachtet.

Für den Parameter absolute PWC₁₇₀ gilt es nämlich zu vermerken, daß die TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998 / 99 gegenüber ihrer direkten, unter ihr liegenden, Nachbargruppe Seniorinnen nur hochsignifikant ($p < 0,01$) unterschiedlich ist. Die D-Jugend dagegen ist gegenüber ihrer direkten, höher liegenden Nachbargruppe C-Jugend und der anschließenden Gruppe B-Jugend höchst signifikant unterschiedlich ($p < 0,001$).

Die weitere statistische Auswertung erbringt für die absolute PWC 170 wie zuvor bereits für die absolute Wattstufe und die absolute Gesamtarbeit das Ergebnis, daß alle Werte sich höchst signifikant voneinander unterscheiden, ausgenommen die Werte für die B-Jugend, die A-Jugend und die Seniorinnen untereinander.

Bei der Betrachtung der TVL-Mannschaften, bezogen auf den Parameter PWC 170, werden die Unterschiede zwischen Leistungssport treibenden Jugendlichen und Erwachsenen hier schon deutlicher.

Zwar zeigen sich für den Parameter absolute PWC 170 bis auf die hoch signifikanten Unterschiede zwischen der A-Jugend und der Bundesliga-Mannschaft 1989 - 97 sowie dem Bundesligakader des TVL der Spielzeit 1998 / 1999 keine statistisch zu sichernden Unterschiede. Jedoch zeigt die reine Betrachtung der Werte einen starken Anstieg von der A-Jugend hin zu den Bundesliga-Mannschaften.

Die A-Jugend des TVL erreicht mit 181 Watt bessere Werte als die A-Jugend Freizeithandballspielerinnen in der Entwicklungsstudie mit 163 Watt.

Sie liegt jedoch weit entfernt von den vom Bundesligakader des TVL der Spielzeit 1989 - 97 erreichten 250 Watt bzw. den von der Bundesliga-Mannschaft 1998/99 erreichten 237 Watt, die mit diesen Werten annähernd aufschliessen zu den von NOWACKI, SCHÄFER 1984 ermittelten Werten von 274 Watt für männliche Handballspieler.

Der im Vergleich zu den vorher behandelten Parametern deutlichere Unterschied der A-Jugend zu den beiden Bundesliga-Mannschaften zeigt, daß systematisches Training kombiniert mit dem Abschluss der körperlichen Reife zu einer gesteigerten körperlichen Leistungsfähigkeit bei der gleichen Herzfrequenz von 170/min führt.

Relative PWC₁₇₀

Die PWC₁₇₀/kg (relative PWC₁₇₀) wird in der einschlägigen sportmedizinischen Literatur kaum ermittelt und diskutiert. Erst die umfassende Studie von KIM 1994 am Sportmedizinischen Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen ließ die Bedeutung dieses Parameters bei Entwicklungsstudien erkennen.

Betrachtet man die statistische Auswertung der relativen PWC₁₇₀, so fällt auf, daß die deutliche Aussage, die über die absolute PWC₁₇₀ gemacht werden kann, leicht abgeschwächt wird. Weiterhin sind die Werte der B-Jugend, der A-Jugend und der Seniorinnen untereinander nicht signifikant unterschiedlich.

Hinzu kommt jedoch, daß die Werte aller einander benachbarten Gruppen keine signifikanten Unterschiede ihrer Lageparameter mehr aufweisen (B-Jugend gegen C-Jugend, C-Jugend gegen B-Jugend, usw.). Besonders auffällig ist hierbei, daß die Werte der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998 / 99 gegen die Seniorinnen und auch eine Stufe tiefer gegenüber der A-Jugend nicht mehr signifikant höher sind.

Gegen die B-Jugend, also nochmals eine Stufe tiefer, sind die Werte nur noch einfach signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$).

Die Seniorinnen wiederum weisen nun ebenfalls für den Parameter relative PWC₁₇₀ keine signifikanten Unterschiede gegenüber der 2 Gruppen tiefer platzierten B-Jugend auf.

Bei der Betrachtung des Parameters relative PWC₁₇₀ wird deutlich, daß bei diesem Parameter der Bundesligakader des TVL der Spielzeit 1998 / 1999 nicht signifikant unterschiedlich ist zu ihrer Nachbargruppe Seniorinnen und der anschliessenden Gruppe A-Jugend. Dagegen ist sie nur noch einfach signifikant höher ($p < 0,05$) zur anschliessenden Gruppe B-Jugend .

Die D-Jugend dagegen ist zu ihrer direkten Nachbargruppe C-Jugend zwar ebenfalls nicht mehr signifikant, jedoch bereits wieder hoch signifikant zur danach anschliessenden B-Jugend.

Da die PWC_{170} erstmals in diesem Kapitel definitionsgemäß die Herzfrequenz miteinbezieht, läßt diese Beobachtung auf eine deutliche Ökonomisierung der Herztätigkeit bei einem weiterführendem Hochleistungstraining im Frauenhandballsport unter kompetenter Anleitung entsprechender Trainer schließen.

Vergleicht man die von mir ermittelten Werte für die Entwicklung im Altersgang mit den Beobachtungen von NOWACKI, SCHÄFER 1984, so ergibt sich folgendes Bild:

Die Ergebnisse unserer Studie lagen ebenfalls deutlich über den Werten der von NOWACKI, SCHÄFER 1984 als untrainiert eingestuften Mädchen/ Frauen und stimmen mit den Werten der Gruppe junger Handballerinnen der Studie von NOWACKI, SCHÄFER 1984 weitgehend überein. Dies spricht für die Reliabilität, Validität und Reproduzierbarkeit der Ergometrie nach der $1\text{ W} / \text{kg KG}$ – Methode und die auf dieser Basis berechneten PWC_{170} – Werte.

Der Vergleich der TVL-Mannschaften zeigt für den Parameter relative PWC_{170} ebenfalls die Überlegenheit der erwachsenen Spielerinnen.

Die Werte mit $3,0\text{ Watt/kg KG}$ (A-Jugend) bis $3,6\text{ Watt/kg KG}$ (Bundesliga 1998/99) sind durchgehend als gut trainiert zu bewerten.

Die Statistik für den Leistungsparameter relative PWC_{170} zeigt das gleiche Ergebnismuster wie die Betrachtung der absoluten PWC_{170} :

Signifikante Unterschiede finden sich lediglich im Bereich der A-Jugend im Vergleich zu den Werten der Bundesliga 1989 - 97 und im Vergleich zu den Werten des Bundesligakaders der Spielzeit 1998 / 99.

Abschließende Bemerkungen zur Funktionsdiagnostik der körperlichen Leistungsfähigkeit im Frauenhandball

Die für die Parameter maximale absolute und relative Wattstufe, absolute und relative Gesamtarbeit, Belastungszeit, absolute und relative PWC 170 recht einheitlich ausfallenden Ergebnisse vereinfachen deren Beurteilung und die abschliessende Bewertung.

Die deutlichen Unterschiede bei den Ergebnissen der absoluten Werte für die jeweiligen Parameter werden für beide Vergleichsstudien - für die Entwicklungsstudie ebenso wie für den internen Vergleich der 4 TVL-Mannschaften - durch Einbeziehung des Körpergewichts abgeschwächt.

Die bisher getroffenen Aussagen sind eindeutig und durch die einfaktorielle Varianzanalyse gestützt.

Für die Entwicklungsstudie kann der von IGWERKS 1995 beobachtete Leistungsschub zwischen der D-Jugend und der B-Jugend bestätigt werden.

Bei danach annähernd gleichbleibender körperlicher Leistungsfähigkeit bis zum Erwachsenenalter folgt ein erneuter Schub erst durch die Aufnahme eines gezielten Leistungstrainings durch kompetente sachverständige Trainer, wie dies im Falle des TV Gießen - Lützellinden mit Dr. med. Hans-Jürgen Gerlach seit 20 Jahren der Fall ist.

Es ist positiv für den Handballsport zu erwähnen, daß, wenn die Möglichkeit des Vergleiches mit den Werten untrainierter, nicht sporttreibender Mädchen und Frauen bestand, die Handballspielerinnen immer bessere Ergebnisse erzielten.

Eine Orientierung auf der Grundlage der vorgelegten Parameter für die körperliche Leistungsfähigkeit der Mädchen- und Frauenhandball- Spitzenmannschaften des TV Gießen - Lützellinden ist deshalb auf der Grundlage einer einfachen, nicht kostenintensiven, Fahrradergometrie im Sitzen bei einem der z.Zt. 25 lizenzierten Sportmedizinischen Untersuchungsstellen in Hessen möglich.

Die interne Vergleichsstudie des TV Gießen - Lützellinden zeigt, daß die A-Jugend bei entsprechendem Training, zur Vorbereitung auf spätere Einsätze als Nachwuchs in der Bundesliga, zwar bessere Leistungen erbringt als die Hobby-Handballspielerinnen der Entwicklungsstudie (A-Jugend und Seniorinnen), den erwachsenen Frauen im Leistungssport jedoch noch unterlegen ist.

Dies gilt sowohl für den Vergleich der A-Jugend mit der Regionalliga-Mannschaft, als auch für den Vergleich mit beiden Bundesliga-Mannschaften.

Das lässt darauf schliessen, daß sowohl der Abschluss der körperlichen Reife, als auch die Aufnahme des härteren Erwachsenen- / Profitrainings zu der höheren, gut bis sehr gut trainierten Leistungsfähigkeit führt.

Die zum Teil höchsten Werte für die Regionalmannschaft sprechen einerseits dafür, daß im Handballsport mehrere Faktoren (wie z.B. individuelles persönliches Talent, Koordinationsfähigkeit, körperliche Fitness, eine stabile Psyche, etc.) den Ausschlag zur Zugehörigkeit zu einer Topmannschaft wie der Bundesliga-Mannschaft des TV Gießen - Lützellinden ausmachen.

Darauf werde ich in den folgenden Kapiteln nochmals ausführlich eingehen.

Zum anderen sind die teils hervorragenden Werte der Regionalliga-Mannschaft auch dadurch zu erklären, daß die Regionalliga-Mannschaft eine Aufbau- / Vorbereitungsmannschaft für die Bundesligamannschaft darstellt.

Für junge, talentierte und körperlich fitte Spielerinnen bietet sie die Möglichkeit, sich im Wettkampf zu erproben, sich zu bewähren und für den Einsatz in der Bundesliga zu empfehlen.

Die beiden Bundesligamannschaften nehmen die erwartete Ausnahmestellung ein. Obwohl, wie bereits erwähnt, im Handballsport als Ballsportart die angeführten Faktoren alle zusammenspielen und eine Topleistung erst möglich machen, ist eine hervorragende Fitness und physische Leistungsfähigkeit Grundvoraussetzung für die Teilnahme am nationalen Spitzensport und internationalen Wettbewerb.

Abschließend möchte ich hier die Ergebnisse der wieder besonders erfolgreichen **Frauenhandball-Bundesliga – Mannschaften der Jahre 2000 bis 2003** (Deutscher Meister 1988, 1989, 1990, 1993, 1997, 2000, 2001; Deutscher Pokalsieger 1989, 1990, 1992, 1998, 1999; Europacupsieger der Landesmeister 1991; Europacupgewinner der Pokalsieger 1993, 1996), der **B-Jugendmannschaft** (gehörte auch ab 1999 zu den Spitzenteams in Hessen – Südwestdeutscher Meister 2004, Dritter bei der Deutschen Meisterschaft 2003/2004) und der **A-Jugendmannschaft** (Südwestdeutscher Meister 2002, 2003, 2004; Deutscher Vizemeister 2002, 2003, Dritter bei der Deutschen Meisterschaft 2003/2004) kurz aufzeigen, um so mit der vorliegenden Dissertation Anschluß an die Entwicklung des Deutschen Frauenhandballs bis in das Jahr 2004 zu finden.

Der Vergleich der erfolgreichen aktuellen TVL Frauenhandball-Jugendmannschaften 1999-2004 und der aktuellen TVL Frauenhandball-Bundesligamannschaft 2003/2004 mit der Frauenbasketball-Bundesligamannschaft des BCU Marburg 2002/2003 (Deutscher Meister und Pokalsieger 2003 – sportmedizinische Untersuchung und leistungsmedizinische Beratung in dieser Saison durch Prof. Dr. Paul E. Nowacki in Zusammenarbeit mit dem Mannschaftsarzt der Basketballspielerinnen Dr. med. B. Ishaque von der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie der JLU Gießen) und dem TVL Frauenhandball-Bundesligakader der Spielzeiten 1999-2001 für den Parameter **maximale absolute Wattstufe** zeigt folgendes Bild:

Den höchsten Wert mit 283 ± 49 Watt erbrachte der TVL Frauenhandball-Bundesligakader der Spielzeiten 1999-2001, gefolgt von der Frauenbasketball-Bundesligamannschaft des BCU Marburg 2002/2003 mit 281 ± 58 Watt und der aktuellen TVL Frauenhandball-Bundesligamannschaft 2003/2004 mit 276 ± 34 Watt. Damit liegen die Ergebnisse dieser drei Gruppen auf gleichem Niveau.

Die aktuelle TVL Frauenhandball-B-Jugendmannschaft 1999-2004 erzielte 225 ± 37 Watt. Den niedrigsten Wert mit 210 ± 27 Watt erreichte die aktuelle TVL Frauenhandball-A-Jugendmannschaft 1999-2004 (Abbildung 35).

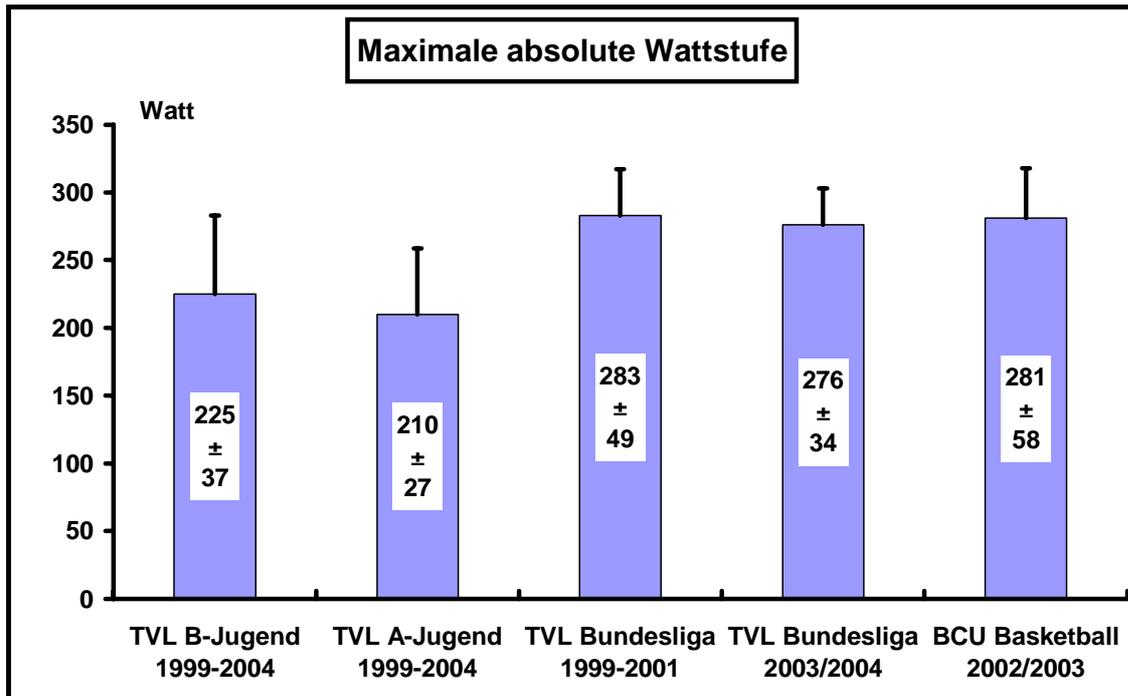


Abbildung 35: Vergleich der Frauenhandball-Bundesligamannschaft des TVL 2003/2004 (9. Platz) und des Kaders der Frauenhandball-Bundesligamannschaft des TVL 1999-2001, zweifacher Deutscher Meister 1999/2000, 2000/2001, mit dem Frauenhandball A-Jugend Kader des TVL 1999-2004, dem Frauenhandball B-Jugend Kader des TVL 1999-2004 und der Frauenbasketball-Bundesligamannschaft BCU Marburg 2002/2003, Deutscher Meister und Pokalsieger 2002/2003, für den Parameter maximale absolute Wattstufe

Besonders eindrucksvoll und daher als Einzelbeispiel aufgeführt ist die Leistung der Handballspielerin A.K., welche bei der erschöpfenden Fahrradergometrie am 27.05.2002 in unserem Institut eine maximale Leistung von einer Minute 5 W/kg KG, entsprechend 400 W bei ihrem Körpergewicht von 82,3 kg, erbrachte (Abbildung 36). Das Absinken der Herzfrequenz unter 100 /min nach 5 Erholungsminuten ist nach NOWACKI 1975, 1977, 1992 (Tabelle 8) als Hochleistungszustand der kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit einer Athletin zu beurteilen. 100 Schläge /min werden von unserer Athletin bereits nach 3 Erholungsminuten erreicht!

Dies entspricht absolut und relativ dem körperlichen Leistungsvermögen der relativ wenigen konditionsstärksten Fußballnationalspieler, z.B. des Münchener Weltklassestürmers K.-H. Rummenigge (26 J., 180 cm, 82,3 kg), der bei der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der 1 W/kg KG – Methode auch nur eine Minute 400 Watt leisten konnte (ELGOHARI 2003).

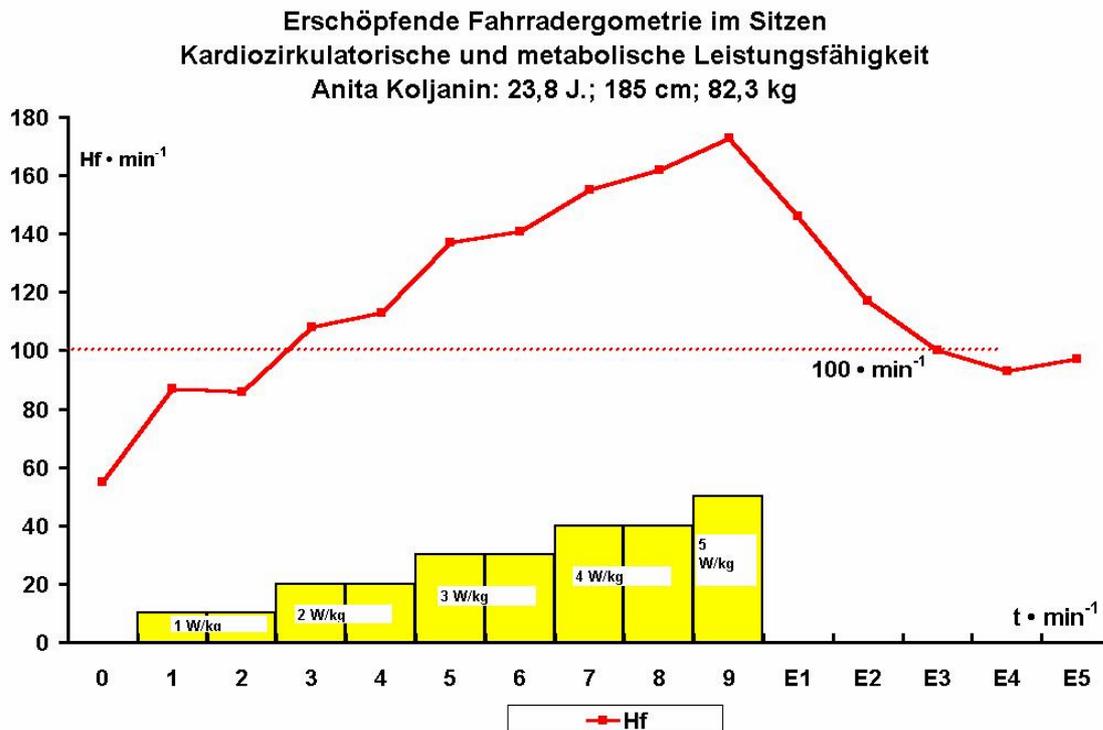


Abbildung 36: Einzelbeispiel - Herzfrequenzverhalten der kroatischen Handball-Bundesliga-Spielerin des TV Gießen-Lützellinden A.K., erschöpfende Fahrradergometrie im Sitzen, kardiozirkulatorische und metabolische Leistungsfähigkeit vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradergometrie im Sitzen nach der 1W/kg KG - Methode

Der Vergleich der erfolgreichen aktuellen TVL Frauenhandball-Jugendmannschaften 1999-2004 und der aktuellen TVL Frauenhandball-Bundesligamannschaft 2003/2004 mit der Frauenbasketball-Bundesligamannschaft des BCU Marburg 2002/2003 und dem TVL Frauenhandball-Bundesligakader der Spielzeiten 1999-2001 für den Parameter **maximale relative Wattstufe** zeigt folgendes Bild:

Den höchsten Wert mit jeweils $4,1 \pm 0,5$ Watt/kg KG erbrachten der TVL Frauenhandball-Bundesligakader der Spielzeiten 1999-2001 und die aktuelle TVL Frauenhandball-Bundesligamannschaft 2003/2004. Die Frauenbasketball-Bundesligamannschaft des BCU

Marburg 2002/2003 mit $3,8 \pm 0,5$ Watt/kg und die aktuelle TVL Frauenhandball-B-Jugendmannschaft 1999-2004 mit $3,8 \pm 0,4$ Watt/kg liegen deutlich darunter.

Den niedrigsten Wert mit $3,5 \pm 0,5$ Watt/kg erreichte auch für den Parameter **maximale relative Wattstufe** die aktuelle TVL Frauenhandball-A-Jugendmannschaft 1999-2004 (Abbildung 37).

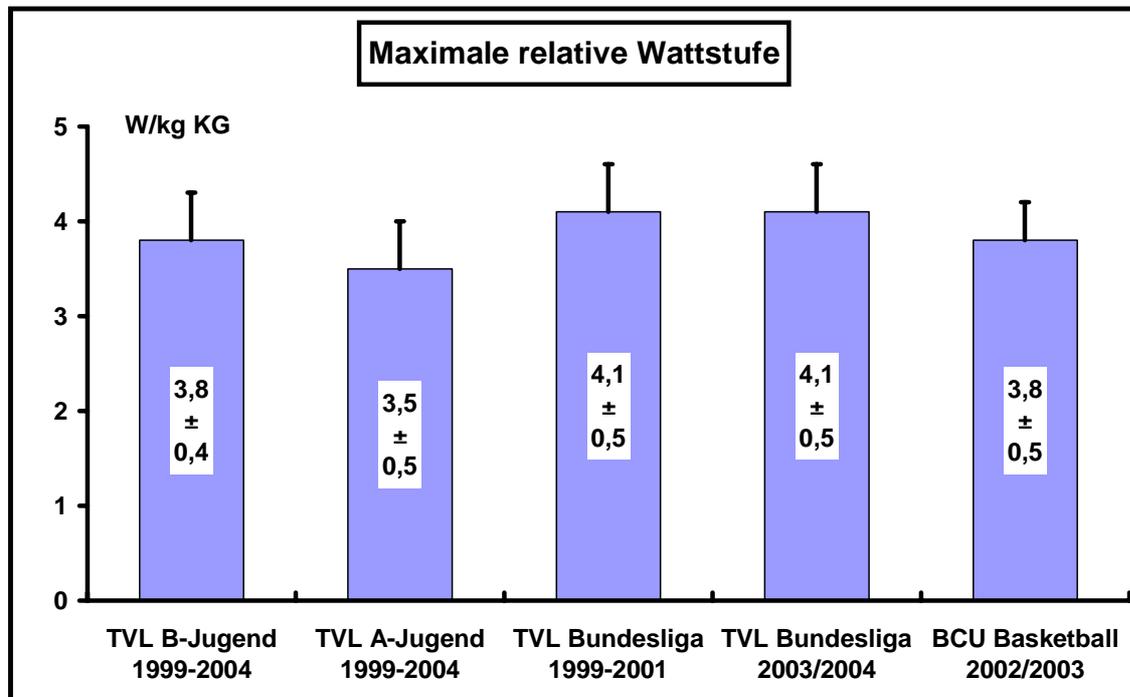


Abbildung 37: Vergleich der Frauenhandball-Bundesligamannschaft des TVL 2003/2004 (9. Platz) und des Kaders der Frauenhandball-Bundesligamannschaft des TVL 1999-2001, zweifacher Deutscher Meister 1999/2000, 2000/2001, mit dem Frauenhandball A-Jugend Kader des TVL 1999-2004, dem Frauenhandball B-Jugend Kader des TVL 1999-2004 und der Frauenbasketball-Bundesligamannschaft BCU Marburg 2002/2003, Deutscher Meister und Pokalsieger 2002/2003, für den Parameter maximale relative Wattstufe

Der Vergleich der erfolgreichen aktuellen TVL Frauenhandball-Jugendmannschaften 1999-2004 und der aktuellen TVL Frauenhandball-Bundesligamannschaft 2003/2004 mit der Frauenbasketball-Bundesligamannschaft des BCU Marburg 2002/2003 und dem TVL Frauenhandball-Bundesligakader der Spielzeiten 1999-2001 für den Parameter **maximale Gesamtarbeit** zeigt folgendes Bild:

Den höchsten Wert mit 1307 ± 293 Wattmin erbrachte die aktuelle TVL Frauenhandball-Bundesligamannschaft 2003/2004, gefolgt von der Frauenbasketball-Bundesligamannschaft des BCU Marburg 2002/2003 mit 1195 ± 238 Wattmin und dem TVL Frauenhandball-Bundesligakader der Spielzeiten 1999-2001 mit 1188 ± 283 Wattmin. Damit liegen die Ergebnisse dieser drei Gruppen auf annähernd gleichem, insgesamt sehr hohen Niveau.

Die aktuelle TVL Frauenhandball-A-Jugendmannschaft 1999-2004 erzielte 876 ± 37 Wattmin. Den niedrigsten Wert mit 872 ± 105 Wattmin erreichte die aktuelle TVL Frauenhandball-B-Jugendmannschaft 1999-2004

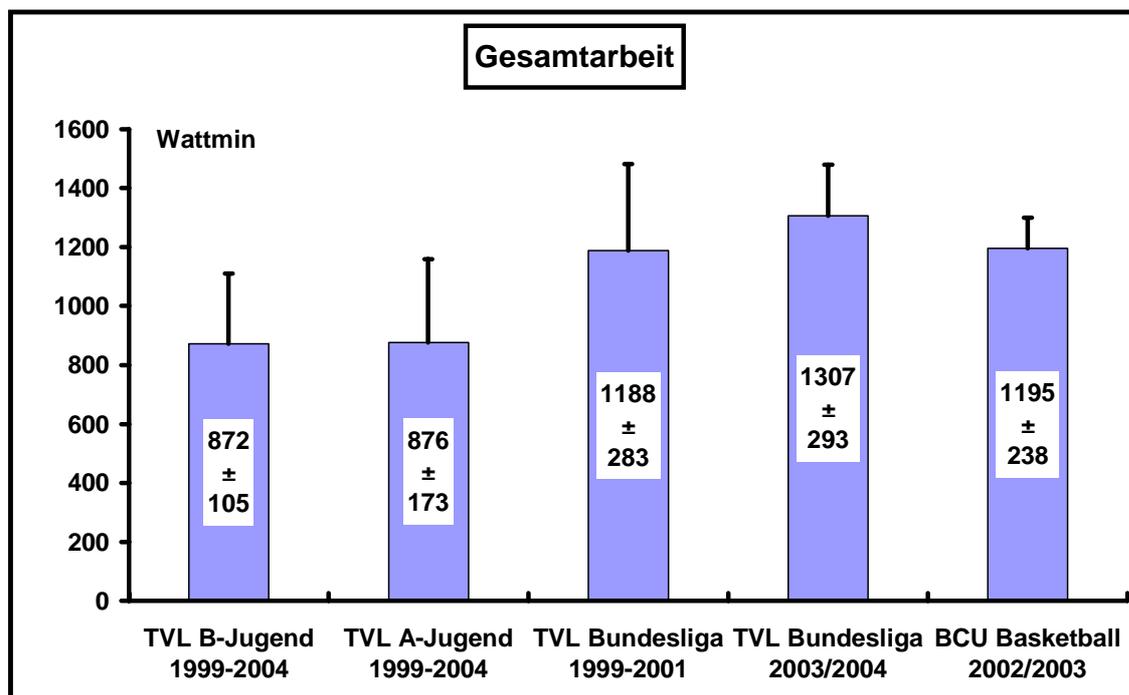


Abbildung 38: Vergleich der Frauenhandball-Bundesligamannschaft des TVL 2003/2004 (9. Platz) und des Kaders der Frauenhandball-Bundesligamannschaft des TVL 1999-2001, zweifacher Deutscher Meister 1999/2000, 2000/2001, mit dem Frauenhandball A-Jugend Kader des TVL 1999-2004, dem Frauenhandball B-Jugend Kader des TVL 1999-2004 und der Frauenbasketball-Bundesligamannschaft BCU Marburg 2002/2003, Deutscher Meister und Pokalsieger 2002/2003, für den Parameter maximale Gesamtarbeit

4.2 Kardiozirkulatorische Funktionsgrößen

Zur Beurteilung der kardiozirkulatorischen Funktion und des Leistungszustandes des Herzens sind die Bestimmung der Herzfrequenz in Ruhe, im submaximalen und erschöpfenden Leistungsbereich, sowie in der anschließenden Erholungsphase wichtige Parameter (MELLEROWICZ 1956, HOLLMANN 1959, REINDELL 1960, ISRAEL 1968, NOWACKI 1977, NÖCKER 1980, RIECKERT 1992, HENNE 2002).

Der enge Zusammenhang zwischen der Leistungsfähigkeit des kardiovaskulären Systems und des Verhaltens der Herzfrequenz unter Vorstartbedingungen, bei Belastung und während der Erholung hat im Trainingsalltag einen besonderen Stellenwert, da die Herzfrequenz einfach und nicht-invasiv zu bestimmen ist. Das Verhalten der Herzfrequenz unter den genannten Bedingungen erlaubt somit nach wie vor direkte Rückschlüsse auf den Trainingszustand des Herz-Kreislauf-Systems (HOLLMANN 1959, 1965, 1975, ISRAEL 1982, NOWACKI 1992).

Da es sich hierbei um eine Studie über ausschliesslich weibliche Probanden handelt, gilt es zu berücksichtigen, daß Frauenherzen „anders schlagen“ und auf ein körperlich-sportliches Training mit größeren Adaptationsreserven als Männerherzen reagieren können (ISRAEL 1992, SIEGFRIED 2000).

Eine Volumenzunahme von beispielsweise 100 ml bewirkt bei weiblichen Athletinnen eine Senkung der Herzfrequenz um 4,4 Schläge/min, bei männlichen Athleten hingegen nur um 3,2 Schläge/min (ISRAEL 1992).

Bei der folgenden Betrachtung der Ergebnisse wird u.a. untersucht, ob die von ISRAEL 1970, ISRAEL u. Mitarb. 1974, NOWACKI 1975, NÖCKER 1976, MELLEROWICZ 1979 festgestellte Korrelation zwischen der Leistungspulsfrequenz, d.h. der Steilheit des Anstieges der Herzfrequenz unter Belastung, mit dem Alter und dem Geschlecht auch für diese Entwicklungsstudie des Frauenhandballs zutrifft.

KELLER-KREUZER 1993 stellte fest, daß gerade bei jüngeren Kindern die Anpassung an körperliche Arbeit durch die Regulierung der Herzfrequenz erfolgt. Die Schlussfolgerung aus ihren Ergebnissen ist, daß leistungssporttreibende Kinder bei gleicher physikalischer Leistung niedrigere Herzfrequenzen als nichtsporttreibende bzw. freizeitsporttreibende Kinder haben.

Dies gilt ebenso für die von ROST 1981 durchgeführten Untersuchungen bei Schwimmerinnen.

Er fand für die 8- bis 11-jährigen Mädchen den gleichen kardiopulmonalen Trainingseffekt, wie bei dem für Erwachsene zu erwartenden. ROST 1981 schliesst daraus auf einen guten Effekt im Sinne einer günstigen kardialen Anpassung bei einem frühzeitigen Trainingsbeginn im Kindesalter, der sogar zur Entwicklung eines „Sportherzens im Kindesalter“ führt.

Auch durch die vorliegenden Untersuchungen kann bestätigt werden, daß die intensiv in Gießen-Lützellinden trainierenden Handballspielerinnen vom 15. Lebensjahr bis zum Erwachsenenalter mit positiven kardiozirkulatorischen Adaptationen, die sich in einer Abnahme der submaximalen und maximalen Herzschlagfrequenz verifizieren lassen, reagieren.

Vorstartfrequenz

Bei der Entwicklung im Altersgang bewegen sich die Werte für die Herzfrequenz zwischen 82 Schlägen/min (A-Jugend) und 100 Schlägen/min (C-Jugend) in Ruhe.

Diese Werte sind als Ruhepuls im eigentlichen Sinne nicht zu verstehen. Dieser wird morgens nach dem Aufwachen liegend im Bett gemessen. Deshalb wird der Begriff Vorstart-Herzfrequenz verwendet. Dieser Begriff weist schon darauf hin, daß die gemessenen Frequenzen höher als bei absoluter Ruhe liegen.

Vor dem Start einer Leistungsüberprüfung spielen auch psychische Faktoren im Sinne einer sympathico-adrenalen Reaktion (NOWACKI, SCHMID, WEIST 1969) eine Rolle. Kinder, aber auch erwachsene Spielerinnen, sind wegen der ungewohnten Atmosphäre im Ergometrie-Labor vor der Leistungsprüfung aufgeregt.

Spitzensportler wollen sich ihrem Trainer und dem sportmedizinischen Untersuchungsteam in hervorragender Verfassung präsentieren, so daß die vergleichende Ergometrie innerhalb einer Mannschaft wie ein Wettkampf aufgefaßt wird.

