

Aus dem
Lehrstuhl für Sportmedizin
(Leiter: Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki)
am
Institut für Sportwissenschaft
der
Justus-Liebig-Universität Gießen

**KÖRPERLICHES, KARDIOZIRKULATORISCHES,
KARDIORESPIRATORISCHES UND METABOLISCHES
LEISTUNGSVERMÖGEN VON KUNSTTURNERN IM
VERGLEICH ZU ANDEREN SPORTARTEN**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. phil.)
im Fachbereich 06
Psychologie und Sportwissenschaft
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Dennys Sawellion

aus Gießen

Gießen 2001

Dekan: **Prof. Dr. phil. Gottfried Spangler**

I. Gutachter: **Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki**

II. Gutachter: **Prof. Dr. med. Jochen Medau**

III. Gutachter: **Prof. Dr. med. Dietmar Schmidtbleicher**

Tag der Disputation: **23. April 2001**

*Nur wer den Gipfel des Berges erstiegen, vermag in
die weiteste Ferne zu sehen.*

(Chinesisches Sprichwort)

Allen Menschen, die immer an mich geglaubt haben

1	EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	4
2	THEORETISCHE EINFÜHRUNG	8
2.1	Geschichte des Kunstturnens	8
2.2	Charakteristik des Kunst- bzw. Gerättturnens	9
2.3	Wettkampfordnung und Wettkampfrichtlinien	10
2.4	Allgemeine Bewertungsrichtlinien	11
2.5	Sportmedizinische und sportmotorische Leistungsvoraussetzungen beim Kunstturnen	12
2.5.1	Das sportmedizinische Profil des Kunstturners	16
2.5.2	Das sportmotorische Profil des Kunstturners	16
2.5.3	Die kardiorespiratorische Belastung im Kunstturnen	20
3	METHODIK	21
3.1	Untersuchungsbedingungen	21
3.2	Untersuchungsgut	21
3.2.1	Laboruntersuchung	22
3.2.2	Feldversuch	25
3.3	Untersuchungsverfahren	28
3.4	Messgrößen und Messmethoden	34
3.4.1	Gesamtarbeit in Wattminuten, Maximale absolute und relative Wattstufe, Belastungszeit	34
3.4.2	Herzfrequenz	35
3.4.3	Blutdruck	36
3.4.4	Laktat	36
3.4.5	Kleines Blutbild	37
3.4.6	Beta - Endorphin - „Immunoreaktivität“	38
3.4.7	Cortisol	38
3.4.8	Katecholamine	38
3.4.9	Kardiorespiratorische Funktionsdiagnostik	39
3.5	Kritik der Methodik	39
3.6	Statistik	41

4	ERGEBNISSE	46
4.1	Laborversuch	46
4.1.1	Funktionsdiagnostik der körperlichen Leistungsfähigkeit	46
	Gesamtarbeit, maximale absolute und relative Wattstufe, Belastungszeit	
4.1.2	Kardiozirkulatorische Funktionsgrößen	47
	Herzschlagfrequenz, Blutdruck	
4.1.3	Metabolische Reaktionen bei erschöpfender	50
	Fahrradspiroergometrie	
4.2	Feldversuch	54
4.2.1	Kardiozirkulatorische Reaktionen während des Feldversuches	54
	Herzfrequenz, Blutdruck	
4.2.2	Biochemische Reaktionen während des Feldversuches	56
	Laktat, Kleines Blutbild, Beta - Endorphin - „Immunoreaktivität“ Cortisol, Katecholamine (Adrenalin, Noradrenalin)	
5	DISKUSSION	60
5.1	Laborversuch	60
5.1.1	Körperliche Leistungsfähigkeit	60
5.1.2	Kardiozirkulatorische Funktionsgrößen	66
5.1.3	Respiratorische Funktionsdiagnostik	79
5.1.4	Kardiorespiratorische Funktionsdiagnostik	85
5.1.5	Metabolische Funktionsdiagnostik - Laktat	96
5.2	Kardiozirkulatorische und metabolische Belastung der Kunstturner während eines Turn-Testwettkampfes	99
5.2.1	Herzfrequenz	99
5.2.2	Laktat	100
5.2.3	Kleines Blutbild	101
5.2.4	Beta - Endorphin - „Immunoreaktivität“	102
5.2.5	Cortisol	103
5.2.6	Katecholamine (Adrenalin, Noradrenalin)	104

6	ZUSAMMENFASSUNG	105
7	LITERATURVERZEICHNIS	109
8	ANHANG	160
8.1	Verzeichnis der Abbildungen	160
8.2	Verzeichnis der Tabellen	164
8.3	Abkürzungsverzeichnis	165
8.4	Internationale Deutsche Turnerfolge	167
8.5	Ergebnistabellen	173

1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

„Die Turnkunst ist die Poesie des Leibes; denn gleichwie der Geist sich in höchster Lust auf den Wellen der Dichtkunst wiegt, so fühlt man sich auch körperlich nie besser und wonnereicher, als wenn sich des Leibes Gewandheit und Schönheit im freisten Spiel der Glieder ungehemmt entfaltet.“ (Justus Carl Lion 1897)

Turnen ist eine Sportart, die sich weltweit größter Beliebtheit erfreut. Bei internationalen Wettkämpfen stößt sie regelmäßig auf ein großes Zuschauerinteresse und lockt Millionen Menschen an die Fernsehgeräte. Ästhetische gymnastische Bewegungen, dynamische Sprünge und rhythmische Schwünge lassen für den Betrachter ein künstlerisches und sportliches Gesamterlebnis entstehen. Schon im Kindes- und Jugendalter ist das Turnen ideal geeignet, um physiologische und pädagogische Reize zu setzen, welche für die gesamte weitere Persönlichkeitsentwicklung von hohem Wert sind (WELLER 1974; HAASE, SINGER 1975; KURZ 1982).

Kunstturnen mit seiner Aufgliederung zwischen Breiten- und Spitzensport hat in allen Altersstufen auf nationaler und internationaler Ebene in leistungs- und zahlenmäßiger Hinsicht schon immer einen sehr hohen Stellenwert eingenommen.

Eine sportwissenschaftliche und sportmedizinische Grundlagenforschung ist vor allem im Leistungsbereich sehr wichtig, um den aktuellen Anforderungen gerecht zu werden und die theoretischen und praktischen Voraussetzungen für das Turnen zu schaffen.

Eine wichtige **Aufgabe der Sportmedizin** stellt in diesem Zusammenhang die **allgemeine Leistungsdiagnostik** zur Beurteilung der körperlichen, kardiozirkulatorischen, kardiorespiratorischen und metabolischen Leistungsfähigkeit dar.

Seit der Einführung der Spiroergometrie Ende der Zwanzigerjahre durch KNIPPING 1925, 1926, 1927, 1928, 1938 und die methodische Verbesserung derselben durch BRAUER, WOLF 1940 verfügt die Sportmedizin im Bereich der Leistungsdiagnostik über experimentelle Belastungsmethoden, die objektive Überprüfungen der körperlichen und kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit der Sportler ermöglichen (NOWACKI 1977, 1980). Mit dieser sicheren Messmethodik konnte den Standardisierungsvorschlägen bezüglich der Genauigkeit, Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der ergometrischen Messergebnisse entsprochen werden (MELLEROWICZ 1979).

Eine wichtige Basis für die Entwicklung von Methoden der Trainingssteuerung und -überwachung sowie der Gesunderhaltung der Sportler stellt die **sportartspezifische Leistungsdiagnostik** dar (NOWACKI 1977; NEUMANN 1990; HOLLMANN 1992).

Darüber hinaus ist es eine Hauptaufgabe der Sportmedizin spezielle Belastungsmethoden mit hohem Aussagewert für Leistungsprognosen über die konditionellen Fähigkeiten der Sportler zu entwickeln und für die Trainingspraxis nutzbar zu machen (NOWACKI 1971; ISRAEL 1979; ZHAO 1995; SCHÖLL 1995). Besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang den in den letzten Jahren erschienenen Arbeiten zur sportlichen Belastbarkeit im Kindes- und Jugendalter zu (HOLLMANN, BOUCHARD, HERKENRATH 1965; KLIMT, VOIGT 1971; NOWACKI 1978, 1987; NOWACKI N.S. 1998; MOHAMMED FAROUK 1999).

Vor allem im Bereich des **Kindes- und Jugendwettkampfsports** ist in letzter Zeit ein immer stärkeres Anwachsen des Leistungsvermögens zu erkennen (MÄURER 1977; NOWACKI 1977; DITTER, NOWACKI, SIMAI, SIEGFRIED 1977; KEUL, KINDERMANN, SIMON 1978; PROKOP 1979; NOWACKI, ROSENTHAL, VÖLPEL 1980, BROCKMANN 1984; KLIMT 1984; MATZDORF 1984; REIFSCHEIDER 1984; PROKOP 1986; NOWACKI P.E., SCHULZE, NOWACKI N.S. 1991, KELLER-KREUZER 1993; KIM 1994; NOWACKI N.S. 1998; MOHAMMED FAROUK 1999).

Eine Ursache dafür ist darin zu finden, dass Kinder und Jugendliche immer früher mit einem sportlichen Training bzw. dem Leistungssport beginnen, um dem internationalen Leistungsniveau gerecht zu werden.

Da bis heute noch keine gesicherten Erkenntnisse und Übereinstimmungen darüber bestehen, wie groß der Belastungsumfang und wie hoch die Belastungsintensität im Training sein müssen, um die ökonomischen biologischen Anpassungserscheinungen zu erreichen (WASMUND, NOWACKI 1978), ist die Gefahr der Überbelastung in Sportarten, bei denen sehr früh mit dem Training begonnen werden muss, um international wettbewerbsfähig zu sein, sehr hoch (SOMMER 1984; COTTA, SOMMER 1986).

Dies kann in manchen Sportarten, wie z.B. beim Turnen, Schwimmen, Eiskunstlauf zu frühzeitigen Überbelastungsschäden führen (BAUSENWEIN und Mitarb. 1971, BAUM 1973, RIEHL, BERNET, BIEHL 1983; SOMMER 1984; COTTA, SOMMER 1986; PETERSON, RENSTRÖM 1987).

RIECKERT, MARTEN 1990 weisen auf die Gefahr der frühzeitigen sportlichen Spezialisierung hin und protegieren eine harmonische körperliche Allgemeinausbildung, die

mit einem breiten psychisch stabilisierenden ausdauerbetonten Grundlagentraining zu verbinden ist. Dies sollte auch im Kunstturnen vor allem im Leistungsbereich beachtet werden.

Die bestmögliche **Leistungsfähigkeit** im **Kunstturnen** kann nur auf der Grundlage einer guten allgemeinen aeroben Ausdauer erreicht werden, da diese neben der Beanspruchung durch die Kraftausdauer zu einem großen Prozentsatz auch von technischen Komponenten, wie Schnelligkeit, Flexibilität und Koordination bestimmt wird.

Die **Bestimmung** des *körperlichen, kardiozirkulatorischen, kardiorespiratorischen Leistungsvermögens* und der *metabolischen Veränderungen* von **Landesliga-Kunstturnern** durch die sportmedizinische Leistungsdiagnostik mittels einer maximalen Fahrradspiroergometrie im Sitzen, sowie die Untersuchung des Verhaltens der leistungsmedizinischen und metabolischen Parameter von Kunstturnern während eines typischen **standardisierten Wettkampfes** im **Feldversuch** sind die **primären Ziele dieser Arbeit**.

Bedingt durch die personellen und apparativen Engpässe am Lehrstuhl für Sportmedizin konnte ich bei den leistungsmedizinischen Laboruntersuchungen der **Probandengruppe Kunstturner II** für die vorliegende Dissertation leider keine kardiorespiratorischen Parameter erheben.

Da aber das körperliche und kardiozirkulatorische Leistungsvermögen der im Rahmen dieser Dissertation untersuchten **Kunstturner II (1997)** mit dem der **Kunstturner I (SAWELLION 1995)** praktisch identisch war, wurden die kardiorespiratorischen Leistungsdaten der zwei Jahre früher untersuchten Probandengruppe Kunstturner I für die vorliegende Dissertation als repräsentativ für Landesturner auch noch mit herangezogen.

Somit kann durch die hier beschriebene **körperliche, kardiozirkulatorische, kardiorespiratorische** und **metabolische Leistungsfähigkeit** einer **größeren Probandengruppe (n = 21) - Kunstturner I mit 12 Probanden und Kunstturner II mit 9 Probanden** - das vollständige **sportmedizinische Leistungsprofil** von **Kunstturnern der hessischen Spitzenklasse** dargestellt werden.

In der vorliegenden **experimentellen Dissertation** über das „*körperliche, kardiozirkulatorische, kardiorespiratorische und metabolische Leistungsvermögen von Kunstturnern im Vergleich zu anderen Sportarten*“ sollen **folgende Fragestellungen** geklärt werden:

- 1. In welchen Bereich ist die körperliche und kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit von Kunstturnern der Landesliga einzuordnen, die mittels einer Fahrradergometrie im Sitzen nach der 1 Watt/kg KG-Methode erschöpfend belastet wurden?**
- 2. Wie verhalten sich Herzfrequenz, Blutdruck, aerob/anaerober Stoffwechsel, sowie die neuroendokrine und sympathikoadrenerge Hormonregulation von Kunstturnern während eines neu entwickelten leistungsmedizinischen und modifizierten Turnwettkampf - Feldversuchs?**
- 3. Gibt es Unterschiede beim Verhalten der Herzfrequenz, des Blutdrucks und des Laktats bei der erschöpfenden Fahrradergometrie im Sitzen nach der 1 Watt/kg KG-Methode im Vergleich zur Reaktion dieser Parameter beim Kunstturn-Feldversuch?**
- 4. Wie verhält sich das sportmedizinische Leistungsprofil von Kunstturnern einschließlich der besonderen Berücksichtigung der maximalen kardiorespiratorischen Leistungsparameter Atemminutenvolumen, absolute und relative Sauerstoffaufnahme, sowie des Sauerstoffpulses im Vergleich zu anderen Sportarten, die mit der gleichen 1 Watt/kg KG-Methode erschöpfend ausbelastet wurden?**

2 THEORETISCHE EINFÜHRUNG

„Durch das edle Suchen und Streben nach dem Bessern bringen wir das Gute, das wir zu finden glauben, selbst hervor.“ (Johann Wolfgang von Goethe 1821)

Vorbemerkung:

Die **theoretische Einführung** mit der **Geschichte** und **Charakteristik** des **Kunstturnens** orientiert sich an den entsprechenden Ausführungen im Rahmen meiner Magisterarbeit (SAWELLION 1995).

Die Ausführungen über die **Wettkampfordnung**, **Richtlinien** und **Bewertung im Kunstturnen** wurden nach den **neuesten Bestimmungen** aktualisiert.

Entsprechendes gilt für die **sportmotorischen** und **sportmedizinischen Voraussetzungen** beim **Kunstturnen**.

2.1 Geschichte des Kunstturnens

Die **Ursprünge** des heutigen Kunstturnens liegen zu Beginn des 19. Jahrhunderts bei VIETH 1759, GUTS MUTHS 1793, 1817 und JAHN 1810, 1816. Dabei beschäftigte sich JAHN mehr mit dem Gerättturnen. Er erfand Barren, Reck und eine eigene Turnsprache. GUTS MUTHS hingegen entwickelte eine eigene Gymnastik. Das Turnen wurde anfangs als Freiübung in der Natur betrieben. Erst später ging man in Säle (ÜBERHORST 1980).

Die **Leistungs-** und **Wettkampfform** des Gerättturnens an den Olympischen Turngeräten wird im Allgemeinen als "**Kunstturnen**" bezeichnet (TIMMERMANN 1971).

Die **Frauen** bestreiten ihre Wettbewerbe an den vier **Geräten Pferdsprung (quer)**, **Stufenbarren**, **Schwebebalken** und **Boden**.

Das **Männerkunstturnen** findet an den sechs **Geräten Boden**, **Pauschenpferd (Seitpferd)**, **Ringe**, **Pferdsprung (längs)**, **Barren** und **Reck** statt.

Übungen beim Kunstturnen bestehen aus einer Vielzahl von Einzelbewegungen, die zu Kombinationen und später zu Wettkampfübungen zusammengeschlossen werden (FRIEDRICH, NILSSON 1979). Man unterteilte diese Wettkampfübungen in **Pflicht- und Kürübungen**. Die internationalen Turnverbände gaben bis 1996 Pflichtübungen vor. Diese richteten sich jeweils in einem 4-jährigen Turnus nach den Olympischen Spielen. Seit 1997

wird international nur noch Kür geturnt, Pflichtübungen gibt es nur noch im Nachwuchsbereich. Die Kürübungen können eigenständig zusammengestellt werden, jedoch richten sich hierbei die Anforderungen nach den internationalen Wertungsvorschriften, dem so genannten *Code de Pointage* (Federation International de Gymnastique, FIG 1997).

2.2 Charakteristik des Kunst- bzw. Gerätturnens

Gerätturnen (früher Geräteturnen) bezeichnet den Vereins- oder Breitensport. Unter dem Begriff Gerätturnen werden neben den Standardgeräten viele weitere Sportgeräte wie z.B. Minitrampolin, Kasten, Bock, Schaukelringe subsumiert und es ist auch nicht verpflichtend an die strengen Regeln des Kunstturnens gebunden. Modernes Gerätturnen hat sich in jüngster Zeit zu einer attraktiven Freizeitaktivität für jung und alt entwickelt, welches eine schier unerschöpfliche Anzahl toller Bewegungserlebnisse prägender Körpererfahrungen und positiver Motivation bereithält.

Gerät- bzw. Kunstturnen gilt als **technisch-kompositorische Mehrkampfsportart**. Es verlangt vom Turner die Beherrschung neuartiger, schwieriger und koordinativ - komplizierter Bewegungen. Vor allem beim Kunstturnen wird eine sportliche Leistung hierbei auf der Grundlage von **Wettkampfregelein** und **Wertungsbestimmungen** ermittelt. Wichtige Komponenten sind dabei **Technik** und **Haltung** sowie die Schwierigkeit und Komposition des Wettkampfprogrammes. Durch die Verschiedenartigkeit der Turngeräte ist es dem Turner möglich, eine Vielzahl von Elementen zu erlernen und darzubieten. Oftmals ist die Ausführung turnerischer Bewegungen sehr eng mit der Entwicklung körperlicher Fähigkeiten verbunden.

Hierbei werden vor allem die **Beweglichkeit, Schnelligkeit, Koordination, Gewandtheit, Kraft** und **Orientierungsfähigkeit** beansprucht. Durch die Adaptation des Organismus ist Gerät- und Kunstturnen bestens geeignet, Krankheiten vorzubeugen bzw. bestehende Krankheiten (z.B. Haltungsschäden) zu verbessern oder zu rehabilitieren (ROST, HOLLMAN, HECK, LIESEN, MADER 1982; LAWRENZ, SCHIEKENDANZ, WETZLING, ROST, MENNICHEN 1999).

Auch die **psychischen Eigenschaften** wie *Emotion, Motivation, Entscheidungsfreudigkeit* u.a. werden durch das Gerät- und Kunstturnen positiv weiterentwickelt und helfen somit, sich in der sozio - kulturellen Umgebung besser zurecht zu finden (WELLER 1985).

Da auch **Ausdruck** ein entscheidendes Merkmal des Kunstturnens ist, werden hier das **ästhetische Empfinden** und der Sinn für die Schönheit einer Bewegung gefördert. All diese Fähigkeiten und Fertigkeiten werden im Training herausgebildet und verbessert.

2.3 Wettkampfordnung und Wettkampfrichtlinien

Beim Kunstturnen werden auf nationaler Ebene **Meisterschaftswettkämpfe** im Einzel- und Mannschaftsbereich durchgeführt. Zusätzlich können **Pokalwettkämpfe** auf Bundesebene von den einzelnen Fachgebieten ausgeschrieben werden.

Bundesliga, Regionalliga und **Landesliga** sind Wettkampfeinrichtungen des **Deutschen Turnerbundes (DTB)** zur Ermittlung des Deutschen Mannschaftsmeisters im Kunstturnen. Sie sind die obersten Wettkampfklassen auf nationaler Ebene.

Vorrang genießen nur Länderkämpfe, Europa- und Weltmeisterschaften sowie Olympische Spiele.

Die **Mannschaftswettbewerbe** sind in Ligen unterteilt, dabei sprechen wir von **1. Bundesliga** (z. Zt. 10 Mannschaften), **2. Bundesliga** (Nord-Süd-Staffel z. Zt. je 8 Mannschaften), **Regionalliga** (drei Staffeln z. Zt. je 7 Mannschaften), **Landesliga** und **Gauliga**. Die 1. Bundesliga turnt in einer Vorrunde und in einer Endrunde sowohl den Deutschen Kunstturnmannschaftsmeister als auch die Absteiger aus. Seit 1997 wird auch ein Liga-Cup geturnt. Der Sieger wird nach einer Vorrunde, einem Halbfinale und einem Finale ermittelt, das vier Mannschaften erreichen.

Die **Kürübungen** im **Mannschaftswettkampf** werden nach dem *Code de Pointage* (FIG 1997) zusammengestellt und bewertet. Für jede Wettkampfsaison können beliebig viele Turner gemeldet werden, es müssen jedoch mindestens sechs Turner pro Mannschaft benannt werden. Als Wettkampfsaison gilt das Kalenderjahr.

2.4 Allgemeine Bewertungsrichtlinien

Nach dem *Code de Pointage* (FIG 1997) hat der Turner die Möglichkeit, seine **Kürübung** selbst zusammenzustellen. Der **Schwierigkeitsgrad** einer Übung setzt sich aus der Anzahl und dem Schwierigkeitsgrad der einzelnen Übungsteile zusammen. Hierbei werden verschiedene Schwierigkeiten (A, B, C, D, E) unterschieden, wobei die Schwierigkeit E (z.B. ein Dreifachsalto am Boden) die absolute Höchstschwierigkeit darstellt.

A-Teil > Bewertung je 0,1 Punkte, entspricht sehr leichtem Schwierigkeitsgrad

B-Teil > Bewertung je 0,2 Punkte, entspricht leichtem Schwierigkeitsgrad

C-Teil > Bewertung je 0,4 Punkte, entspricht mittlerem Schwierigkeitsgrad

D-Teil > Bewertung je 0,6 Punkte, entspricht hohem Schwierigkeitsgrad

E-Teil > kann mit Gutpunkten honoriert werden, entspricht sehr hohem

Schwierigkeitsgrad

Die Kürübungen werden von einem **A-** und einem **B-Kampfgericht** bewertet. Das A-Kampfgericht legt den Ausgangswert der gezeigten Kürübung fest, indem es Schwierigkeit und spezielle Anforderungen bewertet und Gutpunkte (bis zu 1,40 Punkte) vergeben kann. Insgesamt kann der Turner hier bis zu 5 Punkte erreichen allerdings nur wenn er mehr als die grundsätzlich geforderte Höchstschwierigkeit zeigt. Das B- Kampfgericht bewertet nur die Ausführung der Übung und ermittelt die Abzüge für Fehler in der Technik und Ausführung. Es vergibt ebenfalls bis zu 5 Punkte. Insgesamt können bei der Kürübung zwischen 0 und 10 Punkte erreicht werden. Die Ausgangsnote setzt sich wie in **Tabelle 1** beschrieben zusammen.

Tab. 1: Zusammensetzung der Ausgangsnote für eine Kürübung im Kunstturnen.

a) Schwierigkeit:	2,40 Punkte
b) Spezielle Anforderung:	1,20 Punkte
c) Gutpunkte	1,40 Punkte
Das ergibt eine Ausgangsnote des A-Kampfgerichts von:	<u>5,00 Punkten</u>
d) Ausführung (Technik u. Haltung)	5,00 Punkte
Das ergibt eine Ausgangsnote des B-Kampfgerichts von:	<u>5,00 Punkten</u>
Die höchstmögliche Wertung für eine Kürübung beträgt:	<u>10,00 Punkte</u>

Im **Anhang** der Arbeit findet sich eine vollständige Auflistung aller bisherigen gewonnenen **Titel der Deutschen Einzelsportler und Mannschaften** im Bereich **Kunstturnen Männer** bei **Welt- und Europameisterschaften** sowie den **Olympischen Spielen**.

2.5 Sportmedizinische und sportmotorische Leistungsvoraussetzungen beim Kunstturnen

Die **menschliche Leistungsfähigkeit** ist von sehr vielen Faktoren abhängig. Besonders wichtig sind dabei die **körperlich-anatomisch-konstitutionellen Voraussetzungen** des **Haltungs- und Bewegungsapparates** (Größe, Gewicht, Hebelverhältnisse). Weiterhin stellen die **absolute Muskelkraft** und die **Kraftausdauer** entscheidende Einflussgrößen dar (HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Der **Trainings- und Leistungszustand** des **Herz-Kreislauf-Systems** sowie der **Atemorgane** spielen außerdem eine bedeutende Rolle (REINDELL u. Mitarb. 1988).

Darüber hinaus sind der **allgemeine Stoffwechsel** und im Besonderen der **Muskelstoffwechsel** wichtige Faktoren. **Endokrinium, Wasser- und Elektrolythaushalt** sowie die **Temperaturregulation** sind zusätzlich bedeutend für die menschliche Leistungsfähigkeit (KEUL, KINDERMANN, SIMON 1978; KINDERMANN 1987).

Außerdem spielen das **neuromuskuläre System** und das **zentral-nervöse System** mit den **psychischen Komponenten** Willenskraft (Emotionen) und Motivation eine große Rolle (JOKL, MC CLELLAN 1971; NOWACKI 1975; MELLEROWICZ, JOKL, HANSEN 1983; NEUMANN 1990; HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Jeder dieser zusammenfassend angesprochenen Funktionskreise kann die Entwicklung einer optimalen Leistungsfähigkeit limitierend beeinflussen.

Untersuchungen über den **Einfluss physischer und psychischer Belastungen** auf den **Hormonhaushalt** haben in den letzten Jahren in der Sportmedizin zunehmend an Bedeutung gewonnen. Hierbei nutzt man die Möglichkeit, durch einen standardisierten sportartspezifischen Feldversuch aus der hormonellen Antwort Rückschlüsse auf Art, Intensität und Nutzen bzw. Risiko der jeweiligen Belastungsart zu ziehen.

Unter körperlicher Belastung lässt sich eine Erhöhung der Plasmaspiegel des so genannten **β-Endorphins** beobachten (TRÖGER u. Mitarb. 1981; HATFIELD, LARDEN 1987). Das freigesetzte β-Endorphin führt dabei unter anderem zu einer Abschwächung der

belastungsinduzierten ventilatorischen Reaktion (GROSSMANN, SUTTON 1985). Es wirkt außerdem stressvermindernd (SANTIAGO u. Mitarb. 1981).

Inzwischen belegen eine Anzahl von Untersuchungen einen Anstieg des β -Endorphins nach einer erschöpfenden Ausbelastung (TRÖGER u. Mitarb. 1981; HATFIELD, LARDEN 1987; SANDRING u. Mitarb. 1990, BRETZEL u. Mitarb. 1994, SCHNORR u. Mitarb. 1996).

Der Anstieg scheint dabei unter anaeroben Bedingungen wesentlich ausgeprägter zu sein als unter aeroben Bedingungen. Erstmals hatte 1981 eine Gießener pharmakologisch-sportmedizinische Arbeitsgruppe im Rahmen ihrer Studien bei Skilangläufern auf diesen Zusammenhang aufmerksam gemacht (TRÖGER u. Mitarb. 1981). HOLLMANN, DE MEIRLMEIR 1988 halten die β -Endorphin-Ausschüttung nach Fahrradergometerarbeit im Grenzbereich der Leistungsfähigkeit für die festgestellte hochsignifikante Anhebung der Schmerzschwelle für ursächlich und konnten damit diese Beziehung durch ihre Ergebnisse bestätigen. Auch bei weiteren fahrradergometrischen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Erhöhung des β -Endorphin-Spiegels eine Schwellenabhängigkeit (Anstieg ab 75-80% der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme) und eine hohe interindividuelle Schwankungsbreite aufweist (DONEVAN, ANDREW 1987; MC MURRAY u. Mitarb. 1987; SCHNORR u. Mitarb. 1996). Bei leichter körperlicher Belastung ist hingegen keine signifikante Erhöhung des β -Endorphin-Spiegels erkennbar (HOWLETT u. Mitarb. 1984; FARRELL u. Mitarb. 1987; LANGENFELD u. Mitarb. 1987; RAKKILA u. Mitarb. 1987, 88) Eine weitere Klärung der Bedeutung des β -Endorphins im Rahmen physiologischer und pathologischer Vorgänge ist nur durch vielfältige und differenzierte Untersuchungen möglich. Diese werden sicherlich in der nahen Zukunft im Bereich der Sportmedizin an Bedeutung gewinnen.

Obwohl schon in den 60er Jahren JOKL wiederholt darauf hingewiesen hat, dass die Zukunft der sportmedizinisch-sportwissenschaftlichen Forschung auf den Gebieten „**Exercise and Brain**“ sowie in der **Aufklärung neurophysiologischer und neuroendokriner Zusammenhänge zentral-nervöser und peripher-motorischer Steuerungsmechanismen** liegen wird, hat dieses Gebiet der Sportmedizin erst in den 80er Jahren an Bedeutung gewonnen.

In der Bundesrepublik Deutschland beschäftigten sich zunächst nur vereinzelt sportmedizinische Arbeitskreise mit diesem interdisziplinären Forschungsgebiet (NOWACKI u. Mitarb. 1981; HOLLMANN u. Mitarb. 1983, 1988, 1999). Letzlich sollte die systematische

Erforschung der Zusammenhänge zwischen **Gehirn, Psyche, Motorik** und **Metabolismus** zur weiteren Entwicklung des Hochleistungssports beitragen.

SCHOBER stellte 1987 fest, dass das Turnen an den verschiedenen Geräten im Training einen unterschiedlichen zentralnervösen Aktivierungsgrad unabhängig von der Gerätereihung in der Trainingseinheit nach sich zieht. Er führt dies auf den unterschiedlichen Belastungsgrad und damit auf unterschiedliche Anforderungen an die zentral-nervösen Steuer- und Regelmechanismen zurück. So bestehen Beziehungen zwischen zentral-nervöser Aktivierung und dem Umfang der Trainigseinheit, der Qualität der Bewegung und motivationalen Faktoren (SCHOBER 1987).

Die **Gehirnforschung**, die **Genforschung** und die **immunologische Forschung** in Verbindung mit der Sportmedizin sind als neuste und wichtigste Aufgaben der Sportmedizin in der Zukunft zu sehen. Dabei wird die Gehirnforschung mehr und mehr die steuernde und letztlich leistungsbegrenzende Rolle des Gehirns bei körperlichen Aktivitäten zu Tage treten lassen. Die immunologische Forschung kann zur Verhütung von Krankheiten beitragen und die Reaktionen des Körpers beim Sport besser verstehen lassen. Die Zukunft der Sportmedizin liegt darin, den Menschen als netzartige Einheit von Körper und Geist zu betrachten. Sie wird im weitesten Sinne sozio-psycho-neuro-immunologisch tätig sein müssen (HOLLMAN, HETTINGER 2000).

Ein **Hauptanliegen der Sportmedizin** ist die **Objektivierung** der körperlichen, kardiozirkulatorischen sowie kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit des Sportlers. Hierbei soll der momentane körperliche **Ist-Zustand** eines Probanden möglichst exakt bestimmt werden, um Trainer und Sportler die Möglichkeit zu geben, auf dieser Grundlage die leistungslimitierenden Faktoren für die spezifische sportliche Leistung im Training gezielt beeinflussen und verbessern zu können. Die **Analyse** der die **Leistungsfähigkeit begrenzenden Faktoren** liefert dabei wichtige Impulse für die Optimierung des Trainingsprozesses (RIECKERT 1981; REINDELL u. Mitarb. 1988; MEDAU, NOWACKI 1992; SHEPHARD, ÅSTRAND 1993; WILMORE, COSTILL 1994; BADTKE 1995).

Eine wichtige Methode zur exakten Kontrolle und Objektivierung der körperlichen Leistungsfähigkeit eines Sportlers ist die **Leistungsdiagnostik** in der Sportmedizin (MELLEROWICZ 1979; RIECKERT 1981; REINDELL u. Mitarb. 1988; MEDAU, NOWACKI 1992; SHEPARD, ÅSTRAND 1993; TITTEL, ARNDT, HOLLMANN 1993; NEUMANN, SCHÜLER 1994; BADTKE 1995; MC ARDLE, F. KATCH, V. KATCH 1996; HOLLMANN, HETTINGER 2000).

In der **Leistungsdiagnostik** wird die **sportliche Belastbarkeit** in die **Bereiche Freizeit-, Erholungs-, Leistungs- und Hochleistungssport** unterschieden. Dabei hat der Leistungssport nach ISRAEL 1968 mit seinen Prüfverfahren den für eine Sportart typischen Maximierungsaspekt zu berücksichtigen.

Folgende **Kriterien** werden in der **Leistungsdiagnostik** objektiviert (HOLLMANN u. Mitarb. 1971; NOWACKI 1971, 1987; ISRAEL 1979; MELLEROWICZ 1979; BRINGMANN 1980; NEUMANN, SCHÜLER 1994):

1. Ermöglichen eines Einblickes in den Gesundheitszustand, die biologischen Voraussetzungen und die leistungsbegrenzenden physiologischen sowie biochemischen Komponenten.
2. Erfassen der individuellen Fähigkeiten und Voraussetzungen für bestimmte Belastungsanforderungen im Sport.
3. Erkennen von Gesetzmäßigkeiten und biologischen Adaptationen in Abhängigkeit von Qualität und Quantität des Trainings sowie des Einflusses von Alter, Geschlecht und Umweltfaktoren.
4. Erstellen von Leistungsprognosen für optimale Trainingsbereiche sowie zusätzliche Beeinflussung der Leistungsmotivation des Athleten im Training und Wettkampf auf der Basis seiner aktuellen Leistungsfähigkeit.

2.5.1 Das sportmedizinische Profil des Kunstturners

Gerätturnen erfordert eine vielseitige physische und motorische Leistungsbereitschaft sowie eine hohe Ausdauerfähigkeit, was die sensorische, geistige und emotionale Ermüdung angeht.

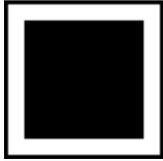
Im unteren Leistungsbereich ist die Ausbildung der **Kraft** und **Flexibilität** vorrangig. Im Training der Fortgeschrittenen nimmt die **sportartspezifische allgemeine und lokale Ausdauer** einen immer bedeutungsvolleren Stellenwert ein. Nur durch häufiges Wiederholen von Übungen und Übungsteilen ist eine Perfektion in der technischen Ausführung zu erreichen. Hauptleistungsträger im Turnen sind also Kraft, Beweglichkeit und die sportartspezifische allgemeine und lokale Ausdauer. Die aeroben und anaeroben Kapazitäten sind dabei als leistungslimitierende Faktoren anzusehen (UKRAN 1970; SCHWERDTNER u. Mitarb. 1974; MATWEJEW 1975; UKRAN, LEWAN, ZEMSKOW 1975; ECKHARDT 1976).

Die allgemeine **aerobe Ausdauer** dient als Grundlage für das häufige Wiederholen einzelner Übungsteile, die allgemeine **anaerobe Ausdauer** ist für den ständigen Wechsel zwischen gymnastischen Bewegungen, Gleichgewichts-, Halte- und Kraftteilen erforderlich (SCHWERDTNER, ECKHARDT, KAMMERER 1974). **Kraftausdauer** wird bei allen Kraft- und Halteteilen benötigt. Dabei bestehen zwischen der Kraftausdauer, der Maximalkraft und der Schnellkraft große korrelative Bezüge. Die Maximalkraft stellt die Basisgröße dar, deren Steigerung sich sowohl auf die Schnellkraft als auch auf die Kraftausdauer positiv auswirkt. In geringem Maße findet auch eine Steigerung der nervalen Steuerung statt (SCHMIDTBLEICHER 1980, 1994, 1999). Die **Schnelligkeit** ist azyklisch und taucht in vielen Übungsteilen u.a. beim Anlauf am Pferdsprung auf.

2.5.2 Das sportmotorische Profil des Kunstturners

Ein wichtiges Element beim **Kunstturnen** ist die **Beweglichkeit** sowie die **Koordination**. Leistungsvoraussetzungen für eine gute **Bewegungskoordination** sind **Gewandtheit, Orientierungsvermögen, Bewegungsraum- und Zeitgefühl, Reaktionsfähigkeit, Anpassungs- und Umstellungsfähigkeit, Entspannungsfähigkeit, Kombinationsfähigkeit, Geschicklichkeit** (MEINL, SCHNABEL 1987).

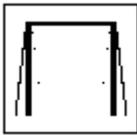
An den **einzelnen Geräten** stellen sich diese **Anforderungen** wie folgt dar (RASIM 1980; JONATH, KREMPEL 1981; ECKHARDT 1985):

BODEN

Die außerordentlich gewandte Fuß- und Beinmuskulatur leistet dynamische Arbeit durch Sprungkraft-Ausdauer. Die Rücken-, Gesäß-, Bauch-, Arm- und Schultermuskeln leisten unterstützende dynamische und statische Arbeit.