Tendenziell ist jedoch ein Abfall der Vorstart-Werte von der D-Jugend bis zu den Seniorinnen der Bundesligamannschaft TVL 1998/99 zu beobachten.

Das Absinken der Ruheherzfrequenz / Vorstartherzfrequenz ist als Zeichen der Adaptation an eine aerobe Trainingsbelastung zu verstehen (ISRAEL 1970, HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Dies gilt jedoch nicht nur für Ruhe- und Vorstartpulsfrequenzen.

ISRAEL u. Mitarb. 1974 beschreiben einen engen Zusammenhang zwischen der Leistungsfähigkeit des kardio-vaskulären Systems und dem Verlauf des Herzfrequenzanstieges bei Belastung.

Die statistische Auswertung des Vorstartpulses erbringt für die A-Jugend (mit 82 Schlägen/min niedrigster Wert) höchst signifikante Unterschiede zur C-Jugend und zur D-Jugend. Für die C-Jugend (mit 100 Schlägen/min höchster Wert) ergeben sich gegen alle Gruppen, ausser der D-Jugend, überwiegend hochsignifikante Unterschiede.

Beim Vergleich der 4 TVL-Mannschaften zeigt sich ebenfalls die von ISRAEL 1970, HOLLMANN, HETTINGER 2000 beschriebene Adaptation an ein aerobes Training durch Absinken der Vorstartwerte für die Herzfrequenz von der A-Jugend mit 86 Schlägen/min bis zur TVL-Bundesligamannschaft 1998-99 mit 78 Schlägen/min.

Auch die aktuellen Mannschaften mit den Vorstartwerten für die Herzfrequenz der B-Jugend 1999-2004 mit 88 ± 13 , der A-Jugend 1999-2004 mit 81 ± 10 , des erfolgreichen TVL Frauenhandball-Bundesliga-Kaders 1999-2001 mit 77 ± 14 , der TVL Frauenhandball-Bundesliga Mannschaft 2003/2004 mit dem Vorstartwert von 80 ± 13 und der Frauenbasketball-Bundesliga Mannschaft des BCU Marburg mit 72 ± 14 bestätigen nochmals die kardiale Adaptation mit zunehmendem Alter und die niedrigeren Herzfrequenzen bei den Handballspielerinnen mit besseren sportlichen Erfolgen.

Die Vorstartherzschlagfrequenzen sind jedoch unter den oben beschriebenen Aspekten kritisch zu betrachten und nur tendentiell zu bewerten.

Statistisch zu sichernde Unterschiede bestehen nicht.

Dennoch weisen niedrigere Herzfrequenzwerte vor einer Leistungsprüfung im allgemeinen auf eine trainingsbedingte kardiale Anpassung hin (MELLEROWICZ 1956, HOLLMANN 1959, REINDELL u. Mitarb. 1967, ISRAEL 1968).

Leistungsherzfrequenz

Deutlicher wird der Verlauf der Herzfrequenz, wenn der Einfluss psychischer Faktoren wie Aufregung oder Stress durch körperliche Arbeit zurückgedrängt wird, wie dies bei der submaximalen Belastung nach 4 Minuten der Fall ist.

ROST 1981, KINDERMANN 1981, PROKOP 1986 stellen fest, daß Kinder bei submaximaler und maximaler Arbeit wesentlich höhere Herzfrequenzen als Erwachsene aufweisen.

Die Begründung dafür liegt zum einen leistungsphysiologisch darin begründet, daß kleinere Herzen eine größere Frequenz aufweisen, um ein entsprechendes Herzzeitvolumen zu pumpen.

Zum anderen liegt die Begründung darin, daß die Herzfrequenz im allgemeinen mit dem Alter abnimmt.

Die biologisch-leistungsmedizinischen Entwicklungskurven bestätigen dies für die **submaximale Herzfrequenz** nach 4 Minuten mit einer Herzschlagfrequenz von 172 Schlägen/min (D-Jugend) gegenüber 162 Schlägen/min (Seniorinnen) bzw. 142 Schläge/min (TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998/99).

Die Unterschiede lassen sich auch statistisch höchst signifikant sichern.

Dieser Befund wird auch durch die aktuellen Werte der TVL B-Jugend 1999-2004 mit 155 ± 9 und der TVL A-Jugend 1999-2004 mit 153 ± 9 , sowie der Bundesliga-Mannschaften des TVL 1999-2002 mit 141 ± 10 und 2003/2004 mit 145 ± 11 (Abbildung 39 und Abbildung 40) bestätigt.

Die Mannschaft des Frauenbasketball-Bundesligisten BCU Marburg 2003/2004 zeigt mit 139 ± 17 einen guten Wert für die submaximale Herzfrequenz (Abbildung 41).

Grundvoraussetzung für die Aussagekraft der folgenden ermittelten Werte für die **maximale Herzfrequenz** ist eine Ausbelastung nach ISRAEL1970, NOWACKI 1977, MELLEROWICZ 1979, ISRAEL 1982 von 180 - 200 Schlägen/min oder die von der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie geforderten mehr als 170 Schläge/min. Dies war in der vorliegenden Studie der Fall:

Mit einer Herzfrequenz von 192/min (D-Jugend), 190/min (C-Jugend), 188/min (B-Jugend), 185/min (A-Jugend), 184/min (Seniorinnen) und 180/min (TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998/99) lagen die untersuchten Mannschaften alle im geforderten Bereich.

Gleiches gilt auch für die aktuellen Herzfrequenz-Werte der B-Jugend 1999-2004 mit $186/\text{min} \pm 9$ und der A-Jugend 1999-2004 mit $184/\text{min} \pm 9$, sowie der Bundesliga-Mannschaften des TVL 1999-2001 mit $181/\text{min} \pm 9$ und 2003/2004 mit $183/\text{min} \pm 14$ (Abbildung 39, Abbildung 40).

Die Mannschaft des Frauenbasketball-Bundesligisten BCU Marburg 2003/2004 liegt mit einer maximalen Herzfrequenz von $180/\text{min} \pm 14$ gerade noch im geforderten Bereich (Abbildung 41).

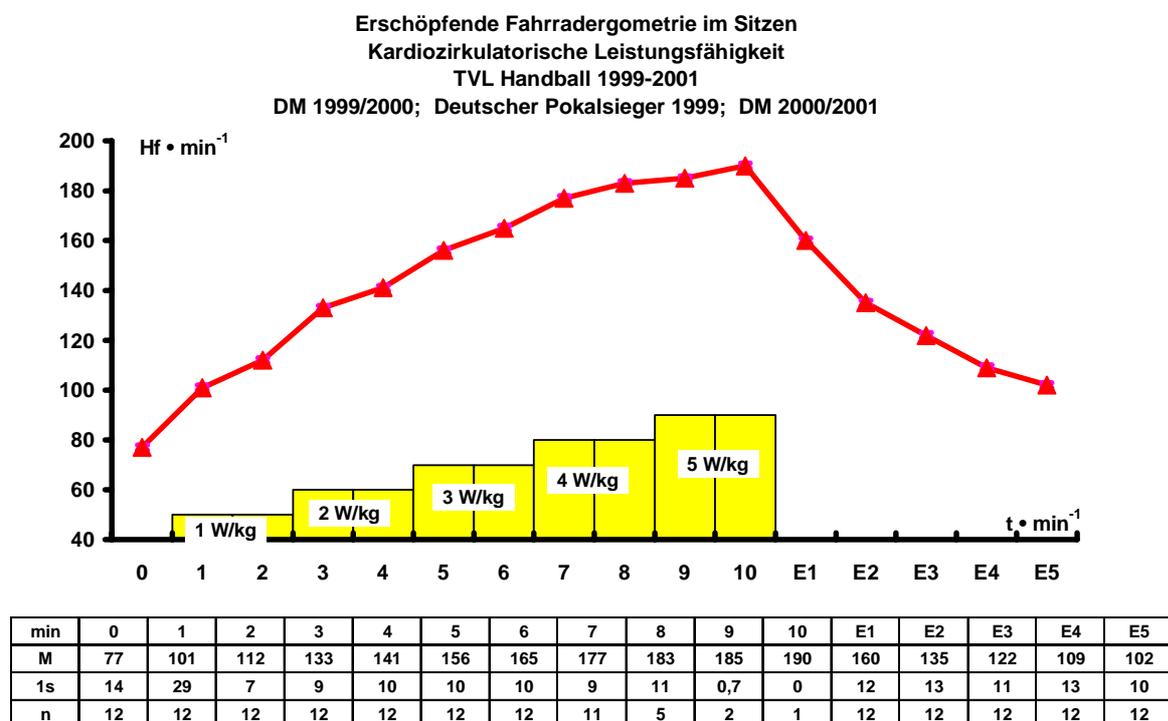


Abbildung 39: Verlaufskurve der Herzschlagfrequenz vor, während und nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen des TVL Frauenhandball - Bundesliga-Kaders 1999-2001

Erschöpfende Fahrradergometrie im Sitzen
Kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit
TVL Handball 2003/2004

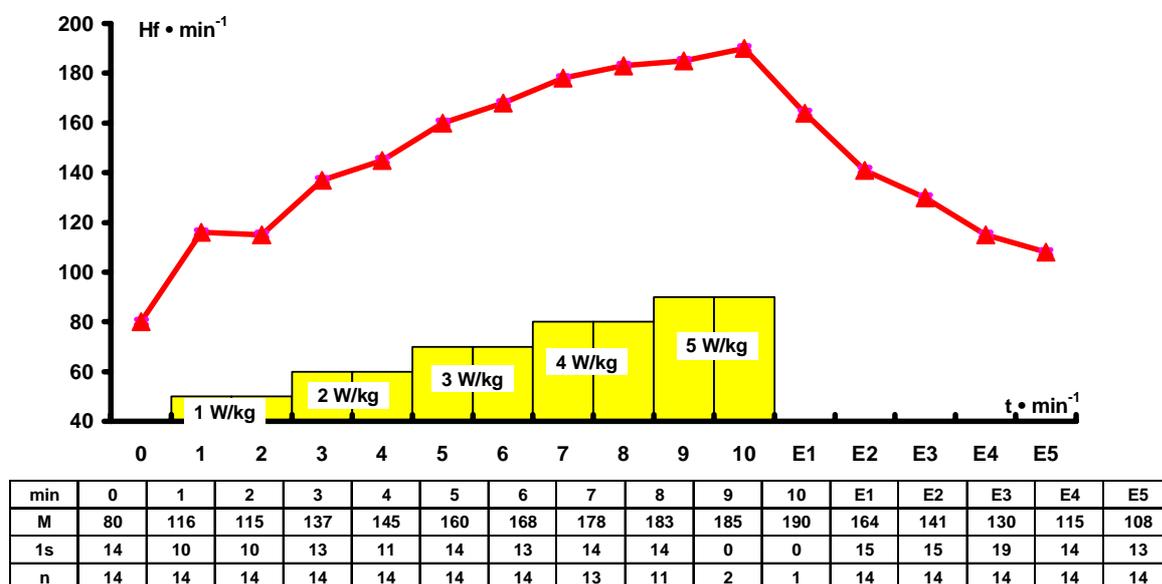


Abbildung 40: Verlaufskurve der Herzschlagfrequenz vor, während und nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen der TVL Frauenhandball - Bundesliga-Mannschaft 2003/2004

Erschöpfende Fahrradergometrie im Sitzen
Kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit
BCU Marburg

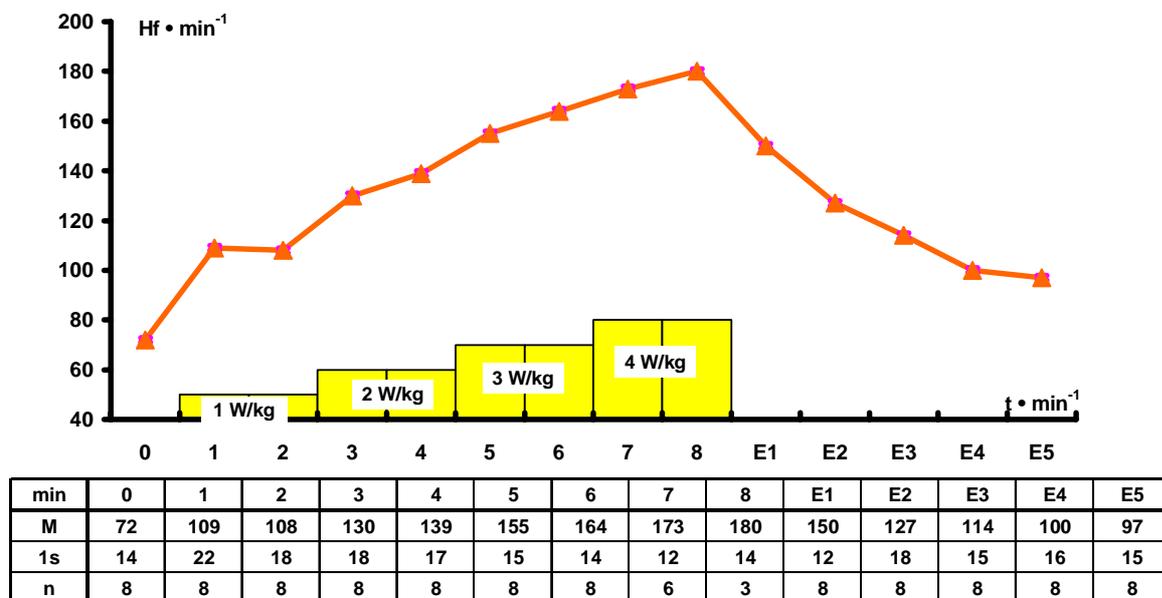


Abbildung 41: Verlaufskurve der Herzschlagfrequenz vor, während und nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen der BCU Marburg Frauenbasketball-Bundesliga-Mannschaft 2002/2003 (Deutscher Meister und Pokalsieger 2003)

Die Untersuchung der maximalen Herzfrequenz unterstreicht weiter die Beobachtung der höheren Frequenzen im jüngeren Alter.

Sie sinkt stetig von 192/min (D-Jugend) auf 184/min (Seniorinnen) bzw. 180/min (TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998/99). Da die Athletinnen nach den Definitionen von ISRAEL 1970 und MELLEROWICZ 1979 entsprechend ausbelastet wurden, liegen die Werte alle in einem sehr hohen Bereich, aber deutlich unter der von HOLLMANN 2000 angegebenen Formel für die maximale Herzfrequenz ($Hf_{max} = 220 - \text{Lebensalter in Jahren}$).

Bei einer erschöpfenden ergometrischen Fußkurbelarbeit im Sitzen liegt nach NOWACKI 1992 aber auch schon eine ausreichende kardiozirkulatorische Ausbelastung vor, wenn nach der Formel $200 - \text{Alter in Jahren}$ die maximale Herzfrequenz erreicht wird („Sicherheitsbereich“ bei Ergometrien).

Für die statistische Auswertung bedeutet dies, daß die D-Jugend höchst signifikant ($p \leq 0,001$) höhere Werte aufweist als die A-Jugend, die Seniorinnen und die TVL Bundesliga-Mannschaft 1998/99. Die C-Jugend liegt mit ihren Werten ebenfalls signifikant ($p \leq 0,05$) über den Werten der TVL Bundesliga-Mannschaft. Die übrigen Werte ergeben keinerlei signifikante Unterschiede.

Betrachtet man jedoch die mittleren maximalen Herzschlagfrequenzen, so ist ein kontinuierliches, stetes Absinken der Werte um jeweils 2 Schläge/min alle 2 Jahre von der D-Jugend bis zur B-Jugend festzustellen. Die A-Jugend und die Seniorinnen erreichen mit 185 bzw. 184 Schlägen/min fast gleiche Werte.

Die Untersuchungen der Belastungsfrequenzen für die 4 TVL-Mannschaften erbringen hier eindeutige Aussagen.

Je besser der Trainingszustand einer Athletin / eines Athleten, desto niedriger ist die Herzfrequenz auf vergleichbaren Belastungsstufen (ISRAEL1970).

Dies kann eindrucksvoll auch für die Handballspielerinnen bestätigt werden.

Nach 4 Minuten submaximaler Belastung liegen die Werte für die A-Jugend und die Regionalliga bei 152 bzw. 151 Schlägen/min, die Werte der beiden Bundesligateams 1989-97 und 1998/99 liegen praktisch bei identischen Werten mit 141 bzw. 142 Schlägen/min.

An dieser Stelle ist nochmals darauf hinzuweisen, daß der submaximale Herzfrequenzwert bei 2W/kg KG besonders wichtig für die Trainingspraxis ist, da diese

ergometrische Leistung einem Lauf im ruhigen Steady state mit ca. 9 km/h entspricht (NOWACKI 1975)

Die statistische Auswertung ergibt jedoch lediglich einen signifikanten ($p \leq 0,05$) Unterschied zwischen der A-Jugend und der Bundesliga-Mannschaft 1989-97. Die reine Betrachtung der Werte spricht jedoch für sich selbst.

Ein ähnliches Bild erbringt auch die Untersuchung der Werte für die maximale Herzfrequenz. Die A-Jugend und die Regionalliga mit gleichen Werten von 187 Schlägen/min liegen deutlich über dem Niveau der beiden Bundesligateams mit 176 bzw. 180 Schlägen/min. KEUL u. Mitarb. 1988 stellten bereits fest, daß die Athleten mit dem leistungsstärksten Herz-Kreislauf-System eine niedrigere maximale Herzfrequenz erreichen.

ISRAEL 1970 führt diese Abnahme der erreichbaren maximalen Herzfrequenz bei kardiozirkulatorischer Ausbelastung auf die Anpassung an das Ausdauertraining durch Herzvergrößerung zurück. Der Effekt daraus ist die Ökonomisierung des kardio-vaskulären Systems, denn das ausdauertrainierte Herz kann auf die erhöhte Belastung mit einer Erhöhung des Schlagvolumens reagieren. Dies ist energetisch günstiger als die Erhöhung der Herzfrequenz.

Statistisch ergibt sich ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0,05$) zwischen den Werten der A-Jugend und den Werten der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97.

Die Ökonomisierung des kardio-vaskulären Systems zeigt sich auch bei den aktuellen Vergleichsgruppen von 1999-2004 (Abbildung 39 und Abbildung 40) und bei der Untersuchung der Mannschaft des Frauenbasketball-Bundesligisten BCU Marburg 2002/2003 (Abbildung 41).

Erholungspulsfrequenz

Als Parameter für die kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit gilt die Erholungszeit in Minuten. Das ist die Zeit, die vom Sportler benötigt wird, um nach maximaler kardiozirkulatorischer Ausbelastung wieder eine Frequenz von 100 Schlägen/min zu erreichen. Da diese Zeit viel zu lang werden kann, ist man dazu übergegangen, die Erholungspulsfrequenz nach 5 Minuten zu bestimmen und aus dem erreichten Pulsniveau für die Praxis relevante Beurteilungskriterien für die kardiozirkulatorische Erholungszeit festzulegen (Tabelle 8 nach NOWACKI 1975).

In der vorliegenden Entwicklungsstudie müssen für die Bewertung der Erholungspulsfrequenz die von NOWACKI 1975 modifizierten Kriterien für gesunde untrainierte Männer und Frauen, Kinder und Jugendliche zum Einsatz kommen.

Tabelle 8: Beurteilungskriterien der kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit 5 Minuten nach maximaler Ausbelastung von Untrainierten vs. Trainierten (Nowacki 1975, 1977, 1992)

Hf-Bereich nach 5' Erholungszeit (Hf · min ⁻¹)		
Untrainierte Männer, Frauen, Jugendliche, Kinder	Sportler/ -innen > 3 J im Training	Beurteilung
> 140	> 130	Schlecht, Verdacht auf pathologische Veränderungen
139 – 130	129 – 120	Ausreichend
129 – 120	119 – 110	Befriedigend
119 – 110	109 – 105	Gut
109 – 100	104 – 100	Sehr gut
	< 100	Hochleistungstrainingszustand

Die Entwicklungsstudie Frauenhandball ergibt für die Auswertung der Erholungsfrequenz E5 eine gute kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit für die D-Jugend, B-Jugend und Seniorinnen (114 Schläge/min, 117 Schläge/min, 117 Schläge/min), eine befriedigende kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit für die C-Jugend (122 Schläge/min) und eine mit 111 Schlägen/min gut bis sehr gute kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit für die A-Jugend.

Statistisch gesichert werden konnte der Unterschied zwischen der C-Jugend und der A-Jugend ($p \leq 0,01$), sowie zwischen der C-Jugend und der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998/99 ($p \leq 0,05$).

Da unsere Probandinnen – dies gilt auch schon für die D-Jugend – sich schon lange Jahre im Leistungstraining befanden, müssen im Prinzip die strengen Richtwerte für die 5-Minuten Erholungsherzfrequenz, die mit 130/min beginnen, eingesetzt werden.

Die grundsätzlichen Ausführungen zur trainingspraktisch bedeutsamen 5-Minuten Erholungsherzfrequenz sind für beide Einteilungskriterien der Tabelle 8 identisch.

Für den Wert der Erholungsfrequenz E1 sind fast keine Unterschiede nachweisbar (162/min D-Jugend, 165/min C-Jugend, 165/min B-Jugend, 162/min A-Jugend, 164/min Seniorinnen). Dies gilt selbstverständlich auch für die statistische Auswertung, die keine signifikanten Unterschiede zeigt.

Die Erholungspulsfrequenzen der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1998/1999 werden im TVL-Vergleich mit den übrigen Mannschaften nur nach den strengeren Beurteilungskriterien für langjährig trainierende Sportlerinnen ($5 \cdot E_{Hf} > 130 \cdot \text{min}^{-1}$ = schlecht) bewertet.

Der Vergleich der TVL-Mannschaften stützt die Aussage, daß nach submaximaler / maximaler Belastung sich die leistungsfähigsten Sportherzen schneller, im Sinne eines Absinkens der Herzfrequenz, als Herzen gesunder untrainierter oder weniger trainierter Sportler erholen.

Dies beschreibt MELLEROWICZ 1979 als Abhängigkeit der Herzfrequenzberuhigung nach einer maximalen kardiozirkulatorischen Ausbelastung vom Trainingszustand des Athleten / der Athletin.

Im hier vorliegenden Fall kann diese Aussage durch die Auswertung der Erholungsfrequenzen der 4 TVL-Mannschaften bestätigt werden.

Sowohl für Hf E1 als auch Hf E5 zeigen sich gleichermassen höhere Werte der A-Jugend / Regionalligamannschaft gegenüber der Bundesliga-Mannschaft 1989-97 bzw. 1998/99.

Die Unterschiede können teilweise statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) belegt werden.

Für die Auswertung der Hf E5 beim Vergleich der 4 TVL-Mannschaften müssen die Beurteilungskriterien nach NOWACKI 1975 für Sportler herangezogen werden.

Diese sind in der Tabelle 8 dargestellt.

Danach erreicht die A-Jugend einen befriedigenden / gut trainierten Zustand, die Regionalliga eine gut trainierte und die Bundesliga 1998/99 ebenfalls eine gut trainierte kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit.

Besonders zu erwähnen ist der mit 101 Schlägen/min im Übergang vom sehr gut trainierten Bereich zum Hochleistungstrainingszustand liegende Wert der Bundesliga-Mannschaft 1989-97.

Speziell für die Sportart Handball ist die Wichtigkeit der Erholungspulsfrequenz E1 zu betonen. Im Einsatz während eines Spieles folgt auf einen maximalen Sprint, z.B. einen Tempogegenstoß, eine nur relativ geringe Erholungs-möglichkeit beim Abwehrspiel.

Je niedriger der Wert für E1 und damit die individuelle Möglichkeit einer Spielerin, sich kurzfristig zu erholen, desto leistungsfähiger bleibt sie über die Dauer eines Handballspiels. Der Vergleich der 4 TVL-Mannschaften deutet mit den höheren Werten der A-Jugend und der Regionalliga von 164 bzw. 168 Schlägen/min gegenüber den Werten der TVL-Bundesliga-Mannschaften 1989-97 und 1998/99 von 154 bzw. 161 Schlägen/min auf diese Tatsache hin.

Die Verlaufskurven der Herzschlagfrequenz vor, während und nach der erschöpfenden Fahrradergometrie im Sitzen der Bundesliga-Mannschaft von 1999-2001 (Abbildung 39), die zweimal die Deutsche Meisterschaft erkämpfte, und des aktuellen Kaderns 2003/2004 (Abbildung 40), welcher sportlich mit Platz 8 von 12 Frauenhandball-Bundesligamannschaften das schlechteste TVL-Ergebnis der letzten 18 Jahre erreichte, unterstreichen dennoch, daß eine sehr gute Trainingsarbeit mit daraus resultierenden durchschnittlich guten

($5^{\text{e}} \text{ E Hf} = 108 \pm 13 \cdot \text{min}^{-1}$) kardialen Anpassungen geleistet wurde (Abbildung 39).

Dies gilt ebenfalls für die weiterhin in Hessen, Süddeutschland und national erfolgreichen B- und A-Jugend-Mannschaften des TV Gießen-Lützellinden, die ebenfalls unter der Leitung des Cheftrainers Dr. Gerlach trainieren .

Sie schlossen beide die Saison 2003/2004 mit der Hessen- und Süddeutschen Meisterschaft ab und qualifizierten sich wiederum für die nationale Endrunde mit folgendem Erfolg: jeweils 3. Platz bei den Spielen um die Deutschen Jugend-Meisterschaften der 14-15,9 Jahre alten (B-Jugend) und 16,0-17,9 Jahre alten (A-Jugend) der deutschen Spitzenklasse.

Abschliessende Bemerkungen zu den kardiozirkulatorischen Funktions-größen im Frauenhandball

Abschliessend gilt es festzuhalten, daß für diese Studie eindrucksvoll die Aussage von HOLLMANN 1983 bestätigt wird.

Er stellte fest, daß die Herzfrequenz bei identischen Belastungsstufen vom 6. – 15. Lebensjahr bei Mädchen abnimmt und daß danach keine altersbedingten Veränderungen mehr auftreten.

Ein weiteres Absinken der Herzfrequenz ist demnach dann nur noch durch gezieltes Training zu erreichen.

Betrachtet man nun die biologisch-leistungsmedizinischen Entwicklungskurven, so fällt auf, daß für die untersuchten Frequenzen Vorstart, submaximale Belastung nach 4 Minuten, maximal, E1 und E5 genau in dem von HOLLMANN 1983 beschriebenen Bereich der D-Jugend bis zur B-Jugend ein deutlicher Rückgang der Frequenzen zu verzeichnen ist.

Von der B-Jugend bis zu den Seniorinnen verläuft das Absinken der Herzfrequenz weit weniger dramatisch.

Erst die Leistungssport treibenden Mannschaften des TV Gießen - Lützellinden liegen wieder weit unter den Werten der Seniorinnen dieser Entwicklungsstudie. NOWACKI 1975, ROST 1981 führen dieses Phänomen auf eine Ausdauerbetonung im Training und die dadurch bewirkte Zunahme der Herzgröße mit größerem Schlagvolumen zurück. Die Folge davon ist das Absinken der Herzfrequenz zugunsten eines höheren Schlagvolumens.

Der Herzschlagfrequenzverlauf der 23,8-jährigen TVL-Spielerin A. Ko. (Abbildung 36) zeigt, daß einzelne Athletinnen im Frauenhandball körperlich absolut (400 Watt!) und relativ (5 W/kg KG) sowie mit ihrer kardialen Anpassung die entsprechenden Werte von sehr gut trainierten Männern, z.B. von Fußball-Bundesliga- und Nationalspielern erreichen (FALKENHAGEN 1991, ELGOHARI 2003).

4.3 Respiratorische Leistungsfähigkeit

Maximales Atemminutenvolumen

Die respiratorische Leistungsfähigkeit eines Menschen wird durch das maximale Atemminutenvolumen (AMV I BTPS) als Produkt der Atemfrequenz ($Af \cdot \text{min}^{-1}$) und des Atemzugvolumens (AZV ml BTPS) bei erschöpfender körperlicher Leistung charakterisiert (HOLLMANN 1959, NOWACKI 1977, HOLLMANN, MADER 1988, McARDLE, F. KATCH, V. KATCH 1996, ELGOHARI 2003).

Die Verlaufskurve für das Atemminutenvolumen der TVL-Bundesligamannschaft 1989-97, kombiniert mit dem Verlauf der relativen Sauerstoffaufnahme, zeigt das charakteristische Verhalten der Atmung während einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen in steigenden Wattstufen nach der 1W/kgKG-Methode.

Auch die Handballspielerinnen steigern zunächst das Atemzugvolumen von ca. 500ml in Ruhe, teilweise bis zu 40% ihrer Vitalkapazität, die durchschnittlich 4-5 l BTPS beträgt, d.h. bis auf ca. 2000ml.

Auch Sportlerinnen können dann ihre Atemfrequenz von in Ruhe 12-16/min um das Drei- bis Vierfache, also bis auf maximal ca. 50 Af/min, steigern.

Untrainierte Frauen erreichen nur im Erschöpfungszustand eine Verdoppelung der Atemfrequenz bis auf 30 ± 3 Atemzüge mit geringeren Atemzugvolumina zwischen 1500 bis 2000 ml.

Somit beträgt das maximale AMV untrainierter Frauen im Alter von 15 – 30 Jahren nur 60 ± 10 l BTPS, während Leistungssportlerinnen 100 ± 10 l BTPS maximal in der Erschöpfungsminute atmen können.

Damit übertreffen sie deutlich untrainierte Männer im Alter von 20 – 40 Jahren, die nur über ein maximales AMV von 80 ± 10 l BTPS verfügen (P.E. NOWACKI 1977, N.S. NOWACKI 1998, HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Der Anstieg des Atemminutenvolumens bei körperlicher Belastung ist nicht nur durch den erhöhten Sauerstoffbedarf des Organismus bedingt, sondern auch durch die Notwendigkeit der erhöhten Kohlensäureelimination als primäre Gegenwehr des Organismus bei der Bekämpfung der einsetzenden metabolischen Azidose (NOWACKI 1965, 1977, ELGOHARI 2003).

Die Mehrventilation wird durch die Nutzung von Inspirations-/Expirationsreservevolumina und die Steigerung der Atemfrequenz ermöglicht.

Der erhöhte Sauerstoffbedarf des Organismus in der Leistungsphase wird durch das gesteigerte Atemminutenvolumen, welches den ersten Schritt bei der Sauerstofftransportkette charakterisiert, ermöglicht.

Die Steigerung des Atemminutenvolumens und der Sauerstoffaufnahme ist zunächst eine lineare, proportionale Beziehung bis zum Erreichen der „Steady-state-Leistungsgrenze“.

Ist die Grenze des „steady-state“, limitiert durch die Transportkapazität des Blutes, bei weiter zunehmender Belastungsintensität erreicht, steigt das Atemminutenvolumen unproportional zur Sauerstoffaufnahme an.

Dies ist die Folge einer durch die wachsende Sauerstoffschuld (NOWACKI, HELBING 1966, ELGOHARI 2003) hervorgerufenen überschüssigen Arbeitshyperventilation (HOLLMANN 1959, MELLEROWICZ 1979, NÖCKER 1980).

Durch diesen exponentiellen Anstieg des Atemminutenvolumens versucht der Körper im Bereich der anaeroben Schwelle der durch die Sauerstoffschuld entstehenden Laktatazidose entgegenzuwirken (NICKEL 1992).

Der Punkt, an dem das Atemminutenvolumen gegenüber der Sauerstoffaufnahme unproportional ansteigt, wird „Punkt des optimalen Wirkungsgrades der Atmung“ genannt, weil an diesem Punkt der Sauerstoffausnutzungsgrad der ventilierten Luft am höchsten ist (HOLLMANN 1983).

Auch mit Hilfe des Atemäquivalents (AÄ) läßt sich die bessere Ökonomie der Atmung von trainierten Frauen im Vergleich zu untrainierten dokumentieren. Zusammenfassende Literatur findet sich bei NOWACKI 1979 (in: MELLEROWICZ 1979. Ergometrie. 3.Aufl.) und NICKEL 1992.

Das AÄ als dimensionslose Zahl gibt an, wieviel ml Luft ventiliert werden müssen, um 1 ml Sauerstoff aufzunehmen:

$$\text{Atemäquivalent (AÄ)} = \frac{\text{AMV ml BTPS}}{\text{O}_2\text{-Aufnahme ml STPD}}$$

In Ruhe beträgt das AÄ 28 ± 2 . Die Tiefe seines Abfalls zu Beginn einer ergometrischen oder sportlichen Leistung bis zu einem AÄ von 20 oder sogar 18 ist ebenfalls abhängig vom Trainingszustand des kardiorespiratorischen Systems. So konnten auch die Handballspielerinnen vom TV Gießen-Lützellinden relativ lange an einer ökonomischen

Atmung festhalten, ehe sie „gesetzmäßig“ mit dem Eintritt in den Erschöpfungspunkt wieder die Ausgangswerte des AÄ mit 28 – 30 erreichten (FALKENHAGEN u. Mitarb. 1992).

Das maximale Atemminutenvolumen wird am jeweiligen Erschöpfungspunkt erreicht.

Bei der Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 1W/kg KG-Methode atmeten die leistungsstärksten Handballspielerinnen 96 ± 19 l BTPS ein und bei der Laufbandspiroergometrie (0,5W/kg KG-Methode) wurden mit 119 ± 13 l BTPS 23 l, entsprechend 24 % mehr ventilert.

Die eingegangene Sauerstoffschuld kann in der Erholungsphase abgeatmet werden und bewirkt ein sehr langsames Absinken des Atemminutenvolumens hin zum Ausgangswert. So werden nach 5 Minuten Erholung noch ca. 3 mal soviel Luft (24 l vs. 8 l) als in Ruhe ventilert. Bis die Ruheventilation nach einer maximalen Leistung erreicht wird, können sogar mehrere Stunden verstreichen (HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Im folgenden gilt die Aufmerksamkeit bei der Betrachtung der Werte für die TVL-Bundesligamannschaft 1989-97 dem maximalen Atemminutenvolumen, da nach NOWACKI 1978 die spezielle pulmonale Leistungsfähigkeit eines Menschen bei steigender ergometrischer / spiroergometrischer Belastung bis hin zum individuellen Erschöpfungspunkt durch das maximale Atemminutenvolumen als Produkt aus Atemfrequenz und Atemzugvolumen charakterisiert wird.