SEITPFERD

Eine tragende Komponente ist die statische, stützende und dynamische Beschleunigungsarbeit der Oberkörpermuskulatur. Eine unterstützende Wirkung der statischen und dynamischen Arbeit wird durch die übrige Muskulatur erreicht, dabei wird eine starke anaerobe Energiebereitstellung durch die Spannung der Armmuskulatur auf Grund der Stützbelastung erlangt.

RECK

Beim Reckturnen erfährt die Fingermuskulatur auf Grund der auftretenden Zentrifugalkräfte eine starke anaerobe Beanspruchung. Eine Verschiebung des intrathorakalen Blutvolumens in den extrathorakalen Raum hat eine zentrale Mangeldurchblutung und Ermüdung des Gehirns zur Folge (GAUER 1974). Außerdem wird die gesamte Oberkörpermuskulatur stark belastet.

PFERDSPRUNG

Bei Anlauf und Absprung wird die dynamische Arbeit der Beinmuskulatur besonders beansprucht. Während der gesamten Flug- und Stützphase findet eine durchgängige statische Anspannung statt.

BARREN

Beim Barrenturnen gibt es eine hohe anaerobe Anforderung an die Stützkraft der Arme sowie an die Fingermuskulatur. Außerdem ist die dynamische und statische Arbeit im gesamten Oberkörperbereich von eminenter Bedeutung. Die typischen Kraft- und Halteteile erfordern hohe anaerobe statische Muskelausdauer.

RINGE

Die gesamte Oberkörpermuskulatur wird statisch und dynamisch angespannt; auch die Fingermuskulatur wird hierbei stark anaerob durch die extrem auftretenden Zugkräfte belastet. Krafthalteteile an den Ringen erfordern hier eine besonders hohe anaerobe statische Muskelausdauer. Dies demonstriert eindrucksvoll ein Wettkampfbild eines der erfolgreichsten deutschen Turner an den Ringen (**Abb. 1**).

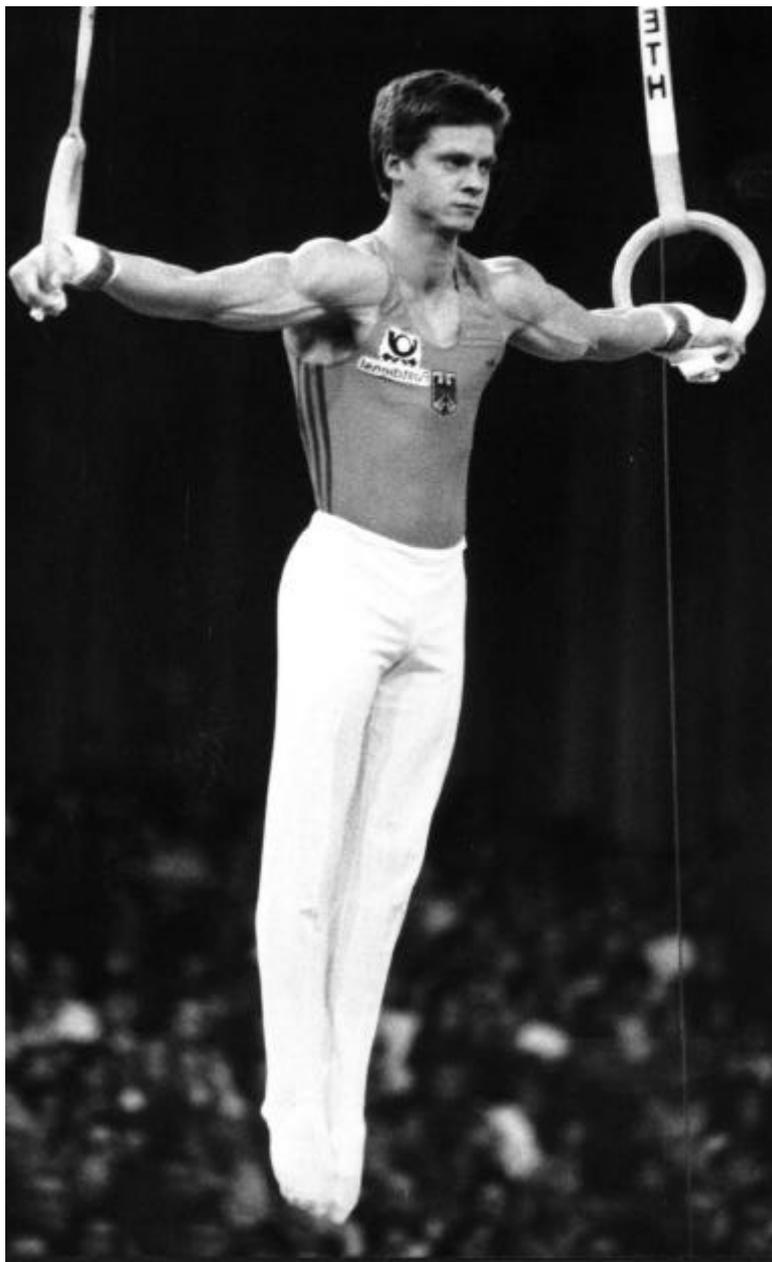


Abb. 1: Andreas Wecker, SC Berlin, Vizeweltmeister an den Ringen 1989, 1991 und 1993, Weltmeister 1995 und Olympiasieger 1996 am Reck.

Auch die so genannten **Nachwuchstalente** der Turner aus den Landeskadergruppen D und E verfügen teilweise schon über ausgezeichnete koordinative Fähigkeiten (**Abb. 2**). Dennoch sollte die Heranführung an das nationale und internationale Wettkampfgeschehen in Übereinstimmung mit namhaften Sportmedizinern langsam und mit der nötigen Zurückhaltung von den Kunstturnvereinen und Verbänden geplant werden.

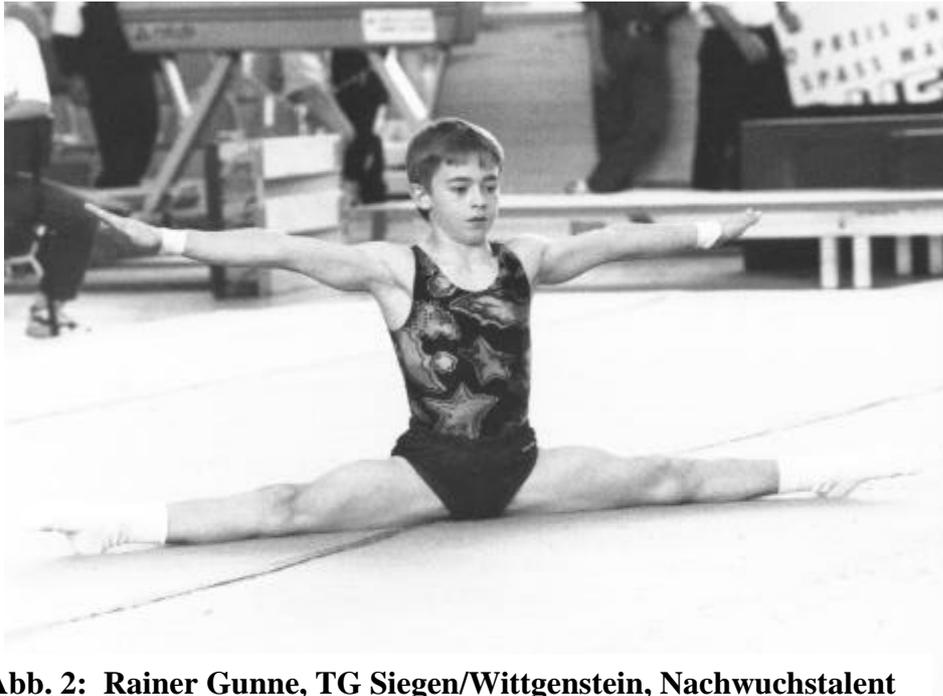


Abb. 2: Rainer Gunne, TG Siegen/Wittgenstein, Nachwuchstalent

2.5.3. Die kardiorespiratorische Belastung im Kunstturnen

Die Fähigkeit des Menschen zur körperlichen Belastung ist in der Regel durch die **Kapazität** des **kardiopulmonalen Systems** limitiert. Da im **Kunstturnen** vorwiegend die **Kurzzeitausdauer** gebraucht wird, hat sich in der Vergangenheit aus trainingstechnischer Sicht der Schwerpunkt auf die Ausbildung der Koordinationsfähigkeit, der Bewegungsmotorik und der Kraft orientiert.

Neben diesen Faktoren stellt im **Kunstturnen** jedoch ein **gut trainiertes Herz - Kreislauf - System** mit großer Leistungsbreite eine weitere Voraussetzung zur Erreichung von Höchstleistungen dar. Dies hat zur Folge, dass neben der **speziellen Ausdauer** an den Geräten auch die **allgemeine Ausdauerleistung** durch ein zusätzliches Ausdauertraining verbessert werden muss. Sie stellt auch eine Grundlage zur effektiven Gestaltung und Bewältigung des täglichen, mehrstündigen Trainings dar (GROSSER, BRÜGGEMANN, ZINTL 1986; HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Der **allgemeine Konditionszustand** lässt sich durch **spiroergometrische Laboruntersuchungen** prüfen. Hierbei ist der Messwert „**maximale Sauerstoffaufnahme**“ als zuverlässigstes Bruttokriterium zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des kardiopulmonalen Systems mit standardisierten Belastungsverfahren zu sehen.

Die **maximale Sauerstoffaufnahme** ist dabei als **integraler Wert** der **aeroben und anaeroben Kapazität** eines Athleten zu werten (NOWACKI 1974).

3 METHODIK

„Vollbringe, was du denkst!“ (Friedrich Hölderlin 1823)

3.1 Untersuchungsbedingungen

Einundzwanzig Kunstturner der Landesliga wurden zwischen 1995 und 1997 im Rahmen von zwei Untersuchungsserien am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen unter Leitung von Professor Dr. med. Paul E. NOWACKI untersucht. Gesamte Probandengruppe (n = 21) - Kunstturner I mit 12 Probanden und Kunstturner II mit 9 Probanden -. Mittels der **Fahrradspiroergometrie** und in weiteren **Laboruntersuchungen** wurde die körperliche Leistungsfähigkeit gemessen. Die kardiorespiratorischen Parameter wurden nur bei Kunstturnern der Untersuchungsgruppe I gemessen. Spezielle Einzelheiten der Gruppe I wurden schon in der Magisterarbeit (SAWELLION 1995) beschrieben.

Die Belastung wurde fast ausschließlich vormittags zwischen 8.30 Uhr und 12.00 Uhr durchgeführt. Alle Probanden nahmen in einer Zeitdauer von 12 Stunden vor den Untersuchungen weder Kaffee, Tee, Alkohol noch Medikamente zu sich.

Die Voraussetzungen der **Leistungsumsatzbedingungen** entsprachen den **Standardisierungsvorschlägen** der Arbeitsgruppe für Ergometrie des *International Council for Sport and Physical Education* (ICSPE) der UNESCO von 1981 (MELLEROWICZ 1983).

Neben den Laboruntersuchungen wurde außerdem mit den Kunstturnern der Untersuchungsgruppe II ein **Feldversuch** in der Sporthalle des TSF Heuchelheim durchgeführt.

3.2 Untersuchungsgut

Die einundzwanzig untersuchten Probanden waren zum Zeitpunkt der Untersuchung aktive Mitglieder der Landesliga-Mannschaften des Turngau Mittelhessen. Alle Kunstturner haben an den Hessischen Meisterschaften teilgenommen und vordere Plätze erreicht. Zwei wurden 1995 Hessenmeister. Den Vizetitel konnten zwei 1993 und einer 1996 erreichen. 1993 belegte einer den Dritten Platz, 1994 zwei und 1995 nochmals einer der Probanden. Ein Turner wurde

mit der Mannschaft von 1990 bis 1994 jeweils Hessenmeister. Acht der Probanden nahmen an den Deutschen Meisterschaften 1990, 1991, 1994 und 1995 teil und erreichten jeweils Plätze im vorderen Mittelfeld. Zum Zeitpunkt der Untersuchung befanden sich alle Turner gerade in der Wettkampfphase der Landesliga.

Im Folgenden sollen nur die **anthropometrischen** Daten, **Vitalkapazität**, **Ein-Sekunden-Kapazität** und die **Trainingszeit/ Woche** der im Rahmen dieser Dissertation untersuchten **Kunstturner II (1997)** vorgestellt werden, die Daten der Kunstturner I sind in meiner Magisterarbeit (SAWELLION 1995) nachzulesen und als Tabelle 3 angefügt.

3.2.1 Laboruntersuchung

Der Kleinste der Probanden der Untersuchungsserie II war 169,5 cm groß, der größte Proband maß 181 cm. Die mittlere **Körpergröße** betrug **175,3 ± 3,8 cm**. Der leichteste Proband wog 62 kg, der schwerste Proband 77 kg. Der Durchschnitt lag bei **67,8 ± 5,5 kg**. Das **Durchschnittsalter** der Probanden lag bei **20,9 ± 4,9** Jahren, wobei der jüngste Proband 16,3, der älteste 30,1 Jahre alt war. Die anthropometrischen Daten der Kunstturner II sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Bei jedem Probanden wurde eine ausführliche Klinische-, Allgemeine- und Familien-**Anamnese** durchgeführt.

Auf dem **sportärztlichen Untersuchungsbogen** wurden zusätzlich Informationen über den Trainer, Sportlehrer, Verein, Schule, Hausarzt sowie weitere Sportarten, die der Proband ausübt, vermerkt. Von besonderem Interesse war anschließend die Erhebung der **Sportanamnese** mit den Fragen nach Trainingsumfang und Trainingspausen in den letzten zwei Jahren, Beschwerden, die in den letzten zwei Jahren bei sportlicher Betätigung aufgetreten sind, sowie alle bisher aufgetretenen Sportverletzungen.

Das **durchschnittliche Training** der Probandengruppe betrug **7,9 ± 3,4 h in der Woche**, wobei Variationen zwischen 4 h und 14 h in der Woche vorlagen. Es wurden keine Trainingsunterbrechungen in den letzten zwei Jahren vor der Untersuchung genannt.

Tab. 2: Anthropometrische Daten - Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter, Größe, Gewicht, Vitalkapazität, Ein-Sekunden-Kapazität und der Trainingszeit/ Woche der Landesliga Kunstturner Gruppe II (1997) des Turngau Mittelhessen.

Turner Gruppe II n = 9	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	Vitalkapazität VK (ml)	Ein- Sekunden- Kapazität FEV₁ (%)	Training/ Woche (Stunden)
A.B.	23	177	72	5300	80	14
H.E.	17,6	177	65	5100	88	7
M.F.	18	172	62	4700	95	7
M.R.	17,2	177	62	5400	89	11
M.S.	20,9	169,5	68	5000	81	4-6
M.T.	27,2	181	72	7000	85	4
N.K.	16,3	172	62	3900	83	7
R.M.	17,8	173	70	5100	94	4
W.N.	30,1	179	77	5300	99	4-6
M	20,9	175,3	67,8	5200	88	7,9
S	± 4,9	± 3,8	± 5,5	± 837	± 6,7	± 3,4

Schließlich unterzog sich jeder Proband noch der **Lungenfunktionsprüfung in Ruhe**. Hier wurde die **Vitalkapazität** und die **Ein-Sekunden-Kapazität** des jeweiligen Probanden an dem Digital - Spirometer "Spirotest" der Firma Draeger, Lübeck überprüft.

Die mittlere **Vitalkapazität** (VK) der Probanden in der Untersuchungsgruppe lag zwischen **5200 ± 837 ml**. Die Werte variierten zwischen 3900 ml und 7000 ml. Die durchschnittliche **Ein-Sekunden-Kapazität** (FEV₁, Tiffeneautest) betrug **88 ± 6,7%**. Es wurden Werte von 81% bis 99% gemessen. Somit verfügen die Turner der Gruppe II über überdurchschnittliche statische und dynamische Lungenfunktionsparameter. Eine obstruktive (Tiffeneautest unter 70% der VK) und restriktive (VK unter 90% des Normwertes) Ventilationsstörung konnte ausgeschlossen werden (BARTELS und Mitarb. 1958, ULMER, REICHEL, NOLTE 1970).

Neben den üblichen **anthropometrischen** Daten, sind auch die **Vitalkapazität**, **Ein-Sekunden-Kapazität** und die **Trainingszeit/ Woche** der **Untersuchungsgruppe I (1995)** und **II (1997)** in den **Tabellen 2** und **3** dargestellt.

Tab. 3: Anthropometrische Daten - Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter, Größe, Gewicht, Vitalkapazität, Ein-Sekunden-Kapazität und der Trainingszeit/ Woche der Landesliga Kunstturner Gruppe I (1995) des Turngau Mittelhessen.

Turner Gruppe I n = 12	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	Vitalkapazität VK (ml)	Ein-Sekunden-Kapazität FEV₁ (%)	Training/ Woche (Stunden)
A.N.	22,6	176	80	5100	78	6-7
M.G.	15,6	173	60	4100	87	6
M.S.	16,5	175	61	4100	96	8-9
M.T.	22,9	181	73	7000	83	7
M.W.	14,4	175	59	4500	81	11
N.W.	14	163	49	3000	88	5
R.R.	22,5	175	73	6500	79	6-7
S.B.	21,3	180,5	76	5400	77	8
T.B.	20	177,5	70	6700	89	4
T.W.	21,7	179	87	5600	90	4-6
W.F.	22,7	172	64	3700	91	6
W.N.	25,8	180	79	4800	94	7
M	20	176	69,3	5042	86	6,7
S	± 3,9	± 6,9	± 10,3	± 1252,2	± 5,6	± 1,9

Auch diese Parameter sind nahezu identisch mit der Gruppe Kunstturner I, was die vorgenommene Zusammenfassung der Gruppen I und II für einzelne leistungsmedizinische Größen bestätigt.

An die Messung der anthropometrischen Parameter und der Anamneseerhebung schloss sich eine gründliche **sportmedizinische**, **internistische** und **orthopädische Untersuchung** an, damit anschließend eine maximale Ergometrie bis zur Erschöpfung ohne Gefahr durchgeführt werden konnte.

3.2.2 Feldversuch

Der **Feldversuch** fand in der Sporthalle des TSF Heuchelheim bei Gießen statt.

Am Freitagabend wurde in der Zeit von 19.30 bis 22.00 Uhr ein **Testwettkampf** an drei Geräten durchgeführt.

Die Übungen orientierten sich an den **Pflichtübungen** des **Code de Pointage L8 - Boden, Barren - und L7 - Reck -**.

Jeweils **drei Turnern** war ein **Betreuerteam** von einem **Arzt** und **zwei Arzthelferinnen** zur Verfügung gestellt. Jedem Turner wurde vor Wettkampfbeginn der Ablauf erklärt und anschließend aus der Cubitalvene in entspannter liegender Haltung 40ml Blut entnommen. Darauf folgte etwa **30 Minuten** das **Einturnen** an den drei Geräten. Die Wettkämpfer starteten im 8 Minuten Abstand. Begonnen wurde mit dem Boden, dann Barren und zum Abschluss Reck. Nach einer jeweils **dreiminütigen Einturnzeit** schloss sich sofort die **Wettkampfübung** an. Nach jeder Übung hatte der Turner Zeit sich **5 Minuten** zu **erholen**.

Während des gesamten Wettkampfes sowie bis 20 Minuten nach dem Wettkampf wurden der **Blutdruck** und die **Herzfrequenz** gemessen.

Zur Messung der Herzfrequenz hatte jeder Turner einen Herzfrequenzmesser der Firma Polar um seinen Brustkorb sowie eine Empfangsuhr um das Handgelenk geschnallt. Der Turner wurde dadurch in keiner Weise bei der exakten Durchführung seines Wettkampfprogrammes am Boden, Barren und Reck behindert. Die Werte wurden direkt vor und sofort nach jeder Übung sowie 5 Minuten und 20 Minuten nach dem Wettkampf zur Kontrolle vom Begleitteam des Turners gemessen bzw. abgelesen und in einem Protokoll festgehalten.

Direkt vor jeder Übung und sofort nach jeder Übung wurde dem Turner aus dem hyperämisierten Ohrläppchen Blut abgenommen und an einer in der Halle befindlichen Messstation sofort das **Laktat** bestimmt. Desweiteren wurde vorher der Ruhe - Laktatwert, später der 3 Minuten und der 20 Minuten Erholungswert bestimmt.

Sofort nach der Belastung und 20 Minuten nach der Belastung wurde in liegender Haltung nochmals 20ml Blut aus der Cubitalvene entnommen und für die Analysen im Labor vorbereitet. Alle Blutproben wurden sofort gekühlt und nach Versuchsende (3 Stunden nach der ersten Blutentnahme) mit einer Kühlzentrifuge bei 4°C mit einer Umdrehungszahl von 2000g zentrifugiert und das Plasma/Serum bei mindestens -20°C tiefgefroren.

Natürlich konnten die von mir untersuchten Athleten nicht so hoch qualifiziert turnen, wie z.B. einer der zur Zeit erfolgreichsten aktiven deutschen Turner Valerie Belenki, der 1998 mit der Deutschen-Nationalmannschaft im Kunstturnen die Bronzemedaille bei den Europameisterschaften gewinnen konnte und 1997 Weltmeister am Pferd wurde.



Abb. 3: Valerie Belenki, 1998 WM-Bronzemedailengewinner mit der Deutschen Nationalmannschaft; 1997 Weltmeister am Pferd

Die folgenden **Abb. 4, 5, 6** während des Feldversuchs veranschaulichen aber deutlich, dass es sich um einen Turnwettkampf mit einer insgesamt guten Qualität gehandelt hat.



Abb. 4: Riesenfelge am Reck – Wettkampf beim leistungsmedizinischen Feldversuch



Abb. 5: Vorbereitung auf die Landung nach dem Handstandüberschlag am Boden beim leistungsmedizinischen Feldversuch



Abb. 6: Ablegen aus dem Handstand am Barren beim leistungsmedizinischen Feldversuch

3.3 Untersuchungsverfahren

Die **körperliche, kardiozirkulatorische und kardiorespiratorische Leistungsprüfung** der Probanden wurde mit einem **kompletten spiroergometrischen Messplatz** der Firma E. Jaeger/ Würzburg im offenen System durchgeführt.

Dieser bestand aus dem Fahrradergometer „Ergotest“ sowie dem „Alveo-Diffusionstest“, dem „Ergo-Pneumotest“ und dem „Dataspir“ mit angeschlossener Datenverarbeitung und Direktschreiber der Firma E. Jäger Würzburg und dem Dreikanal-Elektrokardiographen „Multiskriptor EK 26“ der Firma Hellige, Freiburg i. Brsg.

Die **Registrierung der Ventilationsgrößen** erfolgte fortlaufend pneumotachographisch, die **Messung der Sauerstoff- und Kohlendioxydkonzentrationen** in Volumen % nach der Wärmeleitmethode.

Die Probanden wurden alle über die Art der **Belastungssteigerung** informiert und mit der Funktionsweise des Fahrradergometers vertraut gemacht.

Die Kleidung, die während der Belastung getragen wurde, war sportlich. Alle Probanden fuhren mit freiem Oberkörper. Die gezielte Motivation durch das Untersuchungsteam schaffte die Voraussetzungen dafür, dass die körperliche Beanspruchung des jeweiligen Probanden bis an die individuelle Leistungsgrenze durchgeführt werden konnte.

Die **Herzschlagfrequenz** wurde in der Vorstartphase, in den letzten 10 Sekunden jeder Belastungsminute und bis zur fünften Erholungsminute elektrokardiographisch registriert.

Der **Blutdruck** wurde in der Vorstartphase, jeweils in der Mitte der 1. und 2. Belastungsstufe, also im submaximalen Bereich, und in jeder Erholungsminute gemessen und registriert.

Die **Abb. 7** zeigt das **Gießener körperrgewichtbezogene Belastungsverfahren** (1 W/kg KG-Methode) nach NOWACKI 1975 mit **Beurteilungskriterien** für männliche Probanden und die dadurch mögliche Differenzierung des Trainingszustandes.

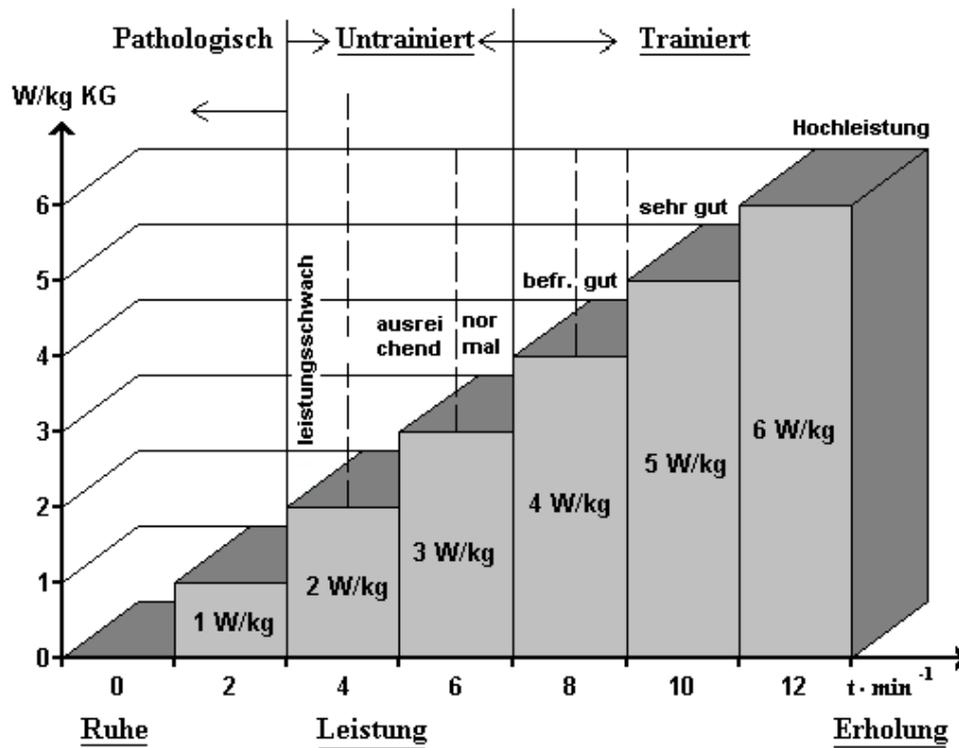


Abb. 7: Gießener körpergewichtsbezogenes Belastungsverfahren (1 W/kg KG-Methode) nach NOWACKI 1975 mit Beurteilungskriterien für männliche Probanden

Unter der Voraussetzung der vollen Ausbelastung des kardiozirkulatorischen Systems bei Männern gelten für die erbrachte Leistung und Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit die in **Tabelle 4** dargestellten Kriterien (NOWACKI 1975, 1977, 1987), welche in der vorliegenden Arbeit von mir noch einmal für den pathologischen und untrainierten Bereich weiter differenziert wurden.

Tab. 4: Beurteilungskriterien für die Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei der Anwendung des körperrgewichtsbezogenen Belastungsverfahrens für Männer (1 Watt/kg KG-Methode nach NOWACKI 1975, 1977, 1987).

Belastungszeit /min	Watt/kg KG	Beurteilung
1. min	1	<i>sicherer Hinweis auf pathologische Veränderungen</i>
2. min	1	<i>Verdacht pathologischer Veränderungen</i>
3. min	2	<i>Leistungsschwach</i>
4. min	2	<i>Ausreichende Leistung eines Untrainierten</i>
5. min	3	<i>Befriedigende Leistung eines Untrainierten</i>
6. min	3	<i>gute, normale Leistung eines Untrainierten</i>
7. min	4	<i>Befriedigend trainiertes körperliches Leistungsvermögen</i>
8. min	4	<i>Gut trainiertes körperliches Leistungsvermögen</i>
9. - 10. min	5	<i>Sehr gut trainiertes körperliches Leistungsvermögen</i>
11. - 12. min	6	<i>Hochleistungstrainingszustand</i>

Der **Belastungsabbruch** erfolgte durch die **subjektive Erschöpfung** des Athleten, wobei ohne Ausnahme alle hier untersuchten Turner auch die standardisierten Ausbelastungsgrenzwerte nach MELLEROWICZ 1975 nicht nur erreichten, sondern sogar überschritten hatten (hohe Motivation!).

Direkt im Anschluss an die Belastung wurden in den ersten fünf Minuten der **Erholungsphase** weitere Messungen der physiologischen Leistungsdaten durchgeführt, um Aussagen über die Erholungsfähigkeit treffen zu können. Nach der maximalen Ausbelastung wurde dabei eine **Klassifizierung** des **fünfminütigen Erholungspulses** vorgenommen (**Tabelle 5**).

Diese ist für langfristig trainierende Sportler enger gefasst als für Untrainierte, bei denen erst eine Herzfrequenz über 140 Schläge/min den Verdacht auf pathologische Veränderungen rechtfertigt (NOWACKI 1977, 1992, 1997).

Tab. 5: Beurteilungskriterien der kardiozirkulatorischen Erholungszeit nach maximaler Ausbelastung für Sportler (NOWACKI 1977, 1992, 1997).

Herzfrequenz nach 5 min Erholungszeit	Trainingszustand Herz-Kreislauf-System
über 130 min ⁻¹	schlecht, Verdacht patholog. Veränderungen
zwischen 120-129 min ⁻¹	ausreichend
zwischen 115-119 min ⁻¹	befriedigend
zwischen 105-114 min ⁻¹	gut
zwischen 100-104 min ⁻¹	sehr gut
unter 100 min ⁻¹	Hochleistungstrainingszustand

In **Ruhe**, in der **vierten** sowie der **sechsten Belastungsminute**, **sofort** nach der Belastung und **drei Minuten nach der Belastung** wurde eine **Blutprobe** aus dem **hyperämisierten Ohrläppchen** mittels einer sterilen Stilette für die **Laktatdiagnostik** entnommen.

Die folgenden Abbildungen zeigen die **Stationen der Untersuchung** (Abb. 8, 9, 10, 11) und den **Versuchsaufbau** im **Spiroergometrielabor** der Professur für Sportmedizin an der Justus-Liebig Universität Gießen (Abb. 12), sowie die **Laktatabnahme** aus dem hyperaemisierten Ohrläppchen während des Labortests (Abb. 13)



Abb. 8: Erheben der Anamnese und Ausfüllen des speziellen Anamnesebogens.



Abb. 9: Messung der anthropometrischen Parameter, hier: Körpergröße



Abb. 10: Lungenfunktionsprüfung – Vital- und 1-Sekunden-Kapazität

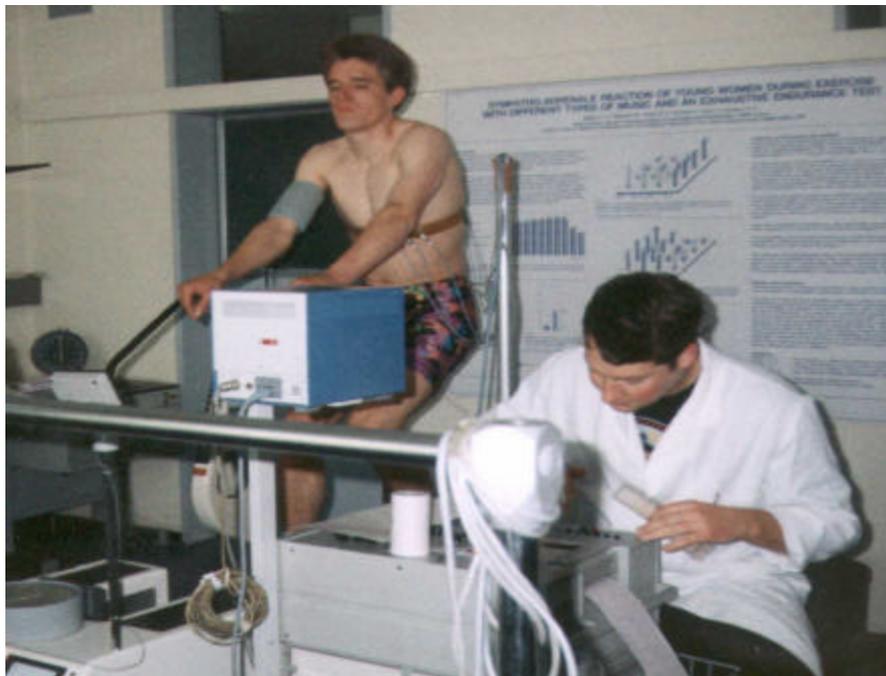


Abb. 11: Herz-Frequenzmessung des Ergo-EKGs vor, während und nach der Leistungsphase. Beobachtung jeder Herzaktion über einem EKG-Monitor

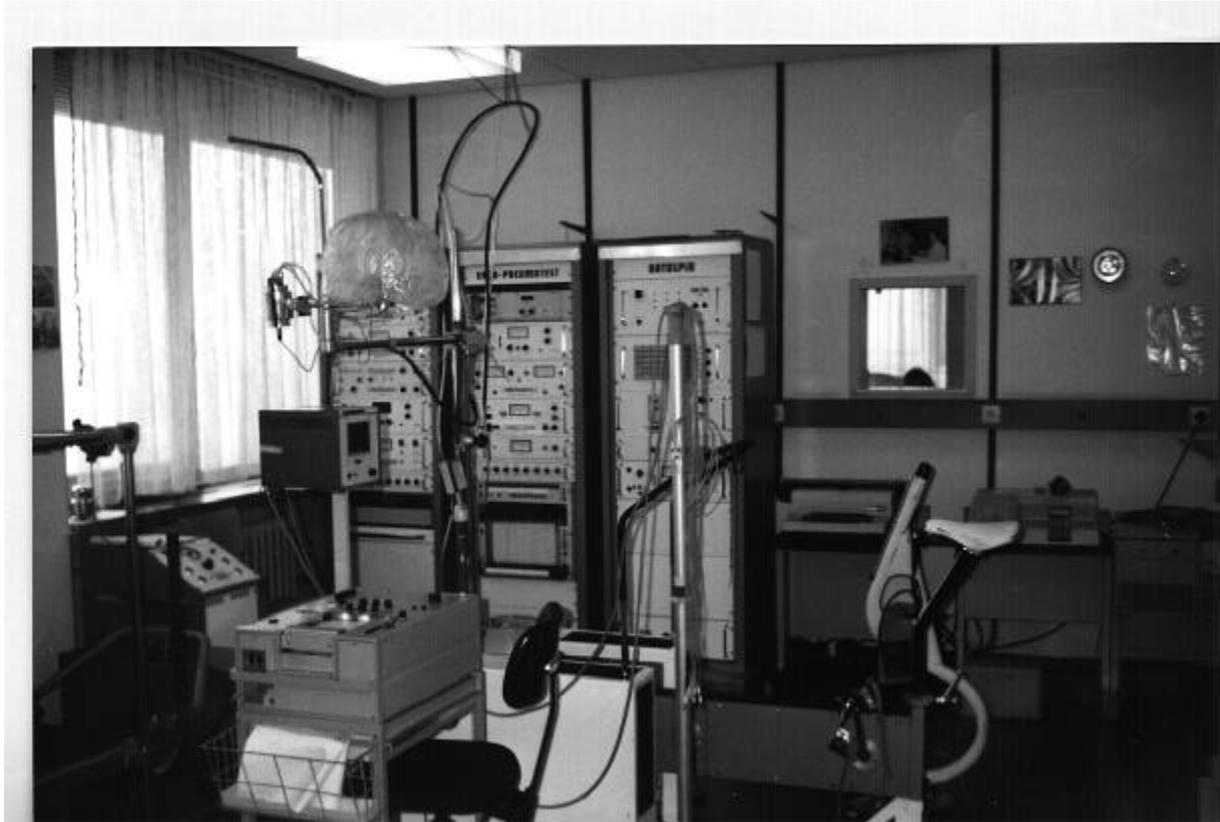


Abb. 12: Kompletter spiroergometrischer Meßplatz der Firma E. Jaeger/ Würzburg an der Professur für Sportmedizin der Justus-Liebig- Universität Gießen zur körperlichen, kardiozirkulatorischen und kardiorespiratorischen Funktionsdiagnostik im offenen System. Die Registrierung der Ventilationsgrößen erfolgte fortlaufend pneumotachographisch; Messung der Sauerstoff- und Kohlendioxydkonzentrationen in Volumen % nach der Wärmeleitmethode.



Abb. 13: Abnahme einer arterialisierten Blutprobe in speziell präparierte Kapillaren mit einer Spezialpinzette aus dem hyperaemisierten Ohrläppchen

3.4 Die Messgrößen und Messmethoden

Für die Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Turner wurden folgende körperliche, kardiozirkulatorische, kardiorespiratorische und metabolische Messgrößen verwandt:

3.4.1 Gesamtarbeit in Wattminuten,

Maximale absolute und relative Wattstufe, Belastungszeit

Die **absolute Gesamtarbeit in Wattminuten** als Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit errechnet sich aus der **Summe der getretenen Wattstufen**.