Die Größe des maximalen Atemminutenvolumens ist von der Vitalkapazität und der Atemmuskulatur abhängig. Somit ist es durch Training erheblich zu steigern (HANSEN 1975, MELLEROWICZ 1979).

Parallel zur Herztätigkeit ist auch für das Verhalten des Atemminutenvolumens eine Ökonomisierung zu erreichen.

So wie sich das Herzzeitvolumen aus Herzfrequenz und Schlagvolumen zusammensetzt, setzt sich das Atemminutenvolumen wie oben beschrieben aus Atemfrequenz und Atemzugvolumen zusammen. Untrainierte reagieren in beiden Fällen auf Arbeit hauptsächlich mit einer Frequenzerhöhung, weil ihnen die entsprechenden Reserven fehlen.

Sportler können auf eine körperlich-physikalische und sportliche Belastung zusätzlich neben der Frequenzerhöhung mit einer Erhöhung des Herzschlagvolumens bzw. einer Steigerung des Atemzugvolumens reagieren.

NOWACKI 1977 berichtet, daß Sportler in der Lage sind, ihre Atemfrequenz bei Belastung sogar zu verdreifachen, sie von einer Ruhefrequenz von durchschnittlich 16 Zügen/min auf 48 – 54 Züge/min zu steigern. Untrainierte können ihre Atemfrequenz lediglich verdoppeln.

Bedenkt man nun, daß der Sportler das Atemzugvolumen noch zusätzlich steigert und ca. 40 – 50 % der Vitalkapazität einsetzen kann, so wird klar, daß das Atemminutenvolumen eines Untrainierten schnell begrenzt ist und sich von dem eines Sportlers deutlich unterscheidet.

Auch KÖNIG u. Mitarb. 1965, MELLEROWICZ 1979, NÖCKER 1980, HOLLMANN u. HETTINGER 2000 beschreiben diese Ökonomisierung der Atmung bei physikalischer Belastung und bezeichnen das Erreichen hoher maximaler Atemminutenvolumina als das Resultat intensiven Trainings.

Zur Beurteilung der respiratorischen Leistungsfähigkeit der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97 – ganz allgemein von unterschiedlich hoch trainierten Männern und Frauen – wird die Tabelle 9 herangezogen. Sie basiert auf den Untersuchungen von NOWACKI 1977 an Ruderern/-innen, N.S.NOWACKI 1997 an Skilangläuferinnen und von VATER 2003 an Alpinen Skiläufern.

Tabelle 9: Klassifizierung des maximalen Atemminutenvolumens (AMV | BTPS) von Männern und Frauen in Abhängigkeit vom Trainingszustand

Trainingszustand	Maximales Atemminutenvolumen AMV BTPS	
	Frauen	Männer
Untrainiert	50 - 70 l	70 - 80 l
Befriedigend trainiert	70 - 90 l	90 - 110 l
Gut trainiert	90 - 110 l	110 - 130 l
Sehr gut trainiert	110 - 130 l	130 - 150 l
Hochleistungszustand	> 130 l	> 150 l

Dabei gilt es zu berücksichtigen, daß HANSEN 1975 und BACHL 1986 feststellten, daß bei Frauen das maximale Atemminutenvolumen deutlich niedriger ist als bei Männern.

Vergleichende Studien zwischen Männern und Frauen liegen auch von ÅSTRAND 1952, NOWACKI 1983, HOLLMANN 1986, NOWACKI, N.S., 1997 vor. Diese bestätigen ein um ca. 30 % geringeres maximales Atemminutenvolumen für Frauen.

NOWACKI 1977 fand bei Hochleistungsrunderern maximale Atemminutenvolumina von über 200 l/min und auch über Werte um 250 l/min bei Laufbandbelastung wird berichtet (HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Maximale Atemminutenvolumina bei Athletinnen wurden in der Literatur von N.S. NOWACKI 1998 mit 124 l BTPS bei Skilangläuferinnen und von MEDAU, NOWACKI 1992 mit 120 ± 10 l BTPS bei Ruderinnen des Deutschen A-Kaders publiziert.

Die TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97 erreichte durchschnittlich ein maximales Atemminutenvolumen von 99 ± 17 l/min BTPS.

Bei den 5 leistungsstärksten Spielerinnen über den gesamten Untersuchungszeitraum verzeichneten wir ein maximales AMV von 123 ± 9 l BTPS (Abbildung 21, S. 61).

Bezieht man nun die Tabelle 9 mit dem um 30 % reduzierten maximalen Atemminutenvolumen von Frauen in die Klassifizierung mit ein, so ist die durchschnittliche respiratorische Leistung im gut trainierten / Übergang zum sehr gut trainierten Bereich anzusiedeln.

Hier hätte die Mannschaft des TVL noch leicht auszuschöpfende Reserven, wenn im allgemeinen Training Übungen zur Verbesserung der Atemtechnik, sowie ein über das ganze Jahr praktiziertes Ausdauertraining – mindestens 1x/Woche ein 10 km Lauf im ruhigen Steady state (Zeit ca. 50 – 60 Minuten) – zum Standard gehören würden.

Weiterhin muß aus sportmedizinischer Sicht beanstandet werden, daß auch ca. 30% der Handballspielerinnen des TV Gießen-Lützellinden regelmäßig Zigaretten rauchen. Der Trainer und betreuende Ärzte konnten sich hier als Nichtraucher bisher noch nicht beispielgebend durchsetzen!

HOLLMANN 1986 bezeichnet eine Ausbelastung von Sportlerinnen bis zu einem maximalen Atemminutenvolumen von über 100 l/min als respiratorische Leistungsfähigkeit von Spitzensportlern, was überwiegend auch schon von den besten Jugendspielerinnen des TVL erreicht wird.

Betrachtet man die 5 jeweils besten und schlechtesten erreichten Einzelwerte der Spielerinnen der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97, so ergibt sich folgendes Bild:

Der Durchschnitt der 5 schlechtesten Einzelwerte liegt mit 80 l/min immer noch deutlich über dem untrainierten Bereich für Frauen.

Er liegt exakt auf dem von NOWACKI 1977 ermittelten Niveau von untrainierten 20- bis 40-jährigen Männern.

Bezieht man wieder das um 30 % reduzierte maximale Atemminutenvolumen von Frauen in die obige Beurteilungstabelle mit ein, so ist das durchschnittliche maximale Atemminutenvolumen der 5 schlechtesten Einzelwerte als befriedigend trainiert zu bezeichnen.

Der Durchschnitt der 5 besten Einzelwerte unterstreicht die Ausnahmestellung der Spielerinnen der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97.

Mit 123 l/min sind diese Werte, wie schon diskutiert, als sehr gut trainiert einzustufen.

Nach HOLLMANN 1986 gehören diese respiratorischen Maximalwerte in den Bereich des absoluten Spitzensports von Frauen.

Die Betrachtung der maximalen Atemminutenvolumina zeigt nicht nur, welche hohen respiratorischen Kapazitäten die untersuchte Mannschaft zu erbringen im Stande ist, sondern es wird auch die oben beschriebene Ökonomisierung der Atmung deutlich.

Das maximale Atemminutenvolumen von durchschnittlich 99 l/min der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97 wurde bei einer Atemfrequenz von durchschnittlich 41 Atemzügen/min und einem Atemzugvolumen von 2500 ml erreicht.

Bei einer Vitalkapazität von 4394 ml entspricht dies einem Anteil des Atemzugvolumens von 56,9 % der Vitalkapazität der Athleten.

Das alles sind hervorragende Ergebnisse für die TVL-Frauenhandball-Bundesliga-Mannschaft 1989-97, die in diesen Jahren die Spitzenposition in Deutschland unangefochten einnahm und in Europa zu den drei führenden Top-Mannschaften gehörte. Diese sehr gut trainierten respiratorischen Funktionsparameter sind auch die besten Voraussetzungen für gut bis sehr gut trainierte kardiorespiratorische Leistungen und das Resultat eines intensiven Trainings nach den Methoden von Dr. Gerlach und seinem Trainer- und Betreuer-Team.

Durch die regelmäßigen leistungsmedizinischen Untersuchungen am Institut für Sportmedizin der JLU Gießen konnten darüberhinaus leistungsbegrenzende biologische Faktoren rechtzeitig diagnostiziert werden und im Training nach dem bewährten Prinzip des erfolgreichsten deutschen Rudertrainers Dr. h.c. Karl Adam: „Das schwächste Glied der leistungsbestimmenden Kette bevorzugt trainieren!“ korrigiert und verbessert werden. Der Nutzen eines guten kardiozirkulatorischen und respiratorischen Systems, im Zusammenspiel als kardiorespiratorisches System zu betrachten, ist in der heutigen Zeit gerade im Hinblick auf kardiovaskuläre Erkrankungen als Präventivfaktor unumstritten. In Anbetracht der von KELLER–KREUZER 1993, IGWERKS 1995 gefundenen höheren maximalen Atemminutenvolumina bei Sport/Leistungssport treibenden Kindern/Jugendlichen im Vergleich zu nicht Sport treibenden Kindern/Jugendlichen, ist von einer Trainierbarkeit des pulmonalen Systems bereits im Kindesalter auszugehen.

Bei den oben beschriebenen Resultaten und den sich daraus ergebenden gesundheitlichen Vorteilen für die einzelnen Spielerinnen ist also die Aufnahme eines gezielten Trainings bereits im Kindesalter stärkstens zu empfehlen.

Dabei sind dann die großen Erfolge einer Frauenhandballspitzenmannschaft, wie sie der TV Gießen-Lützellinden für die mittelhessische Region beispielhaft verkörpert, für sehr viele Mädchen Anreiz und Motivation, sich neben der Freude am Spiel und den hierdurch fördernden sozialen Kontakten, gleichzeitig auch einen präventivmedizinischen Nutzen im Training und Wettkampf zu erarbeiten.

4.4 Kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit

Die kardio-respiratorischen Parameter maximale absolute Sauerstoffaufnahme, maximale relative Sauerstoffaufnahme und der maximale Sauerstoffpuls erlauben eine verlässliche Beurteilung und anschließende Einteilung in ein trainiertes und untrainiertes Herzkreislaufsystem einer Athletin, einer Frau oder eines heranwachsenden Mädchens, sowie in die verschiedenen Kategorien des Trainingszustandes des weiblichen Organismus (ISRAEL 1968, MELLEROWICZ 1979, REINDELL u. Mitarb. 1988, MEDAU, NOWACKI 1992, HOLLMANN 1992).

Maximale absolute Sauerstoffaufnahme

Die maximale Sauerstoffaufnahme ist ein zuverlässiges "Bruttokriterium" zur Beurteilung der kardio-pulmonalen / kardio-respiratorischen Leistungsfähigkeit (HOLLMANN 1963, HOLLMANN 1975, 1986; HOLLMANN, HETTINGER 2000).

HOLLMANN 1986 betont die starke Abhängigkeit der allgemeinen Leistungsfähigkeit des Organismus von der maximalen Sauerstoffaufnahme, denn eine gute Sauerstoffversorgung des Körpers wirke einer körperlichen Ermüdung entgegen.

Der Definition der $\dot{V}O_2$ max als Parameter der „Aeroben Kapazität“ oder ihre Interpretation als Sauerstoff-Dauer-Leistungs-Grenze durch HOLLMANN 1965 und seine Schüler, z.B. ROST 1981, soll aber hier schon widersprochen werden.

Die Zunahme der Vitalkapazität, die Steigerung des Atemminutenvolumens, die Ökonomisierung der Atmung, die Zunahme der Sauerstoffausnutzung der Atemluft, die Leistungsfähigkeit des Herzens bzw. ein großes Herzzeitvolumen, die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz und die Kapillarisation der zu versorgenden Muskulatur sind die Faktoren, die es im Zusammenspiel möglich machen, eine erhöhte Sauerstoffversorgung des Körpers bei starker physikalischer Arbeit zu gewährleisten (ISRAEL 1968, NOWACKI 1975, ASTRAND 1977, MELLEROWICZ, MELLER 1984).

Daneben sind die Faktoren Geschlecht, Alter, Ernährungszustand, Art der Belastung, Adaptation an körperliches Training, physikalische Umgebung und die Größe des prozentualen Muskeleinsatzes als weitere Einflussgrößen auf die Höhe der maximalen Sauerstoffaufnahme des Körpers zu betrachten (NOWACKI 1978, 1983; HOLLMANN 1983, 1986).

Die maximale Sauerstoffaufnahme wird bei ergometrischer Belastung meist erst in der Erschöpfungsminute erreicht. Sie kann also nur durch die maximale Ausschöpfung der aeroben und anaeroben Energiereserven erreicht werden.

Somit stellt die $\dot{V}O_{2 \max}$ nach NOWACKI 1977, 1987 den integralen Grenzwert der maximalen aeroben *u n d* maximalen anaeroben Kapazität eines Sportlers / einer Sportlerin dar.

Voraussetzung zum Erreichen der maximalen Sauerstoffaufnahme ist die Beanspruchung grosser Muskelgruppen für mindestens 5 Minuten.

Die maximale absolute Sauerstoffaufnahme wird erreicht, wenn trotz weiter steigender Belastung und damit verbundenem weiter steigendem Sauerstoffbedarf keine weitere Zunahme der Sauerstoffaufnahme erfolgt (HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Registriert man sogar während der Spiroergometrie im Erschöpfungsbereich, z.B. in den letzten 30 Sekunden, was mit den modernen Methoden möglich ist, einen Abfall der O_2 – Aufnahme, dann ist dies als ein „Überschreiten“ des Vita maxima – Bereichs zu beurteilen. Die Amerikaner definieren dies als „Levelling off“ (SCHÖLL 1996).

Bei seinen Untersuchungen über das Verhalten des maximalen Sauerstoffpulses bei 905 Sportlern und 286 Sportlerinnen in Abhängigkeit von der Sportart und dem Trainingszustand fand SCHÖLL 1996 bei erschöpfenden Spiroergometrien den maximalen Sauerstoffpuls in der vorvorletzten Belastungsminute in 2,5 % (7 Fälle), in der vorletzten Belastungsminute in 16,4 % (47 Fälle), in der letzten Belastungsminute in 67,1 % (192 Fälle) und in der 1. Erholungsminute in 14,0 % (40 Fälle).

Diese Ergebnisse kann man weitgehend auch auf das Verhalten der maximalen sauerstoffaufnahme übertragen, wenngleich durch den Quotienten sauerstoffpuls es natürlich infolge der unterschiedlichen Herzfrequenzwerte in diesen Minuten noch geringe prozentuale Verschiebungen geben kann.

Mit den Gießener körperrgewichtbezogenen Belastungsmethoden wird ein Levelling off dagegen nur in etwa 5 % beobachtet.

Eine erhebliche Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme durch körperliches Training / körperliche Aktivität und damit die Trainierbarkeit des kardiorespiratorischen Systems wurde sowohl bei erwachsenen Männern und Frauen (HOLLMANN 1965, DITTER, NOWACKI 1976, NOWACKI 1977) als auch bei Kindern (HOLLMANN u. Mitarb. 1967, ERIKSSON 1972, OELSCHLEGEL, WITTEKOPF 1976, RIECKERT u. Mitarb. 1976, BASTIAN, KUNZE, SATTLER 1978, LÜBS, HARTMANN 1980, SOMMER u. Mitarb. 1980, ROST 1981, KEUL u. Mitarb. 1982, GRANDMONTAGNE 1983, ASTRAND, RODAHL 1986, ROTSTEIN u. Mitarb. 1986, NOWACKI 1987, BAR-OR 1989) in der Literatur bereits oftmals nachgewiesen.

Darüber hinaus konnte ebenfalls eine Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme in Abhängigkeit von der Sportart festgestellt werden (MÄURER 1977, NOWACKI 1977, N.S. NOWACKI 1998, HOLLMANN, HETTINGER 2000, HENNE 2002, ELGOHARI 2003, VATER 2003).

Jedoch die höchsten Steigerungen und damit verbunden extrem hohe Werte der $\dot{V}O_2$ max von über 6 – 7 l STPD für Männer und 4 – 5 l STPD für Frauen bleiben den Hochleistungssportlern/-innen in den Kraft-Ausdauersportarten (z.B. Rudern, Kanu) und Ausdauer-Kraftsportarten (z.B. Skilanglauf, Straßenradrennsport, Triathlon) vorbehalten (ISRAEL 1968, KRAUSE 1971, NOWACKI 1977, ASTRAND, RODAHL 1986, NOWACKI, MEDAU 1992, HOLLMANN, HETTINGER 2000).

MELLEROWICZ 1962, HOLLMANN 1963, NOWACKI 1977, ZIMMER 1982 und HOLLMANN, HETTINGER 2000 geben für einen gesunden, untrainierten Mann zwischen 20 und 40 Jahren ohne freizeitsportliche Aktivität eine maximale Sauerstoffaufnahme von durchschnittlich 2,5 bis 3,0 l STPD an.

So ist dann auch bei einer maximalen Sauerstoffaufnahme von 3000 ml der Grenzbereich zum Übergang in den als trainiert zu bezeichnenden Bereich für Männer definiert (NOWACKI 1983).

NOWACKI, N.S. 1998 konnte bei seinen Untersuchungen über die Entwicklung des sportmedizinischen Leistungsprofils im Skilanglauf in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht deutlich höhere Werte für die männlichen Probanden finden.

Weibliche, nicht Sport treibende Erwachsene erreichen eine durchschnittliche maximale Sauerstoffaufnahme von 1,5 – 2,0 l STPD. Sportlerinnen verschiedener Sportarten kommen auf Werte über 2000 – 3000 ml, abhängig von der jeweiligen Sportart.

Werte darüber werden auch im weiblichen Leistungssport nur von Spitzensportlerinnen aus den Kraft-Ausdauersportarten erreicht (NOWACKI 1983).

So registrierte NOWACKI 1977 bei einzelnen Ruderinnen der Nationalmannschaft O₂-Aufnahmen zwischen 4 bis 5 l STPD.

HENNE 2002 fand bei 11 Triathletinnen der hessischen Spitzenklasse bei der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der 1 W / kg KG – Methode einen durchschnittlichen Maximalwert für die absolute Sauerstoffaufnahme von 3351 ± 385 ml/min STPD. Die leistungsstärkste Athletin erreichte nach 2 Minuten 5 W / kg KG eine $\dot{V}O_2$ max von 4058 ml/min.

Die TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97 erreichte eine durchschnittliche maximale Sauerstoffaufnahme von 2971 ml. Dies entspricht ziemlich genau dem bereits von NOWACKI, MEDAU 1992 für die Handballspielerinnen des TV Gießen - Lützellinden ermittelten Wert von 3,0 Litern maximale Sauerstoffaufnahme und ist nach den oben genannten Kriterien als sehr gut trainiert zu bezeichnen.

Die Bundesliga-Handballspielerinnen befinden sich mit diesen 2971 ml nur knapp unterhalb des Bereiches, der sonst nur den Spitzensportlerinnen der Kraft-Ausdauersportarten vorbehalten bleibt.

Die national erfolgreichsten Skilangläuferinnen erreichten im Alter von 20 Jahren bei der Fahrradspiroergometrie eine maximale O₂-Aufnahme von 3,4 ± 0,5 l STPD und bei der erschöpfenden Laufbandspiroergometrie, die ebenfalls nach der 1 W / kg KG – Methode nach NOWACKI 1981 erschöpfend gestaltet wurde, mit 3,8 ± 0,6 l STPD eine um 11,5% höhere $\dot{V}O_2$ max.

Auf die grundlegenden Unterschiede zwischen der Fahrrad- vs Laufbandspiroergometrie werde ich bei der Diskussion in dem Kapitel 4.5 näher eingehen.

Der Mittelwert der 5 schlechtesten Einzelergebnisse der Handballspielerinnen liegt mit 2742 ml $\dot{V}O_2$ max immer noch im oberen Teil des als befriedigend bis gut trainiert zu beurteilenden Bereiches.

Die 5 besten Einzelergebnisse nehmen mit einer durchschnittlichen $\dot{V}O_2$ max von 3264 ml eine Ausnahmestellung ein.

Mit Einzelwerten bis zu 3440 ml werden hier Ergebnisse der absoluten Spitzenklasse erzielt und es wird untermauert, zu welchen kardiorespiratorischen Leistungen eine hervorragend trainierte Frauen – Handball Bundesligamannschaft fähig ist.

Insgesamt ist dies durchaus ein eindrucksvolles Ergebnis für die TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97. Es zeigt sich erneut gerade im Hinblick auf die bereits oben beschriebene Wichtigkeit des Parameters VO_2 max für die allgemeine Leistungsfähigkeit des Organismus, daß eine hervorragende körperliche Verfassung – neben den anderen sportart-spezifischen Faktoren wie beispielsweise individuelles Talent und Spielübersicht – Grundvoraussetzung für nationalen und internationalen Erfolg im Frauenhandball ist.

Relative Sauerstoffaufnahme

Für die Betrachtung der relativen Sauerstoffaufnahme sei an dieser Stelle nochmals auf die graphische Darstellung der Verlaufskurven des Atemminutenvolumens und der relativen Sauerstoffaufnahme der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97 (Abbildung 22, Seite 63) im Ergebnisteil hingewiesen.

Besonders eindrucksvoll ist der proportionale, parallele Verlauf der beiden Kurven bis zum Punkt des optimalen Wirkungsgrades der Atmung (HOLLMANN u. Mitarb. 1983, NICKEL 1992). Die Spielerinnen erreichen ihn nach 4 Minuten ergometrischer Belastung.

Die Kurve der Sauerstoffaufnahme verläuft auch nach Erreichen dieses Punktes linear steigend weiter bis zum bereits beschriebenen "levelling-off". Trotz weiter bestehender körperlicher Belastung erfolgt hier keine Steigerung der Sauerstoffaufnahme mehr.

Die entstandene Sauerstoffschuld bewirkt nun in der Erholungsphase das verlangsamte Absinken der Sauerstoffaufnahme - analog zum Atemminutenvolumen - in Richtung des Ausgangswertes.

HILL 1925 versteht unter dem Begriff Sauerstoffschuld die Differenz zwischen Bedarf und Angebot an Sauerstoff, die während andauernder physikalischer Arbeit entsteht und in der Erholungsphase abgebaut wird.

Standardisierungsvorschläge zur Messung und Berechnung der maximalen Sauerstoffschuld, die ebenfalls ein wichtiges Leistungskriterium ist, haben HELBING, NOWACKI 1966 auf dem 16. Weltkongreß für Sportmedizin in Hannover vorgestellt. Diese wurden international akzeptiert. Da für die vorliegende Dissertation die Parameter der Gesamt-, 10 Minuten- und 5 Minuten O₂-Schuld nicht dargestellt werden, wird auf die grundlegende Arbeit zur Sauerstoffschuld von FANDREY 1977 als Maß zur Einschätzung der anaeroben Kapazität nach Untersuchungen am Lehrstuhl für Sportmedizin der JLU verwiesen.

Aktuell hat sich auch ELGOHARI 2003 mit dem Problem der maximalen Sauerstoffschuld bei Männern in Abhängigkeit von der Sportart, dem Trainingszustand und unterschiedlichen Belastungsmethoden auseinandergesetzt.

Nach NOWACKI 1978 kommt der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme des Körpers besondere Bedeutung bei der Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit von Sportlern / Sportlerinnen unterschiedlichen Körpergewichtes zu.

Auch für Entwicklungsstudien ist diese Größe wichtig, da durch die Berücksichtigung des Körpergewichtes bei der maximalen Sauerstoffaufnahme die so als Quotient berechnete relative Sauerstoffaufnahme des Organismus in $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ STPD eines Heranwachsenden der des Erwachsenen bei gleichen relativen Leistungen entspricht (MOCELLIN, KLIMT, KEUL, JAM, HUBER 1979, HOLLMANN 1986).

NOWACKI 1983 stellt eine um ca. 20 % geringere maximale relative Sauerstoffaufnahme bei Frauen gegenüber Männern fest.

In den USA sieht man in der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme eine sehr bedeutende biologische Talentgröße (McARDLE, F. KATCH, V. KATCH 1996).

Dies konnte N.S. NOWACKI 1998 durch seine Studie über die Entwicklung des sportmedizinischen Leistungsprofils beim Skilanglauf in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht bestätigen.

Auch MOHAMMED 1999 definierte bei seiner Fussballentwicklungsstudie von der F-Jugend (6,0 – 7,9 Jahre) bis zu den Senioren (> 20 Jahre) bei 1052 männlichen Spielern die maximale relative O_2 -Aufnahme als die bedeutsamste Größe für die konditionellen Voraussetzungen dieser Ballspielsportart.

Auch eine entsprechend angelegte Studie der Gießener Universitätssportmedizin bei Handballspielerinnen im Alter von 10 – 18 Jahren im Vergleich zu untrainierten Mädchen und anderen Sportarten weist in diese Richtung (IGWERKS 1995).

Die Beurteilungskriterien für die **maximale relative Sauerstoffaufnahme** entsprechen in Übereinstimmung mit P.E. NOWACKI 1987 und N.S. NOWACKI 1998 den von mir zu bestätigenden Kriterien des Trainingszustandes für die jugendlichen und erwachsenen Handballspielerinnen des TV Gießen-Lützellinden (Tabelle 10).

Tabelle 10: Beurteilungskriterien für die Maximale relative Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_2 \text{ max ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$) von Männern und Frauen als Kriterium der integralen aeroben und anaeroben Kapazität (P.E. NOWACKI 1987, N.S. NOWACKI 1998)

Männer	$\dot{V}O_2 \text{ max ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ STPD	Frauen
Weltklasse	81 - 92	"noch nicht erreicht"
Übergang \updownarrow	76 - 80	Weltklasse (+)
Hochtrainiert	71 - 75	Weltklasse (-)
Sehr gut trainiert (+)	66 - 70	\updownarrow Übergang
Sehr gut trainiert (-)	61 - 65	Hochtrainiert
Gut trainiert (+)	56 - 60	\updownarrow Übergang
Gut trainiert (-)	51 - 55	Sehr gut trainiert
Befriedigend trainiert (+)	46 - 50	Gut trainiert
Befriedigend trainiert (-)	41 - 45	Befriedigend trainiert
Untrainiert (+)	36 - 40	\updownarrow Übergang
Untrainiert (-)	31 - 35	Untrainiert (+)
Leistungsschwach (+)	26 - 30	Untrainiert (-)
Leistungsschwach (-)	21 - 25	Leistungsschwach
Pathologisch	11 - 20	Pathologisch

Die Resultate der TVL Bundesliga-Mannschaft 1989-97 können das hervorragende Ergebnis der zuvor beschriebenen Parameter in diesem Falle nicht bestätigen.

Mit 41,4 ml/kg KG liegt der Durchschnitt der Mannschaft im unteren befriedigend trainierten Bereich.

Die 5 schlechtesten Einzelwerte liegen mit durchschnittlich 36,0 ml/kg KG im Übergangsbereich zum befriedigend trainierten Zustand.

Auch das höhere Körpergewicht ($n=31$; $24,3 \pm 3,9$ Jahre; $175,0 \pm 5,5$ cm; $71,1 \pm 6,9$ kg) der Handballspielerinnen, welches sie mit ihrer Größe vor allem in der Abwehrarbeit

einsetzen müssen, dürfte hier entscheidend sein für die etwas ungünstigeren Werte der $\dot{V}O_2 \text{ max} / \text{kg}$.

Der Durchschnitt der 5 besten Einzelergebnisse liegt mit einer maximalen O_2 -Aufnahme von 47,2 ml/kg Körpergewicht im gut trainierten Bereich. Dabei wurden mit Einzelwerten bis 49,9 ml * min⁻¹ * kg⁻¹ STPD Resultate erzielt, die in Richtung Übergang zum sehr gut trainierten Bereich zu bewerten sind.

Sportartspezifisch können bei der maximalen Laufarbeit im Punktspiel – mehrere Tempogegenstöße mit schnellstem Zurücklaufen für die Abwehrarbeit – dagegen um 10 % höhere maximale relative O_2 -Aufnahmen erreicht werden, sodaß ca. 55 ml O_2 /kg für den Frauenspitzenhandball charakteristisch sind. Dies würde z.Zt. dem Bereich der meisten Bundesliga-Fußballspieler entsprechen (MOHAMMED 1999). Durch besonders intensive Trainings- und Wettkampfphasen konnten die Trainer des TVL auch höhere O_2 -Aufnahmen realisieren. So konnten Spielerinnen bei der erschöpfenden Laufbandspiroergometrie im Sportmedizinischen Institut der JLU eine durchschnittliche $\dot{V}O_2 \text{ max} / \text{kg}$ von 55,8 – 60 ml STPD aufnehmen.

Bei Betrachtung dieser Ergebnisse gilt es jedoch, 3 Punkte zu bedenken:

Eine Tendenz zur Abnahme der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme von der Pubertät bis zum Erwachsenenalter bei Mädchen wurde in der Literatur bereits öfter beschrieben (MACEK 1971, LANGE-ANDERSEN, GHESQUIERE 1972, NAGLE u. Mitarb. 1977, BOUCHARD, THIBAUT 1986, SUNNEGÅRDH, BRATTEBY 1987, IGWERKS 1995).

Als Begründung für diese Abnahme der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme mit zunehmendem Alter wird u.a. angenommen, daß die Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme nicht mit der bei Frauen in diesem Alter durch körperliche Reifung entstehenden Gewichtszunahme schritthalten kann (LANGE-ANDERSEN, GHESQUIERE 1972, BOUCHARD, THIBAUT 1986, SUNNEGÅRDH, BRATTEBY 1987, IGWERKS 1995).

Auf die Notwendigkeit eines höheren Körpergewichts bei den Handballspielerinnen für die Abwehrarbeit hatte ich schon hingewiesen. Gleiche anthropometrische Voraussetzungen sind aber auch für das Durchsetzungsvermögen am Kreis erforderlich.

Die erreichten hohen Werte, u.a. Grundlage für die oben angeführten Beurteilungskriterien, waren bei reinen Ausdauersportarten erzielt worden. So konnten z.B. Werte von weit über 80 ml/kg Körpergewicht bei Weltklasse-Skilangläufern (SALTIN, ASTRAND 1967, CAI, NOWACKI, SCHÜLKE 1987) festgestellt werden.

NOWACKI, ADAM, KRAUSE, RITTER 1971 fanden sogar, ebenfalls bei dem damals besten deutschen Skilangläufer W.D., Werte von über 90 ml/kg Körpergewicht.

Ähnlich beeindruckende Werte wurden mit jeweils über 80 ml/kg Körpergewicht auch bei Läufern gefunden (SALTIN, ASTRAND 1967).

NOWACKI, ALEFELD 1985 registrierten in Lissabon 1982 (Außeneinsatz des Sportmedizinischen Teams der JLU Gießen zur Inbetriebnahme des ersten Sportmedizinischen Institut Portugals) mit der erschöpfenden Laufbandspiroergometrie bei der portugiesischen Langlauf-Nationalmannschaft (n=9) eine maximale relative Sauerstoffaufnahme von $83,8 \pm 2,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ STPD. Den höchsten Wert erreichte der Mittelstreckenläufer A.L. (22 Jahre; 67,2 kg; 175 cm; Bronzemedaille 5000m bei den Olympischen Spielen 1984 in Los Angeles) mit $88,1 \text{ ml} \cdot \dot{V}\text{O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ STPD.

Ebenso wurde dort der höchste Wert für die maximale relative Sauerstoffaufnahme der portugiesischen Athletin R.M. mit $78,3 \text{ ml} \cdot \dot{V}\text{O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ STPD registriert. Sie wurde später Olympiasiegerin beim Marathonlauf 1988 in Seoul.

Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung des Parameters relative maximale Sauerstoffaufnahme als Kriterium zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit eines Menschen (NOWACKI 1978).

Beim Handballspielen kommt es zwar, wie bereits beschrieben, auch auf eine hervorragende körperliche Leistungsfähigkeit an, doch ist neben der Ausdauer auch die Kraft gefragt, z.B. für eine gute Schusskraft, sowie die Durchsetzungsfähigkeit im Zweikampf. Kraft bedingt einen breiten, muskulösen Körperbau mit daraus resultierendem höherem Gewicht. Ausdauersportler sind von eher schwächlicher Statur mit weniger Muskelmasse und entsprechend weniger Gewicht.

Die Resultate der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97 entstammen den Untersuchungen nach der 1Watt / kg Körpergewichts-Methode auf dem Fahrradergometer.

Dies ist das Verfahren mit den deutlich niedrigsten Resultaten für die relative maximale Sauerstoffaufnahme im Vergleich mit den anderen Belastungsmethoden 0,5 Watt/ kg Körpergewicht Fahrradergometrie und 0,5 Watt/kg Laufbandergometrie.

Ein Ausdauertrainingszustand bei Handballspielerinnen mit mehr als $60 \text{ ml } \dot{V}O_2 \text{ max / kg}$ ist aber nicht nur nicht erforderlich, sondern auch nicht wünschenswert, da ein solches Training die Schußkraft wahrscheinlich herabsetzen würde. Aus sportmedizinischer Sicht wäre eine solche Trainingsgestaltung bei einer Frauenhandball Spitzenmannschaft sehr interessant, würde aber nur unter professionellen Bedingungen mit 4 Stunden Training / Tag möglich sein.

Mit den Stammspielern seiner erfolgreichsten Mannschaften 1989-1993 (Deutscher Meister 1988, 1989, 1990, 1992; DHB-Pokalsieger 1989, 1990, 1992; Europapokalsieger der Landesmeister 1991; Europapokalsieger der Pokalsieger 1993) kam der Trainer der Frauenhandball-Bundesliga-Mannschaft des TV Gießen-Lützellinden, der Orthopäde und Sportmediziner Dr. med. Hans-Jürgen Gerlach, in Zusammenarbeit mit dem Internisten und sportmedizinischen Leistungsdiagnostiker, Mannschaftsarzt Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki, dem möglichen Idealwert von durchschnittlich $60 \text{ ml } \dot{V}O_2 \text{ max / kg} \cdot \text{min}$ sehr nah.

Die Abbildung 42 zeigt, daß die 8 Stammspielerinnen, die in diesen Jahren professionell und wirtschaftlich abgesichert trainieren konnten, bei der erschöpfenden Laufbandspiroergometrie nach der $0,5 \text{ W / kg KG}$ – Methode – konstante Geschwindigkeit von 9 km/h , Beginn bei 2% Steigung = $0,5 \text{ W / kg KG}$, Steigerung alle 2 Minuten um 2% , bis 14% Steigung = $3,5 \text{ W / kg KG}$ – eine maximale relative Sauerstoffaufnahme von $57,9 \pm 2,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ STPD erreichten.

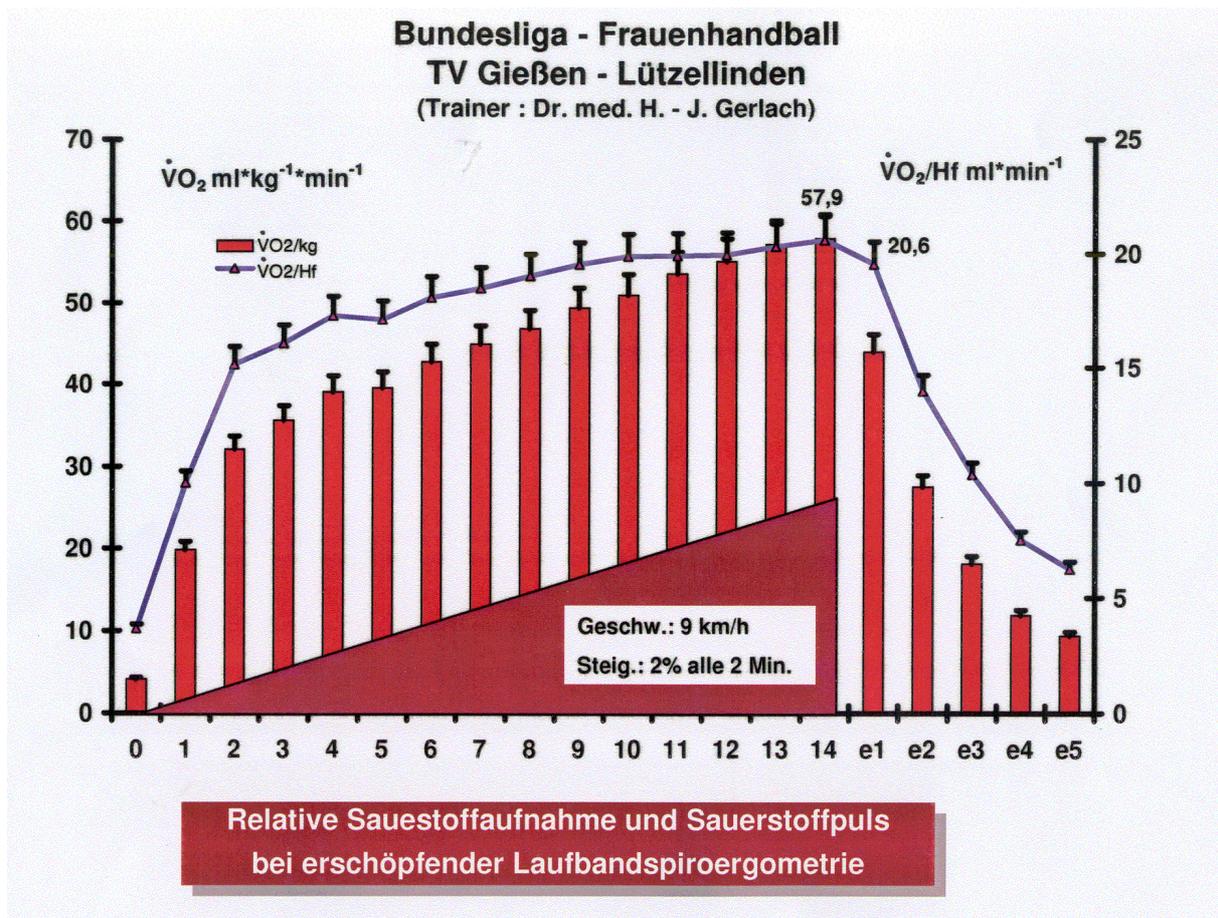


Abbildung 42: Verhalten der relativen Sauerstoffaufnahme und des Sauerstoffpulses bei der erschöpfenden Laufbandspiroergometrie (0,5 W / kg KG – Methode) von Frauenhandball-Bundesligaspielerinnen (n=8) des TV Gießen-Lützellinden aus den Erfolgsjahren 1989-1993 (noch unveröffentlichte Ergebnisse von P.E. NOWACKI und M. PETALIDOU – Diss. Dr. phil. in Vorbereitung)

Sauerstoffpuls

Der Begriff Sauerstoffpuls findet zum ersten Mal Erwähnung in der medizinischen Literatur durch HENDERSON, PRINCE 1914.

Der Sauerstoffpuls ist definiert als diejenige Menge Sauerstoff, die während einer gesamten Herzaktion (Systole + Diastole) aufgenommen wird.

Der Sauerstoffpuls ist damit ein bedeutendes Kriterium zur Beurteilung der kardio-zirkulatorischen und kardiorespiratorischen Leistungsreserven (DRANSFELD 19965, NOWACKI 1977, HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Seine Höhe ist massgeblich abhängig vom Herzschlagvolumen, der arterio-venösen Sauerstoffdifferenz - und damit dem Grad der peripheren Sauerstoffausschöpfung - und dem Gesamt-Hämoglobingehalt des Blutes (ASTRAND 1952, MUSHOFF u. Mitarb. 1959, REINDELL u. Mitarb. 1967, NÖCKER 1980).

Dagegen hat der Quotient aus der Herzgröße und dem maximalen Sauerstoffpuls, der **Herzvolumenleistungsquotient HVLQ**, viel von der ihm zweifellos zukommenden Bedeutung verloren (KÖNIG u. Mitarb. 1961, MUSHOFF u. Mitarb. 1961, ROSKAMM u. Mitarb. 1961, KEUL u. Mitarb. 1962, NOWACKI, UTHGENANNT 1976).

Die dazu erforderliche Bestimmung des Herzvolumens (HV ml) mit der klassischen röntgenologischen Methode und Berechnung nach REINDELL, KLEPZIG, MUSSHOF 1960 wird in den letzten Jahren kaum noch praktiziert.

Über die Bedeutung der kombinierten Beurteilung des maximalen Sauerstoffpulses und des Herzvolumens für die Beurteilung des Sportherzens haben zuletzt MEDAU, NOWACKI, AVENHAUS 1988 hingewiesen.

Leider konnten bei den von uns untersuchten Handballspielerinnen keine röntgenologischen Herzvolumenbestimmungen durchgeführt werden, da man den früher von der Sportmedizin mitbenutzten Meßplatz im Zentrum für Innere Medizin der JLU Ende der 80er Jahre abgebaut hat (Röntgen-Deckenröhre mit Abstand von 2 m zum Röntgen-Film bei der Aufnahme in Bauchlage).

Nur in Einzelfällen wurden aus diagnostischen Gründen Größenparameter des Herzens mittels der Echokardiographie bestimmt.

Für den Kliniker war es immer schon wichtig, zwischen einem pathologisch vergrößerten und einem leistungsfähig großen Herzen zu unterscheiden. Der Parameter maximaler Sauerstoffpuls bietet diese Möglichkeit, da er durch die oben beschriebene Abhängigkeit vom Herzschlagvolumen die Leistungsfähigkeit und den Grad der Ökonomisierung des

Herzens aufzeigt (HOLLMANN 1965, ISRAEL 1968, REINDELL, ROSKAMM 1977, NÖCKER 1980).

Somit sind hier nur Betrachtungen über das Verhalten des Sauerstoffpulses von Spitzenhandballspielerinnen möglich.

Das Verhalten des Sauerstoffpulses bei erschöpfender Belastung lässt eine Aussage darüber zu, ob die Steigerung der Sauerstoffaufnahme größtenteils über eine unökonomische Steigerung der Herzfrequenz oder hauptsächlich durch die ökonomische Erhöhung des Schlagvolumens erfolgt (REINDELL u. Mitarb. 1957, NÖCKER, BÖHLAU 1958, REINDELL, KLEPZIG, MUSHOFF 1960, REINDELL, ROSKAMM 1977).

REINDELL, KÖNIG, ROSKAMM 1967 stellten die bei gesunden männlichen und weiblichen Normalpersonen gefundenen Werte für den maximalen Sauerstoffpuls zusammen.

Tabelle 11: Mittelwerte des maximalen Sauerstoffpulses von männlichen und weiblichen Probanden unterschiedlicher Altersgruppen nach REINDELL u. Mitarb. 1967.

Alter in Jahren	O ₂ /Hf in ml (m)	n (m)	O ₂ /Hf in ml (w)	n (w)
10 - 11	7,2	38	6,0	50
12 - 13	9,0	40	7,6	50
14 - 15	10,8	40	8,9	50
16 - 17	13,5	45	9,4	46
18 - 19	16,1	51	9,4	50
20 - 29	14,7	45	10,2	43
Sportler v. A.	19,7	89	11,4	35

Die umfassendste aktuelle Studie über den Sauerstoffpuls als sportmedizinische Leistungsgröße in Abhängigkeit vom Alter, Geschlecht, der Sportart und dem Trainingsumfang, hat der russische Sportmediziner SCHÖLL 1996, der aus Perm/Ural an das Sportmedizinische Institut in Gießen kam, vorgelegt.

Die Abbildung 43 zeigt das Verhalten des maximalen Sauerstoffpulses in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht von 905 Probanden und 286 Probandinnen, die am Lehrstuhl für Sportmedizin – teilweise auch durch den Doktoranden SCHÖLL, sonst basierend auf Auswertungen – untersucht wurden.

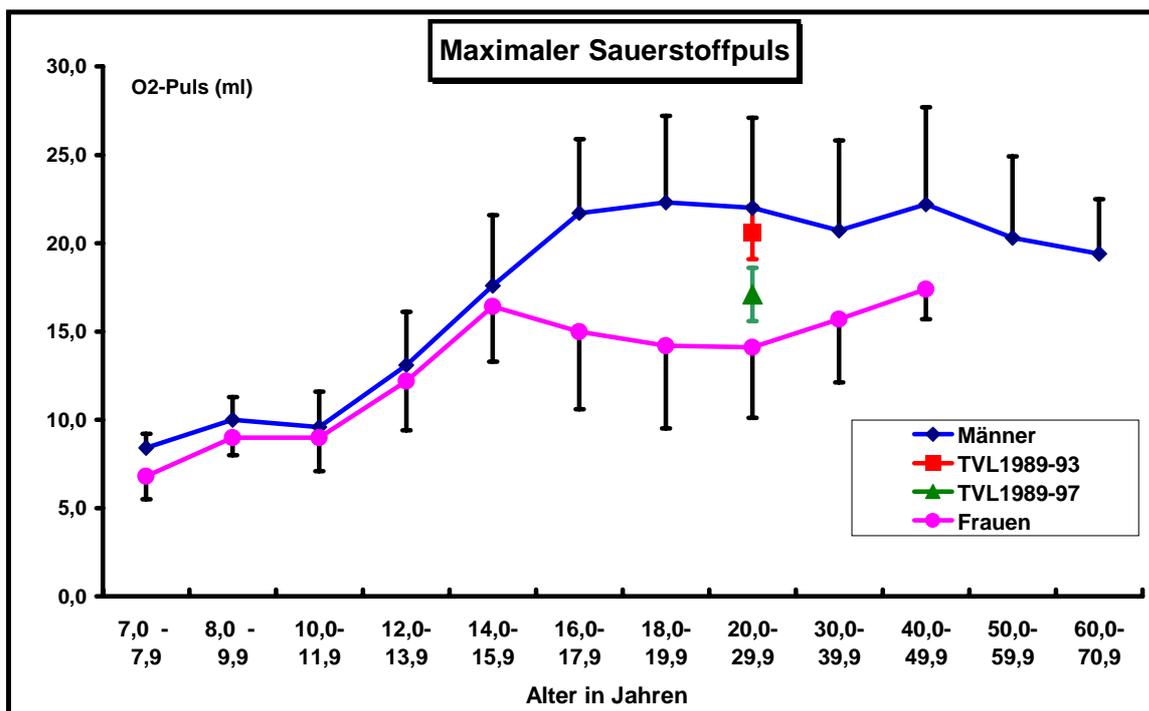


Abbildung 43: Der maximale Sauerstoffpuls in Abhängigkeit vom Geschlecht und Alter bei insgesamt 1191 Probanden (905 m, 286 w) nach Auswertungen/Untersuchungen von SCHÖLL 1996 auf der Grundlage erschöpfender Spiroergometrien mit 13 standardisierten Belastungsverfahren. Zusätzlich eingetragen wurden die Ergebnisse der Handballspielerinnen des TV Gießen-Lützellinden, TVL 1989-1997 (Fahrradspiroergometrie, n=19, O₂/Hf : 17,1 ± 1,5 ml), TVL 1989-1993 (Laufbandspiroergometrie, n=8, O₂/Hf : 20,6 ± 0,9 ml) nach PETALIDOU, NOWACKI, unveröffentlichte Untersuchung

Typische geschlechtsbedingte Unterschiede beim maximalen Sauerstoffpuls treten ab dem 15. Lebensjahr auf. Dies konnte SCHÖLL 1996 in seiner Studie über den Altersgang des maximalen Sauerstoffpulses (Abbildung 43) eindrucksvoll bestätigen.

Die TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97 erreichte einen maximalen Sauerstoffpuls von 17,1 ml O₂/Hf und liegt damit deutlich über den von REINDELL u. Mitarb. 1967 ermittelten Werten für weibliche Sportler verschiedenen Alters.

Auch die 5 schlechtesten Einzelwerte heben sich mit durchschnittlich 15,5 ml O₂/Hf von diesen Ergebnissen ab.

Der Durchschnitt der 5 besten Einzelwerte von 19,2 ml O₂/Hf mit Einzelergebnissen bis 19,8 ml O₂/Hf reicht an die von NOWACKI, N.S. 1997 ermittelten Resultate von weiblichen Skilangläuferinnen (20,2 ml O₂/Hf) heran.

Dies ist um so beachtlicher, als die Sportart Skilanglauf als überwiegende Ausdauersportart zu betrachten ist und hier für diesen Parameter bereits sehr hohe Werte in der Literatur beschrieben wurden.

Bei den noch nicht veröffentlichten Untersuchungen von NOWACKI, PETALIDOU (Diss. zum Dr. phil. in Vorbereitung), die sich mit der national und international erfolgreichsten Zeit des Frauenhandball-Spitzensports in Gießen von 1989-1993 auseinandersetzen, konnten 8 Spielerinnen bei der erschöpfenden Laufbandspiroergometrie einen maximalen Sauerstoffpuls von $20,8 \pm 0,9$ ml STPD erreichen (Abbildung 42).

Die Untersuchungen von SCHÖLL 1996 bestätigen, daß die kardiale Leistungsfähigkeit der intensiv trainierenden Frauen, beurteilt nach dem Parameter maximaler O₂-Puls, in den letzten 30 Jahren noch einmal deutlich im Vergleich zu den Befunden von REINDELL u. Mitarb. 1967 aus den 60er Jahren verbessert wurde.

Wie die Abbildung 44 über die Abhängigkeit des maximalen Sauerstoffpulses bei Frauen von der Sportart zeigt, liegen bis auf den Schulsport (untrainierte Mädchen mit $8,4 \pm 2,1$ ml) und die jungen Eiskunstläuferinnen ($11,1 \pm 2,4$ ml O₂/Hf) alle anderen über dem von REINDELL angegebenen maximalen Sauerstoffpuls von 11,4 ml.

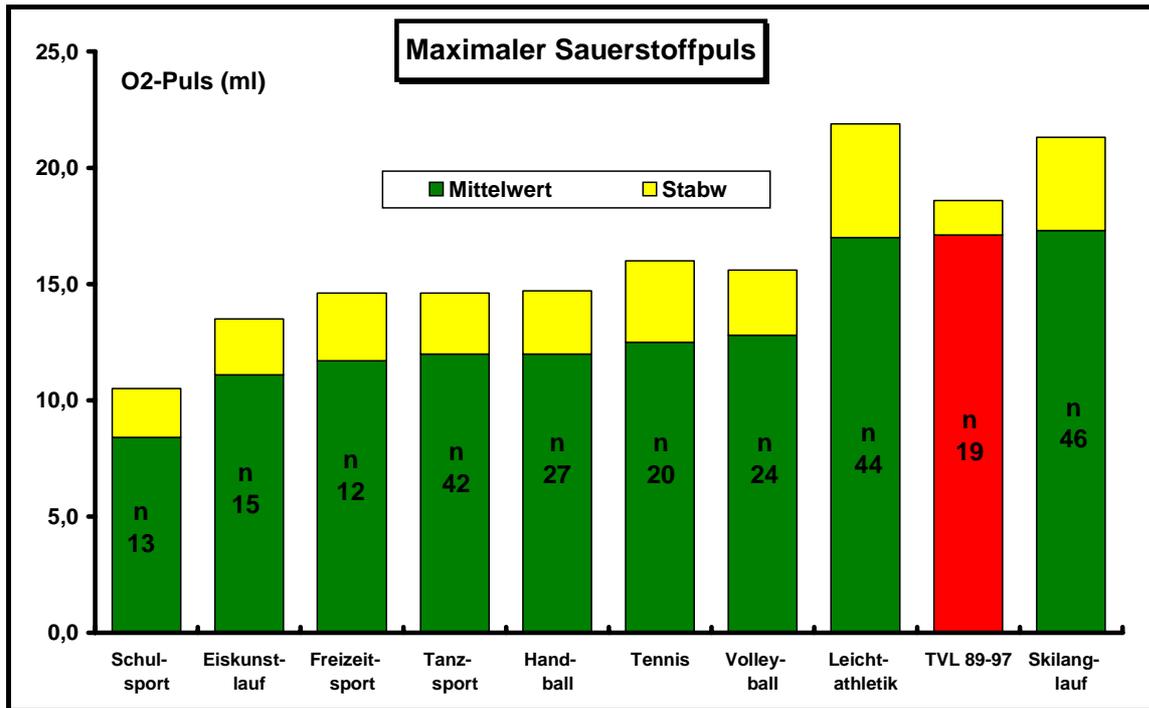


Abbildung 44: Maximaler Sauerstoffpuls von Mädchen und Frauen in Abhängigkeit von der Sportart im Vergleich zum Schulsport

Gerade bei den Ausdauer- / Kraft-Ausdauersportarten der Männer trifft man auf enorm hohe Werte des maximalen Sauerstoffpulses, die Ausdruck der großen Leistungsbreite ihrer Sportherzen sind.

HOLLMANN u. Mitarb. 1961 berichten über Werte von 29-31 ml O₂/Hf bei Berufsradrennfahrern.

ISRAEL 1968 konnte bei Weltklasse-Strassenradrennfahrern der ehemaligen DDR-Auswahl maximale Werte von 32-35 ml O₂/Hf feststellen. Sauerstoffpulswerte von über 40 ml O₂/Hf fand NOWACKI 1977 bei Weltklasseruderern der Bundesrepublik Deutschland, die als Welt- und Europameister, sowie als Olympiasieger auch international in ihren Bootsklassen an der Spitze standen.

Vergleiche mit untrainierten Männern und den Ergebnissen der Sportart Handball in der Literatur unterstreichen das hier vorliegende gute Ergebnis der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97.

HOLLMANN, VENRATH 1963 und REINDELL u. Mitarb. 1967 geben für 30-jährige Männer einen Normwert von 15 - 17 ml O₂/Hf an, welcher vom Durchschnitt unserer weiblichen Handball-Bundesliga-Mannschaft sogar übertroffen wird.

Die von ROSKAMM u. Mitarb. 1966 nachgewiesenen 21,5 ml O₂/Hf für männliche Handball-Nationalspieler wurden von den 5 besten Einzelergebnissen annähernd erreicht.

Nach den oben angeführten Kriterien von REINDELL u. Mitarb. 1967 sind die erreichten Werte der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989-97 mit exakt 50 % höherer Leistung als die Sportlerinnen verschiedenen Alters als sehr gut trainiert zu bezeichnen.

Durch Ausdauertraining lässt sich eine solche Erhöhung des maximalen Sauerstoffpulses erreichen.

ISRAEL 1968 interpretiert solche hohen Werte als Ergebnis einer kardio-zirkulatorischen Ökonomisierung in Verbindung mit einer erhöhten peripheren Sauerstoffausschöpfung und einer Steigerung des Herzschlag- sowie des Herzzeitvolumens.

4.5 Laufbandspiroergometrie vs Fahrradspiroergometrie im Frauenhandball - Leistungssport

4.5.1 Körperliche Leistungsfähigkeit

Der Einsatz zusätzlicher Methoden, wie die Spiroergometrie und die sportartspezifische Belastung auf dem Laufband, war in Übereinstimmung mit HOLLMANN, BOUCHARD 1970, NOWACKI 1978, KEUL u. Mitarb. 1978, 1988, KINDERMANN 1980, DIERCK, RIECKERT 1980, ISRAEL u. Mitarb. 1982, ROST, GERHARDUS 1983, RIECKERT, MARTEN 1990, NEUMANN, SCHÜLER 1994, NOWACKI, N.S. 1998 erforderlich, da die Untersuchung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der biologischen Funktionsgrößen im Leistungssport, insbesondere für das hier vorliegende Untersuchungsgut der Handballspielerinnen, auf die konkrete Verwertbarkeit für den Trainingsprozeß gerichtet sein mußte.

Die Einbeziehung der Laufbandergometrien für die vergleichende Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit der hier untersuchten Handballspielerinnen setzte die Übertragung der Watt/kg KG – Methode auf das Laufband voraus.

Die Möglichkeit hierzu war gegeben, da STAADEN 1980, WETTICH 1980, ZIMMER 1982, NOWACKI 1983 eine mathematische Beziehung entwickelten, mit welcher die relative Wattstufe aus der jeweiligen Laufbandgeschwindigkeit und dem Steigungswinkel bestimmt werden kann.

Damit war es in der hier vorliegenden Studie möglich, einen Vergleich der physikalisch definierten Leistungsfähigkeit zwischen den Belastungsverfahren Fahrradergometrie im Sitzen und Laufbandergometrie nach der Watt/kg KG – Methode durchzuführen.

Maximale Wattstufen, absolute und relative PWC_{170} , maximale absolute und relative Gesamtarbeit, Belastungszeit

Der Vergleich der ergometrisch ermittelten Daten für die Parameter **maximale absolute und relative Wattstufe, absolute und relative Gesamtarbeit, absolute und relative PWC_{170} , Belastungszeit** für die Laufbandergometrie und die Fahrradergometrie ist durch die unterschiedliche Art der Belastung wenig sinnvoll und nicht aussagekräftig.

Es soll dadurch lediglich darauf hingewiesen werden, wie sehr die Wahl der Belastungsmethode das Ergebnis beeinflusst.

Es zeigt sich jedoch auch hier, daß die 0,5 Watt-Methode (gleich, ob Fahrrad- oder Laufbandergometrie) für die Ausbelastung von Frauen besser geeignet ist und mehr der aerobe Anteil herausgearbeitet werden kann.

Festzustellen bleibt lediglich, daß für die Parameter **maximale absolute** und **relative Wattstufe** sowie **absolute** und **relative PWC₁₇₀** auf dem Fahrradergometer wesentlich höhere Werte erzielt werden als auf dem Laufband (**absolute Wattstufe**: Fahrrad 1W 253 ± 34 Watt und Fahrrad 0,5W 230 ± 22 Watt vs. Laufband 203 ± 19 Watt; **relative Wattstufe**: Fahrrad 1W 3,6 ± 0,5 Watt/kg KG und Fahrrad 0,5W 3,4 ± 0,3 Watt/kg KG vs. Laufband 3,0 ± 0,5 Watt/kg KG; **absolute PWC₁₇₀**: Fahrrad 1W 252 ± 29 Watt und Fahrrad 0,5W 220 ± 24 Watt vs. Laufband 138 ± 41 Watt; **relative PWC₁₇₀**: Fahrrad 1W 3,5 ± 0,7 Watt/kg KG und Fahrrad 0,5W 3,2 ± 0,4 Watt/kg KG vs. Laufband 2,0 ± 0,7 Watt/kg KG).

Diese Aussage lässt sich statistisch höchst signifikant sichern.

Vergleicht man die Werte der 1,0 W/kg KG – und der 0,5 W/kg KG – Fahrradergometrie miteinander, so ergeben sich für die oben genannten Parameter **absolute und relative Wattstufe, absolute und relative PWC₁₇₀** keine statistisch zu sichernden Unterschiede.

Wie oben beschrieben werden im Bereich der ergometrischen Funktionsdiagnostik für die physikalischen Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit - **maximale absolute und relative Wattstufe, absolute und relative PWC₁₇₀, absolute und relative Gesamtarbeit, Belastungszeit** - bei der Fahrradergometrie im Vergleich zur Laufbandergometrie höhere Werte erzielt. Dabei werden mit der 1 Watt / kg Körpergewichts-Methode auf dem Fahrradergometer bei der erschöpfenden Belastung der Handballspielerinnen die höchsten Werte erzielt, dicht gefolgt von der 0,5 Watt / kg Körpergewichts-Methode auf dem Fahrradergometer. Die 0,5 Watt / kg Körpergewichts-Methode auf dem Laufband erzielt signifikant niedrigere Werte.

Dies gilt nicht für die Parameter **Gesamtarbeit** und **Belastungszeit**, bei der beide 0,5-Watt-Verfahren deutlich höhere Werte erbringen.

Der Grund liegt in der geringeren Steigerung der physikalischen Arbeit auf den einzelnen Belastungsstufen.

Daraus ergibt sich die längere Belastungszeit der 0,5 Watt/kg KG - Methoden bei vergleichsweise früherem Abbruch mit der 1,0 Watt/kg KG - Methode, allerdings dann schon bei einer höheren absoluten und relativen Wattstufe.

Durch Addition der Leistungen auf den verschiedenen Belastungsstufen errechnet sich die Gesamtarbeit in Wattminuten, welche natürlich höhere Werte für die 0,5 Watt/kg KG - Methoden erbringt.

Bei der Betrachtung der Parameter **Gesamtarbeit** und **Belastungszeit** zeigen sich im Vergleich der beiden 0,5 Watt/kg KG - Methoden untereinander höhere Werte auf dem Fahrrad (**absolute Gesamtarbeit**: Fahrrad 1663 ± 195 Wattmin vs. Laufband 1380 ± 297 Wattmin; **relative Gesamtarbeit**: Fahrrad $25,3 \pm 5,1$ Wattmin/kg vs. Laufband $21,1 \pm 5,9$ Wattmin/kg; **Belastungszeit**: Fahrrad 773 ± 63 s vs. Laufband 698 ± 112 s).

Daraus lässt sich schliessen, daß die Laufbandergometrie mehr Leistung vom Probanden abverlangt als die Belastung auf dem Fahrradergometer.

IGWERKS 1995 geht davon aus, daß bei dieser Belastung mehr Muskelgruppen aktiviert werden.

Die festgestellten Unterschiede lassen sich statistisch zum grössten Teil höchst signifikant sichern.

Andererseits muß man in Übereinstimmung mit MELLEROWICZ 1979 berücksichtigen, daß die Handballspielerinnen auf dem Fahrradergometer im Sitzen noch stärker Ihr Erschöpfungspotential ausnützen können.

Auf dem Laufband wird oft aus "Sicherheitsgründen" dieser "Spielraum" im Erschöpfungsbereich nicht vollständig ausgenutzt. Letzteres gelingt nur, wenn die Probandin über einen Haltegurt abgesichert wird, was bei den vorliegenden Untersuchungen nicht der Fall war.

4.5.2 Kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit

Der Verlauf der Herzfrequenzkurve weist deutliche Unterschiede zwischen der Fahrradergometrie und der Laufbandergometrie sowie zwischen der 0,5 Watt- und der 1,0 Watt/kg KG - Methode auf.

Nicht signifikant unterschiedlich waren lediglich die Werte für die Herzfrequenz in der Vorstartphase, sowie in der 1. und 5. Erholungsminute. Die Laufbandwerte waren jeweils geringfügig höher als die Werte auf dem Fahrradergometer.

Der Verlauf des Herzfrequenzanstiegs bei der Laufbandergometrie ist bereits im submaximalen Bereich von 1 Watt/kg KG steil ansteigend und erreicht submaximal bei 2 Watt/kg KG 173 Schläge/min.

Dieser Wert liegt im unteren Bereich der maximalen Herzfrequenz der beiden Fahrradmethoden.

Die maximale Herzfrequenz von 186 Schlägen / min auf dem Laufband liegt deutlich und statistisch höchst signifikant über den bei der Fahrradergometrie ermittelten Werten.

Bei der Fahrradergometrie ergibt sich für beide Verfahren - 0,5 Watt- und 1,0 Watt/kg KG - ein von der Vorstartfrequenz ausgehender mässiger Anstieg über den submaximalen Bereich bei 1 Watt, den submaximalen Bereich bei 2 Watt bis zur maximalen Herzfrequenz.

Dabei liegen die Werte für den submaximalen Bereich bei 1 Watt mit 111 für die 1 Watt/kg KG - Methode und 110 für die 0,5 Watt/kg KG - Methode sowie im submaximalen Bereich bei 2 Watt mit 139 Schlägen / min für die 1 Watt/kg KG - Methode und 141 Schlägen / min für die 0,5 Watt/kg KG - Methode auf annähernd gleichem Niveau.

Die 1,0 Watt/kg KG - Methode erzielt einen etwas niedrigeren maximalen Wert (171 Schläge / min gegenüber 177 Schläge / min) und erfüllt damit gerade eben die von NOWACKI 1974, NOWACKI 1978 geforderten Bedingungen für eine maximale kardiozirkulatorische Ausbelastung trainierter Frauen.

Der im Vergleich zu beiden 0,5 Watt/kg KG - Methoden deutlich niedrigere Wert für die maximale Herzfrequenz bei der 1 Watt/kg KG - Methode deutet darauf hin, daß die 0,5 Watt-Methoden zur Ausbelastung von Frauen besser geeignet sind, worauf schon MEDAU, NOWACKI 1984 hingewiesen haben.

Durch die feinere Abstufung der Steigerungen tastet man sich besser an die individuelle Leistungsgrenze der Athletinnen heran.

Weiterhin zeigt der deutlich höhere maximale Wert für die Herzfrequenz bei der Laufbandergometrie an, daß auf dem Laufband größere Muskelgruppen zum Einsatz kommen und damit der Sauerstoffbedarf größer ist.

Die Erholungsphase verläuft bei allen drei Methoden ähnlich und weist auch keine statistisch zu sichernden Unterschiede auf.

Die Werte der Laufbandergometrie liegen dabei jeweils über denen der Fahrradergometrie, was sicherlich auf die höhere Ausbelastung und die höhere maximale Herzfrequenz zurückzuführen sein dürfte.

Während die Beurteilung der kardiozirkulatorischen Erholungszeit (HF E5) nach den von NOWACKI 1975, 1977, 1992 angegebenen Kriterien mit 97 ± 12 Hf/min bei der 1 Watt/kg KG – Methode für die Handballspielerinnen “Hochleistungstrainingszustand” lautet, erfüllt sie für die 0,5 Watt/kg KG Fahrradergometrie mit 103 ± 9 Hf/min und auch für die 0,5 Watt/kg KG Laufbandergometrie das Kriterium “sehr gut”.

4.5.3 Spiroergometrieparameter – respiratorische und kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit

Für die vergleichende Betrachtung der respiratorischen und kardio-respiratorischen Reaktionen der Handballspielerinnen bei der Fahrrad- und Laufbandspiroergometrie wurden die Parameter **Atemminutenvolumen** (AMV | BTPS), **absolute** und **relative Sauerstoffaufnahme** ($\dot{V}O_2$ | bzw. ml STPD), der **Sauerstoffpuls** (O_2/Hf ml STPD) und die jeweiligen durchschnittlichen Maximalwerte zugrunde gelegt.

Die Maximalwerte sind am besten für die leistungsmedizinische Beurteilung geeignet, da sie die grösste Aussagekraft besitzen.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen bei der statistischen Auswertung für die Parameter **maximales Atemminutenvolumen**, **maximale absolute und relative Sauerstoffaufnahme** sowie den **maximalen Sauerstoffpuls** dasselbe Muster, das bereits bei der Besprechung der Ergometriedaten unter umgekehrten Vorzeichen angedeutet wurde.

Wir können hier auch für die Handballspielerinnen die in der Literatur beschriebenen höheren Maximalwerte der Spiroergometrie-Parameter für die Laufbanduntersuchungen im Vergleich zu den Untersuchungen auf dem Fahrrad im Sitzen bestätigen (HOLLMANN u. Mitarb. 1971, MELLEROWICZ 1979, NOWACKI 1983, HOLLMANN 1986, NOWACKI, N.S. 1998).

Die bei der Laufbandspiroergometrie ermittelten Werte sind gegenüber den fahrradspiroergometrisch ermittelten Werten (0,5 Watt- und 1,0 Watt / kg KG - Methoden) überwiegend statistisch höchst signifikant größer. Statistisch zu sichernde Unterschiede zwischen den beiden fahrradspiroergometrisch ermittelten kardiorespiratorischen Parametern liegen nicht vor.

Die hier ermittelten Unterschiede der Werte für die Fahrradspiroergometrie und die Laufbandspiroergometrie übertreffen jedoch teilweise die in der Literatur beschriebenen 10 - 15 % höheren Werte zugunsten der Laufbandspiroergometrie.

Festzuhalten bleibt aber, daß die Athletinnen, die bei der 1 Watt / kg Körpergewichts-Fahrradergometrie oder bei der 0,5 Watt / kg KG - Methode beste Leistungen erbrachten, dies ebenso auf dem Laufband bestätigen konnten.