Ein Turner mit einem Gewicht von 70 kg und einer maximalen relativen Leistung von 1 Minute 5 Watt/kg KG erreicht nach dem Gießener Belastungsschema eine Belastungszeit von 9 Minuten und somit eine Summe der Gesamtarbeit von 1.750 Wattminuten ($70 \text{ W} + 70 \text{ W} + 140 \text{ W} + 140 \text{ W} + 210 \text{ W} + 210 \text{ W} + 280 \text{ W} + 280 \text{ W} + 350 \text{ W} = 1.750 \text{ Wattminuten}$).

In der letzten Belastungsstufe wird die **maximale Leistung** des Probanden in Watt gemessen und als **maximale absolute Wattstufe** angegeben.

Es ist nicht entscheidend, ob der Abbruch des Probanden bereits nach 1 Minute der Belastung erfolgt oder ob die Leistungsstufe noch 2 Minuten lang bis zum Eintritt der Erschöpfung durchgehalten wird. Deshalb ist die Angabe der **ergometrischen Belastungszeit** zur weiteren Differenzierung sehr wichtig. Ein 70 kg schwerer Turner, der 280 Watt für eine Minute erreicht, entsprechend 7 Minuten Belastungszeit, ist befriedigend trainiert. Ein Athlet, der eine Minute länger durchhält, also 2 Minuten 280 Watt, entsprechend 8 Minuten Belastungszeit, ist hingegen schon als gut trainiert einzustufen.

Die Division der maximalen absoluten Wattstufe durch das Körpergewicht des Sportlers in Kilogramm ergibt die **maximale relative Wattstufe** (relative W/kg KG).

Die **maximale relative Wattstufe** ergibt sich zwangsläufig aus der erreichten **W/kg KG-Stufe** bei dem eingesetzten ergometrischen Belastungsverfahren nach NOWACKI 1971.

Bei anderen ergometrischen Leistungstests, z.B. nach KNIPPING u. Mitarb. 1960, dem des Bundesausschusses für Leistungssport in Deutschland (BAL), dem Kölner Standardverfahren nach HOLLMANN 1974 und der Methode nach MELLEROWICZ 1979 wird die maximale erreichte **Vita maxima-Wattstufe** durch das **Körpergewicht in kg geteilt** und auf eine Stelle nach dem Komma gerundet.

Die während der Untersuchung geleistete Wattstufe der Probanden wurde auf einer geeichten Skala registriert, die von 0 bis 600 Watt reichte.

3.4.2 Herzschlagfrequenz ($H_f \text{ min}^{-1}$)

Bei der **Laboruntersuchung** wurde jeweils in Ruhe, bei Belastung und in der fünfminütigen Erholungsphase die Zeit von **3-QRS-Komplexen** aus dem Ergo-Elektrokardiogramm (**Ergo-EKG**) mit einem Null-Lineal bzw. einem **EKG-Lineal** der Firma Dr. Karl Thomae GmbH, Biberach a. d. Ries, gemessen und daraus die Minutenfrequenz abgelesen. Die Fehlerbreite der Messung der Herzschlagfrequenz kann bei laufender Registrierung der Herzaktionen und Kontrolle des Papiervorschubs vernachlässigt werden. Sie liegt bei $\pm 1\%$ der Messgröße und ist damit nicht größer als die respiratorisch bedingten Veränderungen der Herzfrequenz.

Während des **Feldtests** hatte jeder Turner einen **Herzfrequenzmesser** der Firma **Polar** um seinen Brustkorb sowie eine Empfangsuhr um das Handgelenk geschnallt, die den Turner in keiner Weise bei der exakten Durchführung seines Wettkampfprogrammes behinderte. Die Werte wurden direkt vor und sofort nach jeder Übung sowie 5 Minuten und 20 Minuten nach dem Wettkampf vom Begleitteam des Turners abgelesen und in einem Protokoll festgehalten.

Abb. 14 zeigt das Befestigen des Polar-Pulsgurtes zur Messung der Herzfrequenz während des Turnens durch das Betreuerenteam vor dem Testwettkampf.



Abb. 14: Befestigen des Polar-Pulsgurtes durch das Betreuerenteam vor dem Testwettkampf

3.4.3 Blutdruck (mmHg)

Während der **Laboruntersuchung** und beim **Feldtest** wurde die herkömmliche **Manschetten-Methode** nach RIVA-ROCCI mit **Auskultation** nach KOROTKOW zur Messung des Blutdrucks über der Arteria brachialis des rechten Armes herangezogen (NOWACKI 1979).

3.4.4 Laktat

Sowohl bei der **Laboruntersuchung** als auch beim **Feldtest** wurden der **Ruhewert**, sowie der **Sofort-** und der **3 Minuten Erholungswert** des Laktats mittels einer am Ort befindlichen Messstation sofort bestimmt. Beim Labortest wurde zusätzlich in der **vierten** sowie der **sechsten Belastungsminute** Laktat abgenommen. Beim Feldtest erfolgte zusätzlich eine Blutabnahme direkt vor jeder Übung und sofort nach jeder Übung und in der 20 Minute der Erholungszeit.

Die Kapillarblutentnahme mit einer kalibrierten Einmalkapilette zur Laktatbestimmung erfolgte, mittels Punktierung am mit Finalgon Forte-Salbe hyperämisierten Ohrläppchen des jeweiligen Turners. Nach Enteiweißung mit Perchlorsäure wurde das Probandenplasma zentrifugiert und anschließend vollenzymatisch aufbereitet (Monotest der Firma Boehringer, Mannheim 1984). Mit Hilfe eines Absorptionsphotometers wurde schließlich der Laktatgehalt im UV-Strahlengang (365 nm/1 cm Küvettendicke) photospektrometrisch (Extinktion) gemessen. Die Reagenzien und Bestimmungsmethoden entsprachen der für diesen Testansatz bei sportmedizinischen Untersuchungen vorgeschriebenen Anweisung.

Normbereich: 1,0 – 1,78 mmol/l

Beim **Feldtest** wurden vor dem Testwettkampf, sofort nach der Belastung und 20 Minuten nach der Belastung in liegender Haltung jeweils **20ml** Blut mit handelsüblichen Kanülen und Spritzen aus der Cubitalvene entnommen und für die **Analysen im Labor** vorbereitet. Alle Blutproben wurden sofort gekühlt und nach Versuchsende (3 Stunden nach der ersten Blutentnahme) im Institut für Klinische Chemie der Justus-Liebig Universität Gießen mit einer Kühlzentrifuge bei 4°C und einer Umdrehungszahl von 2000g zentrifugiert und das Plasma/Serum bei mindestens -20°C tiefgefroren. **Abbildung 15** zeigt die Abnahme des Blutes durch das Ärzte-Team während des Feldtests.



Abb. 15: Abnahme von Blut aus der Cubitalvene während des Kunstturn-Feldversuchs durch den Leiter des Ärzteteams Prof. Dr. P.E. Nowacki

3.4.5 Kleines Blutbild

Das **kleine Blutbild** mit folgenden Parametern: Zahl der **Leukozyten**, **Erythrozyten** und **Thrombozyten** sowie die **Hämoglobinkonzentration** (Hb), der **Hämatokritwert** (Hk), dem mittleren absoluten **Hämoglobingehalt eines Erythrozyten** (Mean Corpuscular Hemoglobin – MCH), die mittlere **Hämoglobinkonzentration des Einzelerythroyten** (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration - MCHC), sowie das mittlere **Erythrozyteneinzelvolumen** (Mean Cell Volume - MCV) wurde mit dem STKS-Test der Firma Coulta, Krefeld bestimmt.

Die **Normbereiche für Männer** sind in der folgenden Aufstellung angegeben:

Erythrozyten	4.0 - 5.9 Mill/ μ l
Leukozyten	4.0 – 11.0 Tsd/ μ l
Hämoglobin	14 – 18 g/dl
Hämatokrit	40 – 52 %
Thrombozyten	140 – 345 Tsd/ μ l
MCH	27 –34 pg
MCV	82 –92 fl
MCHC	30 –34 g/dl

3.4.6 Beta-Endorphin-Immunoreaktivität

Das **Beta-Endorphin** immunoreactive Material wurde mit dem Plasma-Beta-Endorphin Radio-Immunoassays (RIA) 84.E bestimmt. Dieses Immunoassay mit spezifischen Antikörpern für die jeweils zu bestimmenden Hormone arbeitet nach der Methode von TESCHEMACHER u. Mitarb. 1990.

Normbereich: 4,9 - 20 pmol/l

3.4.7 Cortisol

Das **Hormon Cortisol** wurde mit einem Fluoreszenzpolarisations-Immunoassay der Firma Abbot, Wiesbaden-Delkenheim, bestimmt.

Normbereich: 2 – 14 µg/dl.

3.4.8 Katecholamine

Die Messung der Konzentration an **Adrenalin**, **Noradrenalin** und **Dopamin** wurde mit dem RECIPE HPLC-Komplettkit der Firma Waters Millipore, Eschborn, durchgeführt. Das Probenvorbereitungssystem enthält eine definierte Menge an aktivem Aluminiumoxyd in einer Pufferlösung. So ist es möglich den pH-Wert im Hinblick auf maximale und selektive Adsorption der Katecholamine zu justieren. 1.0 bis 1.5 ml der Plasmaprobe werden mit Internem Standard aufgestockt und in die Probenvorbereitungskartusche gegeben. Durch selektive Adsorption erfolgt die Isolierung der Katecholamine aus der Probenmatrix. Der katecholaminfreie Plasmaüberstand wird durch Zentrifugation entfernt. In drei nachfolgenden Waschschrritten werden störende Substanzen entfernt. Nach Aufbringen des Elutionspuffers werden die Katecholamine unter stabilisierenden Bedingungen eluiert und eine Aliquot des Eluats auf die HPLC-Säule gegeben. Die Substanzen werden elektrochemisch detektiert und durch Vergleich des Peakflächenverhältnisses von Adrenalin/Interner Standard und Noradrenalin/Interner Standard in der unbekanntenen Probe zu dem entsprechenden Verhältnis in einer externen Standardlösung quantitativ ausgewertet.

Normbereiche für die **Hormone**:

Adrenalin 48 – 124 pg/ml

Noradrenalin 126 – 255 pg/ml

Dopamin 98 – 128 pg/ml

Zusätzlich wurden noch weitere **biochemische Untersuchungen** durchgeführt. Neben den obigen Parametern wurden auch noch die **Substrate** Kreatinin, Harnstoff, Triglyzeride und Cholesterin, sowie die **Enzyme** Gamma-GT, CK und CK MB bestimmt. Diese wurden allerdings nur im Rahmen des **sportärztlichen Beratungsgesprächs**, das jeder Turner im Anschluss an die Untersuchungen erhielt, ausgewertet und sollen in der vorliegenden Dissertation nicht mehr explizit vorgestellt werden, da sie überwiegend im Normbereich lagen. Die **Ergebnisse** finden sich im **Anhang**.

3.4.9 Kardiorespiratorische Funktionsgrößen:

- **Atemminutenvolumen (AMV I BTPS)**
- **Atemzugvolumen (AZV ml BTPS)**
- **Atemfrequenz (Af min^{-1})**
- **Absolute Sauerstoffaufnahme (VO_2 ml STPD)**
- **Relative Sauerstoffaufnahme (VO_2 ml \cdot min $^{-1}$ \cdot kg $^{-1}$ STPD)**
- **Sauerstoffpuls (VO_2/Hf ml STPD)**

Die **kardiorespiratorischen Versuchsbedingungen** und die Ableitungen der Parameter wurden ausführlich für diese Gruppe in meiner **Magisterarbeit** (SAWELLION 1995) dargestellt. Weitere methodische Einzelheiten der Spiroergometrie und der pneumotachografischen Messung der Ventilationsgrößen sowie der Differenz der Sauerstoff- und Kohlendioxydkonzentration zwischen der Ein- und Ausatemungsluft im offenen System wurden ebenfalls ausführlich von NOWACKI 1977, MÄURER 1977 und zuletzt von ZHAO 1995, KIRCHHOFF 1998 und MOHAMMED FAROUK 1999 beschrieben.

3.5 Kritik der Methodik

Für die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit eines Menschen bildet die **Ergometrie** als physikalische Leistungsmessung eine **sichere Methode**. Die durchgeführten Tests entsprechen den **Forderungen** nach **Objektivität**, **Reproduzierbarkeit** und **Unschädlichkeit** (MELLEROWICZ 1979; ZHAO 1995). Die **exogenen Standardbedingungen** Normaltemperatur von 16°-24° C, relative Luftfeuchtigkeit zwischen 30% und 70% sowie der Barometerdruck zwischen 740 und 760 mmHg konnten während der gesamten Untersuchungsdauer eingehalten werden.

Die **Leistungsumsatzbedingungen** konnten leider nicht in vollem Umfang erfüllt werden, da die Anzahl der Probanden es nicht ermöglichte alle Tests an einem Tag und zu jeweils der gleichen Tageszeit durchzuführen.

Da sich die Kunstturner aber gerade am Ende der Landesliga Saison 1996 befanden, ist nahezu keine Minderung der Aussagekraft der Ergebnisse zu sehen.

Alle Kunstturner wurden während der Laboruntersuchungen maximal bis zur individuellen Erschöpfung ausbelastet. Die **obligatorischen Ausbelastungskriterien** wie Herzschlagfrequenz, Respiratorischer Quotient und Atemäquivalent wurden von allen Turnern erreicht bzw. durch die hohe Motivation sogar überschritten (MELLEROWICZ 1979).

Schon die **1. Ergometrie** im Beisein eines qualifizierten Untersuchungsteams führt zu einer vollständigen und 100%igen erschöpfenden Ausbelastung des Probanden. Wiederholte Fahrradspiroergometrien durch ZHAO 1995 haben gezeigt, dass es bei den selben Athleten zwischen der 1. und 2. bzw. bis zur 3., 4. und 5. maximalen Fahrradergometrie keine Steigerung durch einen „Trainingseffekt am Ergometer“ gibt.

Alle **Kunstturner** wurden bereits bei der Einladung zur und vor der ergometrischen Untersuchung im Untersuchungsraum über den **Versuchsablauf informiert**, um einer gewissen Nervosität vorzubeugen. Trotzdem war bei einigen Probanden ein geringer Hyperventilationseffekt sowie eine geringe Überhöhung der Ruhe-Herzschlagfrequenz und des Ruhe-Blutdrucks zu beobachten, die deshalb folgerichtig als „Erwartungswerte“ definiert werden sollten.

Da sich die **Kunstturner** direkt vor dem Aufstiegswettkampf in die nächst höhere Klasse befanden, konnte man bei allen von einem **sehr guten sportartspezifischen Trainingszustand** ausgehen.

Die **Entnahme der Blutproben** wurde trotz der schwierigen Umstände während des **Feldtests** durch mehrere Ärzteteams technisch einwandfrei durchgeführt und somit die Zuverlässigkeit der Messergebnisse gewährleistet. Durch vorheriges Auftragen einer hyperaemisierenden Salbe konnte sowohl während des Feldtests als auch während des Labortests für einwandfreie Entnahmebedingungen gesorgt werden. Durch fortlaufende Blutentnahme konnten Ausreißer eliminiert werden. Die **Laktatbestimmung** wurde von geschultem Personal vorgenommen, sodass die Fehlerquote gering gehalten werden konnte.

Die **statistische Auswertung** erfolgte mit dem Computer. Es wurde versucht, die Fehlerquote bei der Aufbereitung und Auswertung der ermittelten Leistungsdaten größtmöglich zu reduzieren. Hierzu wurde jeder Wert mehrmals überprüft.

Der **Polar-Pulsmesser** am Handgelenk gestattete eine exakte Herzfrequenzmessung bei gleichzeitig niedrigem Gewicht und hoher Akzeptanz durch die Kunstturner, ohne den Ablauf des Wettkampfes wesentlich zu beeinflussen.

3.5 Statistik

Für alle Parameter wurden die **Mittelwerte** (\bar{x}) und die **Standardabweichungen** (s) der **Maximalwerte** für folgende Funktionsgrößen ermittelt:

- Absolute Gesamtarbeit in Wattminuten
- Maximale absolute und relative Wattstufe
- Ergometrische Belastungszeit in Sekunden
- Maximale Herzfrequenz
- 5` Erholungsherzfrequenz
- Blutdruck
- Laktat
- Cortisol
- β -Endorphin
- Katecholamine (Adrenalin, Noradrenalin)
- Atemminutenvolumen in l BTPS
- Absolute Sauerstoffaufnahme in l STPD
- Relative Sauerstoffaufnahme in ml STPD
- Sauerstoffpuls

Außerdem wurden für folgende Parameter die **Mittelwerte** (\bar{x}) und die **Standardabweichungen** (s) in Ruhe und in jeder Belastungs- und Erholungsminute für die graphische Darstellung der Leistungskurven berechnet:

- Herzschlagfrequenz
- Blutdruck im submaximalen Bereich und in allen 5 Erholungsminuten
- Atemminutenvolumen
- Atemzugvolumen
- Atemfrequenz
- Absolute Sauerstoffaufnahme
- Relative Sauerstoffaufnahme pro Kilogramm Körpergewicht
- Sauerstoffpuls

Die Rohwerte wurden mittels dem Computerprogramm SPSS Version 8 bearbeitet. Durch den **KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test** (BARTZ 1989) war eine Ermittlung über das Vorliegen einer **Normalverteilung** der einzelnen Variablen (Alter, Gewicht, Größe, Herzfrequenz usw.) möglich. Es wurde die **Nullhypothese**

H_0 (Die Verteilung gleicht einer Normalverteilung)

und die **Alternativhypothese**

H_1 (Die Verteilung gleicht nicht einer Normalverteilung)

formuliert.

Bei einer **Signifikanz** $p < 0,05$ muss die Nullhypothese abgelehnt und die Alternativhypothese angenommen werden. Bei Werten der Signifikanz von $p > 0,05$ muss die Nullhypothese angenommen und die Alternativhypothese abgelehnt werden (BÜHL, ZÖFEL 1999).

Bei fast allen Daten (siehe Tabellen am Ende dieser Dissertation) war die Signifikanz p größer als 0,05, somit konnte die Alternativhypothese angenommen werden. Danach wurden für alle Daten mittels der deskriptiven Statistik (BÖDEKER 1992) der **arithmetische Mittelwert** (\bar{x}), die **Varianz** (s^2), sowie die **Standardabweichung** (s) ausgerechnet.

Das **arithmetische Mittel** (\bar{x}) wird berechnet, indem man alle Einzelwerte addiert und durch die Anzahl der Probanden dividiert.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Die **Standardabweichung** (s), welche die Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert angibt, kann durch folgende Formel errechnet werden:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Der **mittlere Fehler des Mittelwertes** ($S_{\bar{x}}$) und die **Sigma - Differenz** (S_{DIFF}) wurden für die Mittelwerte der Maximalwerte aller Untersuchungsparameter berechnet.

$$s_{\bar{x}} = \pm \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

$$S_{\text{DIFF}} = \pm \sqrt{s_{\bar{x}_1}^2 + s_{\bar{x}_2}^2}$$

Für den **Vergleich** der **Kunstturner** mit **Athleten anderer Sportarten** wurde der **LEVENE-Test** (BÜHL, ZÖFEL 1998) durchgeführt, um die Varianz der zu vergleichenden Stichproben überprüfen zu können. Anschließend wurde der **t-Test** nach **STUDENT** angewendet – durch die verschiedenen Probanden handelt es sich um eine unabhängige Stichprobe (BÖDEKER 1992) -, um die Turner mit Athleten anderer Sportarten vergleichen zu können

Es wurden wieder H_0 und H_1 formuliert,

$H_0 =$ (Die beiden zu vergleichende Gruppen unterscheiden sich nicht)

$H_1 =$ (Die beiden Gruppen unterscheiden sich)

danach wurde auf Berücksichtigung der Freiheitsgrade

$$df = (n_1 + n_2 - 2)$$

der **kritische t- Wert** (t_a) - hier für $\alpha = 0,05$ - ermittelt.

Anschließend wurde die **Testgröße t** ermittelt:

$$t = \frac{|\bar{d}|}{s_{\bar{d}}} \text{ wobei}$$

$\bar{d} = \bar{x}_a - \bar{x}_b$ (Differenz der Mittelwerte beider Gruppen) und

$$s_{\bar{d}} = s \times \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \times n_2}} \text{ (Varianz beider Stichproben)}$$

Wenn $t > t_a$ dann wird die Alternativhypothese H_1 angenommen und die Nullhypothese H_0 abgelehnt, wenn $t < t_a$ dann wird die Alternativhypothese H_1 abgelehnt die Nullhypothese H_0 angenommen (HARMS 1998).

a oder p = Signifikanz

Mit Hilfe der **t-Verteilung** nach **STUDENT** für mittlere und kleine Stichproben, wurde unter Berücksichtigung des Freiheitsgrades

$$n = n_1 + n_2 - 2$$

die **Irrtumswahrscheinlichkeit (P)** ermittelt:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{S_{\text{DIFF}}}$$

Dabei entspricht:

P < 0,1		10 %
P < 0,05	einer Irrtumswahrscheinlichkeit	5 %
P < 0,01	von weniger als	1 %
P < 0,005		0,5 ‰
P < 0,001		0,1 ‰

(FREUDENBERG 1962; REICH 1964; BÖS 1986).

Entsprechend dem Vorschlag von FREUDENBERG 1962, sowie CLAUSS, EBNER 1983 werden die **Signifikanzniveaus** (p) folgendermaßen unterteilt:

p > 5 ‰	nicht signifikant (-)
p 5 ‰	signifikant (+)
p 1 ‰	sehr signifikant (++)
p 0,1 ‰	hochsignifikant (+++)

Legende der statistischen Auswertung der Ergebnisse:

\bar{x}	= Mittelwert
x_i	= Einzelwerte ($x_1, x_2, x_3, \dots x_n$)
n	= Anzahl der Probanden und Messwerte
s	= Standardabweichung
s^2	= Varianz
$s_{\bar{x}}$	= mittlerer Fehler des Mittelwertes
s_{Diff}	= Sigma - Differenz
t	= t - Verteilung nach STUDENT
P	= Irrtumswahrscheinlichkeit
p	= Signifikanz

An dieser Stelle möchte ich dem Leiter des Instituts für medizinische Informatik der JLU-Gießen, Univ. Prof. Dr. med. J. DUDECK und seinem Wiss. Ass. W. PABST danken, die mich bei der statistischen Bearbeitung meiner Dissertation wertvoll unterstützten. Am Lehrstuhl für Sportmedizin der JLU war mir MA Georg Anton Tiniakos eine wichtige Hilfe. Allen sei hierfür besonders gedankt.

4 ERGEBNISSE

„Für das Können gibt es nur einen Beweis: das Tun.“ (Marie von Ebner-Eschenbach 1901)

4.1 Laborversuch

4.1.1 Funktionsdiagnostik der körperlichen Leistungsfähigkeit

**Absolute Gesamtarbeit in Wattminuten,
Maximale absolute und relative Wattstufe,
Ergometrische Belastungszeit**

Die während eines erschöpfenden ergometrischen Leistungstests im Sitzen (1 W/kg KG-Methode nach Nowacki 1974) erreichte **Gesamtarbeit in Wattminuten**, die **maximale absolute und relative Wattstufe**, sowie die **ergometrische Belastungszeit** von Kunstturnern der Landesliga sind in der **Abb. 16** dargestellt.

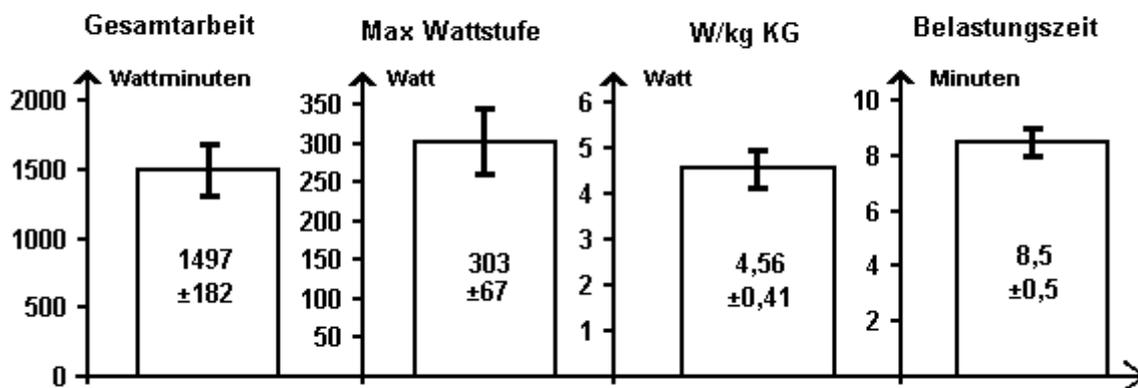


Abb. 16: Funktionsparameter der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kunstturnern nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen (1 Watt/kg KG-Methode)

Bei der Laboruntersuchung kann man bei den Kunstturnern insgesamt eine **mittlere absolute Gesamtarbeit** von **1.497 ± 182 Wattminuten** feststellen. Der höchste Wert ist mit 1.875 Wattminuten beim Turner W.N. zu finden, der Athlet M.F. liegt mit 1.200 Wattminuten am niedrigsten.

Die **maximale absolute Wattstufe** beträgt bei den Athleten im Durchschnitt **303 ± 67 Watt**.

Die **maximale relative Wattstufe** der Kunstturner liegt bei **$4,56 \pm 0,41$ Watt/kg KG**.

Die Sportler erreichen auf dem Fahrradergometer eine durchschnittliche **Belastungszeit** von **$8,5 \pm 0,5$ min**.

Die **relative Gesamtarbeit** der Probandengruppe beläuft sich auf einen Mittelwert von **23 ± 6 Wattminuten/kg KG**.

Vier Turner erreichen eine relative Gesamtarbeit von 25 Wattminuten/kg KG. Ein Sportler kommt auf 23 Wattminuten/kg KG und die restlichen vier Athleten erreichen eine relative Gesamtarbeit von 20 Wattminuten/kg KG.

Bei der Laboruntersuchung der Kunstturner erreichen vier Sportler eine **Leistungsfähigkeit** von 1 Minute 5 Watt/kg KG. Ein Athlet fährt 30 Sekunden lang in den 5 Watt/kg KG-Bereich und die restlichen vier Sportler verfügen über eine Leistungsfähigkeit, mit der sie 4 Watt/kg KG 2 Minuten lang treten.

4.1.2 Kardiozirkulatorische Funktionsgrößen

Herzschlagfrequenz

In der **Abb. 17** sind die Mittelwerte und die Standardabweichungen der **Herzschlagfrequenz** der Landesliga-Kunstturner vor, während und nach der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen (1 Watt/kg KG-Methode) zu sehen.

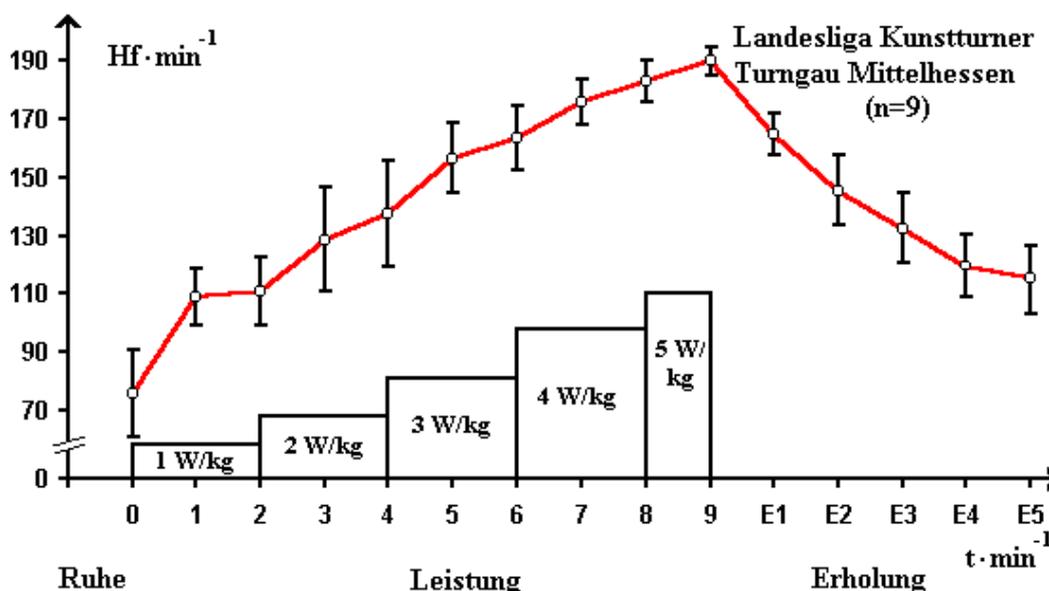


Abb. 17: Mittelwerte \pm Standardabweichungen der Herzschlagfrequenz von Landesliga Kunstturnern vor, während und nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen (1 Watt/kg KG-Methode)

Die Probanden haben eine durchschnittliche **Vorstart-Herzschlagfrequenz von 76 ± 15 Schlägen/min**. Der höchste Wert ist mit 97 Schlägen/min bei dem Athleten M.S. zu finden, der niedrigste Wert mit 52 Schlägen/min bei dem Turner M.R. In der **ersten Belastungsminute** ist ein durchschnittlicher Herzschlagfrequenzwert von **109 ± 10 Schlägen/min** festzustellen. An der aerob-anaeroben Schwelle in der fünften Belastungsminute beträgt die Herzschlagfrequenz 157 ± 12 Schläge/min. Dann steigert sich die Herzschlagfrequenz kontinuierlich bis zu einem durchschnittlichen **Maximalwert von 190 ± 5 Schlägen/min**. Die höchsten Herzschlagfrequenzen von 195 Schlägen werden am Ende der 9. Belastungsminute bei den Turnern W.N. und N.K. elektrokardiographisch registriert. Die niedrigsten Werte werden bei dem Sportler M.F. nach 8 Minuten und bei dem Athleten H.E. nach 9 Minuten mit einer maximalen Herzschlagfrequenz von jeweils 184 Schlägen/min gemessen.

In der **ersten Minute der Erholungsphase** fällt die durchschnittliche Herzschlagfrequenz der Probandengruppe auf **165 ± 7 Schläge/min** ab. Sie sinkt dann kontinuierlich bis zur **5. Erholungsminute** auf **115 ± 12 Schläge/min** ab. Der Proband M.F. ist mit 95 Schlägen/min am schnellsten wieder erholt, der Turner M.T. hat mit 127 Schlägen/min nach der 5. Erholungsminute noch den höchsten Wert.

Blutdruck

In der **Abbildung 18** ist der **systolische** und der **diastolische Blutdruck** der Probandengruppe in den einzelnen Phasen zu sehen. Der Blutdruck ist immer auf Fünfer- bzw. auf Zehnerstellen gerundet.

Der Blutdruck ist in Ruhe, in den ersten Minuten der Belastungsphase (submaximaler Bereich) sowie in der ersten bis fünften Minute der Erholungsphase gemessen worden.

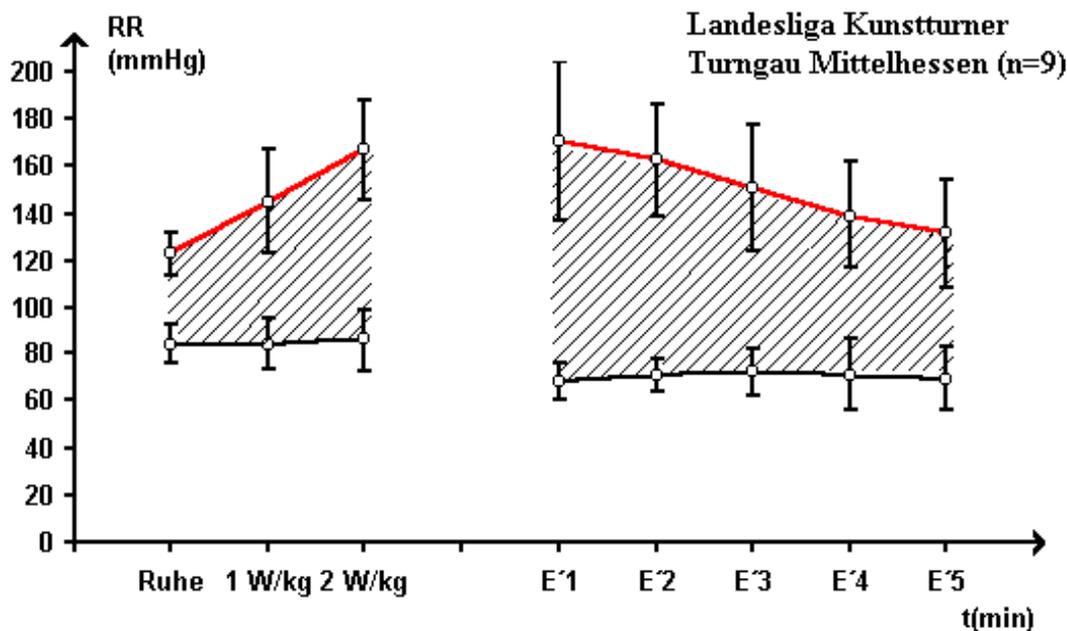


Abb. 18: Mittelwerte und Standardabweichungen des systolischen und diastolischen Blutdrucks (RR) von Landesliga Kunstturnern in Ruhe, in submaximaler Belastung bei 1W/kg-KG, 2W/kg-KG und in der Erholungsphase nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen

Der durchschnittliche **Ruhe-Blutdruckwert** beträgt bei den Landesliga-Kunstturnern $125/85 \pm 10/10$ mmHg. Die Belastungswerte werden im submaximalen Bereich in der zweiten Minute mit einem Wert von $145/85 \pm 20/10$ mmHg und in der vierten Minute mit $170/85 \pm 20/15$ mmHg gemessen. Nach maximaler ergometrischer Ausbelastung beträgt der mittlere **Blutdruck sofort** danach $185/65 \pm 25/5$ mmHg. Nach der **fünfminütigen Erholungsphase** beträgt der gemessene Wert $130/70 \pm 25/15$ mmHg.

Den höchsten Ruhe-Blutdruck hat der Turner M.T. mit 135/85 mmHg. Dieser steigt in der ersten Belastungsminute auf 180/90 mmHg. In der Erholungsphase liegt der Blutdruck in der ersten Minute bei 160/80 mmHg und fällt dann bis zur fünften Erholungsminute auf 150/95 mmHg ab.

Den niedrigsten Ruhe-Blutdruck hat mit 110/80 mmHg der Kunstturner H.E. In der ersten Belastungsminute steigt dieser auf 130/80 mmHg. In der ersten Erholungsminute registrieren wir einen RR-Wert von 110/60 mmHg, der dann in der fünften Erholungsminute auf 100/50 mmHg abfällt. Den höchsten Blutdruck nach einer fünfminütigen Erholung hat der Turner W.N. mit 170/80 mmHg, der niedrigste Blutdruck nach einer fünfminütigen Erholung wird mit 100/50 mmHg bei dem Sportler H.E. gemessen.

4.1.3 Metabolische Reaktionen bei erschöpfender Fahrradergometrie

Vor der Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach dem 1 Watt/kg KG-Verfahren liegt der Vorstartwert des **Laktats** der Landesligaturner bei $1,56 \pm 0,67$ mmol/l. Den niedrigsten Ruhewert hat der Athlet H.E. mit 0,9 mmol/l, den höchsten Ausgangswert der Kunstturner M.T. mit 2,59 mmol/l.

Im Mittel werden in der **vierten Belastungsminute** $2,61 \pm 0,66$ mmol/l (zweite Minute der 2 W/kg KG-Stufe) gemessen. Im weiteren Verlauf steigt der Mittelwert in der **sechsten Belastungsminute** auf $4,91 \pm 1,37$ mmol/l Laktat (zweite Minute der 3 W/kg KG-Stufe) an und überschreitet damit den „Schwellenwert“ des aerob - anaeroben Übergangs (4-mmol/l-Laktat-Schwelle).

Sofort nach der Belastung beträgt die Laktatkonzentration im **Kapillarblut** $10,54 \pm 2,23$ mmol/l und steigt in der **dritten Erholungsminute** weiter auf $11,82 \pm 3,47$ mmol/l an. Die höchste Azidose geht der Sportler N.K. mit 15,8 mmol/l Laktat ein. Die niedrigste Säuerung wird bei dem Turner W.N. mit 5,57 mmol/l Laktat gemessen.

Die **Abb. 19** zeigt die Laktatkonzentrationen der Kunstturner bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen mit steigenden Wattstufen.

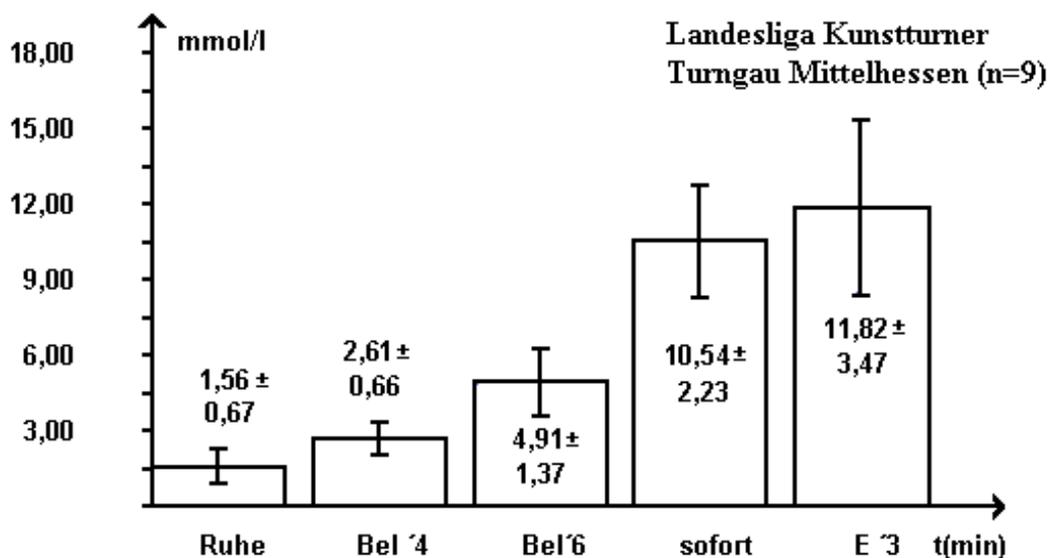


Abb. 19: Mittelwerte \pm Standardabweichungen des Laktats von Landesliga-Kunstturnern vor, während und nach erschöpfender Fahrradergometrie (1 Watt/kg KG-Methode)

Wie schon in der Einleitung erwähnt konnte ich, bedingt durch die personellen und apparativen Engpässe am Lehrstuhl für Sportmedizin, bei den leistungsmedizinischen Laboruntersuchungen der **Probandengruppe Kunstturner II** für die vorliegende Dissertation leider keine kardiorespiratorischen Parameter erheben.

Die folgenden **Abbildungen 20 und 21** zeigen die Daten der körperlichen Leistungsfähigkeit, sowie der kardiozirkulatorischen Funktionsgrößen Herzschlagfrequenz und Blutdruck der **Kunstturner I** bei der **Untersuchung** von **1995**. Alle Einzelheiten sind in meiner Magisterarbeit (SAWELLION 1995) nachzulesen. Es zeigt sich deutlich in Bezug auf die Vergleichbarkeit der beiden Versuchsgruppen, dass die Werte der im Rahmen dieser Dissertation untersuchten **Kunstturner II (1997)** mit denen der **Kunstturner I (SAWELLION 1995)** praktisch identisch waren. Somit ist eine Integration der kardiorespiratorischen Parameter der Untersuchungsgruppe Kunstturner I in diese Dissertation durchaus zu vertreten.

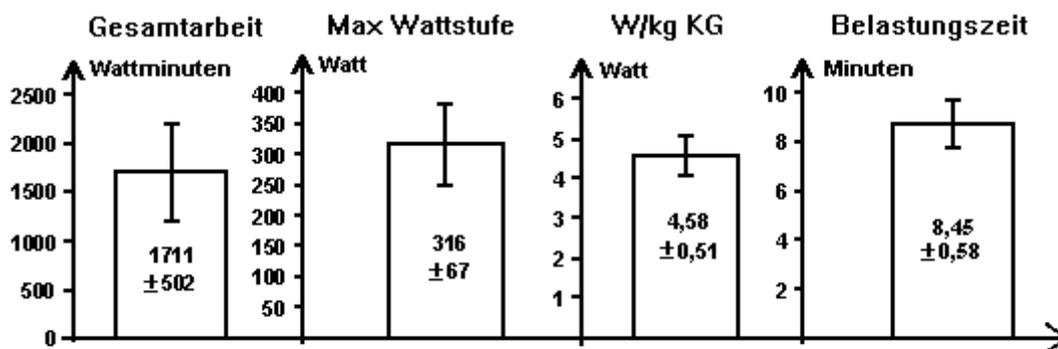


Abb. 20: Funktionsparameter der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kunstturnern nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen (Vergleichsgruppe Kunstturner 1995).

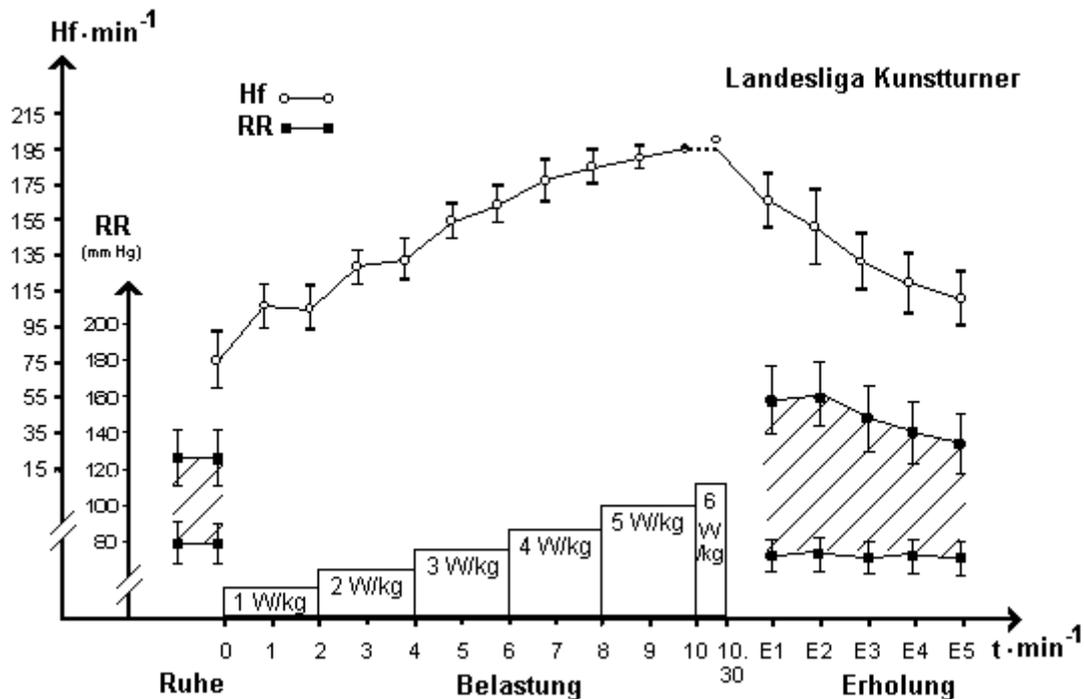


Abb. 21: Mittelwerte der Herzschlagfrequenz (Hf) und des Blutdrucks (RR) von Kunstturnern vor, während und nach erschöpfender fahrradspiroergometrischer Belastung im Sitzen (Vergleichsgruppe Kunstturner 1995).

Damit das vollständige sportmedizinische Leistungsprofil von Kunstturnern der hessischen Spitzenklasse dargestellt werden kann, sollen der Vollständigkeit halber die kardiorespiratorischen Ergebnisse, die im Rahmen der Vergleichsuntersuchung von Kunstturnern (SAWELLION 1995) ermittelt wurden hier kurz dargestellt werden.

Die folgenden zwei **Abbildungen 22 und 23** zeigen die **respiratorischen Daten Atemminutenvolumen, Atemzugvolumen und Atemfrequenz** in Mittelwertskurven (**Abb. 22**), sowie die **kardiorespiratorischen Parameter absolute und relative Sauerstoffaufnahme** und den **Sauerstoffpuls** (**Abb. 23**) aus der Vergleichsuntersuchung von Kunstturnern der hessischen Spitzenklasse. Einzelheiten der Kurvenbeschreibung sind bei SAWELLION 1995 nachzulesen.

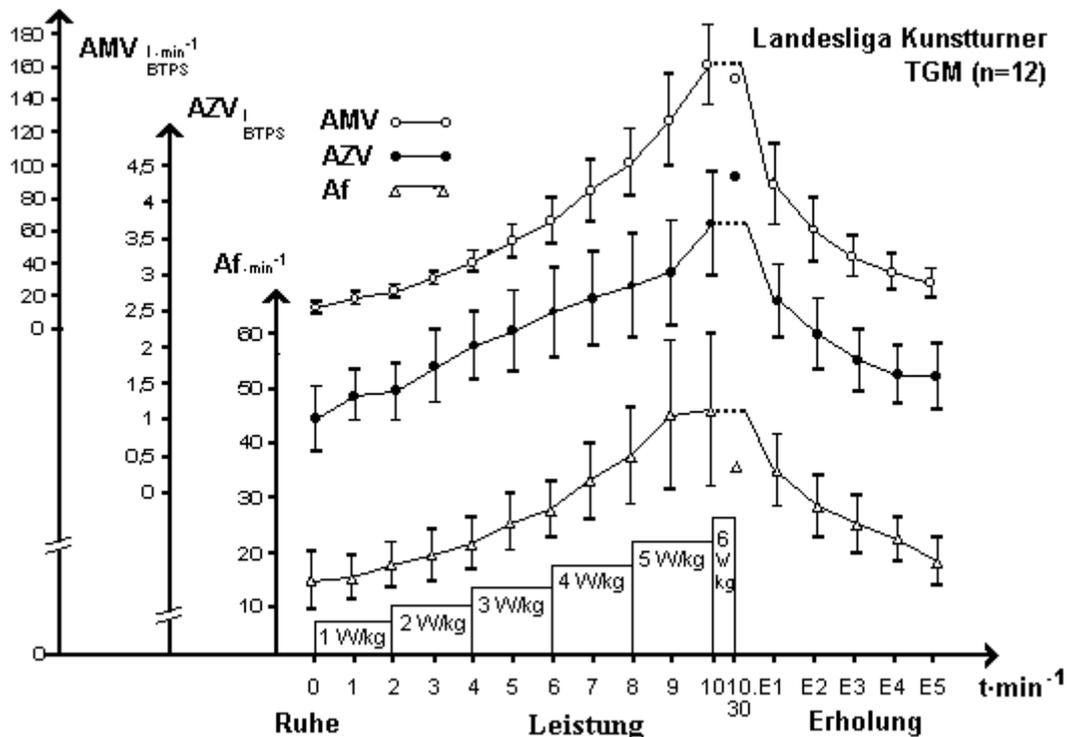


Abb. 22: Die Mittelwertskurven und Standardabweichungen des Atemminutenvolumens (AMV), des Atemzugvolumens (AZV) und der Atemfrequenz (Af) von Landesligakunstturnern vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen (Vergleichsgruppe Kunstturner 1995).

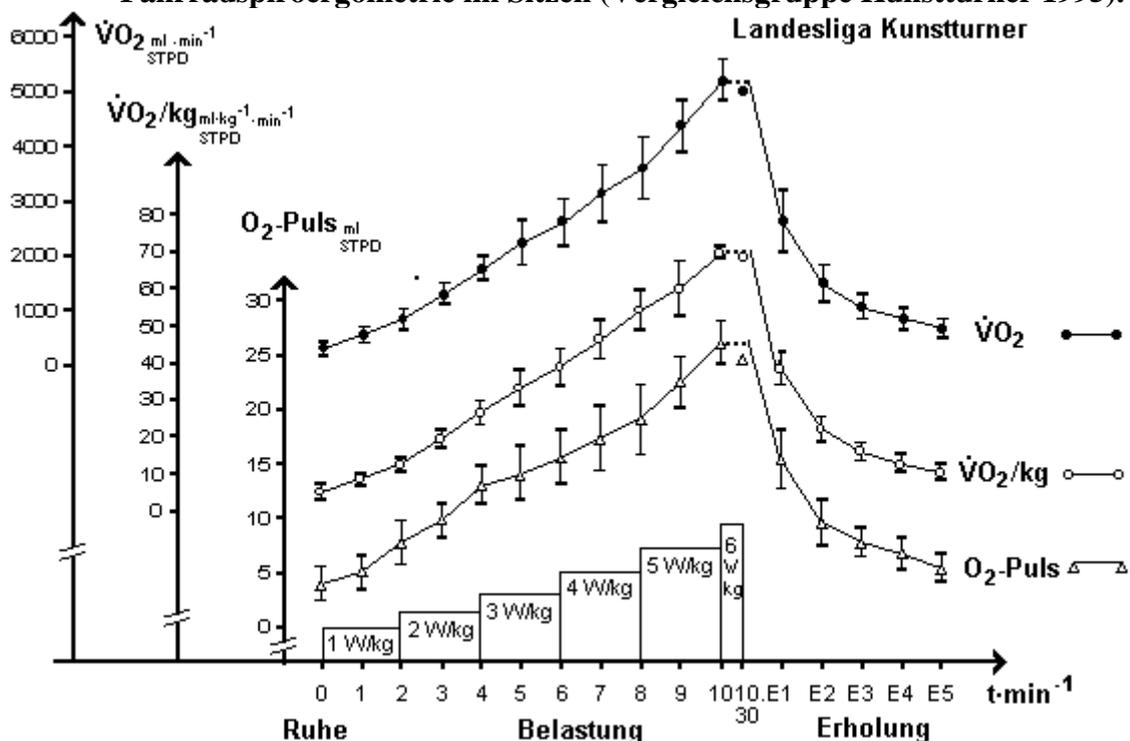


Abb. 23: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte der absoluten ($\dot{V}O_2$ ml STPD) und relativen Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_2$ ml kg⁻¹ min⁻¹ STPD) sowie des Sauerstoffpulses (O₂/Hf ml STPD) von Kunstturnern der hessischen Spitzenklasse vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie (Vergleichsgruppe Kunstturner 1995).

4.2 Feldversuch

4.2.1 Kardiozirkulatorische Reaktionen während des Feldversuches

Herzschlagfrequenz

In der **Abb. 24** ist der Verlauf der **Herzschlagfrequenz** mit den Standardabweichungen von Landesligakunstturnern der hessischen Spitzenklasse vor, während und nach einer Felduntersuchung im Rahmen eines Testwettkampfes zu sehen.

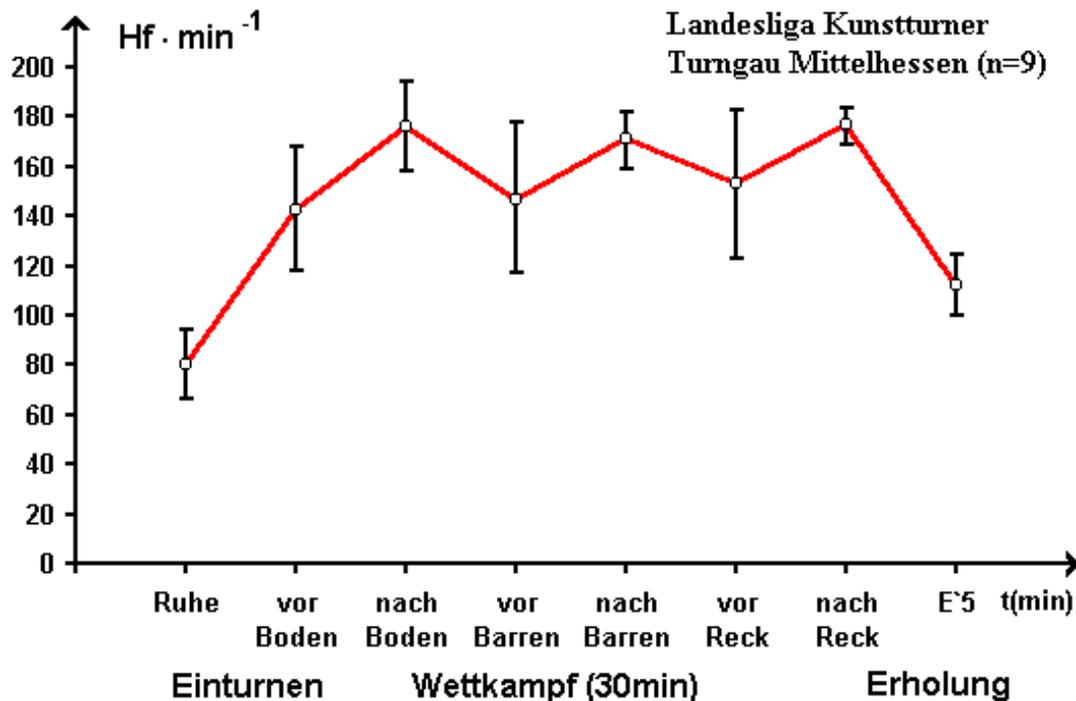


Abb. 24: Mittelwerte \pm Standardabweichungen der Herzfrequenz von Landesliga-Kunstturnern vor, während und nach einer Felduntersuchung im Rahmen eines Testwettkampfes.

Die **Herzfrequenz** in **Ruhe** der Kunstturner liegt vor Wettkampfbeginn bei **80 \pm 14 Schläge/min**.

Direkt **nach** dem dreißigminütigen **Einturnen vor dem ersten Gerät Boden** beträgt die durchschnittliche Herzfrequenz der Kunstturner **143 \pm 25 Schläge/min**. Während der **Bodenübung** steigt die Herzfrequenz auf **176 \pm 18 Schläge/min**, was auf eine starke Belastung hindeutet.

Vor dem zweiten Gerät Barren hat sich die Herzfrequenz auf **147 \pm 31 Schläge/min** erholt und steigt **nach der Wettkampfübung am Barren** wiederum auf **171 \pm 11 Schläge/min** an.

Vor dem Reck sinkt die Herzfrequenz nochmals auf 153 ± 30 Schläge/min ab und steigt nach dem Reck erneut auf einen Wert von 177 ± 7 Schläge/min an.

In der nach jeder Wettkampfübung anschließenden fünfminütigen Erholung und dreiminütigen Einturnphase sinkt die Herzfrequenz jeweils um ca. 30 Schläge/min und steigt mit der erneuten Wettkampfbelastung am nächsten Gerät wieder um ca. 30 Schläge/min an.

Nach einer **fünfminütigen Erholung** am Wettkampfbende beträgt die Herzfrequenz 112 ± 12 Schläge/min.

Die höchsten Herzfrequenzwerte mit 193 Schlägen/min weisen die Kunstturner M.T. und N.K. nach der Bodenübung auf, was auf eine starke Beanspruchung durch diesen turnerischen 1-Minuten-Wettkampf hindeutet.

Blutdruck

Der **Ruhe-Blutdruck** der Landesliga Kunstturner vor dem Turnwettkampf ist mit einem Wert von $135/80 \pm 15/10$ mmHg leicht erhöht und liegt etwas über dem Ruhe-Blutdruckwert der Laboruntersuchung.

Der Blutdruck fällt während der Belastung geringfügig ab und zeigt **sofort** nach dem Wettkampf mit $130/85 \pm 15/10$ mmHg einen leichten Anstieg des diastolischen Wertes und einen leichten Abfall des systolischen Wertes.

Die **Abb. 25** zeigt den Blutdruck in Ruhe und direkt nach dem Wettkampf.

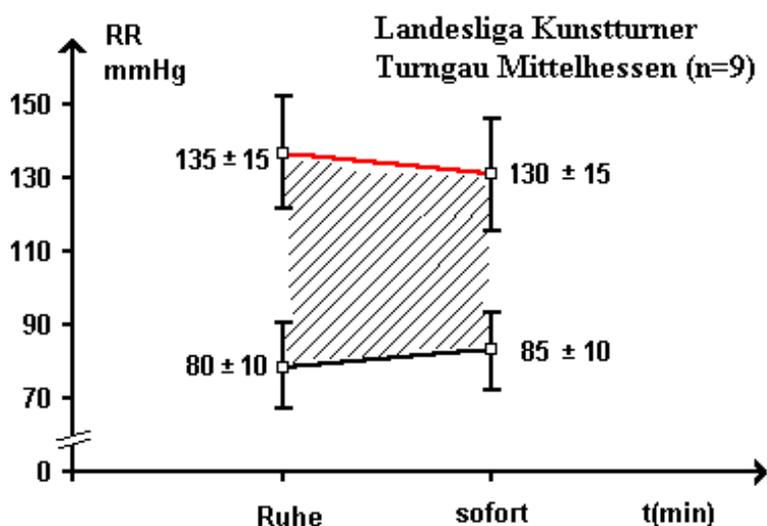


Abb. 25: Mittelwerte \pm Standardabweichungen des Blutdrucks von Landesliga-Kunstturnern vor und nach einer Felduntersuchung im Rahmen eines Turn-Testwettkampfes.

4.2.2 Biochemische Reaktionen während des Feldversuches

Laktat

Die **Ausgangslaktatwerte** der 9 Kunstturner während der Felduntersuchung liegen mit **$1,19 \pm 0,13$ mmol/l** um etwa 0,35 mmol/l niedriger als vor der Fahrradergometrie.

Während der dreißigminütigen **Einturnphase** steigt der mittlere Laktatwert auf **$3,49 \pm 1,18$ mmol/l** vor der ersten **Wettkampfübung** am Gerät **Boden**. Nach dem ersten Gerät Boden ist ein nochmaliger Anstieg des Laktats auf **$5,61 \pm 1,39$ mmol/l** zu verzeichnen und damit ein Übersteigen der aerob-anaeroben Schwelle. Vor dem zweiten Gerät Barren steigt der mittlere Laktatwert nur noch sehr gering auf **$5,76 \pm 1,75$ mmol/l** an und bleibt dort bis nach der Barrenübung auf **$5,74 \pm 1,97$ mmol/l** stehen. Vor der letzten Übung Reck erholt sich der Laktatwert leicht auf **$4,83 \pm 1,94$ mmol/l**. In diesem leicht sauren Bereich hält sich der Laktatwert bis zum Ende des Wettkampfes und hat nach dreißig Minuten einen **Sofort-Wert** von **$5,60 \pm 1,70$ mmol/l** erreicht.

Der Turner M.T. mit der höchsten Laktatazidose bei der sportartspezifischen Belastung (vor dem Barren) hat auch den höchsten E_3 -Wert mit 9,61 mmol/l, der dann in der zehnten Erholungsminute auf 7,23 mmol/l absinkt.

Nach **drei Minuten Erholung** sinkt der Laktatwert auf **$5,03 \pm 1,78$ mmol/l** und nach **zehn Minuten** nochmals auf **$3,71 \pm 1,44$ mmol/l**.

Die folgende **Abb. 26** zeigt die Mittelwerte \pm Standardabweichungen des Laktats von Landesliga-Kunstturnern vor, während und nach einem sportartspezifischen Testwettkampf (Felduntersuchung).

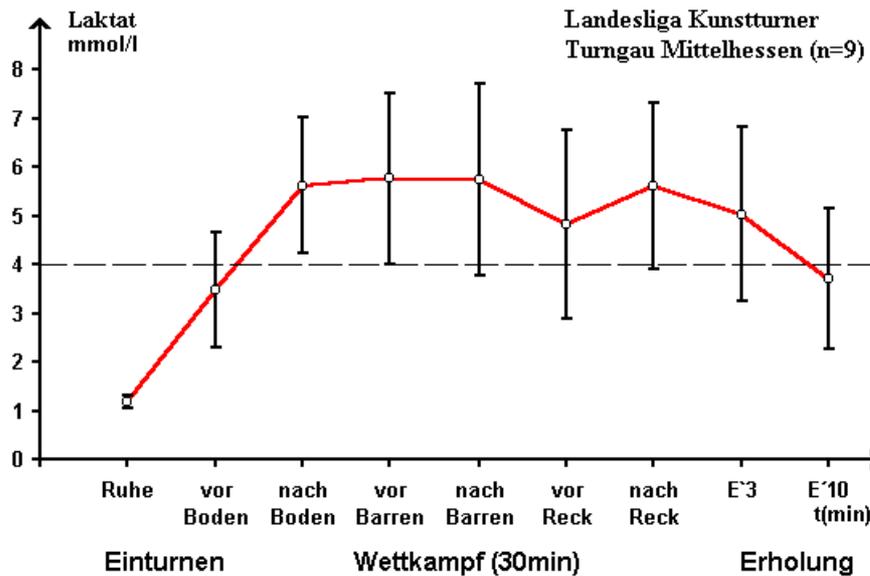


Abb. 26: Mittelwerte \pm Standardabweichungen des Laktats von Landesliga-Kunstturnern vor, während und nach einem sportartspezifischen Testwettkampf (Felduntersuchung).

Kleines Blutbild

Alle Werte des kleinen Blutbildes der Kunstturner liegen während des Feldtests im Normbereich. Damit sind auch haematologisch sehr gute Voraussetzungen für die Sauerstofftransportkette erfüllt.

Beta - Endorphin - Immunoaktivität

Vor dem Testwettkampf kann bei den Kunstturnern kein Wert gemessen werden, der über der Nachweisgrenze von 2,41 fmol/ml Plasma liegt. Ein Nachweis von immunradioaktivem Beta-Endorphin kann direkt nach der Belastung durch den Turn-Testwettkampf nur bei zwei Kunstturnern festgestellt werden. Bei dem Athleten M.T. wird ein Wert von 2,75 fmol/l Plasma und bei dem Sportler H.E. ein Wert von 6,55 fmol/l Plasma gemessen, was gegenüber dem Ruhewert eine nicht signifikante Erhöhung bedeutet.

Cortisol

Der **Ruhewert** des **Cortisols** liegt bei den Kunstturnern der Landesliga bei $9,82 \pm 8,23$ pmol/l. **Sofort** nach der Wettkampfbelastung steigt der mittlere Wert des Cortisols auf $16,24 \pm 12,21$ pmol/l an und sinkt dann nach **zwanzigminütiger Erholungsphase** wieder auf $14,37 \pm 10,92$ pmol/l ab.

Den **höchsten Einzelwert**, ausgehend von einem Ruhewert von 26,7 pmol/l, erreicht der Turner M.T. direkt nach der Wettkampfbelastung mit 35,4 pmol/l. Nach der zwanzigminütigen Erholung beträgt sein Wert immer noch 31,2 pmol/l.

Die **Abb. 27** zeigt die durchschnittlichen Cortisolwerte der Landesliga Kunstturner vor, direkt nach und zwanzig Minuten nach dem Testwettkampf.

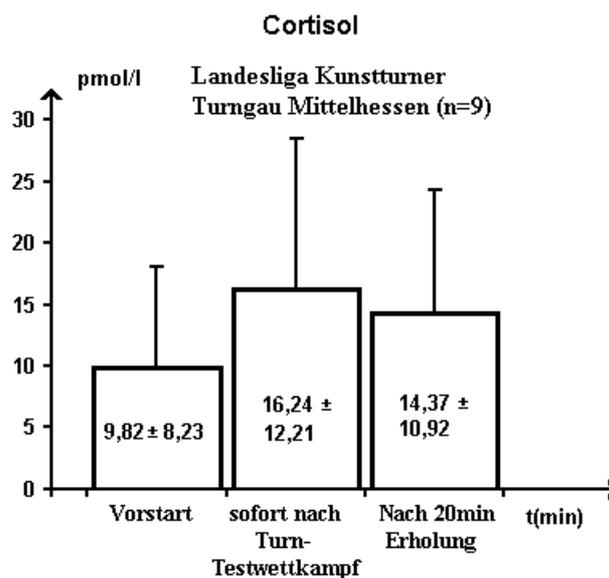


Abb. 27: Mittelwerte \pm Standardabweichungen des Cortisols von Landesliga - Kunstturnern vor, während und nach einer Felduntersuchung im Rahmen eines Turn-Testwettkampfes

Katecholamine (Adrenalin, Noradrenalin)

Die durchschnittliche **Adrenalin**konzentration **in Ruhe** beträgt bei den Kunstturnern vor dem Feldtest **156 ± 90 pg/ml**. Der mittlere Belastungswert **sofort** nach dem Wettkampf ist mit **223 ± 143 pg/ml** um ca. 50% höher als der Ausgangswert. Der **zwanzigminütige Erholungswert** beträgt **177 ± 114 pg/ml**. Der höchste Adrenalinwert ist direkt nach der Belastung mit 545 pg/ml bei dem Kunstturner M.R. zu finden.

Der durchschnittliche **Ruhewert** der Landesliga-Kunstturner für **Noradrenalin** vor der Wettkampfbelastung liegt bei **296 ± 99 pg/ml**. **Sofort** nach der Wettkampfbelastung beträgt der **Noradrenalinwert** **621 ± 290 pg/ml** und sinkt dann in der **zwanzigminütigen Erholungsphase** auf **369 ± 127 pg/ml** ab. Den höchsten Einzelwert hat der Sportler M.T. direkt nach der Wettkampfbelastung mit 1050 pg/ml. Der Turner M.R. erreicht direkt nach der Belastung einen Noradrenalinwert von 900 pg/ml. Beim Athleten W.N. wird unmittelbar nach der Wettkampfbelastung einen Noradrenalinwert von 810 pg/ml festgestellt.

Die **Abb. 28** zeigt die durchschnittlichen Adrenalin- und Noradrenalinwerte der Kunstturner vor, direkt nach und zwanzig Minuten nach dem Testwettkampf.

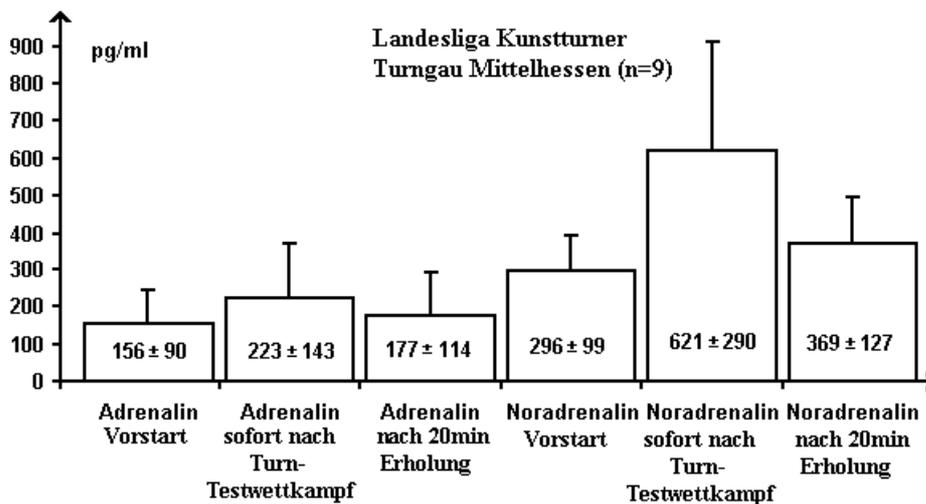


Abb. 28: Mittelwerte ± Standardabweichungen der Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin von Landesliga - Kunstturnern vor, während und nach einer Felduntersuchung im Rahmen eines Testwettkampfes

5 DISKUSSION

„Man trägt ein göttliches Gefühl in der Brust, sobald man erst weiß, daß man etwas kann, wenn man nur will.“ (Friedrich Ludwig Jahn 1816)

5.1 Laborversuch

5.1.1 Körperliche Leistungsfähigkeit

Die **ergometrische Leistung** kann durch unterschiedliche Methoden erbracht und registriert werden. Dabei zeigen sich trotz gleicher physikalischer Leistung Unterschiede in der biologischen Leistung in Abhängigkeit von der Drehzahl, der Kurbellänge, der Kurbelhöhe, der Untersuchungsmethodik u.a. (MELLEROWICZ, NOWACKI 1961; MELLEROWICZ 1984; ZHAO 1995).

Mit ihren grundlegenden Untersuchungen über den **biologischen Vergleich** der **spiroergometrischen Handkurbelarbeit** im **Stehen** und den **Fußkurbelleistungen** im **Sitzen** und **Liegen** bei gleicher physikalischer Leistung am Ergometer - 10 Minuten 100 Watt bei 36 männlichen gesunden Versuchspersonen mittleren Alters von 20 bis 40 Jahren - konnten MELLEROWICZ, NOWACKI 1961 auf die zwingende Notwendigkeit der **Standardisierung ergometrischer Leistungsprüfungen** erstmals aufmerksam machen.

In der Sportmedizin ist in der Regel die **maximale biologische Leistungsfähigkeit** von Bedeutung. Dabei sollen möglichst viele Muskelgruppen eingesetzt werden, deshalb hat sich die Fußkurbelarbeit im Sitzen durchgesetzt. Als 1965 die **Fußkurbelarbeit** standardisiert wurde, machte man Angaben über Sattelhöhe, Lenkereinstellung und Kurbellänge (MELLEROWICZ, SMODLAKA, HORAK 1981; MELLEROWICZ, FRANZ 1983).

Nach NOWACKI 1973 ist das Fahrradergometer eine gute Methode zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kranken, Gesunden und Trainierten.

Bei der fahrradergometrischen Funktionsbelastung im Sitzen ist die wesentliche Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit und des allgemeinen Trainingszustandes auf **standardisierter Basis** nach jahrelanger konsequenter Anwendung in allen Bereichen der Sportmedizin eindeutig definiert (NOWACKI 1971, 1978, 1984; MELLEROWICZ u. Mitarb. 1983). Hieraus ergibt sich bei der Beurteilung der Leistung ein enges Spektrum der körperlichen und kardiozirkulatorischen Leistungsfähigkeit für die untersuchten Sportler.

ROST, HOLLMANN 1982 vertreten darüber hinaus in Übereinstimmung mit der Mehrzahl der europäischen Arbeitskreise für Sportmedizin (BARON und. Mitarb. 1971, SMODLAKA

1972; ÅSTRAND, RODAHL 1977; MELLEROWICZ 1979) die Ansicht, dass die **Vorteile** der **Fahrradergometrie** in einer exakten Dosierbarkeit, einer guten Reproduzierbarkeit und Validität der Ergebnisse liegen. Das Fahrradergometer hat sich im europäischen Raum durchgesetzt, da hier meist klinische Fragestellungen im Vordergrund stehen, die sich mit dieser Methode besser als z.B. mit der Laufbandspiroergometrie beantworten lassen (Blutdruckmessung und Qualität des Belastungselektrokardiogrammes des Ergo-EKGs, höhere Sicherheit für den Probanden, weniger Personal u.a.).

HOLLMANN 1992 sieht allerdings in der **lokalen Ermüdung** der Oberschenkelmuskulatur von nicht speziell radfahrgeübten Probanden einen möglichen Nachteil der Leistungsbestimmung durch die Fahrradergometrie. Der lokalen Ermüdung der Oberschenkelmuskulatur kann nach seiner Auffassung eine leistungslimitierende Wirkung zugesprochen werden, da der Ermüdungseffekt vor Erreichen der maximalen kardiorespiratorischen und metabolischen Ausbelastung eintreten könnte. Allerdings ist an dieser Stelle kritisch anzumerken, dass dies in erster Linie für das zeitlich sehr lange Kölner Belastungsmodell mit einem Beginn bei 30 Watt, Steigerung alle 3 Minuten nur um 40 Watt, zutrifft.

Trotzdem hat sich das fahrradergometrische **1 Watt/kg KG-Belastungsverfahren** nach NOWACKI 1977 durchgesetzt, da es die von MELLEROWICZ 1979 geforderten Kriterien zur Standardisierung der ergometrischen Leistungsmessung bezüglich der Dauer der ergometrischen Belastungszeit gewährleistet. Darüber hinaus ist es die einzige Methode, welche eine **exakte Trennung** des **untrainierten** und **trainierten Bereiches** sowie eine praktikable **Differenzierung** des **Trainingszustandes** ermöglicht (NOWACKI 1980; ZHAO 1995).

Als **leistungsdiagnostische Parameter** der **körperlichen Leistungsfähigkeit** werden die **absolute maximale Wattstufe** (absolute physikalische Leistung in Watt), die **relative maximale Wattstufe** (relative physikalische Leistung in Watt/kg Körpergewicht), die **Gesamtarbeit** in Wattminuten, die **relative Gesamtarbeit in Wattminuten/kg** Körpergewicht und die **Belastungszeit** in Sekunden benutzt.

Ein sehr aufschlußreicher Parameter zur Beurteilung des körperlichen Leistungsvermögens ist die **Gesamtarbeit in Wattminuten**. Diese setzt bei Vergleichsuntersuchungen ein einheitliches ergometrisches Belastungsverfahren voraus. Neben einer vergleichbaren Beurteilung der absoluten Gesamtarbeit in Wattminuten ermöglicht dieser Parameter auch Aussagen über die relative körperliche Leistungsfähigkeit in Wattminuten/kg KG (DITTER u. Mitarb. 1977; NOWACKI 1980; DAL MONTE 1988; BURGER, NOWACKI 1989; ZHAO 1995).

Gerade bei Kunstturnern liegt durch das oft relativ niedrige Körpergewicht bei sonst besseren Relativleistungen der Wert der Gesamtarbeit niedriger als bei Sportlern mit einem höherem Körpergewicht, z.B. Ruderer, Basketballspieler, die eine entsprechende maximale relative Wattstufe erreichen.

In der folgenden **Abb. 29** sind zunächst die **Mittelwerte** und Standardabweichungen der **Gesamtarbeit in Wattminuten verschiedener Sportarten** bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode und die Vergleichswerte nach NOWACKI 1988, 1996 zu den eigenen Untersuchungen von Kunstturnern vergleichend dargestellt.