Atemminutenvolumen

Bereits im submaximalen Bereich können beim **Atemminutenvolumen** während der Laufbandspiroergometrie wesentlich höhere Werte festgestellt werden als bei der Fahrradspiroergometrie.

Das Atemminutenvolumen liegt submaximal bei 2 Watt/kg KG während der Laufbandspiroergometrie auf gleichem Niveau wie der Maximalwert der Fahrradspiroergometrie nach der 1,0 W/kg KG – bzw. 0,5 W/kg KG - Methode.

Dies deckt sich mit den Feststellungen von NOWACKI 1983, der beim Laufen auf vergleichsweise niedrigen Belastungsstufen bereits höhere Werte ermittelte als bei submaximalen Belastungsstufen auf dem Fahrradergometer.

Die hier ermittelten höheren Maximalwerte der Laufbandspiroergometrie gegenüber der Fahrradspiroergometrie für den Parameter **maximales Atemminutenvolumen** von 26,3 % gegenüber der 0,5 Watt/kg KG - Methode und 23,7 % gegenüber der 1,0 Watt/kg KG - Methode auf dem Fahrrad unterstreichen hierbei die Vorteile der Laufbandspiroergometrie bei der Ermittlung der maximalen biologischen Leistungsparameter.

Auch IGWERKS 1995 stellte bei vergleichenden Untersuchungen ein größeres maximales Atemminutenvolumen bei Laufbanduntersuchungen als bei Fahrraduntersuchungen fest (Laufband $101,5 \pm 23,3$ l BTPS vs. Fahrrad $81,0 \pm 14,7$ l BTPS).

Die erreichten Maximalwerte für das Atemminutenvolumen bei der 1 Watt / kg KG – Methode auf dem Fahrrad sind mit 96,3 l und bei der 0,5 Watt / kg KG – Methode auf dem Fahrrad mit 94,3 l als gut trainiert zu bezeichnen.

Sie liegen ganz deutlich über den Werten eines gesunden untrainierten Mannes, der im dritten Lebensjahrzehnt nur über ein maximales AMV von 80 ± 10 l BTPS verfügen kann.

Nach HOLLMANN 1986 sind diese Werte sogar als Übergang zum absoluten Hochleistungsbereich für Frauen (ab 100 Liter) anzusiedeln.

Das AMV_{max} von 119 l BTPS bei der Laufbandspiroergometrie ist als absoluter Hochleistungsbereich zu beurteilen und zeigt die Vorteile dieses Belastungsverfahrens im Vergleich zur sitzenden Fahrradspiroergometrie auch für Frauen an.

Maximale absolute Sauerstoffaufnahme

Für den Parameter **maximale absolute Sauerstoffaufnahme** konnte bei der Laufbandspiroergometrie (3841 ± 282 ml STPD) gegenüber der 1 Watt/kg KG - Methode auf dem Fahrrad (2879 ± 461 ml STPD) eine 33 % höhere und gegenüber der 0,5 Watt/kg KG – Fahrradspiroergometrie (3223 ± 244 ml STPD) eine um 19 % höhere Aufnahme registriert werden.

Die 0,5 W/kg KG – Fahrradspiroergometrie ermöglicht den Athletinnen eine um 12 % höhere Sauerstoffaufnahme als die 1 W/kg KG – Methode.

Diese Feststellung deckt sich mit den Aussagen von BACHL 1986 und KRÜMMELBEIN 1990, die über höhere maximale absolute Sauerstoffaufnahmen bei Laufbanduntersuchungen gegenüber Fahrraduntersuchungen berichten.

Bereits NOWACKI 1980 stellte ebenfalls bei Handballspielern höhere Werte von 17 % auf dem Laufband fest.

Bei Skilangläuferinnen vom 11. – 17. Lebensjahr, die auch auf dem Laufband und mit der Fahrradspiroergometrie nach der 1 W/kg KG – Methode belastet wurden, fand N.S. NOWACKI 1998 eine um 10,5% bis 12,1% höhere maximale Sauerstoffaufnahme bei der Laufbandspiroergometrie.

HOLLMANN 1986 betrachtet als Ursache für die höheren maximalen O₂-Werte bei der Laufbandspiroergometrie eine größere Sauerstoffausschöpfung in der Peripherie. Grund dafür ist der Einsatz einer größeren Muskelmasse, die beim Laufen eingesetzt wird. KEUL u. Mitarb. 1981 heben die Bedeutung der Belastungsform im Labortest, welche mit der Belastungsform der entsprechenden Disziplin in Training und Wettkampf übereinstimmen sollte, hervor.

Die Laufbandspiroergometrie entspricht sicherlich deutlicher den Anforderungen der Handballspielerinnen im Training und Wettkampf, was eine höhere kardiorespiratorische Ausbelastung als bei einer Fahrradspiroergometrie erlaubt.

So stellte auch IGWERKS 1995 bei A-jugendlichen Handballspielerinnen eine höhere maximale Sauerstoffaufnahme von 12 % auf dem Laufband fest. In der Literatur finden sich auch für andere Sportarten Bestätigungen über eben diese Überlegenheit der Laufbandspiroergometrie (LANGE-ANDERSEN 1972, DONATH 1974, NAGLE 1977, STAADEN 1980, VÖLPEL 1980, WETTICH 1980, NOWACKI 1983, ZIMMER 1982, ROSENTHAL 1981).

Maximale relative Sauerstoffaufnahme

Für den Parameter **maximale relative Sauerstoffaufnahme** konnte bei der Laufbandspiroergometrie ($55,7 \pm 5,1$ ml/kg STPD) gegenüber der 1 Watt/kg KG - Methode auf dem Fahrrad ($39,4 \pm 7,0$ ml/kg STPD) eine 41 % höhere und gegenüber der 0,5 Watt/kg KG – Fahrradspiroergometrie ($45,6 \pm 4,9$ ml/kg STPD) eine um 22 % höhere Aufnahme registriert werden.

Die 0,5 W/kg KG – Fahrradspiroergometrie ermöglicht den Athletinnen eine um 16 % höhere Sauerstoffaufnahme als die 1 W/kg KG – Methode.

IGWERKS 1995 stellte eine um ca. 10 % höhere maximale relative Sauerstoffaufnahme bei A-jugendlichen Handballspielerinnen fest.

Bei Skilangläuferinnen vom 11. – 19. Lebensjahr, die auch auf dem Laufband und mit der Fahrradspiroergometrie nach der 1 W/kg KG – Methode belastet wurden, fand N.S. NOWACKI 1998 eine um 12,4% bis 16,9% höhere maximale relative Sauerstoffaufnahme bei der Laufbandspiroergometrie.

Damit ist wie bei den unter der maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme diskutierten Ergebnissen auch für die maximale relative Sauerstoffaufnahme während der sportartspezifischen Laufbandspiroergometrie eine stärkere maximale Ausbelastung im Vergleich zur Fahrradspiroergometrie zu erkennen.

Die einzelnen Ergebnisse der Maximalwerte für die relative Sauerstoffaufnahme sind für die 1 Watt/kg KG - Methode auf dem Fahrrad als Übergang befriedigend trainiert, für die 0,5 Watt/kg KG - Methode auf dem Fahrrad als Übergang gut trainiert und für die Laufbandspiroergometrie als Übergang zum hochtrainiertem Bereich zu bezeichnen.

Maximaler Sauerstoffpuls

Wie schon erwähnt, ist der **Sauerstoffpuls** ($O_2/Hf \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$) eine bedeutsame Größe zur Beurteilung der kardiorespiratorischen Leistungsreserven (REINDELL u. Mitarb. 1967, ISRAEL 1968, NOWACKI 1973), der Begriff wurde von dem schwedischen Sportmediziner WAHLUND 1948 eingeführt.

Unter dem Begriff des Sauerstoffpulses versteht man die Menge Sauerstoff, die in der Zeit einer kompletten Herzaktion (Systole + Diastole) aufgenommen wird.

Die Größe des Sauerstoffpulses ist von der Größe des Herzschlagvolumens und von der arterio-venösen Sauerstoffdifferenz abhängig und zeigt somit neben der Leistungsfähigkeit auch den Grad der Ökonomie der Herzarbeit an (HOLLMANN 1965, ISRAEL 1968, NÖCKER 1980).

Nach REINDELL u. Mitarb. 1957, NÖCKER, BÖHLAU 1958, REINDELL, KLEPZIG, MUSSHOF 1960 ist es möglich, aus dem Verhalten des Sauerstoffpulses während erschöpfender Belastung zu erkennen, ob ein Sportler in der Lage ist, den erhöhten Sauerstoffbedarf des Organismus sowie die Erhöhung des Minutenvolumens hauptsächlich durch eine unökonomische Herzfrequenzsteigerung oder vorwiegend durch eine ökonomischere Schlagvolumenzunahme zu erreichen.

Bis zu einer Herzfrequenz von 120 – 150 /min wird der Anstieg des Sauerstoffpulses unter Belastung sowohl durch eine Zunahme des Herzschlagvolumens als auch der arterio-venösen Sauerstoffdifferenz bedingt (REINDELL, KÖNIG, ROSKAMM 1967).

Erfolgt ein weiterer Herzfrequenzanstieg, bleibt das Schlagvolumen annähernd auf gleicher Höhe, so daß die weitere Steigerung des Sauerstoffpulses nach NOWACKI 1977 als integrale Funktion aller Faktoren aufzufassen ist, welche im Vita-Maxima-Bereich die Höhe der Sauerstoffaufnahme bestimmen.

Daher läßt sich auch leicht nachvollziehen, warum die Ergebnisse für den Parameter maximaler Sauerstoffpuls zwar noch die oben beschriebenen Vorteile der Laufbandspirometrie zeigen, aber doch nicht mehr in dieser absoluten Deutlichkeit.

Da per definitionem (siehe oben) die absolute maximale Sauerstoffaufnahme durch die Herzfrequenz zu diesem Zeitpunkt geteilt wird und die kardiozirkulatorische Ausbelastung auf dem Laufband (bzw. bei einer 0,5 Watt-Methode) höher ist, nähert sich der Wert für den Sauerstoffpuls bei einer Laufbanduntersuchung dem Wert der Fahrradspiroergometrie bzw. dem Wert bei einer 1,0 W/kg KG - Methode.

Der Vorteil der höheren Sauerstoffaufnahme auf dem Laufband wird weitgehend durch die bei dieser Belastungsmethode höheren Herzfrequenzen ausgeglichen.

Trotzdem liegen die Werte der Laufbandspirometrie mit $20,7 \pm 1,3$ ml statistisch hoch signifikant um 15,6 % und 24,7 % über dem fahrradergometrisch ermittelten O_2 - Puls von $17,9 \pm 1,8$ ml für die 0,5 W/kg KG - Methode und $16,6 \pm 1,9$ ml für das 1,0 W/kg KG – Verfahren.

Auch der maximale Sauerstoffpuls bei der 0,5 W/kg KG - Fahrrad-Methode liegt um 7,8 % über dem Wert bei der 1,0 W/kg KG - Fahrrad-Methode - jedoch nicht statistisch signifikant - und bestätigt damit ebenfalls die oben gemachten Aussagen über die bessere maximale Ausbelastung von Frauen auf dem Laufband bzw. mit einer 0,5 Watt-Methode.

NOWACKI, PETALIDOU (Diss. zum Dr. phil. in Vorbereitung) registrierten bei den Handballspielerinnen des TV Gießen-Lützellinden 1989-1993 einen O_2 -Puls von $20,8 \pm 0,9$ ml STPD während erschöpfender Laufbandspiroergometrie.

Schon IGWERKS 1995 stellte bei ihren Untersuchungen an jugendlichen Handballspielerinnen aus der A-Jugend (16,0 – 17,9 Jahre) ebenfalls einen höheren Sauerstoffpuls bei allen Belastungsstufen der Laufbandspiroergometrie im Vergleich zur Belastung auf dem Fahrrad fest.

5 RÜCKBLICK, REFLEXION UND AUSBLICK AUF DEN FRAUENHANDBALL-LEISTUNGSSPORT DES TV GIEßEN-LÜTZELLINDEN UND DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Der Frauenhandball zählt zu den technisch anspruchsvollsten, dynamisch-tempobetonten und kraftvoll-athletischen Sportarten. Gleichzeitig wird aber auch die Ausdauer entwickelt, wodurch positive Effekte auch im Sinne eines präventiven Gesundheitstrainings auf das kardiorespiratorische System und den Stoffwechsel, wie durch die vorliegende Dissertation belegt, für den weiblichen Organismus erreicht werden.

Letzteres ist aber nicht nur durch das sportartspezifische Hallentraining und die Wettkämpfe zu bewirken, sondern nur durch ein- bis zweimal wöchentliche ergänzende Ausdauerläufe von einer Stunde im ruhigen Steady state (Tempo ca. 9 – 11 km/h) optimal zu gestalten (NOWACKI, ALEFELD 1985; NOWACKI, MEDAU 1992).

Dies wurde auf Anraten des Mannschaftsarztes Prof. Dr. P. E. Nowacki vom Trainer Dr. H. J. Gerlach und seinem Team gerade bei den international erfolgreichsten TVL-Mannschaften praktiziert (FALKENHAGEN u. Mitarb. 1992).

Die Abbildung 45 a-f gibt einen Einblick in die Wettkampfsituation bei Punktspielen, wo die Spielerinnen konditionell in den 60 Minuten gegen starke nationale/internationale Gegner an ihre Leistungsgrenze gehen müssen. Aber auch der psychische Druck auf die einzelne Spielerin, der von den oft 2.000 Zuschauern in der Gießener Osthalle, der Trainerbank und dem jeweiligen Spielstand ausgeht, ist enorm groß. Athletinnen, die im Training oder bei leichteren Spielen hervorragende handballerische Fähigkeiten abrufen können, versagen oft infolge ihrer extremen sympathico-adrenalen Reaktion bei einem solchen Wettkampfstress (NOWACKI u. Mitarb. 1969, SCHNORR u. Mitarb. 1996).



a



b



c



d



e



f

Abbildung 45 a-f: Wettkampfsituation des TV Gießen-Lützellinden in der Frauenhandball-Bundesliga. a) Abwehrarbeit, b) Torschuss linkshändig, c) Torschuss rechtshändig, d) Sprung im Rückraum, e) Ballanspiel vom Rückraum, f) Sprungwurf Linkshänderin aus dem Rückraum

Besonders die Abwehrarbeit Abbildung 45 a) stellt höchste Anforderungen an die sportmotorischen Fähigkeit der Handballerinnen, aber auch an ihre Motivation und Einstellung, den oft „schmerzhaften Kontakt/Kampf“ mit der gegnerischen Sturmreihe aufzunehmen.

Große Erfolge auch im Frauenhandball basieren auf einer hervorragenden Abwehrarbeit und einer überragenden Torfrau.

Gerade Ende der 80er und Anfang der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts, wo der TV Gießen-Lützellinden seine größten internationalen Erfolge feiern konnte (1991 Europacupsieger der Landesmeister, 1993 und 1996 Europapokalsieger), stand mit der jugoslawischen Olympiasiegerin Dragica Djuric, siehe Mannschaftsbild Abbildung 45, obere Reihe, 1. Stelle links, die damals weltbeste Torfrau in den Reihen des TVL.

Für den Angriff und das Toreschießen sind die Spielerinnen stets hoch motiviert und aktivieren ihre letzten körperlichen Reserven. Aber auch dabei sind neben der Schußkraft noch besondere Fähigkeiten, wie eine schnelle Reaktion, Fangsicherheit auf engstem Raum, Ausspielen der gegnerischen Abwehrspielerin durch Finten, „Kaltschnäuzigkeit“ und ein „gutes Auge“ gefragt. Kann eine Spielerin beidhändig werfen, so wie die frühere enorm erfolgreiche ungarische und später deutsche Nationalspielerin Csilla Elekes (Abbildung 45 b, c) bleiben der Torfrau nur wenige Chancen, den Flug des Balles in das eigene Tor zu verhindern.

Speziellen Anforderungen sehen sich die Rückraumspielerinnen ausgesetzt. Sie müssen in Bruchteilen von Sekunden entscheiden, ob sie selbst nach einem dynamischen Absprung den Ball aus der zweiten Reihe auf das Tor schießen oder eine noch besser platzierte Spielerin am Kreis anspielen.

Auch hier besaß der TVL Ausnahmeathletinnen, deren leistungsmedizinische Parameter in die Mittelwerte der vorliegenden experimentellen Untersuchungen einfließen, wie die für die Sowjetunion und Deutschland aktive Nationalspielerin Miroslava Ritskiavitchius (Abbildung 45 d), die ungarische Nationalspielerin Eva Kiss (Abbildung 45 e) und die deutsche Nationalspielerin Bianca Urbanke (Abbildung 45 f), die erst in der abgelaufenen Saison 2003/04 ihren Heimatverein HC Frankfurt/Oder mit 37 Jahren zur Deutschen Meisterschaft mit dem Trainer, ihrem Ehemann Dietmar Rösicke, führte.

Hervorragende Einzelspielerinnen, aber vor allem eine optimal eingespielte Mannschaft, waren somit die Voraussetzungen für die bis heute einmaligen Erfolge des TV Gießen-

Lützellinden im deutschen Frauenhandball. Der Orthopäde und Trainer Dr. Gerlach verstand es von Jahr zu Jahr, immer wieder neue Spielerinnen, auch solche aus der eigenen Jugendarbeit des Vereins, in seine Mannschaft zu integrieren.

Aus dem Dorfverein Lützellinden der unteren Spielklasse formte er eine Mannschaft mit nur deutschen Spielerinnen, die 1982 den Aufstieg in die Frauenhandball-Bundesliga schaffte. Im Aufstiegsjahr besiegte man im Halbfinale um die deutsche Meisterschaft den VfL Oldenburg, der 1981 DHB Pokalsieger war, und unterlag erst im Finale Bayer Leverkusen. In den folgenden Jahren kam es dann stets zu den dramatischen Auseinandersetzungen mit Leverkusen um die Deutsche Meisterschaft, wobei die Teams damals noch fast ausnahmslos deutsche Spielerinnen einsetzten.

Die Abbildung 46 zeigt einige der Erfolgsmannschaften des TVL seit 1990 bis zur erfolgreichen A-Jugendmannschaft 2003/04, die Hessen- und Süddeutscher Meister sowie Dritter bei den Finalkämpfen um die Deutsche Meisterschaft 2004 wurden. Die sportmedizinischen Leistungsdaten dieser Spielerinnen wurden ebenfalls in die vorliegende Entwicklungsstudie des Jugendhandballs integriert.



a) TVL 1990 / 1991



b) TVL 1993 / 1994



c) TVL 1996 / 1997



d) TVL 1999 / 2000



e) TVL 2000 / 2001



f) TVL 2001 / 2002



g) TVL 2002 / 2003



h) TVL-Jugend 2003 / 2004

Abbildung 46: Eine Auswahl der Frauenhandball-Erfolgsmannschaften des TV Gießen-Lützellinden (7 x Deutscher Meister, 5 x Deutscher Pokalsieger, 1 x Europapokal der Landesmeister und 2 x Europapokal der Pokalsieger) und die A-Jugendmannschaft des TVL (Hessen- und Süddeutscher Meister, 3. Deutscher Meister 2004)

Mit der Erringung der Deutschen Meisterschaft 1997, 2000 und 2001 sowie der Pokalsiege bei den Pokalendkämpfen der 4 besten Mannschaften der jeweiligen Runde in Riesa/Sachsen 1998 und 1999, war der sportliche Höhepunkt der Bundesliga-Frauenhandballmannschaft des TV Gießen-Lützellinden unter ihrem Trainer Dr. Hans Jürgen Gerlach und dem Mannschaftsarzt Prof. Dr. Paul E. Nowacki, der als Internist und Sportmediziner auch die sportmedizinische Leistungsdiagnostik am Lehrstuhl für Sportmedizin der JLU wie in den Jahren zuvor durchführte, überschritten.

Die Abbildung 47 zeigt noch einmal Spielerinnen des TVL mit der Meisterschale im Jahr 2001.



Abbildung 47: Geschafft! Die Spielerinnen (von li. nach re.) Diane Roelofsen, Anke Schulz, Csilla Elekes, Claudia Krieger und Miroslava Ritskiavitchius freuen sich über die 6. Deutsche Meisterschaft des TV Gießen-Lützellinden nach der Saison 1999/2000.

Anja Unger (Abbildung 48 a, b), die erfolgreich an der JLU ihr Lehrerstudium abgeschlossen, geheiratet und eine Tochter bekommen hat, beendete ihre sportliche Karriere und war in den letzten 3 Jahren nicht mehr dabei.

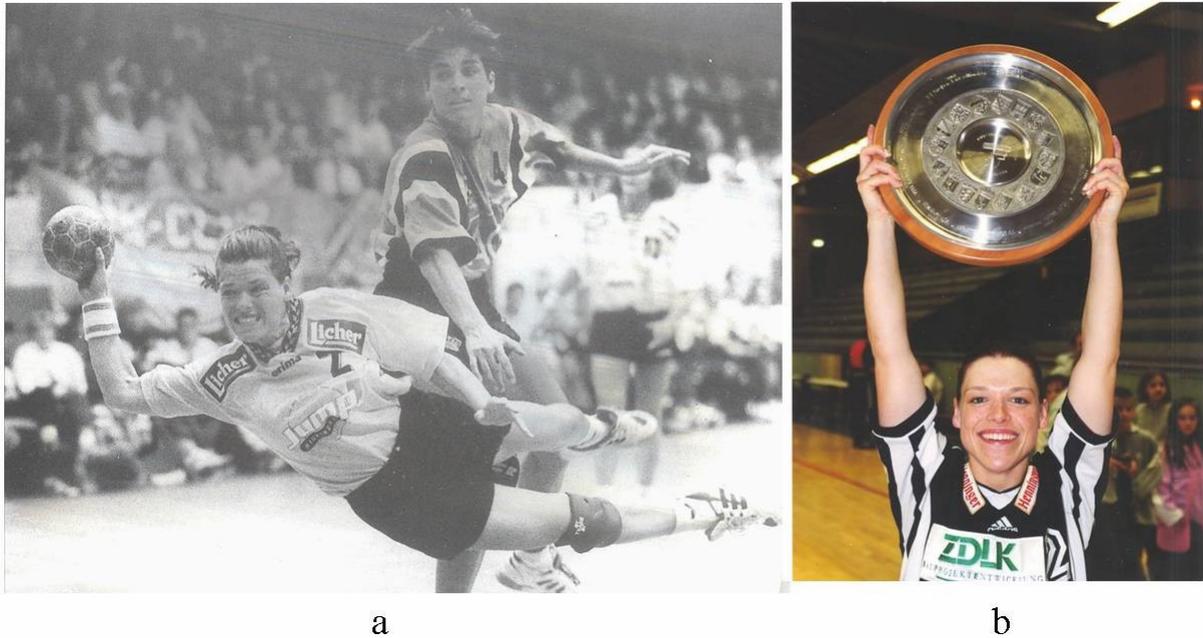


Abbildung 48: Handballnationalspielerin und Leistungsträgerin des TVL als Linksaußen Anja Unger beim Sprung in den Kreis für eine optimale Schußposition (a) und mit der Meisterschale (b).

Die zweimalige serbische Torschützenkönigin der Bundesliga der Saison 2000/01 und 2001/02, gleichzeitig auch ausgezeichnet als beste Handballspielerin der Saison 2000/01, Milica Danilovic (Abbildung 49 a, b), deren Einbürgerung auch im Hinblick auf eine Verstärkung der deutschen Nationalmannschaft erfolgte, verließ danach den Verein und schloss sich dem Deutschen Meister 2001/02 HC Leipzig an, wo sie als Profi-Spielerin auch im Hinblick auf die Leipziger Olympiabewerbung wesentlich besser bezahlt werden konnte.



a

b

Abbildung 49: Die schußgewaltige Weltklassespielerin Milica Danilovic beim kraftvollen Sprungwurf (a) und mit der Meisterschale 2000 (b) des Deutschen Handballbundes (DHB).

In der Saison 2001/02 erkämpfte der TVL noch einmal den 2. Platz hinter dem wirtschaftlich entscheidend besser ausgestatteten HC Leipzig.

Auch in der Folgezeit hing nun in der Frauenhandballbundesliga der sportliche Erfolg von der Höhe des finanziellen Etats ab, mit dem man sich dann eine starke Mannschaft und hoch qualifizierte Trainer „zusammenkaufen“ konnte.

Nach einem weiteren vorderen guten 6. Platz nach dem Spieljahr 2002/03 (Abbildung 46) sollte noch einmal mit dem Team 2003/04 (Abbildung 50) ein neuer Versuch unternommen werden, wieder Anschluss an die nationalen Spitzenmannschaften DJK/MJC Trier (Meister 2002/03), HC Leipzig, 1. FC Nürnberg, Bayer Leverkusen, Buxtehuder SV und FHC Frankfurt/Oder (Meister 2003/04) zu finden.

Die wirtschaftlichen Schwierigkeiten des TV Gießen-Lützellinden, deren Ursachen im Rahmen dieser Dissertation nicht beleuchtet werden sollen, veranlassten zahlreiche Spielerinnen infolge ausbleibender oder verspäteter Gehaltszahlungen, den Verein noch in der laufenden Saison 2003/04 zu verlassen, womit sie dem Beispiel der Weltklassespielerinnen Milica Danilovic (HC Leipzig), Agnieszka Tobiasz (1. FC Nürnberg), der tschechischen Weltklassespielerin Lenka Cerna (ASPTT Metz) und anderen wertvollen Stützen der Mannschaft folgten.

TV Lützellinden

	
Gegründet:	1904
Erfolge:	Deutscher Meister 1988, 1989, 1990, 1992, 1997, 2000, 2001 DHB-Pokalsieger 1989 1990, 1992, 1998, 1999 Europapokal der Landesmeister 1991 Europapokal der Pokalsieger 1993, 1996
Abteilungsleiter:	Dr. Hans-Jürgen Gerlach
B.-L.-Obmann:	Dieter Momberger
Trainer:	Dr. Hans-Jürgen Gerlach
Saisonziel:	Platz 4

Wenn alles so bleibt, wie es derzeit aussieht, erlebt heute Nürnberg eine der schwärzesten Stunden des deutschen Handballs. Aller Voraussicht nach bestreitet die einstige Vorzeigemannschaft TV Lützellinden ihr letztes Bundesliga-Auswärtsspiel auf unbestimmte Zeit. Nachdem sämtliche Fristen zur Einreichung der Lizenz verstrichen sind, verweigerte die Handball-Bundesliga-Vereinigung der Frauen den Hessen die Erlaubnis für die nächste Saison.

Der Altmeister hatte es versäumt, die für die Erteilung der Lizenz notwendige Bürgschaft bis zum 15. April vorzulegen. Das Aus für den Traditionsclub ist der negative Höhepunkt einer schlimmen Saison. Der Abschied der besten Mannschaft der 90-er Jahre ist schädlich für den deutschen Handball insgesamt. Trainer Hans-Jürgen Gerlach, der seit 1980 die Fäden beim TVL in den Händen hält, war zuletzt nur noch ein Einzelkämpfer.

Sein Herzblut allein war nicht genug. Spielerinnen wie Veronique Demoniere, Maja Mitrovic und Adrienn Öri verließen den Verein bereits während dieser Saison. Lenka

Cerna, Janes Mateja und Milica Danilovic verschwanden schon in der Sommerpause. Bereits vor über einem Jahr musste ein Aderlass von fünf Leistungsträgerinnen verkraftet werden. Unter anderem kam Agnieszka Tobiasz zum 1. FC Nürnberg.

Das übrig gebliebene Häuflein von elf tapferen Frauen kämpft nun darum, sich mit Anstand aus der Liga zu verabschieden. Mit Diane Lamein und Miroslava Ritskiavicius sind zwei überragende Spielerinnen noch in Diensten des TVL, die in der Torschützenliste sehr weit oben stehen. Vor allem auf sie muss der Club aufpassen.

TV Giessen-Lützellinden · Saison 2003-2004



Abbildung 50: Artikel über den TVL im Vorschauheft `Faszination Handball` Nr. 11 2003/04 des 1. FC Nürnberg vom 28. April 2004 mit dem dann nicht mehr aktuellen Bild der Mannschaft vor dem Beginn der Saison 2003/04.

Aus leistungsmedizinischer Sicht muss anerkennend hervorgehoben werden, dass nun die Integration junger Spielerinnen aus der eigenen A-Jugendmannschaft gelang und diese, geführt von der international erfahrenen, schon 40 Jahre alten Spielerin Miroslava Ritskiavicius, noch den 9. Tabellenplatz von 12 Mannschaften der Frauenhandballbundesliga am Ende der Saison 2003/04 erkämpften.

Die vorliegenden biologischen Leistungsdaten der A-Jugendspielerinnen des TVL zeigen, dass man in Gießen konditionell über das Niveau der Frauen aus der Bundesliga verfügte, so dass sich der wohl beste deutsche Frauenhandballtrainer Dr. H. J. Gerlach auf die spieltechnische Integration dieser jungen Mädchen und die Formierung einer konkurrenzfähigen Bundesligamannschaft in kürzester Zeit konzentrieren konnte.

Dem vielfach beachteten sportlichen Erfolg in den ersten Monaten des Jahres 2004 folgte dann der Lizenzentzug durch den Deutschen Handballbund (DHB) für das Bundesligaspieljahr 2004/05.

Folgerichtig schrieb der Ligakonkurrent 1. FC Nürnberg in seinem Vorschauheft ‚Faszination Handball‘ Nr. 11 2003/04 vor dem Heimspiel am 28. April 2004 gegen den TVL, dass man heute in Nürnberg mit dem Lizenzentzug für Gießen-Lützellinden „eine der schwärzesten Stunden des deutschen Handballs“ erlebt (Abbildung 50).

Im Sommer 2004 konnte der Verein auch die Lizenzgebühren für die 2. Bundesliga nicht mehr „auftreiben“, worauf der Zwangsabstieg in die 3. Klasse, die Regionalliga Süd-West, vom DHB beschlossen wurde.

Mit Nachwuchsspielerinnen aus dem eigenen Verein und wenigen ausländischen Spitzenspielerinnen, für letztere wurden bis Mitte Oktober 2004 aber noch keine Spielgenehmigungen vom Verband erteilt, will der Trainer Dr. Gerlach mit der bewährten Unterstützung durch die Sportmedizin der JLU den sofortigen Wiederaufstieg schaffen. Die ersten 3 Punktspiele in der Frauenhandball-Regionalliga musste der TVL deshalb mit der A-Jugendmannschaft (Abbildung 46 h) bestreiten, die sich wiederum beachtlich behauptete. Leistungsphysiologisch war dies auch nach der nochmaligen Steigerung und Intensivierung des Trainings in den letzten drei Monaten zu erwarten gewesen.

Mit dem Nichtantreten im Pokalspiel am 6. Oktober 2004 im nordhessischen Fritzlar – die Mannschaft hatte Samstagabend (2.10.04) ihr Frauenhandballregionalliga-Punktspiel in Ortenberg gewonnen (28:25), am folgenden Tag (3.10.04) in Lützellinden auch das Regionalliga-Spitzenspiel der weiblichen A-Jugend gegen die HSG Dutenhofen/Münchholzhausen mit 24:13, aber ein erneuter Einsatz der Jugendlichen wenige Tage später im Pokal wurde von den Eltern mit Rücksicht auf die schulischen oder

beruflichen Verpflichtungen der Mädchen verweigert (Abbildung 51) – ist wahrscheinlich der tiefste Punkt der sportlichen Entwicklung des Frauenhandballspitzensports in Gießen-Lützellinden erreicht.

Frauenhandball / DHB-Pokal Frauen

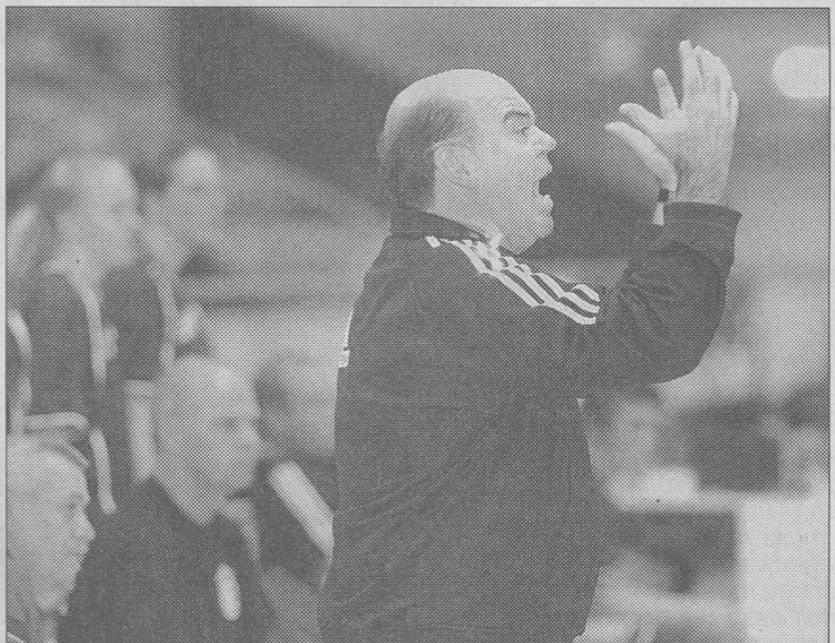
Lützellinden scheidet kampflös aus

Personelle Probleme lassen Ex-Meister auf Partie bei Germania Fritzlar verzichten

(ra) Das hat es in 24 Jahren unter der Regie von Trainer Dr. Jürgen Gerlach nicht gegeben. Der TV Lützellinden hat am Mittwoch die Partie der 2. DHB-Pokal-Hauptrunde beim klassengleichen Mitte-Regionalligisten SG Germania Fritzlar kampflös abgegeben. Am Vormittag teilte Dr. Gerlach auf Anfrage mit, dass er über keine spielfähige Mannschaft verfüge und der in die Drittklassigkeit abgestufte Ex-Meister die Fahrt in den hessischen Norden somit erst gar nicht antreten werde.