Maximale Gesamtarbeit

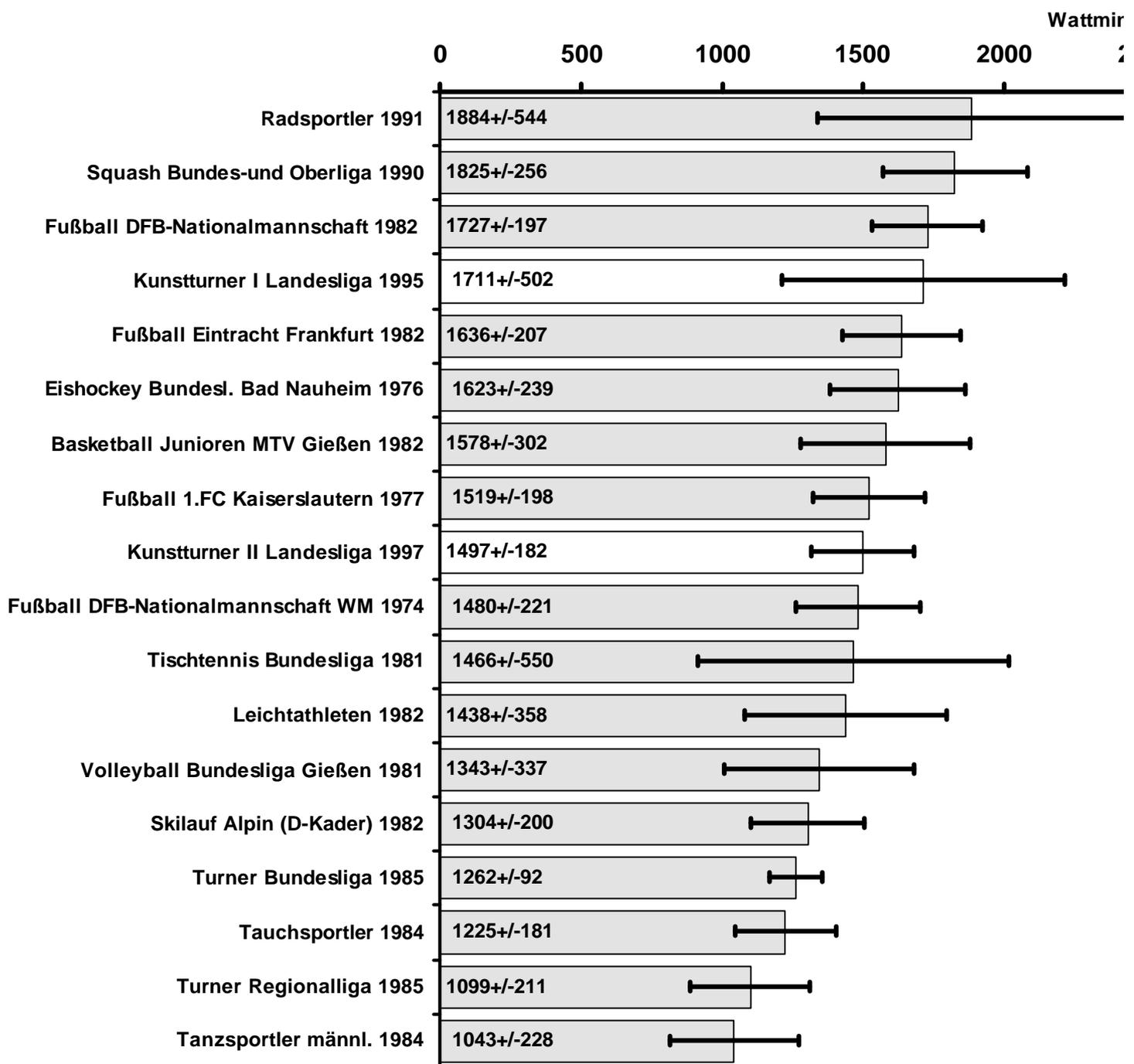


Abb. 29: Mittelwerte und Standardabweichungen der Gesamtarbeit in Wattminuten verschiedener Sportarten bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode. Vergleichswerte nach NOWACKI 1988, 1996 zu den eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.

Den höchsten Wert erreichen die **StraßenradSPORTler** von 1991 mit einer Gesamtarbeit von 1.884 ± 544 Wattminuten. Dabei kommt diesen Sportlern ihre hohe anaerobe Leistungsfähigkeit bei der 1 W/kg KG-Methode zu gute, was SCHNORR 1991 in seiner Inaugural-Dissertation: „Vergleichende allgemeine und sportartspezifische Leistungsdiagnostik von StraßenradSPORTlern unter dem Aspekt der Leistungsprognose“ überzeugend dargestellt hat.

Mit einer mittleren **Gesamtarbeit** von 1.497 ± 182 (KT II 1997) unterscheidet sich die Untersuchungsgruppe der Kunstturner II nicht signifikant zu den Fußballspielern des 1. FC Kaiserslautern 1977, deren Gesamtarbeit 1.519 ± 198 Wattminuten beträgt. Die Leistung der Kunstturnern ist darüber hinaus ebenfalls nicht signifikant ($p > 0,05$) unterschiedlich zu den Spielern der Fußball DFB-Nationalmannschaft der WM 1974, deren Gesamtarbeit bei 1.480 ± 221 Wattminuten liegt (Vgl. Abb. 29).

Mit einer mittleren **Gesamtarbeit** von 1.711 ± 502 (KT I 1995) Wattminuten unterscheiden sich die Kunstturner der Vergleichsgruppe nicht signifikant ($p > 0,05$) von der DFB-Nationalmannschaft, dem deutschen Fußball-Vizeweltmeister von 1982, deren Gesamtarbeit 1.727 ± 197 Wattminuten beträgt. Auch ist diese Leistung nicht signifikant ($p > 0,05$) unterschiedlich zu den Fußballspielern des Bundesligisten Eintracht Frankfurt 1982, deren Gesamtarbeit bei 1.636 ± 207 Wattminuten liegt (NOWACKI, HAFERMANN, PSIORZ 1986). Der Wert der maximalen Gesamtarbeit liegt in der Vergleichsgruppe um ca. 200 Wattminuten höher als der der Kunstturner aus der ersten Untersuchungsreihe.

Mit der durchschnittlichen **Gesamtarbeit** von 1.711 ± 502 Wattminuten (KT I 1995) bzw. 1.497 ± 182 Wattminuten (KT II 1997) liegen die im Schnitt 20jährigen fahrradspiroergometrisch untersuchten Kunstturner am unteren Bereich einer **gut trainierten körperlichen Leistungsfähigkeit**.

Der für die Gesamtarbeit in Wattminuten häufig in der Literatur verwendete Begriff „Wattleistung“ ist physikalisch nicht korrekt und sollte deshalb für die Klassifizierung der körperlichen Leistungsfähigkeit nach NOWACKI 1998 nicht mehr verwendet werden.

Vor allem die **relative maximale Wattstufe** (W/kg KG), die national und international in den letzten 20 Jahren auf der Grundlage der sportmedizinischen Forschung an der Universität Gießen übernommen wurde, stellt für die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit

eines der **bedeutendsten Kriterien** dar. Beim Vergleich von Leistungsdaten ergometrischer Untersuchungen sind relative Angaben vorteilhafter als absolute, denn sie berücksichtigen das Körpergewicht des Probanden.(ASTRAND 1960, NOWACKI 1975, 1977, 1978, 1987; KLEMT, ROST 1986; KINDERMANN 1987; ZHAO 1995; APPEL 1996; N.S. NOWACKI 1998).

Grundsätzlich ist diese Watt/kg KG-Beurteilung für jedes ergometrische Belastungsverfahren anwendbar, da nur die maximal erreichte Wattstufe durch das Körpergewicht des Probanden geteilt werden muss. Das setzt dann aber voraus, dass die Erschöpfung in einem Zeitraum von **mindestens 5 bis höchstens 12 Minuten** erreicht wird, da durch zeitlich länger konzipierte Ergometriemethoden nicht mehr so hohe maximale absolute Wattstufen erreicht werden (ZHAO 1995).

Mit einer **relativen Wattleistung** von **4,56 ± 0,41 Watt/kg KG** (KT II 1997) sowie von **4,58 ± 0,51 Watt/kg KG** (KT I 1995) befinden sich die Kunstturner der Untersuchungsgruppen nach **Abb. 7, S. 29** von NOWACKI 1975 im Bereich des gut bis sehr gut trainierten körperlichen Leistungsvermögens.

Die zusätzliche Heranziehung der **Belastungszeit** erlaubt beim Erreichen gleicher relativer maximaler Wattstufen eine **bessere Differenzierung** sowie eine **exaktere Klassifizierung** des **Trainingszustandes**.

Die ergometrische **Belastungszeit** der untersuchten Probanden umfasst Zeiträume von sieben bis zehn Minuten und 30 Sekunden. Die durchschnittliche Belastungszeit liegt bei **8,5 ± 0,5min** (KT II 1997) bzw. **8,45 ± 0,6min** (KT I 1995) und erlaubt so die Einordnung der Kunstturner in den Bereich „**gut bis sehr gut trainiert**“. Für die Kunstturner stellt diese Zeit schon eine erhebliche „Ausdauerbelastung“ dar. In Übereinstimmung mit ROST 1977, BACHL 1984 und BRINGMANN 1985 reicht die Belastungszeit vollkommen aus, um das kardiozirkulatorische und kardiorespiratorische System voll auszubelasten.

Die körperliche Leistungsfähigkeit der beiden Untersuchungsgruppen ist sehr homogen. Dies zeigt sich auch in der Betrachtung der **relativen Leistung**.

Die höchste Leistung schafft der Turner M.T., der als einziger 10,5min tritt und damit eine relative Leistung von 6 Watt/kg Körpergewicht erreichte. Hiermit ist er bereits in den

Hochleistungsbereich, was das körperliche Leistungsvermögen betrifft, eingetreten. Vier der Kunstturner treten eine Zeit von neun Minuten und damit eine relative Leistung von 5 Watt/kg Körpergewicht. Hiermit sind sie in den sehr guten Bereich, was das körperliche Leistungsvermögen betrifft, eingetreten.

Der Turner H.E. erbringt eine Leistung von 8,5min. Auch er fährt damit noch in den sehr gut trainierten Bereich und erreicht ebenfalls eine relative Leistung von 5 Watt/kg Körpergewicht. Die restlichen vier Landesliga-Kunstturner treten acht Minuten auf dem Fahrradergometer und erreichen somit eine relative Leistung von 2 Minuten 4 Watt/kg KG. Dies entspricht einer gut trainierten körperlichen Leistungsfähigkeit.

Die geringste Belastungszeit liegt bei dem Athleten T.W. mit 7 Minuten und somit einer relativen Leistung von 1 Minute 4 Watt/kg KG. Dies entspricht der befriedigenden Leistung eines Trainierten. Bei diesem Turner handelt es sich allerdings um einen Ersatzmann der Landesliga-Mannschaft, der sich zu diesem Zeitpunkt nicht in absoluter Höchstform befand.

5.1.2 Kardiozirkulatorische Funktionsgrößen

Herzschlagfrequenz

Eine der bevorzugten Messgrößen in der Sport- und Arbeitsmedizin im Rahmen der kardiozirkulatorischen Funktionsdiagnostik ist die **Herzschlagfrequenz**. Sie ist eine der wichtigsten Funktionsparameter zur Beurteilung des Leistungsstandes des Herzkreislaufsystems (MELLEROWICZ 1956; HOLLMANN 1959; REINDELL 1962; ISRAEL 1968; NOWACKI 1977; NÖCKER 1980; RIECKERT 1992).

Die **Leistungsfähigkeit** des **Herzkreislaufsystems** und die **Ausdauerleistungsfähigkeit** stehen im Zusammenhang mit dem Verhalten der Herzfrequenz in Ruhe, bei submaximaler und maximaler Belastung sowie der nachfolgenden Erholung (ISRAEL 1974).

Die Herzfrequenz hat im täglichen Training der Athleten einen besonderen Stellenwert, da sie leicht zu bestimmen ist und somit direkte Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit des Herzkreislaufsystems zulässt (ISRAEL 1982; NOWACKI 1992).

Das Verhalten der Herzschlagfrequenz zeigt darüber hinaus Beziehungen zur Belastungsintensität, zur Ausdauerleistungsfähigkeit und zur Leistungsfähigkeit des Herzkreislaufsystems auf (ISRAEL 1968). Bei **trainierten Personen** lässt sich eine **hohe Ökonomisierung** des Herzkreislaufsystems feststellen. Die Frequenz des trainierten Herzens ist bei gleicher Leistung normalerweise niedriger als die des Untrainierten (REINDELL 1967; ISRAEL 1982; KEUL 1988).

Die verlangsamte Herztätigkeit des Trainierten geht mit einer verbesserten Sauerstoffversorgung des Herzens einher. Eine hohe Ökonomisierung sowie der Hinweis auf die kardialen Reservekräfte des Herzens kommt durch die verlangsamte Herztätigkeit zum Ausdruck (ÅSTRAND, SALTIN 1961; NOWACKI 1977; NÖCKER 1980).

Schon die **Ruheherzschlagfrequenz** lässt Rückschlüsse auf den Trainingszustand des Probanden zu. Die Herzschlagfrequenz in Ruhe bei trainierten Personen weist eine deutlich geringere Schlagzahl auf als bei untrainierten Personen (HOLLMANN 1959; ÅSTRAND, SALTIN 1961; REINDELL 1962). Die durchschnittliche Ruheherzschlagfrequenz bei gesunden männlichen Normalpersonen beträgt ca. 68 bis 72 Schläge in der Minute (ISRAEL 1968). Durch die verlangsamte Herztätigkeit bei Trainierten wurden schon Ruheherzschlagwerte von unter 40 Schlägen/min festgestellt (ISRAEL 1968; NOWACKI 1975; MELLEROWICZ 1979).

Die **Bedeutung der Ruhe-Herzfrequenz** als physiologischer Parameter soll vom Trainer und Athleten nicht über-, aber auch nicht unterschätzt werden. Wenn auch die Herzschlagfrequenz von sehr vielen endo- und exogenen Faktoren beeinflusst wird, zusätzlich intra- und extrakardialen Einflüssen unterliegt, so können die Sportler und ihre Trainer durch eine **regelmäßige Kontrolle der Herzfrequenz** morgens im Liegen vor dem Aufstehen und durch ihren Kurvenverlauf im **Trainingsbuch** wertvolle Hinweise über Entwicklungstendenzen des Trainings- und Gesundheitszustandes erhalten. So kann eine Erhöhung der Ruhe-Herzfrequenz auf ein sympathikotones Übertraining ebenso hinweisen, wie auf eine beginnende Infektion, Entzündungen und einen gestörten Muskelerholungsstoffwechsel (MOHAMMED FAROUK 1999)

Mit einer durchschnittlichen **Vorstartherzschlagfrequenz** von **76 ± 15 Schlägen/min** (KT II 1997) bzw. **75 ± 16 Schlägen/min** (KT I 1995) liegen die Landesliga-Kunstturner etwas über dem von ISRAEL 1968 angegebenen Bereich für Normalpersonen. Die hohe Standardabweichung lässt Rückschlüsse auf die große Streuung der Einzelwerte zu, die zwischen 48 (T.W.) und 101 (M.T.) Schlägen/min liegen. Die hohe Ruheherzschlagfrequenz einiger Probanden ist auf die Nervosität zurückzuführen, die sich bei ihnen während der „Vorstartphase“ aufgebaut hat. Bemerkenswert ist, dass der Proband, der die Belastung als erster abbricht (T.W.), mit 48 Schlägen/min die niedrigste Ruheherzschlagfrequenz aufweist,

während der Turner M.T., der als einziger noch 30 Sekunden der elften Belastungsminute durchtritt, den höchsten Ausgangswert hat. Dieser Befund dürfte zufällig sein, eine Verallgemeinerung ist in Übereinstimmung mit der sportmedizinischen Literatur - für das Kreislaufsystem zusammengefasst bei ISRAEL, 1982 - nicht gerechtfertigt.

Die Athleten, welche die Belastung bis zur neunten Minute durchhalten und deren körperliche Leistung somit in den sehr guten Bereich einzuordnen ist, haben mit 52 Schlägen/min (M.R.), 62 Schlägen/min (W.N.), 65 Schlägen/min (A.B.) und 68 Schlägen/min (N.K.) relativ niedrige Vorstartherzschlagfrequenzen aufzuweisen, während die restlichen Probanden mit einer Zeit von acht Minuten und einer damit guten körperlichen Leistung mit 85 Schlägen/min (M.T.), 86 Schlägen/min (M.F. und R.M.) und 97 Schlägen/min (M.S.) relativ hohe Ausgangswerte haben. Die Einzelbeobachtung bei den Kunstturnern ist damit auch in Übereinstimmung mit ISRAEL 1982, HOLLMANN 1992 und NOWACKI 1997 schon durch diesen Befund widerlegt.

Bei körperlicher Belastung erhöht sich die Herzschlagfrequenz des **Untrainierten** sofort. Der Anstieg erfolgt relativ steil. Beim **Trainierten** wird zunächst das Schlagvolumen und erst dann die Frequenz erhöht. Der Pulsanstieg erfolgt langsamer und flacher. Bei gleicher Leistung liegt die Pulsfrequenz des Trainierten mehr als 10 bis 30 Schläge unter der des Untrainierten (NÖCKER 1980). Sowohl bei den Kunstturnern der Untersuchungsgruppe I (1995) als auch bei den Athleten der Untersuchungsgruppe II (1997) ist ein relativ geringer Anstieg der Herzfrequenz in der ersten Belastungsphase zu beobachten, was auf einen guten Trainingszustand schließen lässt (**Abb. 30, 31**).

Die **submaximale Herzschlagfrequenz** ist nach ISRAEL 1982 und NOWACKI 1987 eine sehr gute diagnostische Größe zur vergleichenden Untersuchung verschiedener Sportarten unter gleichen Belastungsbedingungen. Sie erlaubt Rückschlüsse über den Trainingszustand und den fortlaufenden Leistungszustand einzelner Sportler. Die submaximale Herzfrequenz gibt Auskunft darüber, wie der Organismus eine momentane Belastung verarbeitet.

Ein **Abfall** der submaximalen Herzschlagfrequenz nach einer mehrmonatigen Trainingsperiode bei vergleichbarer körperlicher Belastung ist günstig zu beurteilen und als Ausdruck der gewünschten Adaptation zu werten. Eine **Zunahme** der submaximalen Herzschlagfrequenz ist dagegen ungünstig einzuschätzen. Bei **intraindividuellen Vergleichen** – Athleten aus Sportarten mit unterschiedlichem Anteil des Ausdauertrainings –

deuten niedrigere Werte der submaximalen Herzschlagfrequenz auf den besseren Funktionszustand des Herzkreislaufsystems bzw. einen höheren Grad der Trainiertheit hin. Besonders beim Vergleich identischer ergometrischer Belastungsstufen bei Untrainierten und Trainierten weist die submaximale Herzschlagfrequenz in charakteristischer Weise signifikant niedrigere Werte des trainierten Herz-Kreislaufsystems auf. NOWACKI 1977, ISRAEL 1982 geben 120 bis 170 Schläge/min als Frequenzbereich für die submaximale Herzfrequenz an.

Die **submaximale Herzschlagfrequenz** wird während der Fahrradergometrieuntersuchung in der 2. Minute bei 2 Watt/kg KG (4. Belastungsminute) bestimmt. Sie hat sich an der Professur für Sportmedizin der JLU-Gießen in den letzten 27 Jahren als **zuverlässiges Kriterium** zur Einschätzung der kardiozirkulatorischen Leistungsfähigkeit bewährt.

Die **Kunstturner** weisen in der 4. Belastungsminute eine **submaximale Herzfrequenz** von **138 ± 6 S/min** (KT II 1997) bzw. **132 ± 11 S/min** (KT I 1995) auf und befinden sich damit an der unteren Grenze des von NOWACKI 1977, ISRAEL 1982 angegebenen Bereichs, was auf einen sehr guten Trainingszustand des Herz-Kreislauf-Systems schließen lässt. Die 4. Belastungsminute entspricht bei der 1 W/kg KG-Methode der 2. Minute bei 2 W/kg KG, was in etwa der Leistung bei einem Dauerlauf im „Steady state“ (8-10 km/h) für Trainierte gleichkommt.

Die **maximale Herzschlagfrequenz** lässt gut erkennen, ob eine erschöpfende Ausbelastung stattgefunden hat (ISRAEL 1979; NÖCKER 1980; NOWACKI 1980; HOLLMANN, HETTINGER 1990). Die maximale Herzschlagfrequenz erlaubt außerdem sehr gute Rückschlüsse auf die Ausbelastung unter „Vita-maxima“ Bedingungen. Nach NOWACKI 1974 sind 192 Schläge/min für untrainierte Männer und auch schon 177 Schläge/min für trainierte Männer im Alter zwischen 20 und 40 Jahren Durchschnittswerte der maximalen Herzschlagfrequenz. Nach MELLEROWICZ 1979 lassen Pulsfrequenzen von 170 bis 200 Schlägen/min bei Probanden im Alter zwischen 20 und 30 Jahren auf eine maximale Ausbelastung schließen. Als Richtwerte für die Beurteilung einer kardiologischen Ausbelastung nennen MELLEROWICZ 1979 und ISRAEL 1979, 1982 eine maximale Herzfrequenz von 190 bis 200 S/min. Die Europäische Gesellschaft für Kardiologie empfiehlt das Erreichen einer Herzfrequenz von über 170 S/min als ergometrisches Kriterium einer Ausbelastung.

Bei Werten unter 160 S/min bei Männern des 3. und 4. Lebensjahrzehnts ist noch nicht von einer kardiozirkulatorischen Ausbelastung auszugehen (MELLEROWICZ 1979), vorausgesetzt, dass keine frequenzsenkenden Medikamente (Beta-Blocker) eingenommen werden (ROST 1977).

Eine Pulsfrequenz von **180 ± 5 Schlägen/min**, wobei 180 oft auch als „kritische“ Frequenz bezeichnet wird, ist eine brauchbare **Richtzahl** für die Charakterisierung der **kardiozirkulatorischen Ausbelastung** von hochtrainierten Athleten (MELLEROWICZ 1979).

Mit einer durchschnittlichen **maximalen Herzfrequenz** von **190 ± 5 Schlägen/min** (KT II 1997) bzw. **189 ± 10 Schlägen/min** (KT I 1995) sind die im Schnitt 20jährigen Kunstturner voll ausbelastet worden. Der Turner T.W., der nach sieben Minuten als erster Proband die Spiroergometerarbeit beendet bleibt mit 162 Schlägen/min als einziger Sportler unter der von MELLEROWICZ 1979 angegebenen Richtfrequenz von 180 Schlägen/min. Alle anderen Probanden überschreiten in der maximalen Ausbelastungsphase 180 Schläge/min. Acht der Athleten liegen im Bereich von 181 bis 185 Schlägen/min, zwei erreichen 189 und 190 Schläge/min, acht erreichen 191 bis 195 Schläge/min, und zwei, die Turner M.T. und T.B., sogar 200 Schläge/min.

Die **Abbildungen 30** und **31** zeigen den durchschnittlichen **Kurvenverlauf** der **Herzschlagfrequenz** ($M \pm 1s$) und des **Blutdrucks** ($M \pm 1s$) der Kunstturner Untersuchungsgruppe I (1995) und Untersuchungsgruppe II (1997) vor, während und nach erschöpfender fahrradergometrischer Belastung im Sitzen nach der 1 Watt/kg KG-Methode.

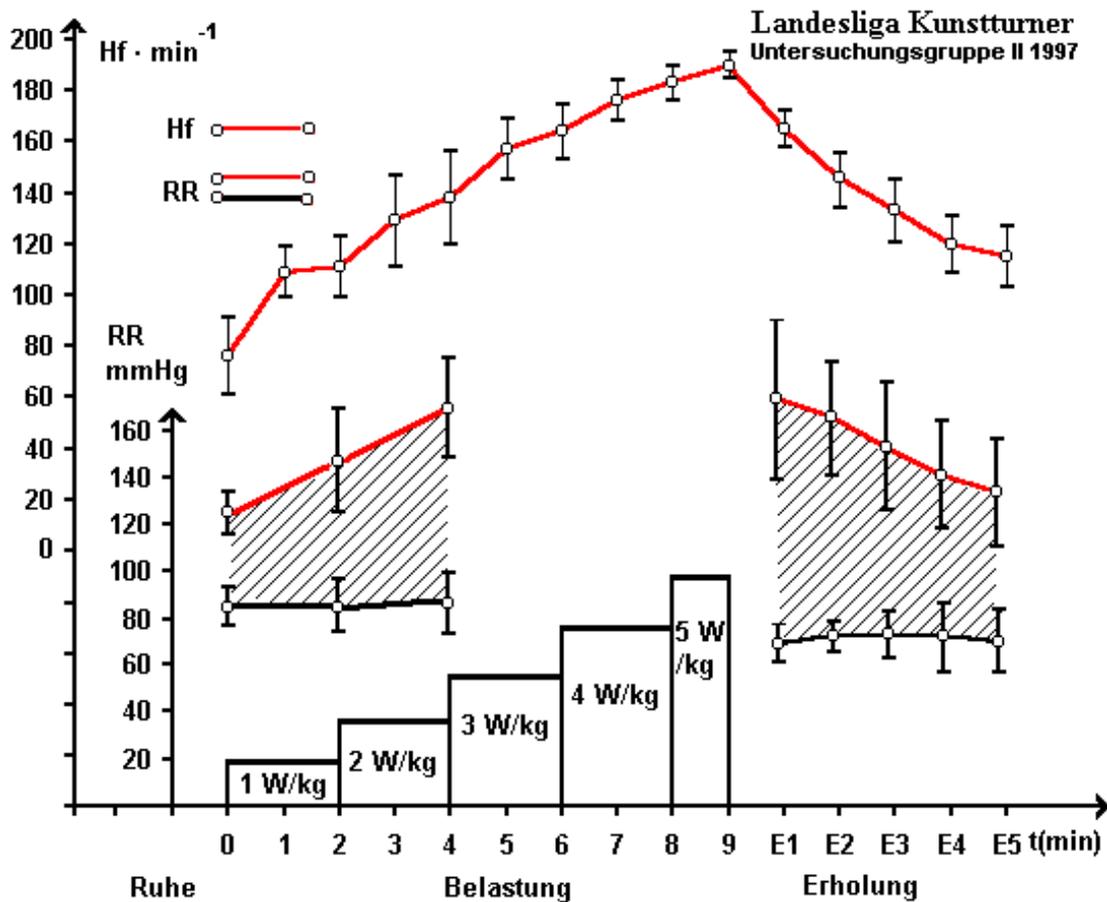


Abb. 30: Mittelwerte der Herschlagfrequenz ($Hf \text{ min}^{-1}$) und des Blutdrucks (RR mmHg) von Kunstturnern der Untersuchungsgruppe II (1997) vor, während und nach erschöpfender fahrradspiroergometrischer Belastung im Sitzen nach der 1 Watt/kg KG-Methode.

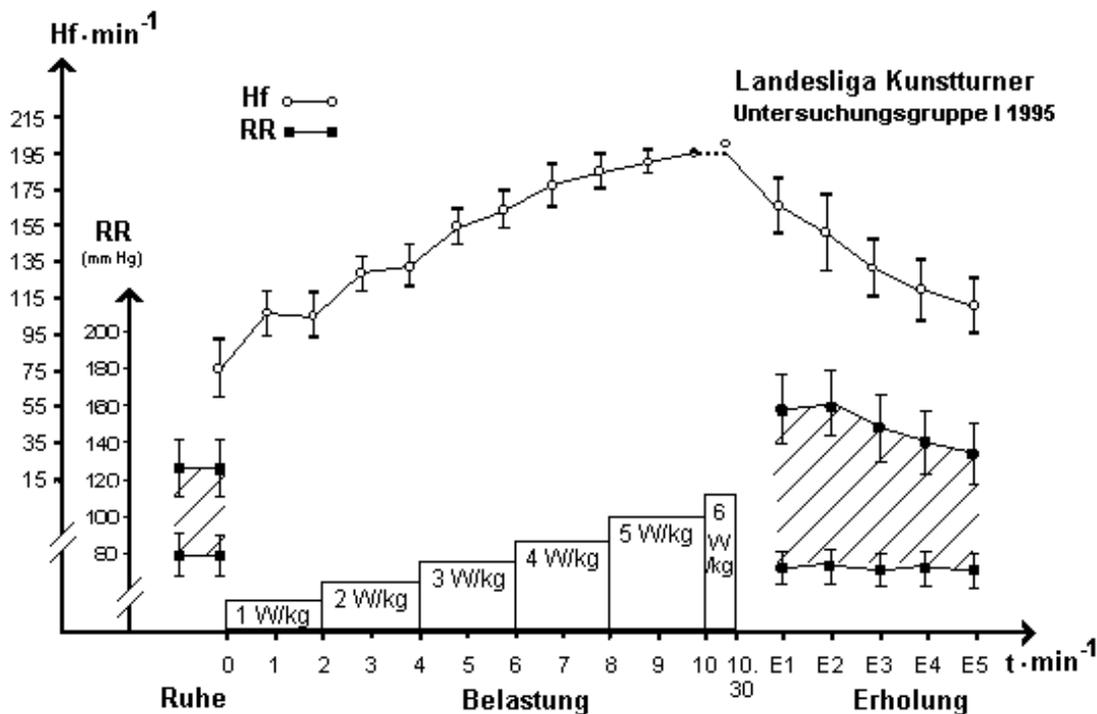


Abb. 31: Mittelwerte der Herschlagfrequenz ($Hf \text{ min}^{-1}$) und des Blutdrucks (RR mmHg) von Kunstturnern der Untersuchungsgruppe I (1995) vor, während und nach erschöpfender fahrradspiroergometrischer Belastung im Sitzen nach der 1 Watt/kg KG-Methode.

Ein weiterer wichtiger Faktor zur Bestimmung des Trainingszustandes ist die **Erholungszeit der Herzfrequenz** nach einer erschöpfenden Belastung, also nach dem Erreichen der individuellen altersentsprechenden maximalen Herzschlagfrequenz. Ein leistungsstarker Kreislauf erholt sich nach submaximaler sowie auch nach maximaler Ausbelastung wesentlich schneller als ein untrainierter Kreislauf. MELLEROWICZ 1979 und ISRAEL 1982 sprechen von der Abhängigkeit der Herzfrequenzberuhigung nach maximaler Ausbelastung vom Trainingszustand.

Es gehört zum Erfahrungsgut der täglichen Trainingspraxis aller Sportarten, dass sich die **leistungsfähigsten Herzen** nach einer submaximalen oder maximalen Ausbelastung **schneller erholen**.

Messbarer Ausdruck für diese verbesserte kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit ist die zeitlich raschere Rückkehr der Herzschlagfrequenz.

Die **Zeit**, die **nach erschöpfender Belastung** (maximale Herzschlagfrequenz vorausgesetzt) bis zum Erreichen der **Frequenz 100/min** verstreicht, wird als **HerzKreislauf-Erholungszeit** in Minuten angegeben (NOWACKI 1975). Für Hochleistungssportler sollte die HerzKreislauf-Erholungszeit auf jeden Fall unter 10 Minuten liegen.

Die **bessere kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit** des **Trainierten** ist durch einen **schnelleren zeitlichen Rückgang** der Herzfrequenz nach maximaler Ausbelastung auf eine **Pulsfrequenz von 100 Schlägen/min** und später in Richtung Ruhewert gekennzeichnet. Die **Zeit**, die nach erschöpfender Belastung bis zum **Erreichen** einer Herzfrequenz von **100 Schlägen/min** vergeht, kann jedoch zu lang werden.

Am besten eignet sich deshalb eine **Erholungszeit** von **fünf Minuten** (**Tab. 6**) im Anschluss an die maximale Ausbelastung als **Beurteilungskriterium** für die **kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit** eines Sportlers (NOWACKI 1975, 1977, 1984, 1987, 1988).

Tab. 6: Beurteilungskriterien der kardiozirkulatorischen Erholungszeit für Sportler nach maximaler Ausbelastung (NOWACKI 1975, 1977, 1984, 1987, 1988).

Hf nach 5`Erholungszeit über	130	schlecht, Verdacht auf path. Veränd.
Hf nach 5`Erholungszeit zwischen	121 -130	ausreichend
Hf nach 5`Erholungszeit zwischen	111 -120	befriedigend
Hf nach 5`Erholungszeit zwischen	106 -110	gut
Hf nach 5`Erholungszeit zwischen	100 -105	sehr gut
Hf nach 5`Erholungszeit unter	100	Hochleistungstrainingszustand

Nach **fünfminütiger Erholung** beträgt die durchschnittliche **Herzschlagfrequenz** der Kunstturner immer noch **115 ± 12 Schläge/min** (KT II 1997) bzw. **116 ± 16 Schläge/min** (KT I 1995). Damit befinden sich die Sportler laut **Tabelle 6** nur im **befriedigend trainierten Bereich** des Herzkreislaufsystems. Auffallend ist, dass acht der Athleten nach der fünfminütigen Erholungszeit noch Werte zwischen 120 und 130 Schläge/min und zwei der Kunstturner sogar noch Werte über 130 Schläge/min aufweisen. Ihre Erholungsfähigkeit ist somit sogar nur in den ausreichenden Bereich einzuordnen. Dies lässt sich auf die hohe maximale Ausbelastung der Sportler zurückführen, sowie auf die Tatsache, dass Kunstturner sich während einer Übung ständig in einer hohen Anspannungsphase befinden und nach den jeweiligen Übungen genug Zeit haben, um sich zu erholen. Der Trainingswissenschaftler H. NEUMANN (1990) sieht darin auch eine noch unzureichend ausgebildete Ausdauerleistungsfähigkeit von vielen Sportlern aus den kompensatorischen Sportarten. Zwei der Probanden liegen mit ihren Werten 115 Schläge/min (R.M.) und 118 Schläge/min (N.K.) im befriedigenden Bereich. Der Turner A.B. ist mit einer Erholungsfrequenz von 108 Schlägen/min in den guten und der Sportler M.R. mit einer Erholungsfrequenz von 100 Schlägen/min sogar in den sehr guten Bereich der Erholungsfähigkeit einzuordnen. Auffällig sind die sehr guten fünfminütigen Erholungswerte der Athleten M.F. mit 95 Schlägen/min und N.W. mit 86 Schlägen/min, die damit eine Erholungsfrequenz im Bereich des Hochleistungstrainingszustands erreichen.

In der **Abb. 32** ist ein Vergleich der 5 Minuten Erholungsherzfrequenzwerte (Hf) verschiedener Sportarten im Anschluss an eine erschöpfende Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 1 W/kg KG-Methode zu sehen. Die Vergleichswerte der anderen Sportarten orientieren sich an NOWACKI 1988, 1996 und den eigenen Untersuchungen.

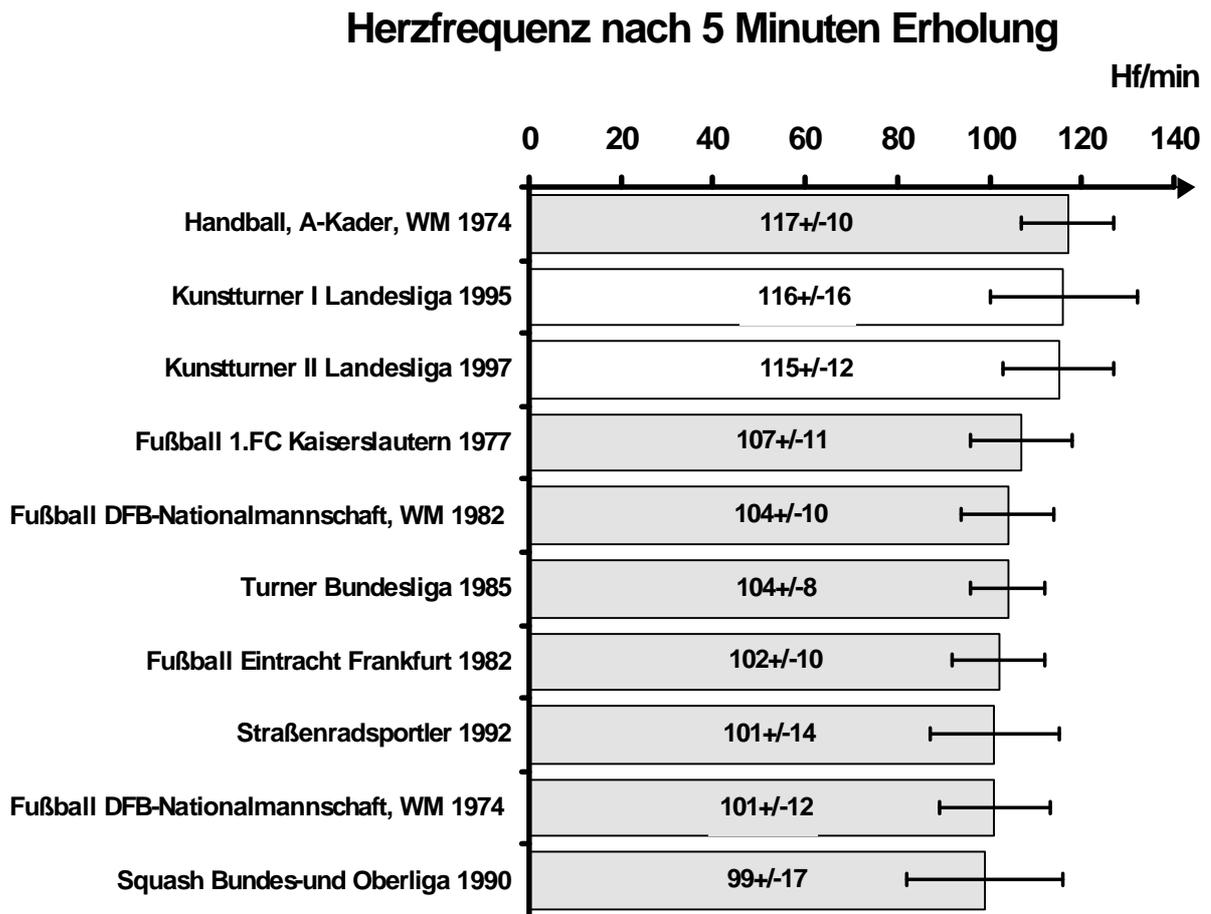


Abb. 32: Vergleich der 5 Minuten Erholungsherzfrequenzwerte (Hf) verschiedener Sportarten im Anschluß an eine erschöpfende Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 1 W/kg KG Methode. Vergleichswerte der anderen Sportarten nach NOWACKI 1988, 1996 und den eigenen Untersuchungen.