Wie aus dem Umfeld des heimischen Frauenhandball-Regionalligisten zu erfahren war, sind die Gründe für die personelle Misere vielschichtig: Erstens soll von den fünf internationalen Neuverpflichtungen aus Österreich, Ungarn, Kroatien und Serbien-Montenegro noch immer keine spielberechtigt sein. Zweitens soll man sich mit Miroslava Ritskiavitchius, die sich seit Wochen im Training befindet, noch nicht über die Grundlagen für ein weiteres Engagement geeinigt haben. Drittens soll ein Teil der Elternschaft wegen der zu erwartenden späten Rückkehr ein Veto gegen das Mitwirken der noch schulpflichtigen Jugendlichen eingelegt haben. Viertens sollen einige Akteurinnen der Regionalliga-Stammformation erkrankt sein. Fünftens soll die reaktivierte Jaroslava Ivancikova für Wochenspiele nicht zur Verfügung stehen.

Folglich hat der TV Lützellinden das erste Saisonziel, im Pokal-Wettbewerb soweit wie möglich zu kommen, schon frühzeitig aufgeben müssen. Abgesehen von den üblichen



Wann kommen wieder bessere Zeiten? Lützellindens Trainer-Manager Dr. Gerlach scheint bereits höhere Kräfte beschwören zu wollen. (Foto: Fit)

(Ausfall) Kosten, die wegen Nichtantretens nun auf den Klub zukommen, ist das ein erster Saison-Tiefschlag. Auch in der Meisterschaft läuft die Zeit

davon, wenn nicht bald alle – wie auch immer gearteten – Hürden der Spielberechtigung genommen werden. Aber diese Probleme sind nicht neu.

Abbildung 51: Bericht der Zeitung `Gießener Allgemeine` über die Gründe des kampflösen Ausscheidens der jetzt in der 3. Klasse (Regionalliga Südwest) spielenden Frauenhandballmannschaft des TV Gießen-Lützellinden am 6. Oktober 2004 gegen die SG Germania Fritzlar in der 2. DHB-Pokal-Hauptrunde.

Aus sportmedizinischer Sicht bleibt nur zu hoffen, dass der Weg wieder nach oben führt, denn die Erfolgsmannschaften des TVL waren in den letzten beiden Jahrzehnten eine wesentliche Motivation für viele Schülerinnen, Mädchen und junge Frauen Mittelhessens, mit dem Handballspielen – auch im Hinblick auf eine Verbesserung der eigenen Gesundheit und Leistungsfähigkeit – zu beginnen (IGWERKS 1995, FREY 2003, WU 2003).

Die Probleme des TV Gießen-Lützellinden dürften zur Zeit aber nur die ‚Spitze des Eisberges‘ dieser Fehlentwicklung im deutschen Frauenhandballspitzensport sein.

Die Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ, Nr. 77, 21.03.2004) beschäftigte sich mit der Überschrift: „Frauenhandball auf der Intensivstation“ mit der wirtschaftlichen und sportlichen Zukunft des deutschen Frauenhandballs, die als „düster“ eingestuft wurde.

Sportliche Erfolge der Nationalmannschaft gab es in den letzten Jahren nicht mehr, sogar die relativ leicht zu erspielende Olympia-Qualifikation für Athen 2004 wurde verpasst.

Die deutschen Frauenhandballbundesliga-Mannschaften, welche sich für die internationalen europäischen Wettkämpfe qualifiziert hatten – Siege wie beim TVL in den neunziger Jahren wurden schon gar nicht erwartet! – schieden meistens schon in den Vorrunden aus. Lediglich der 1. FC Nürnberg siegte 2004 mit drei ehemaligen Spielerinnen aus Lützellinden im wenig bedeutsamen Challenge-Cup.

Die FAZ wies auf die wirtschaftlichen Schwierigkeiten vieler Bundesligavereine hin und sprach zum Saisonende 2004 die Hoffnung aus, dass der „ehemalige Vorzeigeklub TV Gießen-Lützellinden“ des deutschen Frauenhandballs bei seinen finanziellen Problemen noch einmal „die Kurve kriegen würde“, weil ihr Trainer und Mäzen Jürgen Gerlach „wieder mal tief in die Privatschatulle greifen wird“.

Wie schon dargestellt, war diese Einschätzung der FAZ-Sportredaktion nicht realistisch, der TVL wurde vom DHB infolge seiner zu schwachen finanziellen Ressourcen sportlich zwei Klassen tiefer eingestuft – von der Bundesliga in die Regionalliga!

Nach Einschätzung des Orthopäden und Trainers Dr. H. J. Gerlach (persönliche schriftliche Mitteilung vom 28. August 2004 an den Mannschaftsarzt und Internisten Prof. Dr. P. E. Nowacki, siehe **Abbildung 52**, Anhang) hat die Leistungsdichte des Frauenhandballs seit 1998 deutlich abgenommen. Infolge der nicht mehr ausreichenden finanziellen Unterstützung aus der Werbung und Industrie musste es zu einer Abnahme des Trainingsumfanges und der Trainingsintensität kommen.

Die in dieser Dissertation vorgelegten leistungsmedizinischen Daten seiner Erfolgsmannschaften im Jugend- und Frauenbereich unterstützten, daß ein gleichmäßig hoher biologischer Leistungslevel nur durch ein intensives, gut periodisiertes Aufbau- und Wettkampftraining zu erreichen ist.

Auch in der verschlechterten Situation des Schulsports, vor allem in den westlichen Bundesländern sieht GERLACH 2004 eine Ursache für den Niedergang des Frauenhochleistungssports in Deutschland, was gerade aktuell für viele Sportarten bei den Spielen zur Feier der XXVIII. Olympiade in Athen 2004 schmerzhaft registriert werden musste.

Der deutsche Frauenhandball war überhaupt nicht vertreten, während die Männer der DHB-Auswahl die Silbermedaille erkämpften.

So bleibt zu hoffen, daß in Gießen-Lützellinden sich die Situation im Frauenhandball wieder stabilisiert und so verbessert, daß für die Nationalmannschaft Spielerinnen wieder abgestellt werden können, die an den letzten großen Erfolg – Weltmeister 1993 in Norwegen mit 3 Athletinnen des TVL im Endspiel – anknüpfen können.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Alle Untersuchungen der Handballspielerinnen, vor allem die hier integrierte **Entwicklungsstudie** über den **weiblichen Jugendhandball**, haben bestätigt, daß die regelmäßige Teilnahme am Training und den Wettkämpfen für Mädchen und Frauen einen großen **präventiv-medizinischen Gesundheitswert** besitzt.

Die vorliegende **experimentelle Studie** über den **Frauenhandball** basiert auf den Ergebnissen von leistungsmedizinischen Untersuchungen an insgesamt **353 Handballspielerinnen**.

32 Probandinnen - 10 Spielerinnen des Bundesligakaders 1998/99, 7 Spielerinnen des Regionalligakaders 1998/99, 15 Spielerinnen aus der A-Jugend 1998/99 des TV Gießen - Lützellinden - wurden von mir persönlich getestet.

Die Untersuchungen fanden im **Zeitraum** vom 30.07.1998 bis zum 18.01.1999 am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki statt.

Aktuell wurde zusätzlich noch der Zeitraum bis zum **Ende der Saison 2003/2004** mit **93 Untersuchungen** an **48 Spielerinnen** mit einbezogen.

31 Probandinnen - allesamt Mitglieder des erfolgreichen Bundesligakaders der **Spielzeiten 1989-1997** des TV Gießen-Lützellinden - wurden am Sport-medizinischen Institut Gießen untersucht und die Ergebnisse von mir retrospektiv ausgearbeitet.

Im **Zeitraum** von **1979-1996** wurden **242** regional aktive **Handballspielerinnen** im **Alter** von **12 - 29 Jahren** am Institut für Sportmedizin untersucht, die Ergebnisse ebenfalls von mir retrospektiv ausgewertet und als **Entwicklungsstudie** dargestellt.

Sämtliche dieser **ergometrischen Leistungstests** fanden auf dem **Fahrradergometer** nach der **1 Watt / kg Körpergewichts-Methode** statt.

Aus dem Bundesligakader der Spielzeiten **1989-1997** wurden **19 Spielerinnen** zusätzlich **spiroergometrisch** untersucht.

10 dieser **19 Spielerinnen** wurden nach **3 verschiedenen Belastungsmethoden** - **0,5 Watt/kg KG Fahrrad-, 1Watt/kg KG Fahrrad- und 0,5 Watt/kg KG Laufbandspiroergo-**

metrie – getestet, sodaß eine **Analyse „Fahrradergometrie vs Laufbandergometrie“** durchgeführt werden konnte.

Die **eingangs gestellten Fragen** können somit auf der Grundlage meiner Untersuchungen **wie folgt beantwortet** werden:

Zu 1:

Schon sehr früh sind bei Mädchen (D-Jugend 10,0 – 11,9 Jahre) positive Effekte durch den Handballsport auf ihre körperliche und kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit, die als befriedigend trainiert beurteilt werden können, zu beobachten. Diese Entwicklung verstärkt sich über die C-, B- und A-Jugend bis zum Seniorenbereich mit einem gut und sehr gut trainierten Trainingszustand des Haltungs- und Bewegungsapparates, sowie des Kreislaufsystems. Einzelne erwachsene Handballspielerinnen des TV Gießen-Lützellinden, die gleichzeitig Nationalspielerinnen in Deutschland oder in ihren Heimatländern sind, erreichen durch ihr jahrelanges allgemeines und sportartspezifisches Training einen Hochleistungstrainingszustand mit 5 W/kg KG bei der schöpfenden Fahrradergometrie im Sitzen nach der Gießener 1 W/kg KG – Methode. Dieses Belastungsverfahren eignet sich sehr gut zur Klassifizierung des Trainingszustandes im Mädchen- und Frauenhandball.

Zu 2:

Schon die 10- bis 12-jährigen Handballspielerinnen haben die Leistungsfähigkeit einer erwachsenen untrainierten Frau erreicht.

Ab der C-Jugend (12,0 bis 13,9 J) ist das körperliche und kardiorespiratorische Leistungsvermögen der Handballspielerinnen befriedigend bis gut trainiert und übertrifft dasjenige gesunder, untrainierter Frauen im 3. Lebensjahrzehnt.

Zu 3:

Die körperliche, kardiozirkulatorische und kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit der Handballspielerinnen aus den Bundesliga-Spitzenmannschaften des TV Gießen-Lützellinden von 1989 bis 2004 (Trainer: Orthopäde Dr. med. Hans Jürgen Gerlach; Mannschaftsarzt/Leistungsdiagnostiker: Internist Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki) kann mindestens mit gut (1'4 W/kg KG), überwiegend mit sehr gut trainiert (2'4 W/kg KG)

beurteilt bzw. bei den Nationalspielerinnen dem Hochleistungszustand (1' bis 2' 5 W/kg KG) zugeordnet werden.

Zu 4:

Die erschöpfenden spiroergometrischen Untersuchungen der Handballspielerinnen auf dem Fahrradergometer im Sitzen (1 W/kg KG- und 0,5 W/kg KG-Methoden) und bei der Laufbandergometrie (0,5 W/kg KG-Methode) haben ganz allgemein die in der Literatur beschriebenen mindestens 10 % höheren kardiorespiratorischen Leistungsparameter auf dem Laufband bestätigt.

Die statistisch hoch signifikanten Unterschiede beim Vergleich Fahrrad- vs. Laufbandspiroergometrie für die um 15 % bis 40 % höheren Maximalwerte des Atemminutenvolumens (AMV I BTPS), der absoluten und relativen Sauerstoffaufnahme ($VO_2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ und $VO_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ STPD) sowie des Sauerstoffpulses ($VO_2/\text{Hf ml} \cdot \text{min}^{-1}$) bestätigen, dass die Gruppe der 10 Athletinnen sich auf dem Laufband stärker ausbelasten kann.

Zu 5:

Das sportmedizinische Leistungsprofil der Handballspielerinnen vom Mädchen- bis zum Frauenbereich der in Deutschland in den letzten 15 Jahren erfolgreichsten Bundesligamannschaft des TV Gießen-Lützellinden liegt im befriedigend bis sehr gut trainierten, teilweise im Frauen-Hochleistungsbereich.

Eine nochmalige Steigerung ist aber bei allen untersuchten Athletinnen bei einer weiteren Intensivierung und quantitativen Ausweitung des Trainings aus leistungsphysiologischer Sicht möglich.

Eine Überforderungsreaktion des weiblichen Organismus (Übertrainingssyndrom nach ISRAEL) oder gesundheitliche Schäden wären dabei aus sportmedizinischer Sicht nicht zu befürchten.

Somit ist das biologische Leistungsprofil der Handball spielenden Frauen auch im Spitzenbereich in der Bundesrepublik Deutschland auch Ende des Jahres 2004 noch nicht ausgeschöpft!

Die **Ergebnisse** werden abschließend noch einmal ‚**tabellarisch**‘ zusammengefasst, was die **vergleichende Betrachtung/Analyse** der untersuchten **Parameter** und **Gruppen** der **Handballspielerinnen** erleichtert:

Funktionsdiagnostik der körperlichen Leistungsfähigkeit

Maximale absolute Wattstufe

a) TVL Vergleichsgruppen

A-Jugend	235 ± 43,9 Watt
Regionalliga	283 ± 29,3 Watt
Bundesliga 1989 – 1997	265 ± 35 Watt
Bundesliga 1998 / 99	263 ± 30 Watt

Signifikante Unterschiede A-Jugend mit Regionalliga und Bundesliga 1989 – 1997.

b) Entwicklungsstudie

D-Jugend	121 ± 24,6 Watt
C-Jugend	158 ± 36,2 Watt
B-Jugend	197 ± 4,6 Watt
A-Jugend	204 ± 39,7 Watt
Seniorinnen	212 ± 42,7 Watt
TVL 1998 / 99	siehe oben

Die Werte der B-Jugend, A-Jugend, Seniorinnen unterscheiden sich nicht signifikant, die Werte aller übrigen Gruppen überwiegend höchst signifikant voneinander.

Maximale relative Wattstufe

a) TVL Vergleichsgruppen

A-Jugend	3,9 ± 0,5 W/kg
Regionalliga	4,0 ± 0 W/kg
Bundesliga 1989 – 1997	3,8 ± 0,6 W/kg
Bundesliga 1998 / 99	4,0 ± 0,5 W/kg

Unterschiede nicht signifikant.

b) Entwicklungsstudie

D-Jugend	3,0 ± 0,5 W/kg
C-Jugend	3,2 ± 0,6 W/kg
D-Jugend	3,5 ± 0,6 W/kg
A-Jugend	3,4 ± 0,6 W/kg
Seniorinnen	3,5 ± 0,6 W/kg
TVL 1998 / 99	siehe oben

Unterschiede statistisch nicht zu bewerten, keine Normalverteilung.

Absolute Gesamtarbeit

a) TVL-Vergleichsgruppen

A-Jugend	904 ± 193 Wmin
Regionalliga	1214 ± 138 Wmin
Bundesliga 1989 – 1997	1066 ± 164 Wmin
Bundesliga 1998 / 99	1152 ± 156 Wmin

Hoch signifikante Unterschiede A-Jugend mit den übrigen Gruppen.

b) **Entwicklungsstudie**

D-Jugend	423 ± 108 Wmin
C-Jugend	574 ± 154 Wmin
B-Jugend	751 ± 187 Wmin
A-Jugend	775 ± 188 Wmin
Seniorinnen	798 ± 232 Wmin
TVL 1998 / 99	siehe oben

Die Werte der D-Jugend, A-Jugend, Seniorinnen unterscheiden sich nicht signifikant, die Werte aller übrigen Gruppen höchst signifikant voneinander.

Relative Gesamtarbeit

a) **TVL-Vergleichsgruppen**

A-Jugend	14,9 ± 3,5 Wmin / kg
Regionalliga	17,1 ± 2,2 Wmin / kg
Bundesliga 1989 – 1997	15,1 ± 2,9 Wmin / kg
Bundesliga 1998 / 99	17,3 ± 3,0 Wmin / kg

Keine signifikanten Unterschiede.

b) **Entwicklungsstudie**

B-Jugend	10,7 ± 2,7 Wmin / kg
C- Jugend	11,9 ± 3,2 Wmin / kg
D-Jugend	13,2 ± 3,3 Wmin / kg
A-Jugend	12,9 ± 3,0 Wmin / kg
Seniorinnen	13,2, ± 3,8 Wmin / kg
TVL 1998 / 99	siehe oben

Die Werte der D-Jugend unterscheiden sich hoch / höchst signifikant von den Werten der B-Jugend, A-Jugend, Seniorinnen, Bundesliga 1998 / 99. Die Werte der Bundesliga 1998 / 99 liegen hoch / höchst signifikant über den Werten der übrigen Gruppen.

Belastungszeit

a) **TVL-Vergleichsgruppen**

A-Jugend	404 ± 57 s
Regionalliga	439 ± 35 s
Bundesliga 1989 – 1997	408 ± 42 s
Bundesliga 1998 / 99	444 ± 46,5 s

Keine signifikanten Unterschiede.

b) **Entwicklungsstudie**

B-Jugend	331 ± 49,6 s
C-Jugend	355 ± 47, 9 s
D-Jugend	383 ± 47,1 s
A-Jugend	377 ± 42,6 s
Seniorinnen	375 ± 60,2 s
TVL 1998 / 99	siehe oben

Die Werte der B-Jugend lagen hoch / höchst signifikant unter den Werten der D-Jugend, A-Jugend, Seniorinnen, Bundesligamannschaft 1998 / 99. Die Werte der Bundesliga 1998 / 99 lagen hoch / höchst signifikant über den Werten der übrigen Gruppen.

Absolute PWC 170

a) TVL-Vergleichsgruppen

A-Jugend	181 ± 40,8 W
Regionalliga	225 ± 38,0 W
Bundesliga 1989 – 1997	250 ± 42,0 W
Bundesliga 1998 / 99	237 ± 31,7 W

Der Wert der A-Jugend lag hoch / höchst signifikant unter denen der beiden Bundesliga-Mannschaften.

b) Entwicklungsstudie

D-Jugend	91 ± 22,1 W
C-Jugend	115 ± 29,4 W
B-Jugend	150 ± 27,1 W
A-Jugend	163 ± 29,6 W
Seniorinnen	163 ± 34,4 W
TVL- 1998 / 99	siehe oben

Die Werte der B-Jugend, A-Jugend, Seniorinnen unterscheiden sich nicht signifikant, die Werte aller übrigen Gruppen höchst signifikant voneinander.

Relative PWC 170

a) TVL-Vergleichsgruppen

A-Jugend	3,0 ± 0,7 W/kg
Regionalliga	3,1 ± 0,4 W/kg
Bundesliga 1989 – 1997	3,5 ± 0,5 W/kg
Bundesliga 1998 / 99	3,6 ± 0,7 W/kg

Der Wert der A-Jugend unterscheidet sich signifikant von denen der beiden Bundesliga-Mannschaften.

b) Entwicklungsstudie

D-Jugend	2,3 ± 0,4 W/kg
C-Jugend	2,4 ± 0,4 W/kg
B-Jugend	2,6 ± 0,4 W/kg
A-Jugend	2,8 ± 0,5 W/kg
Seniorinnen	2,8 ± 0,6 W/kg
TVL 1998 / 99	siehe oben

Der Wert der D-Jugend unterscheidet sich hoch / höchst signifikant von denen der B-Jugend, A-Jugend, Seniorinnen, Bundesliga TVL 1998 / 99. Der Wert der C-Jugend unterscheidet sich hoch / höchst signifikant von denen der A-Jugend, Seniorinnen, Bundesliga 1998 / 99. Die Werte der B-Jugend unterscheiden sich signifikant von dem der Bundesliga-Mannschaft 1998 / 99.

Maximale Herzfrequenz

a) TVL-Vergleichsgruppen

A-Jugend	187 ± 11 / min
Regionalliga	187 ± 6 / min
Bundesliga 1989 – 1997	176 ± 11 / min
Bundesliga 1998 / 99	180 ± 9 / min

Der Wert der TVL-Bundesliga-Mannschaft 1989–1997 unterscheidet sich signifikant von denen der A-Jugend und der Regionalliga.

b) Entwicklungsstudie

D-Jugend	192 ± 9 / min
C-Jugend	190 ± 9 / min
B-Jugend	188 ± 10 / min
A-Jugend	185 ± 9 / min
Seniorinnen	184 ± 8 / min
TVL 1998 / 99	siehe oben

Der Wert der D-Jugend unterscheidet sich hoch signifikant von denen der A-Jugend, Seniorinnen und Bundesligamannschaft 1998 / 99. Der Wert der C-Jugend unterscheidet sich signifikant von dem der Bundesligamannschaft 1998 / 99.

Respiratorische Leistungsfähigkeit

Maximales Atemminutenvolumen

TV Gießen Lützelinden Bundesliga-Kader der Spielzeiten 1989 – 1997 (n = 19)

- Die fünf besten Spielerinnen erreichten ein maximales Atemminutenvolumen von durchschnittlich 123 ± 9 l.
- Die fünf schwächsten Spielerinnen erreichten ein maximales Atemminutenvolumen von durchschnittlich 82 ± 4 l.
- Der Durchschnitt der Werte aller Spielerinnen betrug 99 ± 17l.

Kardiorespiratorische Funktionsgrößen

Maximale relative Sauerstoffaufnahme

TVL Bundesliga-Kader 1989 – 1997 (n = 19)

- Die fünf besten Spielerinnen erreichten eine maximale relative Sauerstoffaufnahme von 47,2 ± 2,4 ml / kg KG.
- Die fünf schwächsten Spielerinnen erreichten eine maximale relative Sauerstoffaufnahme von 36,0 ± 1,6 ml / kg KG.
- Der Durchschnitt der Werte aller Spielerinnen betrug 41,4 ± 4,9 ml / kg KG.

Maximale absolute Sauerstoffaufnahme

TVL Bundesliga-Kader 1989 – 1997 (n = 19)

- Die fünf besten Spielerinnen erreichten eine maximale absolute Sauerstoffaufnahme von 3264 ± 134 ml.
- Die fünf schwächsten Spielerinnen erreichten eine maximale absolute Sauerstoffaufnahme von 2742 ± 42 ml.
- Der Durchschnitt der Werte aller Spielerinnen betrug 2971 ± 224 ml.

Maximaler Sauerstoffpuls

TVL Bundesliga-Kader 1989 – 1997 (n = 19)

- a) Die fünf besten Spielerinnen erreichten einen maximalen Sauerstoffpuls von $19,2 \pm 0,7$ ml.
- b) Die fünf schwächsten Spielerinnen erreichten einen maximalen Sauerstoffpuls von $15,5 \pm 0,6$ ml.
- c) Der Durchschnitt der Werte aller Spielerinnen betrug $17,1 \pm 1,5$ ml.

Vergleich der Belastungsmethoden – Fahrradspiroergometrie vs Laufbandspiroergometrie

Maximale absolute Wattstufe

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 253 ± 34 W.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 230 ± 22 W.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufband** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 203 ± 19 W.

Der bei der Laufbandspiroergometrie ermittelte Wert unterscheidet sich signifikant von den bei der 1,0 und 0,5 W/kg Fahrradergometrie ermittelten Werten.

Maximale relative Wattstufe

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $3,6 \pm 0,5$ W/kg KG.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $3,4 \pm 0,3$ W/kg KG.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufband** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $3,0 \pm 0,5$ W/kg KG.

Der bei der Laufbandergometrie ermittelte Wert unterscheidet sich signifikant von dem bei der 1,0 W/kg Fahrradergometrie ermittelten Wert.

Absolute Gesamtarbeit

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 376 ± 97 Wmin.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 1663 ± 195 Wmin.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufband** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 1380 ± 247 Wmin.

Der bei der 1,0 W/kg-Fahrradergometrie ermittelte Wert liegt hoch / höchst signifikant unter den bei der 0,5 W/kg-Fahrradergometrie und bei der Laufbandergometrie ermittelten Werten. Der bei der 0,5 W/kg-Fahrradergometrie ermittelte Wert liegt signifikant über dem bei der Laufbandergometrie ermittelten Wert.

Relative Gesamtarbeit

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $13,9 \pm 1,9$ Wmin/kg.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $25,3 \pm 5,1$ Wmin/kg.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufband** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $21,1 \pm 5,9$ Wmin/kg.

Der bei der 1,0 W/kg-Fahrradergometrie ermittelte Wert liegt hoch / höchst signifikant unter den bei der 0,5 W/kg-Fahrradergometrie und bei der Laufbandergometrie ermittelten Werten. Der bei der 0,5 W/kg-Fahrradergometrie ermittelte Wert liegt signifikant über dem bei der Laufbandergometrie ermittelten Wert.

Belastungszeit

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 389 ± 27 s.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 773 ± 63 s.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufband** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 698 ± 112 s.

Der bei der 1,0W/kg-Fahrradergometrie ermittelte Wert liegt höchst signifikant unter den bei der 0,5W/kg -Fahrradergometrie und bei der Laufbandergometrie ermittelten Werten. Der bei der 0,5 W/kg-Fahrradergometrie ermittelte Wert liegt signifikant über dem bei der Laufbandergometrie ermittelten Wert.

Absolute PWC₁₇₀

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 252 ± 29 W.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 220 ± 24 W.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufband** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 138 ± 41 W.

Der bei der Laufbandergometrie ermittelte Wert liegt höchst signifikant unter den bei der 0,5 W-Fahrradergometrie und 1,0 W-Fahrradergometrie ermittelten Werten.

Relative PWC₁₇₀

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $3,5 \pm 0,7$ W/kg.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $3,2 \pm 0,4$ W/kg.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufbandergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $2,0 \pm 0,7$ W/kg.

Der bei der Laufbandergometrie ermittelte Wert liegt höchst signifikant unter den bei der 0,5-W/kg Fahrradergometrie und bei der 1,0 W/kg Fahrradergometrie ermittelten Werten.

Maximale Herzfrequenz

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 171 ± 12 / min.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 177 ± 8 / min.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufbandergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 186 ± 9 / min.

Der bei der Laufbandergometrie ermittelte Wert liegt höchst signifikant über den bei der 0,5-W/kg Fahrradergometrie und bei der 1,0 W/kg Fahrradergometrie ermittelten Werten.

Maximales Atemminutenvolumen

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $96,3 \pm 19,4$ l.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $94,3 \pm 11,7$ l.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufbandspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $119,1 \pm 13,1$ l.

Der bei der Laufbandspiroergometrie ermittelte Wert liegt höchst signifikant / signifikant über den bei der 0,5-W/kg Fahrradspiroergometrie und 1,0-W/kg Fahrradspiroergometrie ermittelten Werten.

Maximale relative Sauerstoffaufnahme

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $39,4 \pm 7,0$ ml/kg.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $45,6 \pm 4,9$ ml/kg.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufbandspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $55,7 \pm 5,1$ ml/kg.

Der bei der Laufbandspiroergometrie ermittelte Wert liegt höchst signifikant über den bei der 0,5-W/kg Fahrradspiroergometrie und 1,0-W/kg Fahrradspiroergometrie ermittelten Werten.

Maximale absolute Sauerstoffaufnahme

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 2879 ± 461 ml.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 3223 ± 244 ml.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufbandspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich 3841 ± 282 ml.

Der bei der Laufbandspiroergometrie ermittelte Wert liegt höchst signifikant / hoch signifikant über den bei der 0,5-W/kg Fahrradspiroergometrie und 1,0-W/kg Fahrradspiroergometrie ermittelten Werten.

Maximaler Sauerstoffpuls

Bei der **1,0 W/kg-Methode auf dem Fahrradspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $16,6 \pm 1,9$ ml.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Fahrradspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $17,9 \pm 1,8$ ml.

Bei der **0,5 W/kg-Methode auf dem Laufbandspiroergometer** erreichten die Spielerinnen durchschnittlich $20,7 \pm 1,3$ ml.

Der bei der Laufbandspiroergometrie ermittelte Wert liegt hoch signifikant über den bei der 0,5-W/kg Fahrradspiroergometrie und 1,0-W/kg Fahrradspiroergometrie ermittelten Werten.

SUMMARY

Aim: Examined was the influence of regular physical training on the physical and cardio-respiratory performance of girls and women.

Test persons: 353 female handball players were examined with graded maximal cycle ergometry. The examinations of 31 elite players of the German National League 1989-1997 of the TV Gießen-Lützellinden (TVL) were evaluated retrospectively. Topically the period until the end of the 2003/2004 season with 93 examinations on 48 players was included. As a development study the results from 1979-1996 of the examinations of 242 female handball players who were active on a regional level were presented and the results were then compared with those of the professional players of the TVL.

Method: All ergometric performance tests took place on a bicycle ergometer according to the 1 Watt/kg bodyweight method. 19 players of the elite players of the German National League 1989-1997 were additionally spiro-ergometrically examined. 10 of these 19 female players were tested according to 3 different methods - 0,5 Watt/kg bodyweight method bicycle ergometry, 1 Watt/kg bodyweight bicycle ergometry and 0,5 Watt/kg bodyweight treadmill spiroergometry. An analysis "bicycle ergometry versus treadmill ergometry" could be carried out, especially from the values of maximum oxygen uptake, oxygen-pulse and respiratory minute volume.

Results: Positive effects through handball sports could be noted throughout all examined age groups. During the aging process from 10 to 18 years a satisfactory to very good training condition (4 W/kg bw) of the musculoskeletal and locomotor systems was observed. Individual handball players of the TV Gießen-Lützellinden reached a high trained state of 5 W/kg bodyweight after general and sports specific training over many years. Already the 10 to 12 years old female handball players reach the working capacity of a normal untrained adult woman and from the C-youth (12 – 13,9 years) onward the working capacity of healthy untrained women in their third decade will be surpassed. From a physiological perspective a further performance increase could be possible for all athletes with more frequent and more intense training. Therefore, the biological performance profile of handball playing women in the Federal Republic of Germany even at the end of the year 2004 had not been exhausted! The exhausting spiroergometric examinations of the female handball players sitting on the bicycle ergometer (1 W/kg bodyweight- and 0,5 W/kg bodyweight-methods) and the treadmill ergometer (0,5 W/kg bodyweight-method) in general confirmed the at least 10% higher cardiorespiratory performance parameters on the treadmill described in literature. Bicycle ergometry 1 W/kg

bw = 39,4 ml VO₂ max • kg⁻¹ • min⁻¹, 0,5 W/kg bw = 45,6 ml and exhaustive treadmill ergometry VO₂/kg = 55,7 ml STPD.

Conclusions: All examinations of the handball-playing women, in particular the development study of the female youth squad, which has been integrated here, confirmed that regular participation in training sessions and competitions leads to a good trained medical health status of all female handball players.

7 LITERATURVERZEICHNIS

APPEL, B.:

Das adipöse Kind im Sportunterricht – Experimentelle sportmedizinische und theoretisch – sportdidaktische Aspekte.

Wiss. Examensarbeit (Sportmedizin / Sportdidaktik) , JLU Gießen 1996, 1 – 91

ASTRAND, P.O.:

Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age.

Ejnar Munksgaard, Kopenhagen 1952

ASTRAND, P.O., K. RODAHL:

Textbook of Work Physiology

Mc. Graw-Hill Book Camp, New York 1977

BACHL, N.:

Leistungsdiagnostik im Kindes- und Jugendalter.

In: Prokop, L. (Hrsg.):

Kinder- und Sportmedizin

Fischer Verlag, Stuttgart 1986, 95 – 126

BADTKE, G. (Hrsg.):

Lehrbuch der Sportmedizin

Johann Ambrosius Barth Verlag, Heidelberg – Leipzig 3. Auflg. 1995

BAR-OR, O.:

Trainability of the prepubescent child.

Phys. Sports Med. 17, 1989, 65 – 82

BASTIAN, M., KUNZE, M., R. SATTLER:

Trainingsbedingte Anpassungsreaktionen des kardiopulmonalen Systems bei jugendlichen Boxsportlern.

Med. u. Sport 18, 1972, 189 – 192

BOUCHARD, C., M.C. THIBAUT:

Übung und Training in Kindheit und Jugend

In: Hollman, W. (Hrsg.)

Zentrale Themen der Sportmedizin

Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, Tokyo, 1986, 324-342

BRAUER, B., W. WOLF

Einführung in die Spirographie und Ergometrie

Beitr. z. Klin. d. Tuberkulose 94, 1940, 504 – 519

BURGER, H.J., P.E. NOWACKI:

Physiologische und biochemische Reaktionen bei sportartspezifischer Belastung von Tanzpaaren der hessischen Hauptklassen D – S.

In: Rieckert, H. (Hrsg.)

Sportmedizin – Kursbestimmung

Kongressband 30. Deutscher Sportärztekongress, Kiel 1986

Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York – London – Paris –

Tokyo 1987, 573 - 578

BURGER, H.J.:

Kardio-respiratorische und metabolische Belastbarkeit von Tanzsportlern unterschiedlicher Startklassen bei allgemeiner und sportartspezifischer Ergometrie und Leistungsdiagnostik
Inaug. Diss. (Dr. phil.) JLU Gießen, 121-129

CAI, D.Y., NOWACKI, P.E., S. SCHÜLKE:

Vergleichende Untersuchungen über den Wert der sportartspezifischen Leistungsdiagnostik im Feldtest und im Labor bei Skilangläufern der Deutschen Spitzenklasse.
In: Riekert, H. (Hrsg.)
Sportmedizin – Kursbestimmung
Kongressband 30. Deutsche Sportärztekongress, Kiel 1986
Springer Verlag, Berlin - Heidelberg – New York – London – Paris – Tokyo 1987, 727 - 732

COTTA, H., H.M. SOMMER:

Die Belastbarkeit und Trainierbarkeit der Haltungs- und Bewegungsorgane in den verschiedenen Alters- und Entwicklungsstufen.
In: Prokop, L. (Hrsg.):
Kindersportmedizin
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart – New York 1986, 5 – 18

DIERCK, T., H. RIECKERT:

Die Belastung des Jugendlichen beim Optimist-Segeln.
Dtsch. Zschr. Sportmed. 31, 1980, 262-267

DITTER, H. u. NOWACKI, P.E.:

Körperliche und kardio-pulmonale Leistungsfähigkeit der Junioren-Ruder-Nationalmannschaft vor der Weltmeisterschaft 1975
Sportarzt u. Sportmed. 27, 1976, 73-79

DITTER, H., NOWACKI, P.E., SIMAI, E., I. SIEGFRIED:

Computergesteuerte spiro-ergometrische Funktionsdiagnostik bei national erfolgreichen Faustballspielerinnen.
Sportarzt und Sportmed. 28, 1977, 227 – 230

DITTER, H., WINKLER, U., P.E. NOWACKI:

Das Verhalten des Säure-Basen Haushaltes nach maximaler körperlicher Belastung bei untrainierten und trainierten Schülern im Vergleich zu Leistungssportlern verschiedener Disziplinen.
Therapiewoche 28, 1978, 5430 – 5451

DITTER, H., NOWACKI, P.E., WASMUND, U., E. SIMAI:

Kardio-pulmonale Reaktionen von 10-jährigen untrainierten Jungen und Mädchen bei einem 3000 m-Lauf auf dem Laufband.
Dtsch. Zschr. Sportmed. 29, 1978, 127 – 135

DONATH, R., G. ROSEL:

Untersuchungen zur Ausdauerentwicklung bei untrainierten Schülern.
Medizin und Sport 11, 1974, 322-329

DRANSFELD, B.:

Sauerstoffaufnahme und Sauerstoffpuls bei ergometrischer Leistung.

In: Mellerowicz, H., Hansen, G.(Hrsgb.)

1. Internationales Seminar für Ergometrie.

24. – 26.05.1965, Berlin

Institut für Leistungsmedizin Berlin

Tagungsbericht 1965, 123-137

ELGOHARI, Y.:

Quantitative und qualitative corporale, kardiozirkulatorische, kardiorespiratorische und metabolische Reaktionen von Männern bei / nach erschöpfenden Spiroergometrien in Abhängigkeit vom Trainingszustand, der Sportart sowie unterschiedlichen Belastungsmethoden

Inaug. Diss. (Dr. phil.), JLU Gießen 2003, 1 – 394

ERIKSSON, B.O.:

Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11 – 13 year old boys.

Acta Physiol. Scand. Suppl. 384, 1972, 1 – 48

FALKENHAGEN, A.:

Sportmedizinisches Leistungsprofil einer Bundesliga - Frauenhandballmannschaft.

Magisterarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen, 1991

FALKENHAGEN, A.; MEDAU, H.J.; GERLACH, J.; TINIAKOS, G.A. ,P.E. NOWACKI:

Frauenhandballspezifische Laufbandspiroergometrie und sportmedizinisches Leistungsprofil des Deutschen Meisters und Pokalsiegers 1989 und 1990 TV Lützellinden.

In: MEDAU, H.J., P.E. NOWACKI (Hrsg.):

Frau und Sport IV.

Die olympischen Disziplinen der Frau im Sport.

(Erstes gesamtdeutsches Sportmedizinisches Symposium in Coburg 1990)

Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 41

perimed-spitta, Med. Verlagsgesellschaft, Erlangen 1992, 102-109

FANDREY, K.-D.:

Die Bedeutung der maximalen Sauerstoffschuld für die Einschätzung der anaeroben Kapazität in der Leistungsphysiologie unter besonderer Berücksichtigung der Fünf- und Zehnminuten-Sauerstoffschuld an der Gesamtsauerstoffschuld.

Wiss. Staatsexamensarbeit (Sportmedizin/Sportwissenschaft), Justus-Liebig-Universität Gießen 1977, 1-54

FREY, D.:

Sportmedizinisches Leistungsprofil motorisch positiver Gießener Schulkinder des dritten und vierten Schuljahres vor und nach einer zweijährigen außerschulischen Sportförderung in Talentaufbaugruppen.

Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 2003, 1 – 175

GRANDMONTAGNE, M.:

Influence du niveau habituel d'activité sportive sur le developpement de l'aptitude physique chez l'enfant de 11 à 16 ans.

Medicine du Sport 57, 1983, 12 – 17

HANSEN, G.:

Atemzeitvolumen und Atemäquivalent bei ergometrischer Leistung:
In: Mellerowicz, H., Jokl, E., Hansen, G. (Hrsg.):
Ergebnisse der Ergometrie. COR-Beiträge zur Kardiologie.
perimed Verlag, Erlangen 1975, 147 – 154

HELBING, G., P.E. NOWACKI:

Die maximale Sauerstoffschuld als Leistungskriterium.
In: Hahnekopf, G. (HRSG.):
Kongressbericht 16. Weltkongress für Sportmedizin 12. – 16.6.1966, Hannover
Deutscher Ärzte Verlag, Köln-Berlin 1966, 253-256

HENDERSON, Y., A.L. PRINCE:

The oxygen pulse and the systolic discharge.
Amer. J. Physiol. 35, 1914, 106-115

HENNE, C.:

Sportartspezifische kardiorespiratorische und metabolische Leistungsdiagnostik
sowie geschlechtsspezifische Besonderheiten in der spezifischen
Leistungsfähigkeit im Triathlon.
Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 2002, 1 – 149

HILL, A.V.:

Muscular Activity
The Williams & Wilkins Company, Baltimore 1925

HOCHBERG, Y., A. TAMHANE

Multiple Comparison Procedures
Wiley, New York, 1987

HOLLMANN, W.:

Der Arbeits- und Trainigseinfluss auf Kreislauf und Atmung.
Steinkopf Verlag, Darmstadt, 1959

HOLLMANN, W., VALENTIN, H., VENRATH, H., A. BONNEKOH:

Untersuchungen zum Verhalten des Sauerstoffpulses unter verschiedenartiger
körperlicher Belastung, unterschiedlicher Arbeitsintensität und –dauer.
Sportarzt und Sportmed. 12, 1961, 248 – 251

HOLLMANN, W., H. VENRATH:

Die Beeinflussung von Herzgröße, maximaler sauerstoffaufnahme und
Ausdauergränze durch ein Ausdauertraining mittlerer und hoher Intensität.
Sportarzt und Sportmed. 14, 1963, 189-193

HOLLMANN, W.:

Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers.
Spiroergometrische Beurteilung und Untersuchungsergebnisse von männlichen und
weiblichen Personen des 1.-8. Lebensjahrzehnts.
Wissenschaftliche Schriftenreihe des DSB, Bd. 5
Johann Ambrosius Barth Verlag, München 1963

HOLLMANN, W.:

Kriterien der körperlichen, cardialen und pulmonalen Leistungsgrenzen.
In: Mellerowicz, H., G. Hansen, (Hrsg.):
Kongressbericht des 1. Internationalen Seminars für Ergometrie.
Ergon Verlag, Berlin 1965, 186 – 188

HOLLMANN, W., BOUCHARD, C., G. HERKENRATH:

Die Entwicklung der Leistungsfähigkeit des kardio-pulmoalen Systems bei Kindern und Jugendlichen des achten bis achtzehnten Lebensjahres.

Sportarzt u. Sportmed. 16, 1965, 255 – 260

HOLLMANN, W.:

Körperliches Training als Prävention von Herz-Kreislaufkrankheiten.

Hippokrates Verlag Stuttgart 1965

HOLLMANN, W., SCHOLTZMETHNER, R., GRÜNEWALD, B., H. WERNER:

Untersuchungen zur Ausdauerverbesserung 9- bis 11-jähriger Mädchen im Rahmen des Schulsonderturnens.

Leibeserz. 16, 1967, 321 – 329

HOLLMANN, W., C. BOUCHARD:

Untersuchungen über die Beziehung zwischen chronologischem und biologischem Alter zu spiroergometrischen Meßgrößen, Herzvolumen, anthropometrischen Daten und Skelettmuskelkraft bei 8 bis 18 Jährigen.

Z. Kreislaufforsch. 59, 1970, 160-176

HOLLMANN, W., HECK, H., SCHMÜCKER, B., STOLTE, A., LIESEN, H.,

FOTESCH, M.D., MATHUR, D.N., Mitarb. K.H. JONDRA:

Vergleichende spiro-ergometrische Untersuchungen über den Effekt und die Aussagekraft von Laufband- und Fahrradergometerbelastungen.

Sportarzt u. Sportmed. 22, 1971, 123 – 134

HOLLMANN, W.:

Kriterien der kardialen und pulmonalen Leistungsgrenzen.

In: MELLEROWICZ, H., JOKL, E. u. G. HANSEN (Hrsg.):

Ergebnisse der Ergometrie.

(COR – Beiträge zur Kardiologie)

perimed, Erlangen 1975, 179 – 192

HOLLMANN, W., ROST, R., MADER, A., LIESEN, H., H. HECK:

Zur kardiopulmonalen Trainierbarkeit unter besonderer Berücksichtigung der präpuberalen Phase.

Leistungssport 13, 1983, 11 – 15

HOLLMANN, W.:

Zentrale Themen der Sportmedizin.

Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York – Tokyo 3. Auflg. 1986

HOLLMANN, W.:

Lungenfunktion, Atmung, Gasstoffwechsel im Sport.

In: HOLLMANN, W. (Hrsg.):

Zentrale Themen der Sportmedizin.

Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York – Tokyo 3. Auflg. 1986, 144 – 168

HOLLMANN, W.:

Die Belastbarkeit und Trainierbarkeit der Haltrungs- und Bewegungsorgane in den verschiedenen Alters- und Entwicklungsstufen.

In: PROKOP, L. (Hrsg.):

Kinder – Sportmedizin

Fischer Verlag, Stuttgart 1986, 19 – 42

HOLLMANN, W.:

Training und Sport als Mittel der Präventivmedizin in der Kardiologie.

In: HOLLMANN, W. (Hrsg.):

Zentrale Themen der Sportmedizin.

Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York – Tokyo 3. Aufl. 1986, 1-23

HOLLMANN, W., A. MADER:

The respiratory system.

In: Dirix, A., H.G. Knuttgen, K. Tittel (Eds.):

The Olympic Book of Sport Medicine, Vol.1.

Oxford-London-Edinburgh-Boston-Palo Alto-Melbourne 1988, 49-57

HOLLMANN, W.:

Spiroergometrie.

In: Röthig (Red.):

Sportwissenschaftliches Lexikon.

Hofmann, Schorndorf 6. Aufl. 1992

HOLLMANN, W., T. HETTINGER:

Sportmedizin – Arbeits- und Trainingsgrundlagen.

Schattauer Verlag, Stuttgart – New York 3. Aufl., 1990

Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin.

Schattauer Verlag, Stuttgart – New York 4. Aufl., 2000

IGWERKS, I.:

Das sportmedizinische Leistungsprofil von Handballspielerinnen im Alter von 10 – 18 Jahren im Vergleich zu untrainierten Mädchen, anderen Sportarten und erwachsenen Handballspielerinnen.

Inaug. Diss. (Dr. phil.), ILU Gießen 1995, 1 – 89

ISRAEL, S.:

Sport, Herzgröße und Herz-Kreislauf-Dynamik.

Sportmedizinische Schriftenreihe, Bd. 3

Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1968

ISRAEL, S.:

Zur Problematik der maximalen Herzschlagfrequenz bei Sportlern.

Med. u. Sport 10, 1970, 193 – 200

ISRAEL, S., KUPPARDT, H., GOTTSCHALK, K., NEUMANN, G., P. BÖHME:

Die submaximale Herzfrequenz als leistungsdiagnostische Kenngröße.

Med. u. Sport 14, 1974, 297 – 304

ISRAEL, S.:

Sport und Herzschlagfrequenz

Sportmedizinische Schriftenreihe, Bd. 21

Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1982

ISRAEL, S., BUHL, B., PURKOPP, K.-H., A. WEIDNER:

Körperliche Leistungsfähigkeit und organismische Funktionstüchtigkeit im Altersgang.

Med. u. Sport 22, 1982, 289 – 300, 322 – 326, 353 – 361

ISRAEL, S.:

Leistungsvoraussetzung der Frau im Sport.

In: H.J. MEDAU, P.E. NOWACKI (Hrsg.):

Frau und Sport 4. Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 41.

perimed-Spitta-Verlag, Erlangen 1992

KELLER-KREUZER, H.:

Anaerobe Belastbarkeit von Kindern mit unterschiedlicher sportlicher Aktivität im Alter von 6 – 14 Jahren unter besonderer Berücksichtigung des Laktatverhaltens.
Inaug. Diss. (Dr. phil.), JLU Gießen 1993, 1 – 119

KEUL, J., KINDERMANN, W., G. SIMON:

Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik.
Leistungssport 8, 1978, 22 – 32

KEUL, J., DICKHUT, A., BERG, M., LEHMANN, G. HUBER:

Allgemeine und sportartspezifische Leistungsdiagnostik im Hochleistungsbereich.
Leistungssport 11, 1981, 382 – 398

KEUL, J., HUBER, G., SCHMITT, M., KINDERMANN, W., A. BERG:

Der Einfluss eines fünfjährigen Ausdauertrainings auf Kreislauf und Stoffwechsel bei Kindern.
Dtsch. Zschr. Sportmed. 33, 1982, 264 – 270

KEUL, J., KINDERMANN, W., SIMON, G., H. REINDELL:

Anpassungserscheinungen durch Schul- und Leistungssport im Kindesalter.
Sportwissenschaft 8 1988, 222 – 234

KILLICH, C.:

Anwendung und Bewertung ausgewählter Untersuchungsverfahren zur Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung im Biathlon- Nachwuchsbereich.
Inaug. Diss. (Dr.phil.), JLU Gießen 2001, 1 – 133

KIM, J.:

Die PWC 170 im Kindes- und Jugendalter (7 – 18 Jahre) und ihre Bedeutung für den Schul- und Vereinssport.
Inaug. Diss. (Dr.phil.), JLU Gießen 1994, 1 – 186

KINDERMANN, W.:

Leistungsgrenzen des Jugendlichen.
In: RIECKERT, H. (Hrsg.):
Sport an der Grenze menschlicher Leistungsfähigkeit.
Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 1981, 139 – 150

KINDERMANN, W.:

Zur Belastungs- und Anpassungsfähigkeit des Kindes im Breiten- und Leistungssport.
In: Nowacki, P.E., D. Böhmer (Hrsg.):
Sportmedizin – Aufgaben und Bedeutung für den Menschen in unserer Zeit.
Kongreßband 26. Deutscher Sportärztekongreß, Bad Nauheim 1978
Thieme Verlag, Stuttgart – New York 1980, 46-56

KINDERMANN, W.:

Ergometrie-Empfehlungen für die ärztliche Praxis.
Dtsch. Zschr. Sportmedizin 40, 1987, 244 – 268

KLEMT, U., R. ROST:

Normwerte kindlicher Leistungsfähigkeit.

In: Rost, R., S. Starischka (Hrsg.):

Das Kind im Zentrum interdisziplinärer sportwissenschaftlicher Forschung.

SFT – Verlag, Erlensee 1986, 193 – 203

KLIMT, F., G.B.VOIGT:

Investigation on the standardization of ergometry in children.

Acta paediat. Scand., Suppl. 217, 1971, 35 – 36

KLIMT, F.:

Die sportliche Belastbarkeit bei Kindern und Jugendlichen aus internistischer Sicht.

Der Kassenarzt 24, 1984, 33 – 44

KLIMT, F.:

Kinder, Jugendliche und Sport.

In : Eberspächer, H. (Hrsg.):

Handlexikon Sportwissenschaft

Rowohlt Taschenbuch Verlag Reinbek 1992, 161 – 167

KNIPPING, H.W.

Beitrag zur Technik der Gasstoffwechseluntersuchung.

Zschr. f. d. ges. exper. Med. 47, 1925, 1 – 3

KNIPPING, H.W.:

Die klinische Gasstoffwechseluntersuchung.

Tung-Chi, Med. Monatsschrift, Shanghai 2, 1926, 55 – 60

KNIPPING, H.W.:

Beitrag zur gasanalytischen Technik in der Medizin.

Zschr. f. d. ges. exper. Med. 53, 1926, 1 – 16

KNIPPING, H.W.:

Zur Technik der langdauernden experimentellen und klinischen Gasstoffwechseluntersuchungen.

Zschr. f. d. ges. exper. Med. 57, 1927, 433 - 439

KNIPPING, H.W.:

Ergebnisse der Stoffwechseluntersuchung für die Klinik.

Klin. Wschr. 7, 1928, 49 – 52

KNIPPING, H.W.:

Ergebnisse der Ergographie in der Klinik. Arbeitsinsuffizienz von Herz und Kreislauf.

Klin. Wschr. 17, 1938, 1457 – 1460

KÖNIG, K., REINDELL, H., KEUL, J., H. ROSKAMM:

Untersuchungen über das Verhalten von Atmung und Kreislauf im Belastungsversuch bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 10 – 19 Jahren.

Int. Z. angew. Physiol. 18, 1961, 393 – 434

KÖNIG, K., MURUKAS, J., ROSKAMM, H., H. REINDELL:

Das Verhalten von Atemvolumen und Atemfrequenz in Ruhe und bei Ergometerbelastung bei Jugendlichen sowie bei trainierten und untrainierten Erwachsenen.

Sportarzt u. Sportmed. 16, 1965, 395 – 408, 453 – 459

KOINZER, K.:

Zur Geschlechtsdifferenzierung konditioneller Fähigkeiten und ihrer organischen Grundlagen bei untrainierten Kindern und Jugendlichen im Schulalter.
Medizin und Sport 18, 1978, 144-150

KRAUSE, R.:

Die maximale Sauerstoffaufnahme als Kriterium der kardio-pulmonalen Leistungsfähigkeit.
Inaug. Diss. (Dr. med.), Medizinische Akademie Lübeck 1971, 1 – 152

KREYSZIG, E.:

Statistische Methoden und ihre Anwendung
Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 6. Aufl. 1977

LANGE-ANDERSEN, K., J. GHESQUIERE:

Sex Differences in Maximal Oxygen Uptake, Heart Rate and Oxygen Pulse at 10 to 14 Years in Norwegian Children.
Human Biol. 44, 1972, 413 – 431

LÜBS, E.D., U. HARTMANN:

Vergleichende Untersuchungen über die Beeinflussung spiroergometrischer Parameter durch ein fünfwöchiges Ausdauertraining bei intra- und postpubertalen Jugendlichen.
In: NOWACKI, P.E., BÖHMER, D. (Hrsg.):
Sportmedizin-Aufgaben und Bedeutung für den Menschen in unserer Zeit.
Kongressbericht 26. Deutscher Sportärztekongress, Bad Nauheim 1978
Thieme Verlag, Stuttgart – New York 1980, 79 – 82

KRÜMMELBEIN, U.:

Moderne sportmedizinische Leistungsdiagnostik bei Fussballspielern.
Ein Vergleich allgemeiner spiroergometrischer Methoden mit neu entwickelten sportartspezifischen Belastungsverfahren im Labor und beim Training.
Inaug. Dissertation (Dr. med. dent.), JLU Gießen 1990, 1- 125

MACEK, M., J. VAVRA:

Cardiopulmonary and metabolic changes during exercise in children 6-14 years old.
Journal of Applied Physiology 30, 1971, 200-204

MÄURER, U.:

Die Bedeutung der modernen kardio-respiratorischen Funktionsdiagnostik für jugendliche Leistungssportler.
Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 1977, 1 – 238

MATZDORFF, P.:

Untersuchung über die Entwicklung der maximalen kardiozirkulatorischen und kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit von männlichen Schulsportlern, Freizeitsportlern und Wettkampfsportlern im Alter von 14,0 – 17,9 Jahren.
Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 1984, 1 – 63

McARDLE, W., KATCH, F., V. KATCH:

Exercise Physiology
Energy, Nutrition and Human Performance.
Williams & Wilkins 4. Ed, Baltimore 1996

MEDAU, H.J., P.E. NOWACKI:

Die ergometrische Belastung von Frauen.
Ein Modell zur besseren Leistungsbeurteilung.
Therapiewoche 34, 1984, 3873 – 3875

MEDAU, H.J., P.E. NOWACKI:

Die Leistungsfähigkeit 18- bis 20-jähriger Gymnastikschülerinnen.
In: Medau, H.J., P.E. Nowacki (Hrsg.): Frau und Sport II
Leistungsmerkmale der Frau – Leistungsunterschiede zum Mann
Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 26.
Perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft, Erlangen 1985, 41-49

MEDAU, H.J., P.E. NOWACKI, H. AVENHAUS:

Die Beurteilung des Sportherzens im Wandel der Zeiten.
Medwelt 39, 1988, 13-23

MEDAU, H.J., NOWACKI, P.E. (Hrsg.)

Frau und Sport IV.
Die olympischen Disziplinen der Frau im Sport.
(Erstes gesamtdeutsches Sportmedizinisches Symposium in Coburg 1990)
Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 41
perimed-spitta, Med. Verlagsgesellschaft, Erlangen 1992, 1 – 326

MELLEROWICZ, H.:

Herz und Blutkreislauf beim Sport.
In: Arnold, A.: Lehrbuch der Sportmedizin
Barth Verlag, Leipzig 1956

MELLEROWICZ, H., P.E. NOWACKI:

Vergleichende Untersuchungen von Atem- und Kreislauffunktionen bei physikalisch gleicher ergometrischer Arbeit im Stehen, Sitzen und Liegen.
Z. Kreislaufforschg. 50, 1961, 1002 – 1014

MELLEROWICZ, H.:

Ergometrie.
Grundriss der medizinischen Leistungsmessung.
Urban & Schwarzenberg Verlag, München – Wien – Berlin, 1. Aufl. 1962
Urban & Schwarzenberg Verlag, München – Wien – Berlin, 2. Aufl. 1975
Urban & Schwarzenberg Verlag, München – Wien – Berlin, 3. Aufl. 1979

MELLEROWICZ, H., W. MELLER:

Training, Biologische und medizinische Grundlagen und Prinzipien des Trainings, 5. Aufl.
Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York 1984

MELLEROWICZ, H., J.-W. FRANZ:

Standardisierung, Kalibrierung und Methodik in der Ergometrie.
4. Internationales Seminar für Ergometrie.
perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft, Erlangen 1983

MOCELLIN, R., RUTENFRANZ, J., R. SINGER:

Zur Frage von Normwerten der körperlichen Leistungsfähigkeit (W 170) im Kindes- und Jugendalter.
Z. Kinderheilkunde 110, 1971, 140 – 165

MOCELLIN, R., KLIMT, F., KEUL, J., JAM, L., E.G. HUBER:

Sport im Kindesalter. Monatsschr.
Kinderheilkunde 127, 1979, 441-449

MOHAMMED, M.F.:

Die Entwicklung des sportmedizinischen Leistungsprofils im deutschen Fußballsport.

Inaug. Diss. (Dr. Phil.) Justus-Liebig-Universität Gießen 1999, 1-209

MUSSHOFF, K., REINDELL, H., STEIM, H., K. KÖNIG:

Die Sauerstoffaufnahme pro Herzschlag (O_2 – Puls) als Funktion des Schlagvolumens, der arteriovenösen Differenz, des Minutenvolumens und des Herzvolumens.

Zeitschr. Kreislaufforsch. 48, 1959, 255-277

NAGLE, F.J., HAGBERG, J., S. KAMEI:

Maximal O_2 uptake of boys and girls – ages 14 – 17.

Europ. J. Appl. Physiol. 36, 1977, 75 – 80

NEUMANN, G., K.P. SCHÜLER:

Sportmedizinische Funktionsdiagnostik.

Sportmedizinische Schriftenreihe, Bd. 29

Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig – Berlin – Heidelberg 2. Auflg. 1994

NICKEL, A.:

Experimentelle Untersuchungen und kritische Analyse des Punktes der optimalen Wirkung der Atmung (POW) nach HOLLMANN und seine Beziehung zur 4mmol/l Laktatschwelle.

Unveröffentlichte Inaugural – Dissertation, Sportmedizin, JLU Gießen, 1992

NÖCKER, J., V. BÖHLAU:

Der Sauerstoffpuls in Abhängigkeit vom Lebensalter.

Verh. dtsh. Ges. Kreisl. Forsch. 24, 1958, 225-231

NÖCKER, J.:

Physiologie der Leibesübungen.

Enke Verlag, Stuttgart 4. Auflg. 1980

NOWACKI, N. S.:

Entwicklung des sportmedizinischen Leistungsprofils beim Skilanglauf in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht.

Inaug. Diss. (Dr.med.) JLU Gießen 1998, 1 – 62

NOWACKI, P. E.:

Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß langfristig erhöhter Kohlendioxydkonzentrationen auf das allgemeine und spezielle Wachstum und das Standardbicarbonat.

Inaug. Diss. (Dr.med.), Freie Universität Berlin 1965, 1 – 171

NOWACKI, P. E.:

Der Wirkungsgrad bei ergometrischer Leistung.

In: Mellerowicz, H., Hansen:

Institut für Leistungsmedizin, Berlin.

2. Internationales Seminar für Ergometrie, 4. – 6.9.1967

Ergon Verlag Berlin (West) 1967, 241-247

NOWACKI, P. E.:

Das Atemäquivalent bei ergometrischer Leistung.

In: Mellerowicz, H.:

Ergometrie – Grundriß der medizinischen Leistungsmessung.

3. Aufl. Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1979, 242-256

NOWACKI, P.E.; SCHMID, E., F. WEIST:

The Turnover of sympathico-adrenal Hormones of Sportsmen in Training, Anticipation and During Competition, Judged by Measurements of the Urinary Excretion of 3-methoxy-4-hydroxymandelic Acid

In: Jokl, E., Poortmans, J.R. (Hrsg):

Biochemistry of Exercise

Proceedings of the first International Symposium on Exercise

Biochemistry, Brussels 1968 Medicine and Sport Vol. 3

Verlag S. (Switzerland) New York 1969, 205-208

NOWACKI, P.E., KRAUSE, R., U. RITTER:

Die Rolle der Spiroergometrie im neuen System der sportmedizinischen

Untersuchungen für den Spitzensport im Bereich der Bundesrepublik Deutschland.

In: Börger, P., Deutscher Judo-Bund (Hrsg.):

Intern. Sport-Ärzte-Kongress 30.08.1971 während der Judo-Weltmeisterschaften in Ludwigshafen.

Kongressbericht 1971, 1 – 19

NOWACKI, P.E.:

Funktionsdiagnostik der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit.

Der Kassenarzt 13, 1973, 77-94

NOWACKI, P.E.:

Die Objektivierung der körperlichen und kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit mit einfachen und komplizierten Methoden.

Physiotherapie 65, 1974, 663-666, 727-732, 792-795

NOWACKI, P.E.:

Möglichkeiten der medizinischen Leistungsdiagnostik.

In: DSB, Bundesausschuss Leistungssport (Hrsg.):

Informationen zum Training.

Medizinische Betreuung des Leistungssportlers in Training und Wettkampf.

Beiheft zu Leistungssport 3, 1975, 77 – 119

NOWACKI, P.E.:

Cardio-pulmonale Leistungsprüfung.

In: DSB, Bundesausschuss Leistungssport (Hrsg.):

Informationen zum Training.

Das sportmedizinische Untersuchungssystem.

Beiheft zu Leistungssport 4, 1975, 65 - 85

NOWACKI, P.E., H. UTHGENANNT:

Das Sportherz.

Physiotherapie 67, 1976, 288-291

NOWACKI, P.E.:

Sportmedizinische und leistungsphysiologische Aspekte des Ruderns.

In: Adam, K., Lenk, H., Nowacki, P.E., Rulfs, M., Schröder, W.:

Rudertraining

Limpert Verlag, Bad Homburg v.d.H. 1977, 251 – 615

NOWACKI, P.E.:

Beurteilung körperlicher und biologischer Leistungsfähigkeit bei Schülerinnen und Schülern unterschiedlicher schulsportlicher Aktivität.

Therapiewoche 28, 1978, 5402 – 5424

NOWACKI, P.E., ROSENTHAL, P., VÖLPEL, H.-J.

Vergleichende kardiorespiratorische Funktionsprüfungen bei erfolgreichen jugendlichen Handballspielerinnen und Wettkampfruderern bei maximaler Ausbelastung auf dem

Laufband- und Fahrradergometer nach der W/kg-Methode.

In: Nowacki, P.E., D. Böhmer. (Hrsg.):

Sportmedizin – Aufgaben und Bedeutung für den Menschen in unserer Zeit.

Kongressband 26. Deutscher Sportärztekongress, Bad Nauhem 1978

Thieme Verlag, Stuttgart – New York 1980, 479 – 481

NOWACKI, P.E.:

Neue Aspekte der körperrgewichtbezogenen Fahrrad- und Laufbandergometrie für den Leistungs-, Breiten- und Rehabilitationssport.

In: Kindermann, W., W. Hort (Hrsg.):

Sportmedizin für Breiten- und Leistungssport.

Berichtsband 27. Deutscher Sportärztekongress, Saarbrücken 1980

Demeter Verlag, Gräfeling 1981, 255-267

NOWACKI, P.E.:

Frau und sportliche Leistung – begrenzende kardiale Faktoren.

In: Medau, H.J., Nowacki, P.E. (Hrsg.):

Die Bedeutung der Gymnastik – sportmedizinische und sportwissenschaftliche Aspekte.

Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 19

perimed Fachbuch Verlagsgesellschaft, Erlangen 1983, 30 – 53

NOWACKI, P.E.:

Chronische Kreislauf-Krankheiten und Sport.

In: Lübs, E.D. (Hrsg.):

Chronische Erkrankungen und Sport.

Beiträge zur Sportmedizin Bd. 18

perimed Fachbuch Verlagsgesellschaft, Erlangen 1983, 26 – 51

NOWACKI, P.E.:

Zur Standardisierung der Laufband-Ergometrie.

In: Mellerowicz, H., Franz, I.-W. (Hrsg.):

Standardisierung, Kalibrierung und Methodik in der Ergometrie.

perimed Fachbuch Verlagsgesellschaft, Erlangen 1983, 229 – 278

NOWACKI, P.E., D. SCHÄFER:

Die Physical Working Capacity (PWC 170) bei körperrgewichtbezogener Ausbelastung auf dem Fahrradergometer und ihre Bedeutung als Leistungsparameter in Abhängigkeit

von Alter, Geschlecht und Sportart.

Therapiewoche 34, 1984, 3835 – 3853

NOWACKI, P.E., BRAUN, W., HAFERMANN, P., U. WASMUND-BODENSTEDT:

Kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit von 7 und 8 Jahre alten Mädchen und Jungen.

Therapiewoche 34, 1984, 3854-3867

NOWACKI, P.E., G. ALEFELD:

Training und Sport als Mittel der präventiven Medizin in der technisierten Umwelt.

Medwelt 36, 886-894, 1985

NOWACKI, P.E., H.J. MEDAU:

Geschlechtsspezifische sportmedizinische Belastbarkeit in Abhängigkeit von Sportart und Alter.

In: MEDAU, H.J., P.E. NOWACKI (Hrsg.):

Frau und Sport 2. Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 26

perimed-Verlag Erlangen, 1985, 19 - 29

NOWACKI, P.E.:

Unterschiede und Entwicklungen der maximalen biologischen Leistungsfähigkeit sport- und nicht sporttreibender Kinder und Jugendlicher.

In: Rieckert, H. (Hrsg.):

Sportmedizin – Kursbestimmung.

Kongressband 30. Deutsche Sportärztekongress Kiel 1986

Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York – London – Paris – Tokyo 1987, 75 – 84

NOWACKI, P.E., MEDAU, H.J., C. BUHL:

Der Stellenwert der nichtolympischen Sportarten für die Frau aus sportmedizinischer Sicht.

In: Medau, H.J. u. P.E. Nowacki (Hrsg.):

Die Bedeutung der nichtolympischen Disziplinen für die sporttreibende Frau.

Beiträge zu Sportmedizin, Bd. 23

perimed Fachbuch Verlagsgesellschaft, Erlangen, 1988, 76 – 107

NOWACKI, P.E.:

Sportmedizinische Leistungsdiagnostik.

In: Eberspächer (Hrsg.):

Handlexikon Sportwissenschaft

Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek 1992, 237 – 246

NOWACKI, P.E.:

Trainingssteuerung.

In: Eberspächer (Hrsg.):

Handlexikon Sportwissenschaft

Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek 1992, 504 – 507

NOWACKI, P.E., H.J. MEDAU:

Olympische Disziplinen der Frau – Sportmedizinische Leistungsprofile.

In: MEDAU, H.J., P.E. NOWACKI (Hrsg.):

Frau und Sport IV.

Die olympischen Disziplinen der Frau im Sport.

(Erstes gesamtdeutsches Sportmedizinisches Symposium in Coburg 1990)

Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 41

perimed-spitta, Med. Verlagsgesellschaft, Erlangen 1992, 37 – 83

NOWACKI, P.E., H.J. MEDAU:

Sportmedizinische Aspekte des Frauensports.

In: H.J. Medau, P.E. Nowacki (Hrsg.): Frau und Sport IV. Beiträge zur Sportmedizin

Bd. 41.

perimed-spitta, Erlangen, 1992

OELSCHLÄGEL, H., G. WITTEKOPF:

Physiologische Grundlagen der sportlichen Leistungsfähigkeit im frühen Schulalter.
Med. u. Sport 16, 1976, 126 – 130

PROKOP, L.:

Kinder-Sportmedizin
Fischer-Verlag, Stuttgart-New York 1986

**REINDELL, H., KLEPZIG, H., MUSSHOF, K., KIRCHHOFF, H.W.,
STEIM, H., MOSER, F., P. FRISCH:**

Neuere Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Größe und
Leistungsbreite des gesunden menschlichen Herzens, insbesondere des
Sportherzens.

Dtsch. Med. Wschr. 82, 1957, 613 – 619

REINDELL, H., KLEPZIG, H., K. MUSSHOF:

Das Sporthertz.
Handbuch der Inneren Medizin IX/1
Springer Verlag, Berlin – Göttingen – Heidelberg 1960, 931 – 951

REINDELL, H., KÖNIG, K., H. ROSKAMM:

Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens.
Thieme Verlag, Stuttgart 1967

REINDELL, H., H. ROSKAMM:

Herzkrankheiten – Pathophysiologie Diagnostik Therapie
Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1977

REINDELL, H., BUBENHEIMER, P., DICKHUTH, H.-H., L. GÖRNANDT:

Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens.
Thieme Verlag, Stuttgart – New York 1988

RIECKERT, H., HINNEBERG, H., W. SCHNIZER:

Maximale Sauerstoffaufnahme und periphere Durchblutungsantwort auf
verschiedene Ergometerbelastungen beim Jugendlichen.
Sportarzt u. Sportmed. 27, 1976, 60-65, 89-91

RIECKERT, H. (Hrsg.)