Im Vergleich verschiedener Sportarten (**Abb. 32**) unterscheiden sich die beiden Untersuchungsgruppen der Kunstturner der Landesliga des Turngau Mittelhessen mit ihrer fünfminütigen Erholungsfrequenz ($E_5 = 115 \pm 12 \text{ S/min}^{-1}$ KT II 1997 und $E_5 = 116 \pm 16 \text{ S/min}^{-1}$ KT I 1995) nicht signifikant ($p > 0,05$) von dem Handball Weltmeister von 1974 ($117 \pm 10 \text{ S/min}^{-1}$) und der Fußballbundesliga-Mannschaft des 1. FC Kaiserslautern von 1977 ($E_5 = 107 \pm 11 \text{ S/min}^{-1}$).

Blutdruck

Die Aufrechterhaltung eines adäquaten **Blutdruckniveaus** ist lebenswichtig. Damit ist die Durchblutung der Organe und der Peripherie gesichert (GAUER 1974). Die Größe des Herzschlagvolumens und der periphere und der elastische Widerstand der Gefäße sind für die Höhe des **Blutdrucks** verantwortlich. Die Blutdruckhöhe ist das Endergebnis dieser drei Komponenten, die sich gegenseitig verschieben können, ohne dass es zu einer Änderung des Drucks kommen muss.

Die Messung des arteriellen Blutdrucks während der Belastungsuntersuchung dient neben der Leistungsbeurteilung auch zur Differentialdiagnose einer normotensiven oder hypertensiven Belastungsregulation sowie zur Beurteilung der Sportfähigkeit (KINDERMANN 1987; HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Vor allem bei der Früherkennung hypertoner Regulationsstörungen als Folge einer falschen Trainingsgestaltung besonders bei jugendlichen Athleten ist die Blutdruckmessung von Bedeutung, da sie einen vertieften Einblick in den Leistungs- und Trainingszustand des kardiozirkulatorischen Systems gibt (NOWACKI, ADAM, KRAUSE, RITTER 1971; DITTER, NOWACKI 1976).

Die Vorstellungen über das **Verhalten** des **arteriellen Drucks** unter **Belastungsbedingungen** werden weitgehend von den Ergebnissen der indirekten Messung nach RIVA-ROCCI und KOROTKOW bestimmt (MELLEROWICZ 1979; ROST, HOLLMANN 1982).

Die **Blutdruckmessung** ist aus **klinischen Gründen** von Bedeutung, um auch beim Jugendlichen **hypertone Regulationsstörungen** aufgrund **falscher Trainingsgestaltung** zu diagnostizieren (NOWACKI 1976; BRIEDIGKEIT, TITTMANN 1982; HOLLMANN, HETTINGER 2000).

ISRAEL 1968 fand bei 471 Sportlern im Alter zwischen 17-35 Jahren durchschnittliche systolische Blutdruckwerte vor der Belastung zwischen 115-125 mmHg. Die diastolischen Werte lagen im Durchschnitt zwischen 70-80 mmHg.

Der **Ruheblutdruck** beträgt bei gesunden 20-40jährigen Menschen etwa **120/80 mmHg**. Bei Ausdauersportlern ist der systolische Druck niedriger (ca. 10-20 mmHg), wohingegen der diastolische Druck um ca. 10 mmHg höher ist (NOWACKI 1977; MELLEROWICZ 1979; BADTKE 1989).

Der durchschnittliche **Ruheblutdruck** der Landesliga Kunstturner liegt mit **130/80 ± 10/10 mmHg** (KT I 1995) bzw. **125/85 ± 10/10 mmHg** (KT II 1997) etwas über dem Durchschnittswert für 20 bis 40jährige Normalpersonen von 120/80 mmHg. Die gemessenen Werte liegen allerdings noch im Rahmen der sportmedizinischen Untersuchungen und lassen sich auf die Nervosität in der „Vorstartphase“ zurückführen. Mit 150/100 mmHg beim Turner M.T. und 140/95 mmHg beim Athleten R.R. werden bei denselben beiden Probanden die höchsten Ausgangswerte gemessen, die neben dem Sportler A.N. als einzige die 5 Watt/kg KG ausgetreten haben (der Turner M.T. hat mit 10 Minuten und 30 Sekunden sogar den 6 Watt/kg KG Hochleistungsbereich erreicht).

Bei Trainierten steigt in der Belastungsphase der systolische Druck an, der diastolische Druck hält sich normalerweise konstant oder fällt sogar etwas ab. Untrainierte Personen zeigen einen Anstieg von sowohl des systolischen als auch des diastolischen Drucks. Trainierte erreichen eine Erniedrigung des systolischen und diastolischen Blutdrucks (NÖCKER 1980). Nach HOLLMANN 1959 kommt es bei gleicher Leistung von Trainierten und Untrainierten zu einer gleichen Erhöhung des systolischen RR (Riva-Rocci). ÅSTRAND 1977 findet den RR-Anstieg linear mit der Sauerstoffaufnahme verknüpft.

Die **Blutdruckwerte** in der **Leistungsphase** wurden nur bis zur **4. Minute** bei **2 Watt/kg KG** gemessen. Falls der Blutdruck bei dieser Belastung „grenzwertig“ erhöht sein sollte, ist es möglich das systolische und diastolische Druckverhalten in Einzelfällen bis zur Erschöpfungsminute zu kontrollieren.

Die **submaximalen RR-Werte** zeigen, dass bei den Kunstturnern keine hypertone Regulationsstörung aufgetreten ist. Auch wurde in keinem Fall eine sog. „Jugendliche-Intervall-Kraft-Trainings-Hypertonie“ nach NOWACKI 1983 festgestellt.

Ein systolischer Blutdruckanstieg bis zu 230 mmHg wird von NÖCKER 1964 nach hoher körperlicher Belastung als physiologisch angesehen. NOWACKI 1977 beobachtet bei seinen Untersuchungen von Hochleistungssportlern im Vita-Maxima-Bereich Blutdruckwerte von 250-280 mmHg systolisch mit dazugehörigen diastolischen Werten von 90-110 mmHg. In Extremfällen bei Kraft-Ausdauersportlern (Rudern) hat NOWACKI 1977 bei Leistungen zwischen 450 und 500 Watt schon Blutdruckwerte von 310/110 mmHg gemessen. Er interpretiert dies so, dass bei körperlicher Belastung der systolische Blutdruck ansteigen muss,

damit entsprechend dem erhöhten Minutenvolumen das Druckgefälle und damit die Strömungsgeschwindigkeit größer werden kann.

AIGNER 1986 findet bei hoher kardiozirkulatorischer Ausbelastung von Trainierten und Untrainierten hypertone Werte von 200 bis 230 mmHg, in Einzelfällen sogar 280 bis 320 mmHg für den systolischen Blutdruck.

Der **Blutdruck sofort nach der Belastung** ist mit **185/65 ± 25/5 mmHg** (KT II 1997) bzw. **180/70 ± 20/10 mmHg** (KT I 1995) sehr moderat. Es werden einzelne Höchstwerte von 220/70 mmHg beim Turner M.F., von 200/85 mmHg beim Sportler T.W. bzw. 200/80 mmHg beim Athleten W.N. registriert.

Bei Trainierten kommt es schon in der ersten Erholungsminute zu einer Erniedrigung des systolischen, vor allem aber zu einem starken Abfall des diastolischen Blutdruckwertes (NOWACKI 1977), wobei bei vielen Athleten infolge der hohen Strömungsgeschwindigkeit in den Gefäßen (GAUER 1974) bei leistungsmedizinischen Untersuchungen das sogenannte diastolische O-Phänomen (MELLEROWICZ 1979) zu auskultieren ist. Dies ist Ausdruck eines weiterhin erhöhten Herzschlagvolumens, was für die Entwicklung von Sportlerherzen wichtig ist (REINDELL u. Mitarb. 1967; ÅSTRAND, RODAHL 1977).

Ein schnelles Annähern an die Ruheausgangswerte in der Erholungsphase wird als günstig angesehen und gilt als Zeichen guter Erholungsfähigkeit (MELLEROWICZ 1956; MAIDORN 1965; ROST 1976; NOWACKI 1977; MELLEROWICZ 1979; ISRAEL 1982; HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Am Ende der 5. Erholungsminute sollte bei normotensiven Personen der Blutdruck auf mindestens 140/90 mmHg abgefallen sein (KINDERMANN 1987).

In der **ersten Minute der Erholung** beträgt der mittlere Blutdruck bei den Kunstturnern **170/70 ± 30/10 mmHg** (KT II 1997) bzw. **160/70 ± 70/10 mmHg** (KT I 1995). Im weiteren Verlauf sinkt der durchschnittliche systolische Blutdruck linear ab, der diastolische Blutdruck liegt in der gesamten Erholungsphase unter dem Ruheausgangswert und verändert sich in den ersten fünf Minuten nach der Belastung nur geringfügig.

Der **Blutdruck** erreicht **nach fünfminütiger Erholung** einen Durchschnittswert von **140/75 ± 15/10 mmHg** (KT I 1995) bzw. **130/70 ± 25/15 mmHg** (KT II 1997). Diese relativ schnelle Annäherung nach Belastungsende an die Ruhewerte lässt auf einen guten Trainingszustand des Herz-Kreislaufsystems der Probanden rückschließen (ISRAEL 1982).

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass **keine auffälligen Besonderheiten** des **Blutdruckverhaltens** bei den **Kunstturnern** der hessischen Spitzenklasse in den Vorstart-, Leistungs- und Erholungsphasen zu beobachten waren. Auf eine ausführlichere Diskussion des Blutdruckverhaltens von Kunstturnern kann also verzichtet werden.

Die folgenden Teilabschnitte 5.1.3 und 5.1.4 „Respiratorische- und kardiorespiratorische Funktionsdiagnostik“ beziehen sich nur auf die Kunstturner der Untersuchungsgruppe I (1995) und sind schon in meiner Magisterarbeit (SAWELLION 1995) ausführlich dargestellt worden. Sie sollen aber aus Gründen der Vollständigkeit, um das gesamte **sportmedizinische Leistungsprofil** von **Kunstturnern** der **hessischen Spitzenklasse** darzustellen, mit in diese Dissertation aufgenommen werden.

5.1.3 Respiratorische Funktionsdiagnostik

Die **respiratorische Funktionsdiagnostik** mit den Verlaufskurven des **Atemminutenvolumens** (AMV l BTPS), des **Atemzugvolumens** (AZV ml BTPS) und der **Atemfrequenz** ($Af \text{ min}^{-1}$) informiert über die pulmonale Leistungsfähigkeit des Menschen bei erschöpfenden körperlich-sportlichen Belastungen.

Das **Atemminutenvolumen** als **Produkt** aus **Atemzugvolumen** und **Atemfrequenz** ist hierbei die wichtigste Funktionsgröße, worauf HOLLMANN 1986 in seiner Monographie hingewiesen hat.

Im Rahmen der **Sauerstofftransportkette** stellt das Atemminutenvolumen den **ersten Funktionskreis** dar, welcher nur selten bei gesunden Untrainierten und ebenso wenig bei Trainierten nach NÖCKER 1980 und HOLLMANN, HETTINGER 2000 leistungslimitierend ist. Über einige Ausnahmen bei Hochleistungsrudern berichtet NOWACKI 1977 und weist damit erstmalig auf diese Problematik hin. Bei den von mir untersuchten Turnern kann ein solches Phänomen nicht beobachtet werden, die Atmung ist bei keinem Athleten leistungslimitierend.

Bei großer körperlicher Anstrengung kann es aufgrund des CO_2 -Partialdruckanstieges im Blut zur Steigerung der Atemzahl und Einschaltung von Aus- und Einatmungsreservevolumina bei sehr gut trainierten Männern zu einer Erhöhung des Atemminutenvolumens auf 120 bis 200 Liter kommen.

Kunstturner erreichen hier **maximale Werte** von **über 150 l/min**, wobei die Atemfrequenz auf bis zu 50 Atemzüge in der Minute ansteigen kann (NÖCKER 1980). Dies ist aber nur über einen sehr geringen Zeitraum aufrechtzuerhalten. Erstrecken sich Dauerleistungen über einen längeren Zeitraum, so werden Atemminutenvolumina von 50 bis 60 Litern über längere Zeit durchgehalten. Werte für das maximale AMV zwischen 200 bis 240 Liter werden bei Spitzenathleten in den Kraftausdauersportarten gefunden (KRAUSE 1971).

Mit beginnender körperlicher Arbeit steigt das AMV bis zum maximalen „Steady state“ (Gleichgewicht zwischen Sauerstoffaufnahme und Sauerstoffverbrauch) zunächst proportional zum Sauerstoffbedarf an. Mit weiter zunehmender Belastungsintensität ist, in Folge einer wachsenden **Sauerstoffschuld** eine überschießende Arbeitshyperventilation zu beobachten, die zu einem „unproportional“ stärkeren Anstieg des AMV im Vergleich zur Sauerstoffaufnahme führt (HOLLMANN 1959; MELLEROWICZ 1979; NÖCKER 1980). Der verstärkte Anstieg des AMV erfolgt nun zunehmend auch zur verstärkten Abatmung des in der Arbeitsmuskulatur vermehrt anfallenden Kohlendioxyds. Damit sollen die metabolische

Sportazidose und der PH-Wert-Abfall hinausgeschoben werden (NOWACKI 1977; NICKEL 1992). Nach DRESSLER, MELLEROWICZ 1961, KÖNIG u. Mitarb. 1965, NÖCKER 1980 sowie HOLLMANN, HETTINGER 2000 bewirkt ein Ausdauertraining, dass das AMV auf gegebenen **submaximalen Belastungsstufen** geringer wird und dass die Belastungsstufe, auf der noch ein **Steady-state** gegeben ist, höher liegt als vorher. **Ausdauertraining** im submaximalen Bereich führt zu einer **Ökonomisierung der Atmung** und zu einer Ausnutzung des Sauerstoffs (BARTELS 1973, MELLEROWICZ 1979; NÖCKER 1980; HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Während bei gleicher ergometrischer Leistung zwischen Trainierten und Untrainierten nur geringfügige Unterschiede beim maximalen AMV bestehen, wird nach KIRCHHOFF, REINDELL, GEBAUER 1956 die Differenz durch eine bessere Ökonomie der Atmung bei Trainierten mit zunehmender Leistung größer. Ausdruck dieser besseren Atemökonomie des Trainierten ist ein niedrigeres **Atemäquivalent** (NOWACKI 1979; NICKEL 1992).

Untersuchungen von NOWACKI 1977 zeigen, dass Untrainierte im Alter von 20 - 40 Jahren die Atemfrequenz nur verdoppeln können (ca. 30/min) und ein maximales AMV von 80 ± 10 l erreichen. Trainierte dagegen erreichen Atemfrequenzen von 40 bis 50/min und können noch 40 - 50% ihrer Vitalkapazität als Atemzugvolumen einsetzen.

Für Kinder und Jugendliche fand ÅSTRAND 1952 mit fortschreitendem Alter eine beinahe gewichtsproportionale Zunahme des maximalen AMV. Diese Aussage wird durch die Untersuchungen bei Skilangläufern von N.S. NOWACKI 1998 bestätigt.

NOWACKI 1978 fand eine Abhängigkeit zwischen ausgeübter Sportart und der damit verbundenen Beanspruchung und konnte feststellen, dass die Leistungsfähigkeit und Ökonomie der Atmung schon bei Jugendlichen verschieden hoch entwickelt sind.

Einflussgrößen der Atemfrequenz sind Alter, Geschlecht, der Trainingszustand und die Umgebungstemperatur.

Die **Leistungsfähigkeit der Atemmuskulatur** läßt sich durch Training steigern und ist ein weiterer wichtiger Faktor für das AMV (HOLLMANN 1990).

Das AMV ist für Turner und ihre Trainer eine sehr wichtige Größe. Für eine Sofortinformation des Trainers ist die Kenntnis des maximalen AMV meistens ausreichend. Man erkennt so, dass die Atmung des Athleten - jedenfalls bei den meisten - nicht als leistungslimitierender Faktor wirkt.

Die geltenden Richtlinien des maximalen AMV nach N.S. NOWACKI 1998, MOHAMMED FAROUK 1999 und eigene Ergänzungen sind der folgenden **Tabelle 7** zu entnehmen.

Tab 7: Klassifizierung des maximalen Atemminutenvolumens (AMV | BTPS) nach N.S. NOWACKI 1998, MOHAMMED FAROUK 1999 und eigene Ergänzungen.

70 - 84 l AMV	untrainierter Bereich für einen gesunden leistungsfähigen Mann
85 - 99 l AMV	Übergang zwischen dem untrainierten und dem trainierten Bereich
100 – 124 l AMV	befriedigend trainierter Bereich
125 – 149 l AMV	gut bis sehr gut trainierter Bereich
150 - 199 l AMV	sehr gut trainiert/ überwiegend Hochleistung
> 200 l AMV	Absoluter Hochleistungsbereich

Das mittlere **Atemminutenvolumen** der **Landesliga-Kunstturner** beträgt in der **Vorstartphase** $12,9 \pm 3,8$ l/min BTPS. Es liegt also über dem von NOWACKI 1977 und NÖCKER 1980 als Ruhewert genannten 8 l/min bei einem Atemzugvolumen von 0,5 Litern und 16 Atemzügen pro Minute. Die **Ruheatemfrequenz** entspricht mit 15 ± 5 Atemzügen/min dem genannten Wert, das **Atemzugvolumen** ist allerdings mit $0,96 \pm 0,44$ Litern recht hoch. Dieser erhöhte Ruhewert lässt sich auf eine psychisch bedingte Anspannung zurückführen, die sich bei einigen der Probanden durch Hyperventilation äußert.

Die unökonomische Einstellung des Atemzugvolumens der Kunstturner zu Beginn der Belastung ist einfach durch Atemgymnastik im Training zu verbessern.

Bei einsetzender Belastung gibt es für den Organismus **zwei Möglichkeiten** das **Atemminutenvolumen** zu **vergrößern**.

Zum einen kann die **Atemfrequenz gesteigert** werden und zum anderen das **Atemzugvolumen vermehrt** werden. Die Steigerung der Atemfrequenz hat eine Verflachung der Atmung zur Folge. Deshalb ist die Tiefatmung ökonomischer. Sie schafft günstigere Mischungsverhältnisse von Frischluft und verbrauchter Luft in der Lunge. Die alveoläre Ventilation und damit die Bedingungen für die Sauerstoffaufnahme werden verbessert. Laut Untersuchungen von KÖNIG u. Mitarb. 1965 reagieren Untrainierte auf eine Belastungserhöhung mit einem unökonomischen Anstieg der Atemfrequenz, trainierte Personen erhöhen das Atemzugvolumen.

Während untrainierte Männer ihre Atemfrequenz am Erschöpfungspunkt mit einer Af von 32 ± 2 Atemzüge/min im Vergleich zur Ruheatemfrequenz verdoppeln, erreichen Trainierte mit Af-Werten von 48–54 Atemzüge/min eine Verdreifachung (NOWACKI 1977). Nach HOLLMANN 1986 ist eine weitere Erhöhung der Af auf 60 Atemzüge/min und höher nicht mehr sinnvoll, da jetzt ein großer Teil der Sauerstoffaufnahme von der Atemmuskulatur selbst verbraucht wird. Orientiert man sich an der Vitalkapazität, dann ventilieren Untrainierte nur ca. 30–35% der VK bei einem Atemzug. Trainierte können ca. 40–50% ihrer VK pro Atemzug bei Ausbelastung einatmen.

Für den trainierten Organismus ist es charakteristisch, dass das Atemminutenvolumen bei beginnender Belastung schneller ansteigt und der Zustand des „Steady state“ rascher erreicht wird.

Im Laufe des Trainingsprozesses nimmt das Atemminutenvolumen bei gleicher Belastung ab (NÖCKER 1980).

Nach Einsetzen der Belastung steigt die Atemminutenvolumenkurve der Kunstturner stetig an. Dies geschieht durch die Erhöhung des Atemzugvolumens ($1,28 \pm 0,35$ l) sowie auch durch die Erhöhung der Zahl der Atemzüge 16 ± 4 Atemzüge/min.

Als **maximales Atemminutenvolumen** werden **$123,9 \pm 34,2$ l/min BTPS** erreicht.

Damit lassen sich die hessischen Kunstturner in den unteren Bereich **gut trainiert** einordnen.

Die folgende **Abb. 33** zeigt einen **Vergleich** des durchschnittlichen **maximalen Atemminutenvolumens** (AMV_{max} l/min BTPS) **verschiedener Sportarten** bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode. Die Vergleichswerte beziehen sich auf Untersuchungen von NOWACKI 1988, 1996 und auf die eigenen Untersuchungen der Kunstturner.

Maximales Atemminutenvolumen

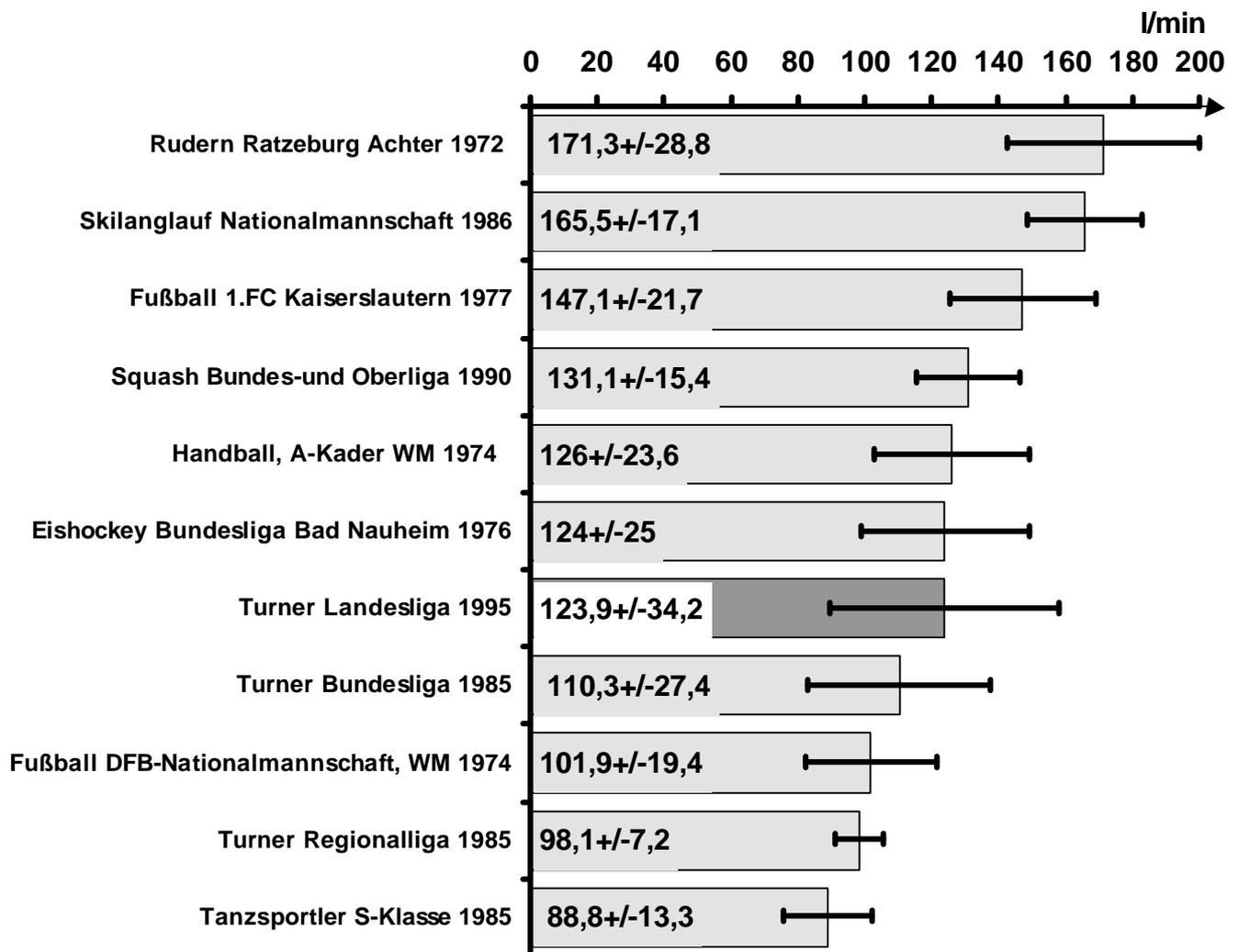


Abb. 33: Vergleich des durchschnittlichen maximalen Atemminutenvolumens (AMVmax in l/min BTPS) verschiedener Sportarten bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG Methode. Vergleichswerte nach NOWACKI 1988, 1990 zu den eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.

Mit diesen Werten des Atemminutenvolumens unterscheiden sich die Landesliga-Kunstturner nicht signifikant ($p > 0,05$) von den Spielern der Eishockey-Bundesliga-Mannschaft des VfL Bad Nauheim von 1976 (124 ± 25 l/min) sowie auch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dem Handball-WM Kader 1974 und späterem Weltmeistern 1978, die $126 \pm 23,3$ l/min maximal im Durchschnitt atmeten (vgl. Abb. 34). Die **Kunstturner der Regionalliga von 1985 mit $98,1 \pm 7,2$ l/min**, sowie die **Kunstturner der Bundesliga von 1985 mit $109,1 \pm 33,4$ l/min** unterscheiden sich allerdings signifikant ($p < 0,05$) von den Kunstturnern der Landesliga 1995.

Ein hohes maximales AMV ist allerdings auch nicht zu erwarten, da solches eine Voraussetzung für die Ausdauerleistungsfähigkeit vor allem für die Kraft-Ausdauerleistungssportler ist und Kunstturnen zu den technisch-kompositorischen Sportarten zählt.

Die Messungen des Atemminutenvolumens bei maximaler Belastung bieten gute Beurteilungsmöglichkeiten der Leistungsfunktion und der Leistungsmaxima des Atemapparates (MELLEROWICZ 1979). Mit ihren mittleren maximalen Atemminutenvolumina befinden sich die Kunstturner der Landesliga im befriedigend trainierten Bereich, d.h. es wird insgesamt von einer befriedigenden ventilatorischen Ausbelastung gesprochen (vgl. Tab. 7, S. 81).

Nach der Belastung in der fünfminütigen Erholungsphase sinkt das Atemminutenvolumen rapide ab und nähert sich immer mehr dem Ausgangswert, ohne ihn jedoch zu erreichen. Man kann hier von einer guten respiratorischen Erholungsfähigkeit der Kunstturner sprechen.

Der **Turner M.T.** erreicht ein maximales Atemminutenvolumen von **154 l/min** am Belastungsende und liegt damit deutlich über dem mittleren Maximalwert der Probandengruppe.

In der Erholungsphase sinkt die Atemfrequenz wesentlich schneller als das Atemzugvolumen. Nach fünfminütiger Erholung ist für den Kunstturner M.T. eine Atemfrequenz von 12 Zügen/min und ein Atemzugvolumen von 2,1 l/min zu registrieren. Das Atemminutenvolumen beträgt 25,2 l/min und liegt damit noch weit über dem Ruheausgangswert.

5.1.4 Kardiorespiratorische Funktionsdiagnostik

Die im Ergebnisteil dargestellte Abbildung 23 zeigt eine vergleichende Darstellung der Mittelwerte der absoluten (VO_2 ml STPD) und relativen Sauerstoffaufnahme (VO_2 ml \cdot kg⁻¹ \cdot min⁻¹ STPD) sowie des Sauerstoffpulses (O_2/Hf ml STPD) von Kunstturnern der hessischen Spitzenklasse vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie (Vergleichsgruppe Kunstturner 1995). Einzelheiten der Kurvencharakteristik werden schon bei SAWELLION 1995 diskutiert.

Die **Sauerstoffverlaufskurven** und die **maximale Sauerstoffaufnahme** sind die **Basismessgrößen** der **sportmedizinischen Funktionsdiagnostik**. Sie spiegeln als Summenparameter das Ausmaß der oxydativen Phosphorylierung in den arbeitenden Zellen (Muskulatur) und der kardiopulmonalen Funktion einschließlich der adäquaten Regulationsmechanismen pro Zeiteinheit bei definierter Belastung wieder (BADTKE 1989). Das Produkt aus dem Atemminutenvolumen (BTPS), dem prozentualen Sauerstoffverbrauch in Volumenprozent ($\text{O}_2\%$) und dem luftdruckabhängigen Faktor „f“ zur Umrechnung von BTPS auf STPD - Bedingungen (Standard Temperature = 0° C, Pressure = 760 mmHg, Dry = Trockenheit) ist als absolute Sauerstoffaufnahme definiert (NOWACKI u. Mitarb. 1986).

Um die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit festzustellen, ist die absolute **Sauerstoffaufnahme** ein gutes Kriterium. Sie erfaßt die **Kapazität mehrerer abhängiger Funktionssysteme** bei erschöpfender körperlicher Belastung (NOWACKI 1973, 1977; HOLLMANN, HETTINGER 2000). Sie wird erreicht, wenn unter Einsatz großer Muskelgruppen maximale dynamische Arbeit über eine Zeitspanne von mindestens 5-6 Minuten durchgeführt wird. Die höchsten Sauerstoffaufnahmewerte werden dabei erst unmittelbar vor der Erschöpfung erreicht. Eine Weiterarbeit auf der gleichen oder einer höheren Wattstufe ist dann nicht mehr möglich.

Die maximale Sauerstoffaufnahme wird während der letzten bzw. vorletzten Belastungsstufe, meist jedoch in der Erschöpfungsminute während einer ergometrischen Belastung auf dem Fahrrad erreicht. NOWACKI 1975 weist deshalb darauf hin, dass die maximalen O_2 -Werte nicht mit der maximalen aeroben Kapazität oder gar Sauerstoff-Dauerleistungsgrenze identisch sind. Die **absolute maximale Sauerstoffaufnahme** kann vielmehr als **integraler Grenzwert** der **maximalen aeroben und maximalen anaeroben Kapazität** aufgefasst werden (NOWACKI 1987).

Die **Sauerstoffaufnahme** ist das zuverlässigste **Bruttokriterium** zur Beurteilung der **maximalen Leistungsfähigkeit** von Herz, Kreislauf, Stoffwechsel und Atmung. Hierbei sind eine Reihe interner und externer Faktoren zu berücksichtigen (HOLLMANN 1963).

Die wichtigsten **internen Faktoren** sind die Diffusion in der Lunge, das Herzzeitvolumen, die Ventilation, das Blutvolumen, die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz, der Totalhämoglobingehalt, der Ernährungszustand und die dynamische Leistungsfähigkeit der beanspruchten Muskulatur, dabei wird dem **Herzzeitvolumen** und der **arterio-venösen Sauerstoffdifferenz** der **größte Einfluss** zugewiesen.

Externe Faktoren sind Art und Größe der eingesetzten Muskulatur, die Belastungsart, die Körperposition und der O₂-Partialdruck der Luft, also die Höhe und das Klima (NOWACKI 1973, 1977; HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Geschlecht, Alter, **Trainingszustand** und Umgebung beeinflussen zusätzlich die maximale Sauerstoffaufnahme. Alle Parameter können als leistungsbegrenzende Faktoren hinsichtlich des Sauerstoffaufnahmevermögens von Bedeutung sein.

Die Überlegenheit der kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit von sportlich aktiven Jugendlichen wurde oft nachgewiesen (ERIKSSON 1972; BASTIAN, KUNZE, SATTLER 1972; SOMMER u. Mitarb. 1980; ROST 1981; NOWACKI 1987).

Die **Sauerstoffaufnahme in Ruhe** beträgt ca. 200 bis 300 ml/min und ist relativ unabhängig vom Trainingszustand. Etwa 3 bis 4ml VO₂ min/kg Körpergewicht werden für den Stoffwechsel in Ruhe benötigt.

Gesunde untrainierte Männer können **maximal** zwischen **2.000 bis 3.000 ml/min Sauerstoff** aufnehmen (DRANSFELD 1975; HOLLMANN u. Mitarb. 1980). NOWACKI, ADAM, KRAUSE, RITTER 1971 finden bei untrainierten normalgewichtigen Männern maximale Sauerstoffaufnahmewerte von 2,5 bis 3,0 l/min.

Das **Überschreiten** der **Sauerstoffaufnahme von 3.000 ml/min** wird bei einem ca. 75kg schweren Mann als **Übergang** vom **untrainierten** zum **trainierten Bereich** angesehen (NOWACKI 1973).

Durch ein intensives Ausdauertraining können Trainierte im Spitzensport eine **maximale Sauerstoffaufnahme** von weit über 4.000 ml/min erreichen. Bei **Kraft-Ausdauer-Sportlern** sind im Vergleich zu Untrainierten bis zu mehr als doppelt so hohe maximale absolute Sauerstoffaufnahmen zu registrieren (NOWACKI, KRAUSE, ADAM, RULFFS 1971). Beispiel ist hierfür die mittlere maximale Sauerstoffaufnahme des **Ratzeburger Achters** (Weltklasseruderer) von 1972, die bei **6.696 ± 453 ml/min STPD** liegt (NOWACKI 1977).

Bei den **Kunstturnern** sind sehr hohe Sauerstoffaufnahmewerte nicht zu erwarten, da das Kunstturnen keine absolute Ausdauersportart ist, wobei der Kurzeitenausdauer allerdings ein gesonderter Stellenwert zukommt (RASIM 1982).

Die folgende **Tabelle 8** zeigt **Beurteilungskriterien** der **maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme** für 20 bis 40jährige Männer mit einem Durchschnittsgewicht von 75kg nach NOWACKI 1977.

Tab. 8: Beurteilungskriterien der maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme (VO₂) in ml/min STPD für 20-40jährige Männer mit einem Durchschnittsgewicht von 75kg nach NOWACKI 1977.

Sauerstoffaufnahme ml/min STPD	Leistungsfähigkeit
bis 1000 ml/min	pathologisch
1000 bis 1500 ml/min	leistungsschwach
1500 bis 2500 ml/min	ausreichend untrainiert
2500 bis 3000 ml/min	normal, untrainiert
3000 bis 3500 ml/min	leicht trainiert
3500 bis 4000 ml/min	befriedigend trainiert
4000 bis 5000 ml/min	gut trainiert
5000 bis 6000 ml/min	sehr gut trainiert
über 6000 ml/min	Hochleistungszustand

Mit einem durchschnittlichen **Maximalwert** von **4.063 ± 913 VO₂ ml/min STPD** ist die **Sauerstoffaufnahme** der **Landesliga Turner** nach NOWACKI 1977 im Bereich gut trainiert einzustufen. Die beiden leistungsfähigsten Probanden erreichen ihre größte Sauerstoffaufnahme mit 5168 VO₂ ml/min STPD (M.T.) und 5650 VO₂ ml/min STPD (A.N.) jeweils zum Belastungsende und dringen in den sehr gut trainierten Bereich vor.