Sport an der Grenze der menschlichen Leistungsfähigkeit.
Springer Verlag Berlin – Heidelberg – New York – London – Paris – Tokyo 1981

RIECKERT, H., B. MARTEN:

Prävention durch Kinder- und Jugendsport.
In: Banzer, W., G. Hoffmann (Hrsg.):
Präventive Sportmedizin.
Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 36
perimed Fachbuch Verlagsgesellschaft, Erlangen 1990, 135 – 153

RIECKERT, H.:

Kreislauf
In: Eberspächer, H. (Hrsg.):
Handlexikon Sportwissenschaft
Rowohlt Taschenbuch Verlag Reinbek 1992, 204 - 218

ROSENTHAL, P.:

Vergleichende Herz-Kreislauf-Funktionsprüfungen bei jugendlichen Wettkampfruderern mittels körpergewichtsbezogener Ausbelastung auf dem Fahrradergometer und dem Laufband.

Inaug. Diss. (Dr.med.), JLU Gießen. 1981, 1-109

ROSKAMM, H., H. REINDELL, H. MÜLLER:

Herzgröße und ergometrisch getestete Ausdauerleistungsfähigkeit bei Hochleistungssportlern aus neun deutschen Nationalmannschaften.

Z. Kreislaufforschung 55, 1966, 2-14

ROST, R.:

Hochleistungstraining im Kindes- und Jugendalter aus kardiologischer Sicht.

In: Rieckert, H. (Hrsg.):

Sport an der Grenze der menschlichen Leistungsfähigkeit.

Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York – London – Paris – Tokyo, 1981, 27 – 37

ROST, R., HOLLMANN, W., HECK, H., LIESEN, H., A. MADER:

Belastungsuntersuchungen in der Praxis. Grundlagen, Technik und Interpretation ergometrischer Untersuchungsverfahren.

Thieme Verlag, Stuttgart – New York 1982

ROST, R., H. GERHARDUS:

Untersuchungen zur Trainierbarkeit des kardiopulmonalen Systems bei Kindern vor der Pubertät – ein Quer- und Längsschnittvergleich zwischen untrainierten Schulkindern und gleichaltrigen Spitzensportlern.

In: Hecker, G., Baumann, W., Grosser, Hollmann, W., E. Meinberg (Hrsg.):

Schulsport – Leistungssport – Breitensport.

Wissenschaftliches Symposium, 1981

Hans Richarz Verlag, Sankt Augustin 1983, 52-55

ROTSTEIN, T.W., DOTAN, R., BAR-OR, O., G. TENEBBAUM:

Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys.

Int. J. Sports Med. 7, 1986, 281 – 286

SALTIN, B., P.O. ASTRAND:

Maximal oxygen uptake in Athletes.

J. of Appl. Physiol.. 23, 1967, 353 – 358

SCHNORR, R.P., BRETZEL, R.G., MEDAU, H.-J., P.E. NOWACKI:

Neuroendokrine und sympathico-adrenerge Hormonregulation bei verschiedenen Sportarten.

In: Medau, H.J., Röthig, Pl, Nowacki, P.E. (Hrsg.):

Ganzheitlichkeit. Beiträge in Sport und Gymnastik. Sportwissenschaftliche und sportmedizinische Aspekte.

Karl Hofmann Verlag, Schorndorf 1996, 168 – 191

SCHÖLL, J.:

Der Sauerstoffpuls als sportmedizinische Leistungsgröße.

Inaug. Diss. (Dr. med.), Justus-Liebig-Universität Gießen, 1996, 1-62

SCHRÖDER, W.:

Körperliche und kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit von Schülern des fünften Schuljahres einer hessischen Gesamtschule und ihre Entwicklung in drei Jahren.
Inaug. Diss. (Dr. med.) JLU Gießen 1994, 1 – 65

SCHULZ, H.:

Sportmedizinisches Leistungsprofil des Schüler- und Jugendvereinsfußballs (F- bis A-Jugend, 6 – 18 Jahre) im Vergleich zu untrainierten Schülern und Sportlern aus anderen Sportarten.
Inaug. Diss. (Dr. phil.), JLU Gießen 1994, 1 – 130

SHEPHARD, R.J., P.O. ASTRAND (Hrsg.):

Ausdauer im Sport.
Deutscher Ärzte Verlag, Köln 1993

SIEGFRIED, I.:

Frauenherzen schlagen anders.
Falken Verlag, München 2000

SMODLAKA, V.N.:

Use of the internal work capacity test in the evaluation of severely disabled patients.
J. Chron. Diseases 25, 1972, 345 – 352

SMODLAKA, V.N., MELLEROWICZ, H., J. HORAK:

Revidierte Standardisierungsvorschläge für Ergometrie 1981.
(Minimal- und Kompromißprogramm der Arbeitsgruppe für Ergometrie) ICSPE.
In: Mellerowicz, H., J.W. Franz (Hrsg.): Standardisierung, Kalibrierung und Methodik in der Ergometrie.
Perimed Verlag, Erlangen, 1983, 214-220

SOMMER, P., SIMAI, E., HOHAUS, L., P.E. NOWACKI:

Auswirkungen eines zehnwöchigen Ruderanfängertrainings auf die biologische Leistungsfähigkeit 11- bis 12-jähriger Jungen.
In: Nowacki, P.E., Böhmer, D. (Hrsg.):
Sportmedizin – Aufgaben und Bedeutung für den Menschen in unserer Zeit.
Kongressbericht 26. Deutscher Sportärztekongress, Bad Nauheim 1978.
Thieme Verlag, Stuttgart – New York 1980, 63 – 66

SOMMER, H.M.:

Muskuläre Ungleichgewichte im Bereich der unteren Extremität als Ursache für Leistungsverlust und Überbelastung.
In: Jeschke, D. (Hrsg.)
Stellenwert der Sportmedizin in Medizin und Sportwissenschaft.
Springer Verlag Berlin – Heidelberg – New York – London – Paris – Tokyo 1984,
440 – 444

SPECK, C.M.

Über den Einfluss der Muskelthätigkeit auf den Athemprocess.
Dtsch. Arch. klin. Med. 45, 1889, 461 – 528

STAADEN, W.:

Kardio-zirkulatorische und pulmonale Reaktion trainierter und untrainierter Männer bei körpergewichtsbezogener Laufband- und Fahrrad-Ergometrie.
Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 1980, 1 – 161

SUNNEGÅRDH, J., L.-E. BRATTEBY:

Maximal oxygen uptake, anthropometry and physical activity in a randomly selected of 8 and 13 year old children in Sweden.

European Journal of Applied Physiology 56, 1987, 266-272

TITTEL, K., ARNDT, K.-H., W. HOLLMAN (Hrsg.):

Sportmedizin gestern – heute – morgen.

Sportmedizinische Schriftenreihe, Bd. 28

Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig – Berlin – Heidelberg 1993

VATER, H.:

Kardiorespiratorische und metabolische Kenngrößen bei alpinen Skiläufern während erschöpfender Spiroergometrie, maximaler Schnelligkeitsausdauer – Belastung und skispezifischem Winkelsprungtest

Inaug. Diss. (Dr. sportwiss.), JLU Gießen 2003, 1 – 223

VÖLPEL, H.J.:

Vergleichende Herz-Kreislauf-Funktionsprüfungen bei jugendlichen Handballern mittels körpergewichtsbezogener Ausbelastung auf dem Fahrradergometer und dem Laufband.

Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 1980, 1 – 96

WAHLUND, H.:

Determination of the physical working capacity.

A physiological and clinical study with special reference to standardization of cardiopulmonary functional tests.

Acta med. Scand. Suppl. 132, 1948, 5-78

WETTICH, P.:

Kardio-zirkulatorische und pulmonale Reaktion trainierten und untrainierter Männer bei körpergewichtsbezogener Laufband- und Fahrrad-Ergometrie.

Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 1980, 1 – 157

WIMMER, M.:

Kardiorespiratorische und metabolische Reaktionen bei Reitern und Reiterinnen während maximaler Spiroergometrie und beim Dressur-Reiten.

Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 2001,

WU, N.:

Körperliche und kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit aller Schülerinnen vom 11. – 15. Lebensjahr der hessischen Gesamtschule Busecker Tal unter besonderer Berücksichtigung der Sportfähigkeit und des Gesundheitszustandes seit 24 Jahren (1979 bis 2003).

Magisterarbeit (Sportmedizin), JLU Gießen, 1-105

ZHAO, Z.:

Qualitative und quantitative kardiorespiratorische Reaktionen bei Trainierten in Abhängigkeit von international standardierten fahrradspiroergometrischen Belastungsverfahren im Sitzen.

Inaug. Diss. (Dr. med.), Johannes Gutenberg Universität Mainz 1995, 1 – 150

ZIMMER, K.R.:

Vergleichende Fahrrad- Laufband- Spiroergometrie nach der Watt/kg – Körpergewichts-Belastungsmethode.

Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 1982, 1 – 79

ZUNTZ, N., I. GEPPERT:

Über die Regulation der Athmung.

Pflügers Arch. Physiol. 42, 1889, 189 – 245

8 ANHANG

8.1 Tabellen

Tabelle 12: Auswertungsbogen zur Erfassung der anthropometrischen Daten und leistungsmedizinischen Parameter der untersuchten Handball-Spielerinnen

Sportmedizinische Leistungsdiagnostik
im Frauen-Handballsport
 Lehrstuhl für Sportmedizin der JLU Gießen - Univ. Prof. Dr. med. Nowacki

0.5 Watt/kg Körpergewichts-Methode nach Nowacki
 Fahrrad-Spiroergometrie im Sitzen

Untersuchungsdatum:	Untersuchungs-Nummer:
Verein:	Mannschaft:
Name:	Vorname:
Geburtsdatum:	Alter:
Gewicht:	Größe:
Training/Woche (h):	

Zeit	Hf	RR	Wattstufe	Wattstufe	AMV	O2/kg	Sonstiges
min	/min	mmHG	absolut	relativ	l	ml/kg	Lungenfunktion
0							VK: ml FEV 1: %
1							Körperl. Leistungsfähigk. Gesamtarbeit: Wattmin
2							Belastungszeit: s Absolute Wattstufe: Watt
3							relative Wattstufe: Watt/kg PWC 170: Watt
4							Kardiozirk. Leistungsfähigk. Hf Ruhe: /min
5							Hf submax (n. 4 min): /min
6							Hf max: /min Hf E5: /min
7							Max. Kardioresp. Leistungsfähigk. AMV max: l/min
8							AZV bei AMV max: l Atemfreq. bei AMV max: /min
9							VO2: l/min Vo2/kg: ml/min x kg Vo2/Hf: ml
10							Beurteilung Körperliche
11							Leistungsfähigkeit:
12							Kardiozirkulatorische
13							Erholungsfähigkeit: gefahrte Zeit bei höchster Belastungsstufe:
14							Bemerkungen
sofort							
E1							
E2							
E3							
E4							
E5							

Tabelle 13: Ergebnisse der ergometrischen Untersuchung der TVL – Vergleichsgruppen

TV Giessen-Lützellinden Vergleichsgruppen				
Mannschaft	A-Jugend M ± 1s (n)	Regionalliga M ± 1s (n)	BL 1989-1997 M ± 1s (n)	BL 1998/99 M ± 1s (n)
Alter J.	16,6 ± 1,1 (15)	20,9 ± 2,8 (7)	24,3 ± 3,9 (31)	24,5 ± 2,4 (10)
Größe cm	169,7 ± 5,2 (15)	176,1 ± 5,4 (7)	175,0 ± 5,5 (31)	174,6 ± 7,7 (10)
Gewicht kg	61,5 ± 7,7 (15)	71,5 ± 7,1 (7)	71,1 ± 6,9 (31)	67,2 ± 5,8 (10)
Vitalkapazität ml	3753 ± 381 (15)	4085 ± 902 (7)	4555 ± 603 (31)	3700 ± 464 (10)
absolute maximale Wattstufe W	235 ± 43,9 (15)	283 ± 29,3 (7)	265 ± 35,2 (31)	263 ± 30,8 (10)
relative maximale Wattstufe W/kg	3,9 ± 0,5 (15)	4,0 ± 0 (7)	3,8 ± 0,6 (31)	4,0 ± 0,5 (10)
absolute Gesamtarbeit Wmin	904 ± 193 (15)	1214 ± 138 (7)	1066 ± 164 (31)	1152 ± 156 (10)
relative Gesamtarbeit Wmin/kg	14,9 ± 3,5 (15)	17,1 ± 2,2 (7)	15,1 ± 2,9 (31)	17,3 ± 3,0 (10)
Belastungszeit s	404 ± 57 (15)	439 ± 35 (7)	408 ± 42 (31)	444 ± 46,5 (10)
absolute PWC 170 W	181 ± 40,8 (15)	225 ± 38,0 (7)	250 ± 42,0 (31)	237 ± 31,7 (10)
relative PWC 170 W/kg	3,0 ± 0,7 (15)	3,1 ± 0,4 (7)	3,5 ± 0,5 (31)	3,6 ± 0,7 (10)
Herzfrequenz Vorstart min-1	86 ± 16 (15)	81 ± 15 (7)	78 ± 11 (31)	83 ± 10 (10)
Herzfrequenz 1' min-1	117 ± 13 (15)	116 ± 17 (7)	110 ± 11 (31)	110 ± 11 (10)
Herzfrequenz 2' min-1	123 ± 18 (15)	120 ± 14 (7)	114 ± 12 (31)	112 ± 10 (10)
Herzfrequenz 3' min-1	143 ± 19 (15)	141 ± 12 (7)	134 ± 11 (31)	133 ± 12 (10)
Herzfrequenz 4' submaximal min-1	152 ± 19 (15)	151 ± 12 (7)	141 ± 13 (31)	142 ± 12 (10)
Herzfrequenz 5' min-1	169 ± 16 (15)	166 ± 11 (7)	158 ± 12 (31)	159 ± 11 (10)
Herzfrequenz 6' min-1	178 ± 15 (14)	175 ± 9 (7)	167 ± 11 (31)	166 ± 13 (10)
Herzfrequenz 7' min-1	185 ± 11 (12)	183 ± 7 (6)	176 ± 10 (22)	175 ± 12 (9)
Herzfrequenz 8' min-1	186 ± 3 (4)	188 ± 8 (3)	180 ± 5 (5)	177 ± 10 (6)
Herzfrequenz 9' min-1	191 ± 0 (1)		185 ± 1 (2)	180 ± 0 (1)
Herzfrequenz maximal min-1	187 ± 11 (15)	187 ± 6 (7)	176 ± 11 (31)	180 ± 9 (10)
Herzfrequenz E1 min-1	164 ± 13 (15)	168 ± 9 (7)	154 ± 12 (31)	161 ± 9 (10)
Herzfrequenz E2 min-1	144 ± 14 (15)	144 ± 9 (7)	132 ± 13 (31)	137 ± 12 (10)
Herzfrequenz E3 min-1	134 ± 15 (15)	130 ± 12 (7)	116 ± 13 (31)	126 ± 9 (10)
Herzfrequenz E4 min-1	117 ± 14 (15)	116 ± 12 (7)	106 ± 12 (31)	111 ± 9 (10)
Herzfrequenz E5 min-1	111 ± 12 (15)	108 ± 6 (7)	101 ± 10 (31)	106 ± 11 (10)

Tabelle 14: Ergebnisse der ergometrischen Untersuchung der Entwicklungsstudie

Entwicklung des sportmedizinischen Leistungsprofils im Frauenhandballsport						
Altersgruppe	D-Jugend M ± 1s (n)	C-Jugend M ± 1s (n)	B-Jugend M ± 1s (n)	A-Jugend M ± 1s (n)	Seniorinnen M ± 1s (n)	TVL 1998/99 M ± 1s (n)
Alter J.	11,1 ± 0,5 (79)	12,8 ± 0,5 (50)	14,9 ± 0,6 (33)	17,1 ± 0,5 (43)	20,1 ± 3,2 (37)	24,5 ± 2,4 (10)
Größe cm	147,8 ± 8,1 (79)	158,6 ± 8,5 (50)	165,5 ± 6,7 (33)	165,7 ± 5,4 (43)	168,1 ± 5,9 (37)	174,6 ± 7,7 (10)
Gewicht kg	39,6 ± 6,9 (77)	49,0 ± 9,5 (49)	56,8 ± 7,4 (32)	60,5 ± 7,3 (43)	60,3 ± 4,8 (37)	67,2 ± 5,8 (10)
Vitalkapazität ml	2243 ± 541 (76)	2709 ± 596 (50)	3400 ± 620 (31)	3514 ± 585 (42)	3697 ± 728 (35)	3700 ± 464 (10)
absolute maximale Wattstufe W	121 ± 24,6 (79)	158 ± 36,2 (49)	197 ± 40,6 (33)	204 ± 39,7 (43)	212 ± 42,7 (37)	263 ± 30,8 (10)
relative maximale Wattstufe W/kg	3,0 ± 0,5 (79)	3,2 ± 0,6 (50)	3,5 ± 0,6 (33)	3,4 ± 0,6 (43)	3,5 ± 0,6 (37)	4,0 ± 0,5 (10)
absolute Gesamtarbeit Wmin	423 ± 108 (79)	574 ± 154 (50)	751 ± 187 (33)	775 ± 188 (43)	798 ± 232 (37)	1152 ± 156 (10)
relative Gesamtarbeit Wmin/kg	10,7 ± 2,7 (79)	11,9 ± 3,2 (50)	13,2 ± 3,3 (33)	12,9 ± 3,0 (43)	13,2 ± 3,8 (37)	17,3 ± 3,0 (10)
Belastungszeit s	331 ± 49,6 (79)	355 ± 57,9 (50)	383 ± 47,1 (32)	377 ± 42,6 (42)	375 ± 60,2 (37)	444 ± 46,5 (10)
absolute PWC 170 W	91 ± 22,1 (79)	115 ± 29,4 (49)	150 ± 27,1 (33)	163 ± 29,6 (41)	163 ± 34,4 (35)	237 ± 31,7 (10)
relative PWC 170 W/kg	2,3 ± 0,4 (79)	2,4 ± 0,4 (50)	2,6 ± 0,4 (33)	2,8 ± 0,5 (43)	2,8 ± 0,6 (37)	3,6 ± 0,7 (10)
Herzfrequenz Vorstart min-1	96 ± 14 (79)	100 ± 17 (50)	89 ± 15 (33)	82 ± 14 (42)	88 ± 15 (37)	83 ± 10 (10)
Herzfrequenz 1' min-1	131 ± 13 (79)	131 ± 11 (50)	124 ± 14 (33)	119 ± 10 (43)	124 ± 14 (37)	110 ± 11 (10)
Herzfrequenz 2' min-1	137 ± 13 (79)	136 ± 12 (50)	130 ± 13 (33)	126 ± 11 (43)	129 ± 13 (37)	112 ± 10 (10)
Herzfrequenz 3' min-1	162 ± 13 (79)	160 ± 13 (50)	152 ± 13 (33)	150 ± 12 (43)	152 ± 13 (37)	133 ± 12 (10)
Herzfrequenz 4' submaximal min-1	172 ± 13 (79)	169 ± 12 (50)	163 ± 12 (32)	160 ± 12 (42)	162 ± 12 (37)	142 ± 12 (10)
Herzfrequenz 5' min-1	187 ± 10 (72)	182 ± 9 (46)	178 ± 10 (31)	174 ± 10 (42)	174 ± 11 (37)	159 ± 11 (10)
Herzfrequenz 6' min-1	193 ± 9 (46)	188 ± 7 (37)	184 ± 9 (30)	181 ± 9 (40)	178 ± 10 (30)	166 ± 13 (10)
Herzfrequenz 7' min-1	197 ± 11 (9)	194 ± 6 (15)	189 ± 10 (18)	187 ± 6 (18)	182 ± 9 (18)	175 ± 12 (9)
Herzfrequenz 8' min-1	202 ± 0 (1)	207 ± 3 (2)	197 ± 2 (2)	193 ± 4 (3)	181 ± 8 (3)	177 ± 10 (6)
Herzfrequenz 9' min-1				188 ± 0 (1)	189 ± 5 (2)	180 ± 0 (1)
Herzfrequenz maximal min-1	192 ± 9 (79)	190 ± 9 (50)	188 ± 10 (33)	185 ± 9 (43)	184 ± 8 (37)	180 ± 9 (10)
Herzfrequenz E1 min-1	162 ± 13 (78)	165 ± 13 (50)	165 ± 12 (33)	162 ± 16 (43)	164 ± 12 (37)	161 ± 9 (10)
Herzfrequenz E2 min-1	142 ± 15 (78)	148 ± 12 (50)	148 ± 14 (33)	142 ± 15 (43)	146 ± 14 (37)	137 ± 12 (10)
Herzfrequenz E3 min-1	131 ± 14 (78)	137 ± 12 (50)	136 ± 14 (33)	129 ± 14 (43)	133 ± 14 (37)	126 ± 9 (10)
Herzfrequenz E4 min-1	118 ± 16 (79)	125 ± 14 (50)	121 ± 15 (33)	117 ± 15 (43)	121 ± 15 (37)	111 ± 9 (10)
Herzfrequenz E5 min-1	114 ± 15 (79)	122 ± 14 (50)	117 ± 14 (33)	111 ± 15 (43)	117 ± 13 (37)	106 ± 11 (10)

Tabelle 15: Ergebnisse der spiroergometrischen Untersuchung des TVL Bundesligakaders der Spielzeiten 1989 – 1997

TV Giessen-Lützellinden 1989-1997 - Spirometriedaten			
	5 beste Spielerinnen M ± 1s	5 schwächste Spielerinnen M ± 1s	alle (n=19) M ± 1s
AMV max	123 ± 9	82 ± 4	99 ± 17
O2/kg max	47,2 ± 2,4	36,0 ± 1,6	41,4 ± 4,9
VO2 max	3264 ± 134	2742 ± 0,042	2971 ± 224
O2/Hf max	19,2 ± 0,7	15,5 ± 0,6	17,1 ± 1,5

Tabelle 16: Ergebnisse der ergometrischen Untersuchung im Vergleich der Belastungsmethoden

Vergleich der Belastungsmethoden - Ergometriedaten			
n=10	1,0 W/kg KG Fahrradergometrie M ± 1s	0,5 W/kg KG Fahrradergometrie M ± 1s	0,5 W/kg KG Laufbandergometrie M ± 1s
absolute maximale Wattstufe W	253 ± 34	230 ± 22	203 ± 19
relative maximale Wattstufe W/kg	3,6 ± 0,5	3,4 ± 0,3	3,0 ± 0,5
absolute Gesamtarbeit Wmin	976 ± 97	1663 ± 195	1380 ± 297
relative Gesamtarbeit Wmin/kg	13,9 ± 1,9	25,3 ± 5,1	21,1 ± 5,9
Belastungszeit s	389 ± 27	773 ± 63	698 ± 112
absolute PWC 170 W	252 ± 29	220 ± 24	138 ± 41
relative PWC 170 W/kg	3,5 ± 0,7	3,2 ± 0,4	2,0 ± 0,7
Herzfrequenz Vorstart min-1	76 ± 11	75 ± 17	83 ± 10
Herzfrequenz submaximal 1W min-1	111 ± 9	122 ± 8	157 ± 12
Herzfrequenz submaximal 2W min-1	139 ± 10	141 ± 9	173 ± 11
Herzfrequenz maximal min-1	171 ± 12	177 ± 8	186 ± 9
Herzfrequenz E1 min-1	149 ± 13	154 ± 11	161 ± 14
Herzfrequenz E5 min-1	97 ± 12	103 ± 9	106 ± 9

Tabelle 17: Ergebnisse der spiroergometrischen Untersuchung im Vergleich der Belastungsmethoden

Vergleich der Belastungsmethoden - Spirometriedaten			
n = 10	1,0 W/kg KG Fahrradergometrie M ± 1s	0,5 W/kg KG Fahrradergometrie M ± 1s	0,5 W/kg KG Laufbandergometrie M ± 1s
AMV Vorstart l BTPS	11,6 ± 2,2	10,7 ± 3,6	13,1 ± 5,3
AMV 1W l BTPS	28,6 ± 3,9	24,5 ± 5,5	72,1 ± 16,1
AMV 2W l BTPS	51,8 ± 5,2	46,1 ± 8,7	92,6 ± 19,9
AMV max l BTPS	96,3 ± 19,4	94,3 ± 11,7	119,1 ± 13,1
AMV E1 l BTPS	75,8 ± 17,7	72,3 ± 11,3	90,6 ± 16,0
AMV E5 l BTPS	27,4 ± 9,6	20,9 ± 3,2	24,1 ± 5,7
O2/kg Vorstart ml*kg-1	3,5 ± 0,6	4,2 ± 1,0	4,5 ± 1,9
O2/kg 1W ml*kg-1	13,1 ± 1,6	14,2 ± 1,8	39,2 ± 4,3
O2/kg 2W ml*kg-1	24,7 ± 4,1	26,3 ± 2,4	47,0 ± 4,4
O2/kg max ml*kg-1	39,4 ± 7,0	45,6 ± 4,9	55,7 ± 5,1
O2/kg E1 ml*kg-1	27,9 ± 3,8	33,4 ± 3,3	42,6 ± 4,8
O2/kg E5 ml*kg-1	8,2 ± 2,7	7,4 ± 1,0	9,1 ± 1,2
VO2 max ml	2879 ± 461	3223 ± 244	3841 ± 282
VO2 max/Hf ml	16,6 ± 1,9	17,9 ± 1,8	20,7 ± 1,3

Tabelle 18: Ergebnisse der statistischen Auswertung des Verlaufs der Herzfrequenz der TVL-Vergleichsgruppen

Hf 4min. submax.	A-Jugend	Regionalliga	TVL 1989-97	TVL 1998
A-Jugend		n.s.	p < 0,05	n.s.
Regionalliga			n.s.	n.s.
TVL 1989-97				n.s.
Hf max.	A-Jugend	Regionalliga	TVL 1989-97	TVL 1998
A-Jugend		n.s.	p < 0,05	n.s.
Regionalliga			p < 0,05	n.s.
TVL 1989-97				n.s.
Hf E1	A-Jugend	Regionalliga	TVL 1989-97	TVL 1998
A-Jugend		n.s.	p < 0,05	n.s.
Regionalliga			p < 0,05	n.s.
TVL 1989-97				n.s.
Hf E5	A-Jugend	Regionalliga	TVL 1989-97	TVL 1998
A-Jugend		n.s.	p < 0,05	n.s.
Regionalliga			n.s.	n.s.
TVL 1989-97				n.s.

Tabelle 19: Ergebnisse der statistischen Auswertung des Verlaufs der Herzfrequenz der Entwicklungsstudie

Hf Vorstart	C-Jugend	B-Jugend	A-Jugend	Seniorinnen	TVL 1998/99
D-Jugend	n.s.	n.s.	p < 0,001	n.s.	n.s.
C-Jugend		p < 0,05	p < 0,001	p < 0,01	p < 0,01
B-Jugend			n.s.	n.s.	n.s.
A-Jugend				n.s.	n.s.
Seniorinnen					n.s.
Hf 4min.submax.	C-Jugend	B-Jugend	A-Jugend	Seniorinnen	TVL 1998/99
D-Jugend	n.s.	p < 0,01	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
C-Jugend		n.s.	p < 0,01	n.s.	p < 0,001
B-Jugend			n.s.	n.s.	p < 0,001
A-Jugend				n.s.	p < 0,001
Seniorinnen					p < 0,001
Hf maximal	C-Jugend	B-Jugend	A-Jugend	Seniorinnen	TVL 1998/99
D-Jugend	n.s.	n.s.	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
C-Jugend		n.s.	n.s.	n.s.	p < 0,05
B-Jugend			n.s.	n.s.	n.s.
A-Jugend				n.s.	n.s.
Seniorinnen					n.s.
Hf E5	C-Jugend	B-Jugend	A-Jugend	Seniorinnen	TVL 1998/99
D-Jugend	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C-Jugend		n.s.	p < 0,01	n.s.	p < 0,05
B-Jugend			n.s.	n.s.	n.s.
A-Jugend				n.s.	n.s.
Seniorinnen					n.s.

Tabelle 20: Ergebnisse der statistischen Auswertung des Verlaufs der Herzfrequenz bei dem Vergleich der Belastungsmethoden

Herzfrequenz submaximal 1W	1,0 W/kg KG Fahrradergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandergometrie
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,001
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001
Herzfrequenz submaximal 2W	1,0 W/kg KG Fahrradergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandergometrie
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,001
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001
Herzfrequenz maximal	1,0 W/kg KG Fahrradergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandergometrie
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,001
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001

Tabelle 21: Ergebnisse der statistischen Auswertung des Verlaufs des Atemminutenvolumens bei dem Vergleich der Belastungsmethoden

AMV submaximal 1W	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,001
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001
AMV submaximal 2W	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,001
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001
AMV maximal	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,05
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001
AMV E1	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	n.s.
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001

Tabelle 22: Ergebnisse der statistischen Auswertung des Verlaufs der relativen Sauerstoffaufnahme bei dem Vergleich der Belastungsmethoden

O₂/kg submaximal 1W	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	n.s.
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,01
O₂/kg submaximal 2W	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,01
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001
O₂/kg maximal	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,001
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001
O₂/kg E1	1,0 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Fahrradspiroergometrie	0,5 W/kg KG Laufbandspiroergometrie
1,0 W/kg KG Fahrradergometrie		n.s.	< 0,01
0,5 W/kg KG Fahrradergometrie			< 0,001

Dr. med. Gerlach

Arzt für Orthopädie u. Sportmedizin
Giessener Str. 22-24 35452 Heuchelheim
Telefon (0641) 75515
Telefax (0641) 77412

Dr. med. H. J. Gerlach Giessener Str. 22-24 35452 Heuchelheim

Herrn
Prof. Dr. med. P. E. Nowacki
Lehrstuhl für Sportmedizin
Kugelberg 62
35394 Gießen

Heuchelheim, den 23.08.2004

BETR.: DOKTORANDENINFO

Lieber Paul,

Platzierung 1982 Aufstiegsjahr Halbfinale Deutsche Meisterschaft gegen Oldenburg und Finale gegen Leverkusen; von 24 Mannschaften im Jahr 2003, 8. Platz von 12 Mannschaften, die Frauennationalmannschaft war 1993 Weltmeister mit 3 Spielerinnen des TVL.

„Reflexion und Ausblick auf den Frauenhandball-Leistungssport der BRD“

Die Leistungsdichte des Frauenhandballs hat in den Jahren nach 1998 deutlich abgenommen, bedingt sicherlich durch Trainingsintensität und Trainingsumfang und durch die nicht ausreichende finanzielle Unterstützung aus der Werbung, aus der Industrie. Für den Frauenhandball kam es zu einer Reduzierung der Trainingshäufigkeit, dies ist eine unabdingbare Voraussetzung, wie sich aus diesen Parametern ergibt, um ein gleichmäßig hohes Leistungslevel zu garantieren. Unter dem Aspekt der wirtschaftlichen Problematik in der BRD zusätzlich unter dem Aspekt der nicht ausreichenden Trainingsbedingungen und nicht ausreichender Möglichkeit zu zweimaligem Training am Tag, bedingt durch Hallen- und berufliche Gründe, ist in kurzer Zeit keine Verbesserung der Leistungsfähigkeit zu erreichen. Hinzu kommt, dass die Jugendarbeit grundsätzlich, vor allen Dingen in den westlichen Bundesländern, bedingt durch die verschlechterte Situation des Schulsportes,

problematisiert wird. Zu spät werden Jugendliche herangeführt an die Leistungsparameter, an persönliche Einstellung zum Aufbautraining.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. med. Gerlach



Abbildung 52: Schriftliche Mitteilung des Trainers Dr. H.J. Gerlach an den Mannschaftsarzt und Internisten Prof. Dr. P.E. Nowacki.

Für die großzügige Überlassung des Themas und die jederzeit hilfsbereite und freundliche Unterstützung, die diese Dissertation ermöglichte, danke ich Herrn Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Professur für Sportmedizin der Justus Liebig Universität Gießen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. H.-J. Gerlach, dem verantwortlichen Trainer des TV Gießen-Lützellinden, der mir stets mit Rat und Tat zur Seite stand und meiner Mutter, Magda Schlevoigt, die mir im Rahmen dieser Dissertation unschätzbare Hilfe geleistet hat.

LEBENS LAUF

Name: Uwe Lothar Dieter Schlevoigt
Geburtsdatum: 02.06.1973
Geburtsort: Hanau/Hessen
Eltern: Klaus-Jürgen Schlevoigt
Magda Marie-Luise Schlevoigt, geb. Krehl
Familienstand: Verheiratet, eine Tochter, ein Sohn
Staatsangehörigkeit: Deutsch
Konfession: Evangelisch

Schulischer Werdegang

1979 – 1983 Grundschule Altenstadt
1983 – 1992 Gymnasium Büdingen

Zivildienst

1992 – 1993 Rettungsdienst Johanniter Bad Nauheim

Studium

1993 – 2000 Studium der Medizin an der Justus-Liebig-Universität Gießen

Berufstätigkeit

7/2000 – 8/2001 Arzt im Praktikum, St.Josef Krankenhaus Gießen, Chirurgie
9/2001 – 12/2001 Arzt im Praktikum, Park-Klinik Bad Nauheim, Orthopädie
1/2002 – 5/2003 Assistenzarzt, Uniklinikum Gießen, Diagnostische Radiologie seit
6/2003 Assistenzarzt, Main-Kinzig-Kliniken Gelnhausen,
Unfallchirurgie

Biebertal, Oktober 2004

„ Ich erkläre:

Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe.

Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.“

Biebertal, den 13.10.2004