Die **kardiopulmonale Leistungsfähigkeit** nimmt als Voraussetzung für die **wettkampfmäßige Leistung** bei **Kunstturnern** einen immer **höheren Stellenwert** ein. Ein Turner kann seine technischen Fähigkeiten und seine Schnellkraft nur dann optimal zum Einsatz bringen, wenn eine gute kardiopulmonale und körperliche Leistungsfähigkeit ihn in die Lage versetzen, diese auch beim Überschreiten der anaeroben Schwelle vor allem gegen Ende der Übungen in angemessener Weise einzusetzen. Mit der durchschnittlichen maximalen Sauerstoffaufnahme von **4063 ± 913 VO₂ ml/min STPD** bringen die **Landesliga Turner** gute Voraussetzungen für eine erfolgreiche Wettkampfteilnahme mit.

Die **Abb. 34** zeigt die maximale **absolute Sauerstoffaufnahme** von **Mannschaften verschiedener Sportarten** im Vergleich zu früher von SIEBERT 1985 am Institut untersuchten Turnern der Regionalliga und der Bundesliga. Danach wurden dann für die mittelhessischen Turner sportmedizinische Empfehlungen zur Verbesserung der kardiorespiratorischen Funktionsparameter ausgesprochen, welche die Trainer auch langfristig beachtet haben. Daraus resultiert die Verbesserung der $VO_2\text{max}$ bei den von mir untersuchten Landesliga-Kunstturnern I (1995) mit 4063 ± 913 VO_2 ml/min STPD.

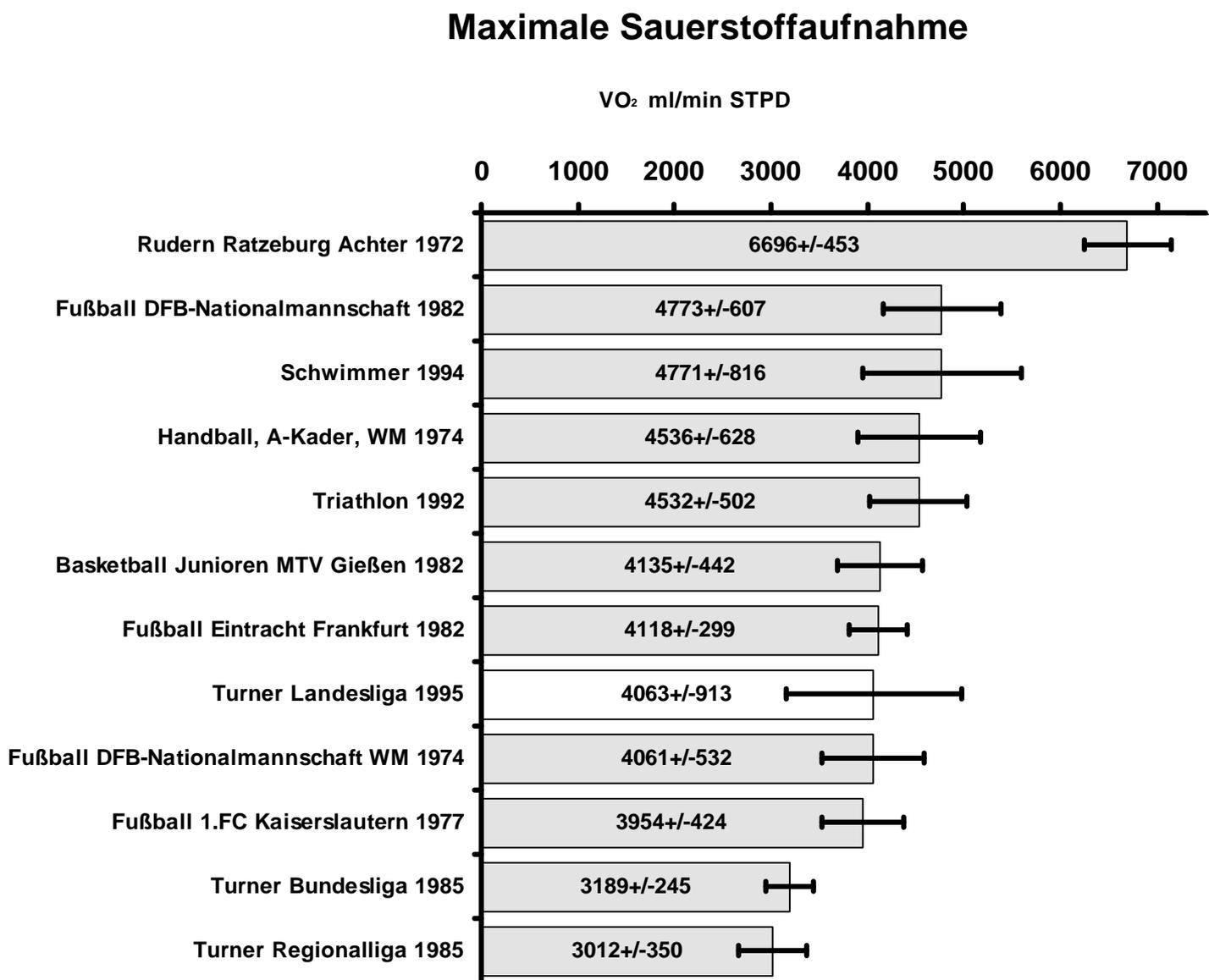


Abb. 34 Vergleichende Betrachtung der maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme ($VO_2\text{max}$) in ml/min (STPD) von Mannschaften verschiedener Sportarten nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode. Vergleichswerte nach NOWACKI 1988, 1990 zu den eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.

Mit ihrer **absoluten Sauerstoffaufnahme** von $4063 \pm 913 \text{ VO}_2 \text{ ml/min STPD}$ unterscheiden sich die Kunstturner nicht signifikant ($p > 0,05$) von den Fußballspielern der DFB Auswahl von 1974 ($4061 \pm 532 \text{ VO}_2 \text{ ml/min STPD}$) und den Fußballspielern des Bundesligisten Eintracht Frankfurt 1982 ($4118 \pm 299 \text{ VO}_2 \text{ ml/min STPD}$) (vgl. **Abb. 34**).

Die maximale **relative Sauerstoffaufnahme** ($\text{VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$) hat besondere Bedeutung für die Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit von Kunstturnern mit unterschiedlichem Körpergewicht (NOWACKI 1978).

Die relative Sauerstoffaufnahme eines Probanden wird ermittelt, indem man die absolute Sauerstoffaufnahme in Beziehung zum Körpergewicht betrachtet.

Ebenso wie die maximale Sauerstoffaufnahme ist die maximale **relative Sauerstoffaufnahme** eine aufschlussreiche Funktionsgröße zur Beurteilung der kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit von Sportlern und ermöglicht häufig eine **exaktere Beurteilung** der **allgemeinen Leistungsfähigkeit** als die absolute Sauerstoffaufnahme. Weiterhin ist zu beachten, dass es zwischen Kindern, Jugendlichen, untrainierten Männern und Frauen keine wesentlichen Unterschiede gibt. Dies macht die maximale relative Sauerstoffaufnahme für die Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit bei in unterschiedlichen Entwicklungsstufen befindlichen Kindern und Jugendlichen besonders wertvoll (HOLLMANN 1986).

Ein Vergleich der Ausdauerleistungsfähigkeit von Athleten unterschiedlichen Körpergewichts wird durch die maximale relative Sauerstoffaufnahme möglich. Hierbei ist eine enge Korrelation zwischen ihr und den spezifischen Leistungsfähigkeiten in Sportarten mit dynamischer Belastungsform und hoher Kraft-Ausdauer-Komponente zu finden (NOWACKI 1971, 1977; BADTKE 1989).

Desweiteren ist die maximale relative Sauerstoffaufnahme auch ein **gutes Kriterium** für die **Talentsuche** und -förderung (NOWACKI 1974, 1975).

Die Durchschnittswerte der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme männlicher **Normalpersonen** liegen üblicherweise im Bereich um **30 bis 40 $\text{VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$** . Unabhängig vom Alter und Geschlecht beginnt der **trainierte Bereich** bei **über 40 $\text{VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$** . Die höchsten Werte können auf bis zu **90 $\text{VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$** bei Weltklasseathleten ansteigen (MELLEROWICZ, MELLER 1984; NOWACKI 1987).

Höchste Werte finden SALTIN, ÅSTRAND 1967 bei dem schwedischen Skilangläufer L.A. mit $85 \text{ ml VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$ und $82 \text{ ml VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$ für den Olympiasieger im 1500m-Lauf von Mexico City K. KEINO. CAI, NOWACKI, SCHÜLKE 1987 registrieren beim mehrfachen Deutschen Meister im Skilanglauf J.B. schon im Alter von 18 Jahren mit einer relativen maximalen Sauerstoffaufnahme von $84,8 \text{ ml VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$ seine optimale biologische Leistungsfähigkeit. Den höchsten in der Literatur mitgeteilten Wert finden NOWACKI, ADAM, KRAUSE, RITTER 1971 bei dem weltbekannten deutschen **Skilangläufer** W.D. mit **über** $90 \text{ ml VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$. Hätte dieser Athlet, der über 40 mal Deutscher Meister über die Strecken von 15 bis 50km war, noch über eine sehr gute Technik verfügt, wäre er zu seiner Zeit auch international kaum zu schlagen gewesen.

Die **Beurteilungskriterien** für die maximale relative Sauerstoffaufnahme sind in Übereinstimmung mit NOWACKI 1987, SCHNORR u. Mitarb. 1996 sowie N.S. NOWACKI 1998 in der folgenden **Tabelle 9** dargestellt.

Tab. 9: Beurteilungskriterien für die maximale relative Sauerstoffaufnahme von Männern und Frauen als Kriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit. (Sauerstoffvolumen je Kilogramm Körpergewicht in ml/min STPD) P.E. NOWACKI 1987, SCHNORR u. Mitarb. 1996, N.S. NOWACKI 1998

Männer	$\text{VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$
Pathologisch	11-20 ml
Leistungsschwach (-)	21-25 ml
Leistungsschwach (+)	26-30 ml
Untrainiert (-)	31-35 ml
Untrainiert (+)	36-40 ml
Befriedigend trainiert (-)	41-45 ml
Befriedigend trainiert (+)	46-50 ml
Gut trainiert (-)	51-55 ml
Gut trainiert (+)	56-60 ml
Sehr gut trainiert (-)	61-65 ml
Sehr gut trainiert (+)	66-70 ml
Hochtrainiert	71-75 ml
Übergang zur Weltklasse	76-80 ml
Weltklasse	81-92 ml

Mit einer durchschnittlichen maximalen **relativen Sauerstoffaufnahme** von **$58,9 \pm 10 \text{ VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$** sind die **Kunstturner** der **Landesliga** in den gut trainierten Bereich bzw. am Übergang zum sehr gut trainierten Bereich einzuordnen (N.S. NOWACKI 1998). Herausragend sind die Leistungen von dem Sportler W.F. mit $72 \text{ VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$ sowie von dem Athleten A.N. mit $71 \text{ VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$, die nach der **Tabelle 9** schon in den hochtrainierten Bereich der Kraft-Ausdauer-Sportarten eingereicht werden können. Drei der Probanden liegen mit ihren Werten im Bereich sehr gut trainiert. Der Großteil der Landesliga-Kunstturner befindet sich im Bereich gut trainiert, wobei zwei dieser fünf Probanden die Tendenz zum sehr gut trainierten Bereich aufweisen. Einer der Probanden ist im oberen Bereich befriedigend anzusiedeln und ein weiterer im Grenzbereich zwischen untrainiert und befriedigend trainiert.

Sieht man die maximale **relative Sauerstoffaufnahme** der **Kunstturner** im **Vergleich zu anderen Sportarten**, so fällt auf, dass die Sportarten, in denen die Ausdauerkomponente einen besonderen Stellenwert einnimmt, hier eine Spitzenposition belegen. So liegt die **portugiesische Langlauf Nationalmannschaft** mit $83,8 \pm 2,6 \text{ VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$ und die **deutsche Skilanglauf Nationalmannschaft** mit $77,4 \pm 10,4 \text{ VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$ weit vor den anderen Vergleichsgruppen.

Die Landesliga Kunstturner unterscheiden sich mit ihrer maximalen relativen Sauerstoffaufnahme von $58,9 \pm 10 \text{ VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$ nicht signifikant ($p > 0,05$) von der **DFB Auswahl** von **1982**, die $59,5 \pm 5,4 \text{ VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$ erreichte und den **Squashspielern** der Bundes- und Oberliga 1990 ($58 \pm 4,3 \text{ VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$) und können somit als gut trainiert eingestuft werden (**Abb. 35**).

In der folgenden **Abb. 35** ist eine **vergleichende Betrachtung** der **maximalen relativen Sauerstoffaufnahme** ($\text{VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ STPD}$) von **Sportlern verschiedener Sportarten** nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der 1 Watt/kg KG-Methode zu sehen. Die Vergleichswerte beziehen sich auf Untersuchungen von NOWACKI 1988, 1990 und auf die eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.

Maximale relative Sauerstoffaufnahme

max VO_2 ml \cdot min⁻¹ \cdot kg⁻¹ STPD

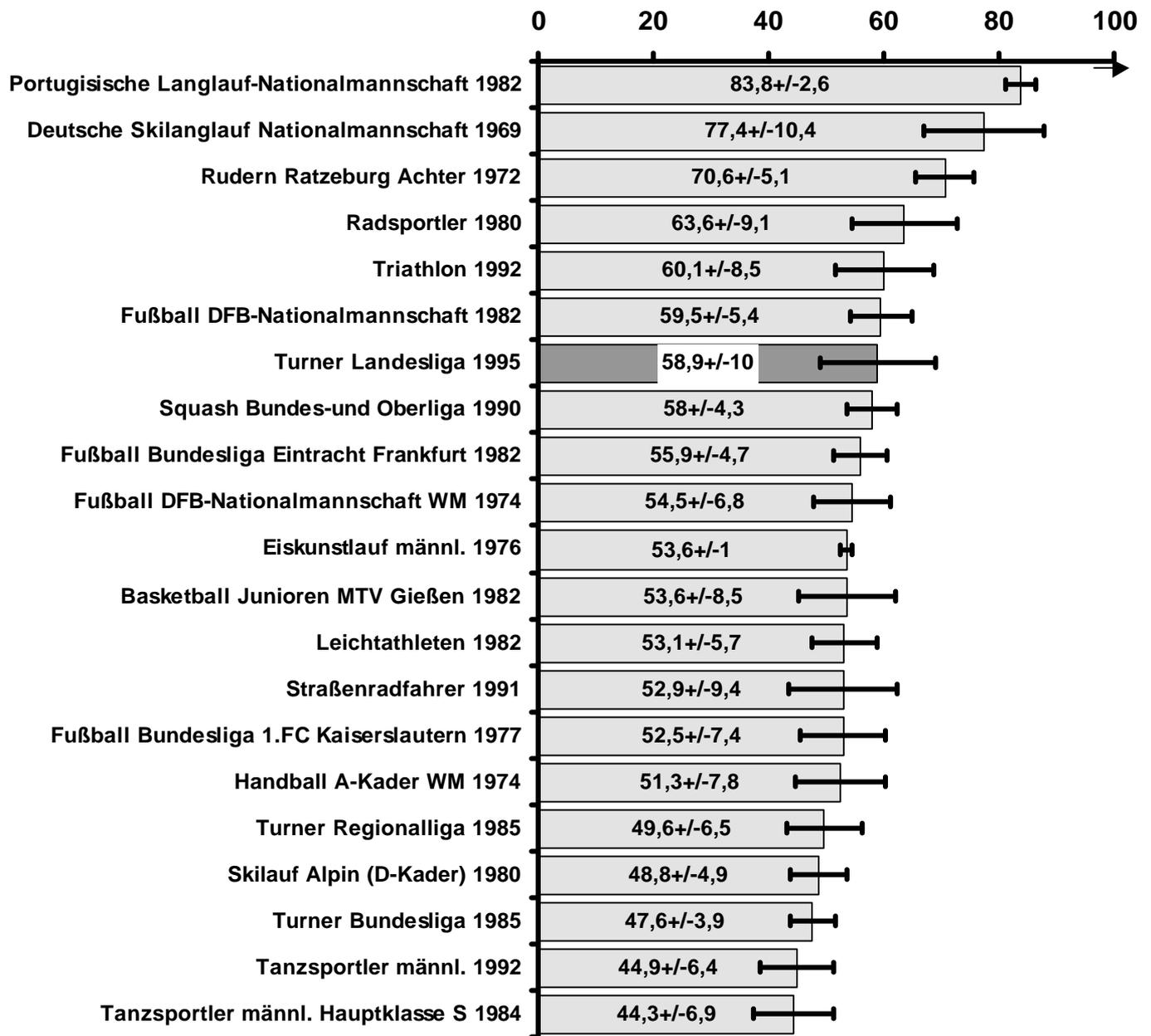


Abb. 35 Vergleichende Betrachtung der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme (VO_2 ml \cdot min⁻¹ \cdot kg⁻¹ STPD) von Sportlern verschiedener Sportarten nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der 1 Watt/kg-KG-Methode. Vergleichswerte nach NOWACKI 1988, 1990 zu den eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.

Dem **Sauerstoffpuls** (VO_2/Hf ml STPD) kommt eine **entscheidende Bedeutung** bei der **Beurteilung** der **kardiorespiratorischen Leistungsreserven** zu (REINDELL u. Mitarb. 1967; ISRAEL 1968; NOWACKI 1973; MELLEROWICZ 1979). Er bezeichnet die **aufgenommene Sauerstoffmenge** während einer **ganzen Herzaktion (Systole und Diastole)**. Die Kreislaufleistungsfähigkeit ist um so größer, je höher dieser Wert ist (HOLLMANN 1986; NOWACKI 1987, SCHÖLL 1995).

Die Größe des Sauerstoffpulses ist eine **integrale Funktion aller Faktoren**, die im vitamaxima Bereich die Höhe der Sauerstoffaufnahme bestimmen (NOWACKI 1977). Dabei ist die pro Pulsschlag aufgenommene Menge Sauerstoff neben den schon diskutierten bekannten inneren und äußeren Faktoren vor allem abhängig von der Größe der arterio-venösen Sauerstoffdifferenz, dem Gesamthämoglobingehalt, der Größe des Schlagvolumens und der Leistungspulsfrequenz.

Der Sauerstoffpuls ist der Maßstab zur Beurteilung von Leistungsfähigkeit und Arbeitsökonomie des Kreislaufs. Er lässt Rückschlüsse auf die **Ökonomie der Herztätigkeit** zu (HOLLMANN 1965; ISRAEL 1968; NOWACKI 1977; NÖCKER 1980).

An dem Verhalten des Sauerstoffpulses während erschöpfender Belastung ist zu erkennen, ob der Sportler in der Lage ist, den erhöhten Sauerstoffbedarf hauptsächlich durch eine unökonomische Herzfrequenzsteigerung oder durch eine ökonomischere Schlagvolumenerhöhung zu erreichen (REINDELL u. Mitarb. 1957; NÖCKER, BÖHLAU 1958; REINDELL, KLEPZIG, MUSSHOFF 1960).

In **Ruhe** weisen männliche Trainierte einen Sauerstoffpuls von **5 ± 1 ml O_2/Hf** auf. Der **maximale Sauerstoffpuls** bei **untrainierten männlichen Personen** liegt zwischen **12 und 16 ml O_2/Hf** (NOWACKI 1977). Normalpersonen weisen gegenüber Sportlern in der Regel niedrigere Sauerstoffpulswerte auf (HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Im Bereich der submaximalen Belastung ergibt sich der Wert des Sauerstoffpulses aus der Funktion des Herzvolumens und des Schlagvolumens und weniger aus der arterio-venösen Sauerstoffdifferenz. Erst unter maximaler Belastung spielt die Sauerstoffdifferenz eine entscheidende Rolle (MELLEROWICZ 1979).

Bei **Weltklassesportlern** kann der **Sauerstoffpuls Spitzenwerte** von **35 bis 40 ml** erreichen (ISRAEL 1986, NOWACKI 1977). Ausdauertrainierte Spitzensportler sind in der Lage ihre maximale Sauerstoffaufnahme um mehr als das Doppelte gegenüber gesunden untrainierten Normalpersonen zu vergrößern (NÖCKER 1980). Die leistungsfähigsten Sportler verfügen fast immer über den höchsten Sauerstoffpuls (ISRAEL 1968; NOWACKI 1977). In seiner

grundlegenden Dissertation „Der Sauerstoffpuls als sportmedizinische Leistungsgröße“ kann SCHÖLL 1995 signifikante Unterschiede zwischen **Kompositorischen-** und **Spielsportarten** ($\text{maxVO}_2/\text{Hf } 16,0 \pm 5,6 \text{ ml}$) und **Ausdauersportarten** ($\text{maxVO}_2/\text{Hf } 25,8 \pm 3,4 \text{ ml STPD}$) nachweisen.

NÖCKER, BÖHLAU 1958 finden einen typischen Altersverlauf des maximalen Sauerstoffpulses mit einer Abnahme nach dem 30. Lebensjahr.

Der mittlere **Ruhesauerstoffpuls** von $4,7 \pm 1,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ der **Landesliga Kunstturner** liegt im Bereich des von NOWACKI 1977 unter Berücksichtigung diverser Literaturangaben mit $5 \pm 1 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ angegebenen Ruhewertes für männliche Trainierte und Untrainierte. Während der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie klettert der durchschnittliche **Höchstwert** des Sauerstoffpulses auf $21,5 \pm 4,4 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$. Damit befinden sich die Kunstturner eindeutig im trainierten Bereich und sind in Übereinstimmung mit SCHÖLL 1995 dem kompositorischen Bereich zuzuordnen.

REINDELL 1967 und HOLLMANN 1986 finden die höchsten Sauerstoffpulswerte im Bereich von 29 bis 31 ml, ISRAEL 1968 findet bei **Weltklasseradrennsportlern** Werte von **32 bis 35 ml Sauerstoffpuls**, und NOWACKI 1987 findet bei **Spitzenrudern** der BRD sogar Sauerstoffpulswerte zwischen **30 und 40 ml**.

Der Turner A.N. mit einem maximalen Sauerstoffpuls von 29 ml O_2/Hf in der zehnten Belastungsminute weist den höchsten Wert auf. Er ist damit im Bereich der von REINDELL u. Mitarb. 1967 und HOLLMANN 1986 gemessenen Berufsradrennsportler.

Die Sportler R.R. mit 25,2 ml Sauerstoffpuls, M.T. mit 25,1 ml Sauerstoffpuls und W.F. mit 25,1 ml Sauerstoffpuls sind im absolut sehr gut trainierten Bereich anzusiedeln.

Der Sauerstoffpulswert lässt sich durch ein gezieltes Ausdauertraining erheblich steigern (SCHÖLL 1995).

Die hohen Werte unterstreichen eine gute Herz-Kreislauf-Ökonomie, verbunden mit einer erhöhten peripheren Sauerstoffausnutzung und Vergrößerung des maximalen erreichbaren Schlag- und Herzzeitvolumens (ISRAEL 1968).

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen, dass die **konditionell leistungsfähigsten Turner** auch über die **höchsten Sauerstoffpulswerte** verfügen.

In der **Abb. 36** ist ein **Vergleich** des durchschnittlichen **maximalen Sauerstoffpulses** (max VO_2/Hf ml STPD) von Mannschaften verschiedener Sportarten nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode zu sehen. Die Vergleichswerte beziehen sich auf Untersuchungen von NOWACKI 1988, 1990 sowie auf die eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.

Maximaler Sauerstoffpuls

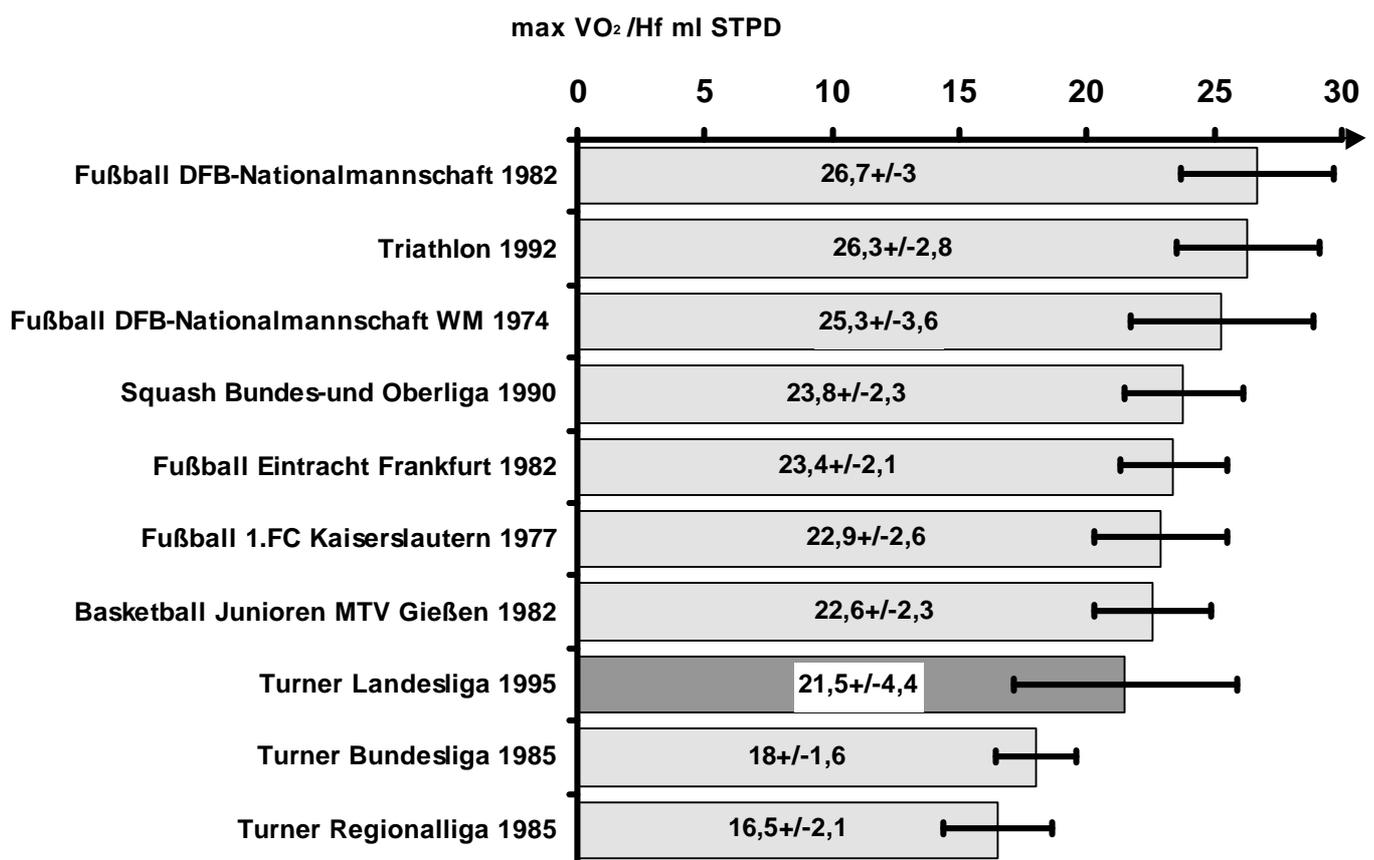


Abb. 36: Vergleich des durchschnittlichen maximalen Sauerstoffpulses (max VO_2/Hf ml STPD) von Mannschaften verschiedener Sportarten nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode. Vergleichswerte nach NOWACKI 1988, 1990 zu den eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.

Der **maximale Sauerstoffpuls** der **Landesliga-Kunstturner** unterscheidet sich mit **21,5 \pm 4,4 ml O_2/Hf STPD** nicht signifikant ($p > 0,05$) von dem Sauerstoffpuls der **Kunstturner** der **Bundesliga 1985 (18 \pm 1,6 ml O_2/Hf STPD)** und dem der Junior **Basketballspielern** des **MTV Giessen von 1982 mit 22,6 \pm 2,3 ml O_2/Hf STPD** (vgl. **Abb. 36**).

Der folgende Teilabschnitt „**Metabolische Funktionsdiagnostik**“ sowie die gesamte Diskussion des Feldversuchs bezieht sich nur auf die Kunstturner der Untersuchungsgruppe II (1997).

5.1.5 **Metabolische Funktionsdiagnostik - Laktat**

Die **maximalen Laktatwerte** bei ergometrischen Untersuchungen stellen zum einen ein Kriterium zur Beurteilung der Ausbelastung des Probanden dar, zum anderen lassen sie Rückschlüsse auf die individuelle maximale anaerobe Kapazität zu.

Da die in den Sportmedizinischen Zentren normalerweise durchgeführten Ergometertests vorwiegend die Ausdauerleistungsfähigkeit untersuchen, werden bei diesen Untersuchungen keine extremen Laktatwerte erreicht. In Übereinstimmung mit HOLLMANN, LIESEN 1973 und MADER 1976 führen auch KEUL, KINDERMANN 1982 unterschiedliche Literaturangaben über das Laktatverhalten auf qualitativ unterschiedliche Arbeitsformen zurück. So spielt vor allem bei der Fahrradergometrie im Sitzen die Ermüdung bzw. Erschöpfung der lokalen Muskelausdauer in den Beinen eine wesentliche leistungsbegrenzende Rolle.

Die **maximal erreichbaren Laktatkonzentrationen** liegen bei Trainierten höher als bei Untrainierten, was HOLLMANN, LIESEN 1973 auf größere prozentuale Glykogendepots in der Muskulatur zurückführen.

Die **totale Ausschöpfung** der **aeroben** und **anaeroben Kapazität** und damit die Höhe der Laktatwerte hängt nach WASMUND, NOWACKI 1978 in erster Linie von der Intensität und Dauer der Belastung ab.

1976 schlagen MADER u. Mitarb. auf der Grundlage empirischer Beobachtungen den **4 mmol/l Laktatwert** als denjenigen vor, der die **anaerobe Schwelle** charakterisiert und empfindlicher auf die sportartspezifische Ausdauerleistungsfähigkeit reagiert als die VO_2max oder das Herzzeitvolumen.

Unabhängig von der Abgrenzung eines Schwellenwertes bzw. des anaeroben Überganges kann eine **Verschiebung** der **Laktatleistungskurve nach rechts** zu höheren Leistungen als **Trainingseffekt** beobachtet werden. Der Anstieg der Laktatleistungskurve flacht bei Trainierten ab und erreicht erst bei größeren Leistungswerten den „Schwellenwert“ (BACHL 1980, 1981).

In **Tab. 10** sind die Laktatwerte als Ausbelastungskriterien für Erwachsene bei der Ergometrie nach MADER u. Mitarb. 1976 dargestellt.

Tab. 10: Laktatwerte als Ausbelastungskriterien für Erwachsene bei der Ergometrie nach MADER u. Mitarb. 1976.

Laktatwerte (mmol/l)	Ausbelastungsgrad
unter 4	keine Ausbelastung
4-8	geringe Ausbelastung
8-12	mittlere Ausbelastung
12-16	hohe Ausbelastung

Eine Laktatkonzentration von über 16 mmol/l wird nach MADER u. Mitarb. 1976 bei Ergometerbelastungen sehr selten erreicht.

Bei **Anwendung unterschiedlichster Belastungsverfahren** werden die maximalen Blutlaktatwerte in einem Bereich von 7,5 mmol/l LEHMANN, KEUL 1980 bis 9,7 mmol/l KINDERMANN 1975 angegeben.

Allerdings kann ZHAO 1995 bei **sehr gut trainierten Athleten** signifikant **höhere Laktatwerte** bei erschöpfender Ausbelastung mit der **1 W/kg KG-Methode** nach NOWACKI 1976 ($16,2 \pm 2,45$ mmol/l) im Vergleich zu der ergometrischen Methode von HOLLMANN u. Mitarb. ($14,46 \pm 2,67$ mmol/l), der BAL-Methode (Bundesausschuss für den Leistungssport) ($14,45 \pm 2,86$ mmol/l) und der KNIPPING-Methode ($14,54 \pm 2,69$ mmol/l), nachweisen. Dies unterstreicht die „Überlegenheit“ dieses körpergewichtsbezogenen Gießener 1 W/kg KG-Belastungsverfahrens auch bei der metabolischen anaeroben Ausbelastung im Vergleich zu anderen Ergometrieverfahren.

Die Fahrradergometerbelastung, die als maximale körperliche und kardiozirkulatorische Ausbelastung gelten kann, erfordert einen maximalen Krafteinsatz mit sehr hohem anaeroben Energieanteil (DONATH 1974; WASMUND, NOWACKI 1978).

Die **Messung der maximalen Laktatkonzentration (E.3)** bei **stufenförmiger Belastung** auf dem Fahrradergometer ist ein guter Parameter, um den Ausbelastungsgrad des Probanden

festzustellen. Nach HECK 1990 sollten bei stufenförmigen Belastungsschemata im Ausbelastungsbereich Laktatwerte von wenigstens 8 mmol/l erreicht werden.

Die untersuchten **Landesliga-Kunstturner** liegen mit einem durchschnittlichen Laktatwert von **11,82 ± 3,47 mmol/l** in einem für Sportler hohen anaeroben Ausbelastungsbereich. Diese relativ hohen Laktazidosen nach erschöpfender Belastung auf dem Fahrradergometer sprechen für eine gut entwickelte anaerobe Kapazität der Kunstturner.

Die **körperliche, kardiozirkulatorische** und **metabolische** Leistungsfähigkeit der Kunstturner lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Aufgrund der **kardiozirkulatorischen Leistungsparameter** (maximale Herzfrequenz) und der **metabolischen Funktionsgröße** (Laktat) sind die untersuchten Kunstturner beider Untersuchungsgruppen als **maximal ausbelastet** einzustufen.
2. Die **Gesamtarbeit in Wattminuten** und die **maximale relative Wattstufe** ergeben einen **guten bis sehr guten Trainingszustand**.
3. Das Verhalten der **Leistungsherzschlagfrequenz** und die **Abnahme der Herzfrequenz** nach der 5. Erholungsminute zeigen bei den Kunstturnern sowohl der Untersuchungsgruppe I (1995) als auch der Untersuchungsgruppe II (1997) einen **guten kardiozirkulatorischen Trainingszustand**.
4. Die relativ **hohen Laktazidosen** der Kunstturner nach der erschöpfenden Belastung auf dem Fahrradergometer spricht für eine **gut entwickelte anaerobe Kapazität** der Kunstturner.

5.2 Kardiozirkulatorische und metabolische Belastung der Kunstturner während eines Turn-Testwettkampfes

Wie viele andere Sportarten auch, so kann man das **Kunstturnen** in einen **Wettkampfbereich** und in einen unvergleichbar größeren **Freizeit- und Breitensportbereich** unterteilen. Ein leistungssportlich oder hochleistungssportlich betriebenes Kunstturnen erfordert ein hohes Maß an physischer und psychischer Belastbarkeit und ist in keiner Weise mit dem normalen Freizeit- und Breitensportturnen vergleichbar (SCHWERDTNER 1985).

In den letzten Kapiteln wurde der Trainingszustand der Kunstturner hinreichend beschrieben. Die Belastung der Turner während des **Turn-Testwettkampfes** soll der Inhalt des nächsten Kapitels sein.

5.2.1 Herzfrequenz

Die mit 143 ± 25 Schlägen/min relativ hohe **Herzfrequenz vor der Bodenübung** ist auf einen nicht zu unterschätzenden Einfluss einer zentralnervösen Erregungssteigerung vor Beginn der Übung zu sehen. Dieses Verhalten ist ein Hinweis für die besonderen psychischen und **sportspezifischen Reaktionen vor der Belastungssituation**. Also ein Zeichen für emotionale, individuell mehr oder weniger ausgeprägte Reaktionen im Sinne einer Erwartungsangst auf die Belastung. Eine **verstärkte Mobilisierung** und **Ausschüttung** von **Adrenalin** zu Beginn einer individuell unterschiedlich motivierten Leistung führt zu einer Steigerung der Herzschlagfrequenz (NOWACKI, SCHMID 1970; SCHMITT, FLÖTHNER 1983; M. SCHMIDT 1996).

Die **Belastungsdauer** der jeweiligen **Übungen** beträgt etwa **eine Minute**. Nach GERSCHLER 1968 können anaerobe Strecken mit anoxidativer Energiebereitstellung bis zu einer Minute dauern, d.h., dass zur Bewältigung einer Übung zwar eine sehr hohe Energiefreisetzung erfolgt, diese wird jedoch zeitlich der Länge der jeweiligen Übung angepasst. Erfolgt diese dem zeitlichen Ablauf angepasste Dosierung der Energiefreisetzung nicht, so wird zwangsläufig nach 30 bis 40 Sekunden ein negativer Leistungsknick im Ablauf der Übung zu beobachten sein. Die **anoxidative Energiegewinnung** kann mit zwei Dritteln, die **oxydative Energiegewinnung** etwa mit einem Drittel der gesamten Belastungszeit angesetzt werden. Bei einer Belastungsdauer von etwa einer Minute unter maximaler Intensität spielt die **anaerobe Energiebereitstellung** eine größere Rolle. Begrenzender Faktor für die Kurzeitdauer ist die anoxidative Stoffwechselleistung und Energiegewinnung. Nach den Untersuchungen von ÅSTRAND 1952, 1970 und KEUL 1967 wird die

Energiegewinnung zunächst durch die Spaltung der **energiereichen Phosphate ATP, ADP** und **CP** bestritten. Deren Vorrat ist je nach Arbeitsintensität nach 20 bis 30 Sekunden erschöpft. Nun tritt die **anaerobe Glykolyse** zunehmend mehr in den Vordergrund. Sie erreicht ihr Maximum nach 40 Sekunden, danach übernehmen oxydative Prozesse zunehmend die Energiebereitstellung (KEUL, DOLL, KEPPLER 1969).

Die Herzfrequenzen erhöhen sich bei Übungsbeginn jeweils um ca. 30 Schläge auf **176 ± 185 Schläge/min nach dem Boden, 171 ± 11 Schläge/min nach dem Barren** und **177 ± 7 Schläge/min nach dem Reck** und sind damit jeweils an der **oberen Grenze des submaximalen Bereichs** registriert. Dies lässt auf eine hohe Leistungsbereitschaft des einzelnen Athleten während des Wettkampfs schließen. In der 5min Erholungsphase an die einzelnen Übungen sinkt die Herzfrequenz jeweils wieder um ca. 30 Schläge auf **147 ± 31 Schläge/min vor dem Barren bzw. 153 ± 30 Schläge/min vor dem Reck**. Damit befinden sich die Turner während des ganzen Wettkampfs in einer Anspannungsphase.

Signifikant niedrigere Herzschlagfrequenzen in den Belastungspausen und nach der fünfminütigen Erholungsphase zeigen eine Anpassung des Organismus an die kunstturnspezifischen Belastungs- und Erholungsphasen während eines Wettkampfes. Die Ergebnisse des Feldtests bestätigen und ergänzen die Ergebnisse der Laboruntersuchungen.

5.2.2 Laktat

Für das Maß der **glykolytischen Energiebereitstellung** gibt die Höhe des Pyruvat- und Laktatgehaltes des Blutes einen sehr guten Anhalt (KEUL, DOLL, KEPPLER 1969).

Die durchschnittlich gemessenen **Laktatwerte** von **5,61 ± 1,39 mmol/l nach der Bodenübung** und der **Sofortwert nach Ende des Wettkampfes** von **5,60 ± 1,70 mmol/l** geben einen guten Hinweis auf die Größe der anaeroben Energiegewinnung.

Extrem hohe Laktat-Spiegel finden KEUL, DOLL, KEPPLER 1969 beim Intervalltraining mit Belastungsphasen von einer Minute Dauer und der gleichen Pausenlänge. Mit zunehmender Trainingsverbesserung besonders im Bereich der Kurzzeitdauer werden bei submaximaler und maximaler Arbeitsleistung nicht so hohe Laktatwerte gefunden. Dies spricht dafür, dass bei den Kunstturnern ausreichend „Reserven“ vorhanden sind, um einen normalen Wettkampf mit anschließendem Gerätefinale (zwischen sechs bis zwölf Übungen) erfolgreich absolvieren zu können.

Pyruvat und **Laktat**, die **Endprodukte** der **anaeroben Glykolyse**, stehen über das Enzymsystem Laktat-Dehydrogenase im Gleichgewicht. Das Verhältnis der beiden Stoffwechselprodukte zueinander kann ebenfalls über den Trainingszustand Auskunft geben (AIGNER, MUSS 1983). Beim Trainierten liegt der Quotient von Laktat und Pyruvat bei relativ gleicher Belastung erheblich niedriger als bei Untrainierten (HOLLOSZY 1967).

Die während des **Testwettkampfes** registrierten **Laktatspiegel** liegen kontinuierlich **knapp über** der **4 mmol/l-Schwelle**, was auf eine anaerobe alaktazide Energiebereitstellung mit überwiegend schneller oxidativer Restitution schließen läßt. Azidosen von etwa 12 mmol/l Laktat stellen eine ausreichende anaerobe Kapazität bzw. Reserve für einen Kunstturner dar. Die **Laktazidose** im **Testwettkampf** der **Kunstturner** zeigt, dass die anaeroben Kapazitäten nicht so hoch beansprucht werden. Um sowohl für den Wettkampf als auch für das Training ausreichende anaerobe Reserven zur Verfügung zu haben, empfiehlt es sich, die aeroben Kapazitäten durch ein zusätzliches Ausdauertraining zu verbessern (KINDERMANN 1978). Die Ergebnisse der Laboruntersuchung werden durch den Feldtest ergänzt und bestätigt.

5.2.3 Kleines Blutbild

Die **blutchemischen Untersuchungen** sind ein wesentlicher Bestandteil der gesundheitlichen und leistungsphysiologischen Routineuntersuchungen bei Spitzensportlern. Die **Sauerstofftransportkapazität** wird durch die Bestimmung des **Hämoglobin-** und **Erythrozytengehaltes** definiert. Spitzensportler vor allem in den Ausdauersportarten haben hier deutlich höhere Werte als Untrainierte. Darüber hinaus ist es möglich, durch genaue Stoffwechselanalysen vor, während und nach der Belastung Einblicke in den **Kohlenhydrat-**, **Fett-** und **Eiweißhaushalt** zu gewinnen. Bestimmte qualitative und quantitative Stoffwechselabläufe sind vor allem im Ausdauerbereich Voraussetzung, um eine optimale Spitzenleistung erbringen zu können (HOLLMANN, LIESEN 1973, ARENRTZ, DE MEIRMEIR, HOLLMANN 1986). **Creatininphosphokinase-Untersuchungen** (CPK) ermöglichen die Kontrolle des Erholungstoffwechsels bei Spitzenathleten. Über der Norm liegende CPK-Werte (normal früher bis 50 mU/ml, jetzt bis 80 mU/ml) weisen darauf hin, dass die Belastungsintensität des Kunstturners während der Trainings- und Wettkampfperiode in Verbindung mit seinen Alltagsbelastungen zu hoch ist. (NOWACKI, SCHMID 1970; NOWACKI, KÜSTNER, HAAG 1975; NOWACKI 1977; BACKFISCH 1983)

Die **CPK-Werte** der **Kunstturner** liegen alle im Normbereich, so dass eine besondere muskuläre Verletzungsanfälligkeit infolge eines gesteigerten Ermüdungsstoffwechsels bzw. eine verzögerte Regeneration in Übereinstimmung mit NOWACKI 1977 nicht vorliegt.

5.2.4 Beta-Endorphin-Immunoaktivität

Endorphine, auch als **endogene Opioide** bezeichnet, kommen innerhalb sowie außerhalb des zentralen Nervensystems vor. Das **körpereigene Beta-Endorphin** wird vorwiegend im Vorder- und Hinterlappen der Hypophyse gebildet und durch verschiedene exogene und endogene Stimuli freigesetzt. Beta-Endorphin beeinflusst direkt die Reaktion auf eine physische und/oder eine psychische Beanspruchung durch **Herabsetzung** der **Schmerzintensität** und **Erhöhung** der **Schmerztoleranz** (HOLLMANN, DE MEIRLEIR 1988). Dazu gehört auch das Phänomen des **Hoch-Gefühls** („Runners-High“-Zustand), das vorwiegend bei einer Gymnastik und beim Laufen untersucht wurde (SCHRODE 1986). Dieses Hoch-Gefühl soll bei besonders exponierten Läufern zu Suchterscheinungen führen können, so dass ein Trainingsentzug hormonelle Regulationsstörungen aufgrund von Entzugserscheinungen endogener opioider Peptide im Organismus verursacht (HOLLMANN, DE MEIRLEIR 1988). Die **Opiatrezeptoren** sind besonders dicht im limbischen System angeordnet (SANDRING u. Mitarb. 1990), welches die gefühlsmäßige Reaktion (Stimmung, Laune) maßgeblich steuert (UHLENBRUCK, ORDER 1987). Die euphorisierende Wirkung der Beta-Endorphine wird in der neueren Literatur wieder in Frage gestellt (MARTI 1992). Die Unterdrückung des Schmerzreizes, hervorgerufen durch eine lokale Acidose während körperlicher Belastung, wird auf eine erhöhte Endorphinausschüttung zurückgeführt (AMIR u. Mitarb. 1980; TRÖGER u. Mitarb. 1980; HERZ 1981; TESCHEMACHER u. Mitarb. 1990). Durch eine höhere Säuretoleranz kann eine bessere Leistungssteigerung erreicht werden (TRÖGER u. Mitarb. 1980). TRÖGER u. Mitarb. weisen, nach dem Lehrstuhl für Sportmedizin und Pharmakologie der JLU-Gießen, 1980 erstmals darauf hin, dass es bei einer erschöpfenden Belastung zu einer Erhöhung der **β-Endorphin-Immunoaktivität** im Plasma bei **Skilangläufern** und bei **Nichtsportlern** kommt. **Korrelationen** ergeben sich zwischen dem β-Endorphin-Anstieg unter Belastung und der maximalen Blutdruck-Amplitude sowie der erbrachten absoluten und relativen Leistung und dem Ventilations-RQ. Zahlreiche weitere Untersuchungen, die sich mit Beta-Endorphin-Veränderungen unter körperlicher Belastung beschäftigen (Leichtathletik, Radfahren, Fahrrad- und Laufbandergometrie),

belegen einen signifikanten Anstieg von Beta-Endorphin nach erschöpfender Ausbelastung (SCHNORR u. Mitarb. 1996).

Während der **Felduntersuchung** wird bei den **Kunstturnern** nach dem Turn-Wettkampf kein signifikanter Anstieg von Beta-Endorphin gemessen. Das lässt darauf schließen, dass die Turner keiner zu großen Stressbelastung durch den Wettkampf ausgesetzt sind. Der bei dem Athleten M.T. gemessene Wert von 2,75 fmol/l Plasma und der beim Turner H.E. gemessene Wert von 6,55 fmol/l Plasma liegen gerade über der Nachweisgrenze und bedeuten gegenüber dem Ruhewert eine nicht signifikante Erhöhung. Der leicht erhöhte Beta-Endorphin-Wert beim Probanden H.E. lässt sich auf eine erhöhte Anspannung während des Wettkampfs zurückführen, da dieser vorher eine längere Trainingspause hatte.

5.2.5 Cortisol

Durch einen physischen und/oder psychischen Stimulus wird in der hypophysiotropen Zone des Hypothalamus das **Releasing Hormon CRH** (Corticotropin-Releasing-Hormon) gebildet. Dieses gelangt über das Pfortadersystem in die Adenohypophyse und bewirkt hier die Freisetzung des ACTH (Adrenocorticotropes Hormon), welches auf dem Blutweg zur Nebennierenrinde gelangt und dort die Freisetzung des Cortisols bewirkt. BARWICH u. Mitarb. 1984 fanden den höchsten Cortisolanstieg bei submaximaler Belastung direkt nach der Belastung (M. SCHMIDT 1996; SCHNORR u. Mitarb. 1996).

Bei den **Kunstturnern** kann **keine signifikante Erhöhung des Cortisolspiegels** nach der Belastung festgestellt werden. DAVIES, FEW 1973 berichten von einem sogenannten Schwellenwert der Belastungsintensität, oberhalb dessen der Cortisolspiegel deutlich ansteigt und unterhalb dessen eher eine Abnahme zu verzeichnen ist. Sie geben ihn mit 50 bis 65% VO_2max an. Da man dem Trainingswettkampf eine relativ niedrige Belastungsintensität zuschreiben kann, stehen die Untersuchungsergebnisse im Einklang mit DAVIES, FEW. Erst bei maximalen Belastungen kommt es zu einem signifikanten Cortisolanstieg (KINDERMANN 1982; LUGER 1987; REUBER 1994).

5.2.6 Katecholamine (Adrenalin, Noradrenalin)

Die Freisetzung der beiden **Katecholamine Adrenalin** und **Noradrenalin** erfolgt nach Erregung des sympathischen Nervensystems. Der Stimulus kann physikalischer, psychischer und pharmakologischer Natur sein. Nach einem Reiz beeinflussen die aus dem Nebennierenmark (NNM) ausgeschütteten Katecholamine die Leistungsbereitschaft des Organismus (WEISS, SCHMID, ADAM, NOWACKI 1968). Eine deutliche Steigerung des Adrenalin- und des Noradrenalinspiegels ist erst im Bereich der anaeroben Schwelle messbar (LEHMANN, KEUL 1980). Diese Schwelle wurde von allen Kunstturnern während des Wettkampfes leicht überschritten.

Ausgehend von dem **Ruhewert 156 ± 90 pg/ml** steigt das **Adrenalin** während der Belastung um **43%** auf **223 ± 143 pg/ml** an. Dies lässt auf eine geringe sowohl physische wie auch psychische Belastung für die Kunstturner schließen. Die Übungen des Wettkampfes waren alle so ausgewählt, dass jeder Turner in der Lage sein musste, diese ohne Probleme durchzuturnen. Nach der zwanzigminütigen Erholungsphase erreicht das Adrenalin mit 177 ± 114 pg/ml fast wieder den Ausgangswert.

Mit **296 ± 99 pg/ml** ist der **Ruhewert** des **Noradrenalins** etwas höher als der des Adrenalins. Er steigt in der **Belastungsphase** auf **621 ± 290 pg/ml** und erreicht somit fast den doppelten Wert. Nach der zwanzigminütigen Erholungsphase sinkt der Wert des Noradrenalins auf 369 ± 127 pg/ml und erreicht somit wiederum fast den Ausgangswert. Auch dieser Wert lässt auf eine geringe psychische wie physische Belastung der Turner schließen.

6 ZUSAMMENFASSUNG

„Nicht wurzeln, wo wir stehen – nein – weiterschreiten!“ (J.C.F. Guts Muths 1830)

Das **Ziel** dieser **experimentellen, leistungsmedizinischen und sportartspezifischen Arbeit** ist es durch Auswertung von **leistungsphysiologischen** und **leistungsbiochemischen Parametern** die **körperliche Leistungsfähigkeit** von **Kunstturnern** der Landesliga Hessens darzustellen und mit anderen Sportarten zu vergleichen.

Hierfür wurden an **einundzwanzig** Landesliga Kunstturnern des Turngau Mittelhessen der Jahre **1995** bis **1997** Untersuchungen der physischen, kardiozirkulatorischen, kardiopulmonalen, und metabolischen Leistungsfähigkeit durchgeführt.

Die **14-30-jährigen** Probanden wurden in **zwei Laboruntersuchungsserien** (12 Turner 1995 Untersuchungsgruppe I und 9 Turner 1997 Untersuchungsgruppe II) nach der **1 Watt/kg Körpergewichts-Methode** nach NOWACKI in steigenden Wattstufen **fahrradspiroergometrisch im Sitzen** erschöpfend ausbelastet. Vor und während der Beanspruchung sowie in der fünfminütigen Erholungsphase wurden die leistungsphysiologischen Parameter registriert.

Außerdem wurde mit den Turnern der **Untersuchungsgruppe II (1997)** ein **Turn-Feldtest** durchgeführt.

Die Testergebnisse wurden in dieser Arbeit dargestellt und diskutiert sowie den aus der Literatur entnommenen Daten anderer Sportarten und Untersuchungen gegenübergestellt und mit diesen verglichen.

Die **körperliche, kardiozirkulatorische, kardiorespiratorische, kardiopulmonale** und **metabolische** Leistungsfähigkeit der Kunstturner lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Aufgrund der **kardiozirkulatorischen Leistungsparameter** (maximale Herzfrequenz) und der **metabolischen Funktionsgröße** (Laktat) sind die untersuchten **Kunstturner** beider Untersuchungsgruppen als **maximal ausbelastet** einzustufen.

2. Mit einer durchschnittlichen **Gesamtarbeit** von **1.711 ± 502 Wattminuten** (KT I 1995) bzw. **1.497 ± 182 Wattminuten** (KT II 1997) liegen die im Schnitt 20jährigen fahrradspiroergometrisch untersuchten Kunstturner am unteren Bereich einer **gut trainierten körperlichen Leistungsfähigkeit**.

Mit einer **relativen Wattleistung** von **4,58 ± 0,51 Watt/kg KG** (KT I 1995) sowie von **4,56 ± 0,41 Watt/kg KG** (KT II 1997) befinden sich die Kunstturner der Untersuchungsgruppen im Bereich des **gut bis sehr gut trainierten körperlichen Leistungsvermögens**.

Die durchschnittliche Belastungszeit liegt bei **8,5 ± 0,5min** (KT II 1997) bzw. **8,45 ± 0,6min** (KT I 1995) und erlaubt so die Einordnung der Kunstturner in den Bereich „**gut bis sehr gut trainiert**“.

3. Eine mittlere **maximale Herzschlagfrequenz** von **188 ± 11 Schlägen/min** (KT I 1995) bzw. **190 ± 5 Schlägen/min** (KT II 1997) gewährleistet die gewünschte körperliche Ausbelastung der Kunstturner.

Nach einer **fünfminütigen Erholungsphase** sinkt der Wert der Landesliga-Kunstturner auf **116 ± 16 Schläge/min** (KT I 1995) bzw. **115 ± 12 Schläge/min** (KT II 1997) ab. Damit befinden sich die Kunstturner im Bereich einer **befriedigenden kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit**.

Der **Blutdruck** der Kunstturnern beträgt in **Ruhe 130/80 ± 10/10 mmHg** (KT I 1995) bzw. **125/85 ± 10/10 mmHg** (KT II 1997).

Als **Sofortwert** nach der Belastung wird **160/70 ± 20/10 mmHg** (KT I 1995) bzw. **185/65 ± 25/5 mmHg** (KT II 1997) registriert und damit die größte Blutdruckamplitude.

Am Ende der **Erholungsphase** beträgt der Mittelwert **140/75 ± 15/10 mmHg** (KT I 1995) bzw. **130/70 ± 25/15 mmHg** (KT II 1997) und erreicht nahezu den Vorstartwert, damit sind bei den Sportlern keine auffälligen Besonderheiten zu beobachten.

Die **respiratorischen Parameter** wurden nur für die Kunstturner der **Untersuchungsgruppe I** (KT I 1995) ermittelt und schon ausführlich beschrieben (SAWELLION 1995, Magisterarbeit).

4. Ein durchschnittliches **maximales Atemminutenvolumen** von $123,9 \pm 34,2$ l/min BTPS, mit einem **Atemzugvolumen** von $2,95 \pm 0,75$ l und einer **Atemfrequenz** von 45 ± 11 Atemzüge/min, spricht für eine ökonomische Atmung der Kunstturner, so dass die **respiratorische Leistungsfähigkeit** der Probanden **befriedigend** eingestuft werden kann. Ausgehend von 349 ± 136 ml/min STPD steigt die mittlere **absolute Sauerstoffaufnahme** der Kunstturner bis zu einem **Maximalwert** von 4.063 ± 913 ml/min STPD an. Damit liegen die Kunstturner der Landesliga im **gut trainierten** Bereich. Nach fünfminütiger Erholung sinkt der Wert auf 718 ± 179 ml/min STPD ab, was auf eine **gute respiratorische Erholungsfähigkeit** schließen lässt..
- Mit einer durchschnittlichen **maximalen relativen Sauerstoffaufnahme** von $58,9 \pm 10$ ml $\text{VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ STPD befinden sich die Landesliga Kunstturner der ersten Untersuchungsgruppe im oberen **gut trainierten** Bereich.
- Deutlich höher als der durchschnittliche Maximalwert von 16 ml O_2/Hf für untrainierte Normalpersonen ist der mittlere **maximale Sauerstoffpuls** der ersten Probandengruppe, dessen Wert $21,5 \pm 4,4$ ml O_2/Hf beträgt.

Der **metabolische Parameter Laktat**, sowie die gesamten Ergebnisse des **Feldversuchs** beziehen sich nur auf die Kunstturner der Untersuchungsgruppe II (1997).

5. Die untersuchten Kunstturner (KT II 1997) liegen mit einem durchschnittlichen **Laktatwert** von $11,82 \pm 3,47$ mmol/l in einem hohem anaeroben Auslastungsbereich, was für eine **gut** entwickelte **anaerobe Kapazität** spricht.
6. Die mit 143 ± 25 Schlägen/min hohe **Herzfrequenz vor Wettkampfbeginn - Turn-Feldtest** - lässt auf einen nicht zu unterschätzenden Einfluss einer zentralnervösen Erregungssteigerung schließen. Die signifikant niedrigeren Herzschlagfrequenzen in den Belastungspausen und nach der fünfminütigen Erholungsphase zeigen deutlich eine Anpassung des Organismus an die kunstturnspezifischen Belastungs- und Erholungsphasen während des Turn-Feldtests.
- Die während des **Testwettkampfes** registrierten **Laktatspiegel** liegen kontinuierlich **knapp über der 4 mmol/l-Schwelle**, was auf eine anaerobe alaktazide Energiebereitstellung mit überwiegend schneller oxidativer Restitution schließen lässt.

Damit bestätigen und ergänzen die Ergebnisse des Feldtests die Ergebnisse der Laboruntersuchung.

Die im **Feldtest** erhobenen Parameter bieten in Verbindung mit der erbrachten Leistung beim **Labortest** dem Sportler eine begriffliche und nachvollziehbare **Standortbestimmung**. Die im Testlabor vernachlässigten Faktoren Energieeinteilung und Taktik können im Feldtest einbezogen werden. Ein Trainingswettkampf als **Feldtest-Methode bei Turnern** ist aufgrund seiner organisatorischen Umstände praktikabel und empfehlenswert.

7 LITERATURVERZEICHNIS

Adam K., H. Lenk, P. E. Nowacki, M. Rulffs, W. Schröder:

Rudertraining.

Limpert, Bad Homburg 1977

Agnevik G., J. Karlsson, L. Hermansen, B. Saltin:

Energy Demands during running

In: Mellerowicz, H., G. Hansen (Hrsg.):

Kongressbericht II. Internationales Seminar für Ergometrie.

Ergon, Berlin (1967), 281-284

Aigner A., N. Muss:

Wertigkeit einer nicht-invasiven Methode zur Bestimmung der anaeroben Schwelle unter Laborbedingungen und im Feldtest.

Dt. Z. Sportmed. 34 (1983), 284-289

Aigner A.:

Sportmedizin in der Praxis.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-London-Paris-Tokyo 1986

Amir S., Z.W. Brown, Z. Amit:

The roll of endorphins in stress: Evidence and speculations.

Neurosci. Biobehav. Rev.4 (1980), 77-86

Appel B.:

Das adipöse Kind im Sportunterricht- Experimentelle sportmedizinische und theoretische sportdidaktische Aspekte.

Wiss. Hausarbeit (Sport L₁), Justus Liebig Universität Gießen (1996), 1-91

Appenzeller O.:

Sports Medicine.

Urban & Schwarzenberg, Baltimore-München 1988

Arentz T, De Meirmeir K., W. Hollmann:

Die Rolle der endogenen opioiden Peptide während Fahrradergometerarbeit.

Dtsch. Z. Sportmed. 37 (1986), 210-218

Asmussen E., Kr. Heebüll-Nielsen:

A dimensional analysis of physical performance and growth in boys.

J. Appl. Physiol. 7 (1955), 593-603

Åstrand P.O.:

Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age.

Munksgaard, Kopenhagen 1952

Åstrand P.O., B. Saltin:

Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity.

J. Appl. Physiol. 16 (1961), 977-981

Åstrand P.O.:

Progress in Ergometry.

In: Mellerowicz, H., G. Hansen (Hrsg.):

Kongressbericht I. Internationales Seminar für Ergometrie.

Ergon, Berlin (1965), 5-14

Åstrand P.O., K. Rodahl:

Textbook of work Physiology.

McGraw-Hill, New York 1. Auflage 1970

McGraw-Hill, New York 2. Auflage 1977

Bachl N.:

Über Einflüsse auf den Laktatabbau.

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, Stuttgart-NewYork (1980), 461-598

Bachl N.:

Möglichkeiten zur Bestimmung individueller Ausdauerleistungsgrenzen anhand spirometrischer Parameter.

Österr. J. Sportmed. 11 (1981), Supplement Nr. 1

Bachl N.:

Der aerob-anaerobe Übergang - eine leistungsphysiologische Standortbestimmung.

Österr. J. Sportmed. 14 (1984), 4-13

Bachl N.:

Grundlagen der Belastungsuntersuchung und Leistungsbeurteilung.

In: Aigner, A. (Hrsg.):

Sportmedizin in der Praxis.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-London-Paris-Tokyo (1986), 458-597

Backfisch W.:

Das Verhalten der Creatinphosphokinase bei Trainierten und Untrainierten in Relation zur sportlichen und körperlichen Aktivität und ihre Bedeutung für die Steuerung des Trainings.

Wiss. Staatsexamen (Sportmed.) Justus Liebig Universität Gießen (1998), 1-62

Badtke G.:

Sportmedizinische Grundlagen.

Deutsch, Thun-Frankfurt/M. 2. Auflage 1989

Badtke G.:

Lehrbuch der Sportmedizin.

Barth, Heidelberg-Leipzig 3. Auflage 1995

**Baron D., U. Bierbaum, D. Böhmer, K. Carl, J. Forchmann, S. Lachenicht, D. Martin,
P.E. Nowacki:**

Das neue System der sportmedizinischen Untersuchungen für den Spitzensport.

In: DSB, Bundesausschuss zur Förderung des Leistungssports (Hrsg.).

Haßmüller, Frankfurt/M. (1971), 1-32

Bartels H., E. Bücherl, C.W. Hertz, G. Rodewald, M. Schwab:

Lungenfunktionsprüfungen.

Springer, Berlin-Heidelberg 1958

Bartels H.:

Der Gasaustausch (Atmung).

In: Keidel, W.D.: Kurzgefasstes Lehrbuch der Physiologie.

Thieme, Stuttgart (2. Auflage 1970), 39-72

Thieme, Stuttgart (3. Auflage 1973), 42-75

Bartz J.:

Lehrbuch der Statistik für Sozialwissenschaftler.

Springer, Berlin-Heidelberg (3. Auflage 1989), 392-395

Barwich D., H. Weiker, J. Weidner, U. Keilholz:

Serumkinetik hypophysärer und pankreatischer Hormone bei einmaliger fahrradergometrischer Belastung unterschiedlicher Dauer und Intensität.

In Jeschke D. (Hrsg.):

Stellenwert der Sportmedizin in Medizin und Sportwissenschaft.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-London-Paris-Tokyo (1984), 158-164

Bastian M., M. Kunze, R. Sattler:

Trainingsbedingte Anpassungsreaktion des kardiopulmonalen Systems bei jugendlichen Boxsportlern.

Med. u. Sport 18 (1972), 189-192

Baum E.:

Kunstturnen.

In: Clasing, D., I. Siegfried (Hrsg.):

Sportärztliche Untersuchung und Beratung.

Beiträge zur Sportmedizin Bd. 28.

Perimed, Erlangen (1986), 220-222

Bausenwein J., W. Haas, K. Heck, R. Luther, M. Meythaler:

Untersuchungsergebnisse bei Leistungsturnerinnen und Folgerungen für die Praxis.

Sportarzt u. Sportmed. 22 (1971), 12-19

Bengtsson E.:

The working capacity in normal children, evaluated by submaximal exercise on the bicycle ergometer and compared with adults.

Acta Med. Scand. 154 (1956), 91-109

Bernett H.:

Johann Christoph Friedrich GutsMuths.

In: Ueberhorst, H. (Hrsg.):

Geschichte der Leibesübung.

Bartels & Wernitz, Berlin-München-Frankfurt/M. (1980), 229-256

Berkeley A.:

Physikkurs Bd. 1. Einführung in die Mechanik.

Feeweg, Braunschweig 3. Auflage 1979

Bödeker R. – H.:

Einführung in die medizinische Statistik.

Verlag der Ferberschen Universitätsbuchhandlung, Giessen (1992), 17 – 23, 139 – 144

Boehringer:

Testkombination Laktat für die Sportmedizin.

Vollenzymatischer UV-Test-Monotest Laktat.

Boehringer, Mannheim Diagnostica 5, Nr. 117850 1984

Bös K.:

Statistikkurs I. Einführung in die Statistik.

Czwalina, Ahrenburg 3. Auflage 1986

Borrmann G.:

Gerätturnen.

Sportverlag, Berlin 1972

Bortz J.:

Lehrbuch der Statistik für Sozialwissenschaftler.

Springer, Berlin-Heidelberg (3. Aufl. 1989), 392-395

Brauer B., W. Wolf:

Einführung in die Spirographie und Ergometrie.

Beitrag zur Klin. d. Tuberkulose 94 (1940), 504-519

Bretzel R.G., H. J. Medau, U. Krause, P. E. Nowacki:

Der Einfluss von Musik auf sympathikoadrenale Reaktionen und Endokrinum junger Frauen während Gymnastik.

In: HG. Hörmann (Hrsg.):

Musiktherapie aus medizinischer Sicht.

Hettgen, Münster (1988), 189-208

Bretzel R.G., P. E. Nowacki, A. Wimmer, D. Blattgerste, M. Kettruhat, R. P. Schnorr, F. Reuber:

Verhalten des β -Endorphinspiegels in Korrelation zu den Laktatwerten bei maximaler Laufbandspiroergometrie und sportartspezifischen Belastungen.

In: H. Liesen, M. Weiss, M. Baum (Hrsg.):

Regulations- und Repairmechanismen. 33. Deutscher Sportärztekongress. Paderborn 1993. Deutscher Ärzte-Verlag Köln (1994), 568-571

Briedigkeit W., F. Tittmann:

Erfahrungen mit der Fahrradergometrie bei Kindern unter besonderer Berücksichtigung des Belastungsblutdrucks.

Kinderärztliche Praxis 10 (1982), 518-528

Bringmann W.:

Die Einschätzung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit für die Beurteilung der Sportfähigkeit und Trainingseffektivität.

Med. u. Sport 20 (1980), 104-113

Bringmann W.:

Die Bedeutung der Ausdauerfähigkeit für die Gesundheit im höheren Lebensalter.

Med. u. Sport 24 (1984), 152-156

Brockamnn H.R.:

Sportmedizinisches Leistungsprofil von Tischtennispielern.

Inaug. Diss. (Dr. med. dent.) Justus-Liebig Universität Gießen (1984), 1-115

Brooks G.A.:

Anaerobic treshold: review of the concept and direction for future research.

Med. and Sci. in Sports and Exercise 17 (1985), 22-31

Brooks G.A.:

The lactate shuttle during exercise and recovery.

Med. and Sci. in Sports and Exercise 18 (1986), 360-368

Bühl A:

SPSS Version 8.

Bührle M.H., Schmidtbleicher D.:

Komponenten der Maximal- und Schellkraft.

Sportwissenschaft 11 (1981), 11-27

Burger H.-J., P.E. Nowacki:

Physiologische und biochemische Reaktionen bei sportartspezifischen Belastungen von Tanzpaaren der hessischen Hauptklasse D-S.

In: Rieckert, H. (Hrsg.):

Sportmedizin - Kursbestimmung.

Kongressband 30. Deutscher Sportärztekongress, Kiel 1986.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-London-Paris-Tokyo (1987), 573-578

Burger H.-J., P.E. Nowacki, C. Buhl, P. Schnorr:

Kardiorespiratorische und metabolische Belastbarkeit von Tanzsportlern unterschiedlicher Startklassen bei allgemeiner und sportartspezifischer Spiroergometrie.

In: Böning, D., K. M. Braumann, M. W. Busse, N. Maassen, W. Schmidt (Hrsg.):

Sport Rettung oder Risiko für die Gesundheit?

Deutscher Ärzte- Verlag, Köln (1989), 499-502

Cai D.Y., P.E. Nowacki, S. Schülke:

Vergleichende Untersuchungen über den Wert der sportartspezifischen Leistungsdiagnostik im Feldtest und im Labor bei Skilangläufern der deutschen Spitzenklasse.

In: Rieckert, H. (Hrsg.):

Sportmedizin - Kursbestimmung.

Kongressband 30. Deutscher Sportärztekongress, Kiel 1986.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-London-Paris-Tokyo (1987), 727-732

Claus G., H. Ebner:

Statistik für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner, Bd. 1 Grundlagen.

Deutsch, Thun 1983

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, Stuttgart-NewYork (1986), 5-18

Czoske H.-J.:

Das Training des jugendlichen Turners.

Hoffmann, Schorndorf 1975

Dal Monte, A.:

Exercise Testing and Ergometers.

In: Dirix, A., H.G. Knuttgen, K. Tittel (Eds.):

The Olympic Book of Sports Medicine, Vol. I.

Blackwell Scientific Publications, Oxford-London-Edinburgh-Melburne (1988), 121-150

Davis C.T.M., J.D. Few:

Effects of exercise on adrenocortical function.

Eur. J. Appl. Physiol. 35 (1973), 887-891

Davis R.J., C.R. Bull, J.V. Roscoe, D.A. Roscoe:

Physical education & the study of sport.

Wolfe Publ., Somerset 1991

De Meirlmeir K., N. Naaktgeboren, A. Van Streirtegheim, F. Gorus, J. Olbrecht, P. Bloch:

Beta-endorphin and ACTH levels in peripheral blood during and after aerobic and anaerobic exercise.

Eur. J. Appl. Physiol 55 (1986), 5-8

Dickkuth H.-H., A. Berg, M. Lehmann, J. Keul:

Laufband- und Fahrradergometrie im Bereich des Hochleistungssports.

In: Mellerowicz, H., I.-W. Franz (Hrsg):

Standardisierung, Kalibrierung und Methodik in der Ergometrie.

Perimed, Erlangen (1983), 81-86

Ditter H., P.E. Nowacki:

Körperliche und kardiopulmonale Leistungsfähigkeit der Junioren - Ruder -

Nationalmannschaft vor der Weltmeisterschaft 1975.

Sportarzt u. Sportmed. 27 1976

Ditter H., P.E. Nowacki, E. Sinai, I. Siegfried:

Computergesteuerte spiroergometrische Funktionsdiagnostik bei national erfolgreichen Faustballspielerinnen.

Sportarzt u. Sportmed. 28 (1977), 227-230

Ditter H., U. Winkler, 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), 5436-5451

Donath R., G. Rosel:

Untersuchungen zur Ausdauerentwicklung bei Schülern.

Med. u. Sport 11 (1974), 322-329

Donevan R. H., G. M. Andrew:

Plasma β -endorphin immunoreactivity during graded cycleergometry.

Med. Sci. Sports Exerc. 19 (1987), 229-233

Dransfeld, B.:

Sauerstoffaufnahme und Sauerstoffpuls bei ergometrischen Belastungen.

In: Mellerowicz, H., E. Jokl, G. Hansen (Hrsg.):

Ergebnisse der Ergometrie. COR-Beiträge zur Kardiologie.

Perimed, Erlangen (1975), 125-145

Dressler F., H. Mellerowicz:

Das Atemminutenvolumen

Zschr. Kinderhk. 85 (1961), 31

Droste L.; H. Meyer-Blanckenburg, M. Greenlee, H. Roskamm:

Effect of physical exercise on pain thresholds and plasma beta-endorphins in patients with silent and symptomatic myocardial ischemia.

Eur. Heart. J. 9 (1988), 25-33

Düding, D.:

Friedrich Ludwig Jahn und die Anfänge der deutschen Nationalbewegung.

In: Ueberhorst, H. (Hrsg.):

Geschichte der Leibesübung.

Bartels & Wernitz, Berlin-München-Frankfurt/M. (1980), 197-214

Eberspächer H.:

Handlexikon Sportwissenschaft.

Rohwolt, Reinbek 2. Auflage 1992

Eckhardt D., H.P. Schwerdtner, H. Kammerer:

Telemetric and bloodchemical investigations in female gymnasts during competition and training.

Third European Congr. Sportmed. (1974), Abstract 41

Eckhardt, D.:

Über die Belastung des Herz-Kreislauf-Systems im Kunstturnen.

Inaug. Diss (Dr. med.) Goethe Universität Frankfurt/Main 1976

Eckhardt, D.:

Die kardiopulmonale Belastung im Kunstturnen.

In: Schwerdtner, H. P.:

Sport und Sportmedizin Kunstturnen.

Perimed, Erlangen (1985), 131-147

Eriksson P.O., G. Grimby, B. Saltin:

Cardiac output and arterial bloodgases during exercise in pubertal boys.

J. Appl. Physiol. 31 (1971), 348-352

Eriksson P.O.:

Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 years old boys.

Acta Physiol. Scand. Suppl. 384 (1972), 1-48

Farrell P. A., M Kjaer, F. W. Bach, H. Galbo:

Beta-endorphin and adrenocorticotropin response to supramaximal treadmill exercise in trained and untrained males.

Acta Physiol. Scand. 130 (1987), 619-625

Few J.D.:

Effects of exercise on the secretion and metabolism of cortisol in man.

J. Endocrinol. 62 (1974), 341-353

Franz I.-W.:

Ergometrie bei Hochdruckkranken - Diagnostische und therapeutische Konsequenzen für die Praxis.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork 1981

Federation International de Gymnastique (FIG):

Code de Pointage

FIG Edition, Schweiz 3. Auflage 1997

Freudenberg K.:

Grundriss der medizinischen Statistik.

Schattauer, Stuttgart 1962

Friedrich E., M. Nilsson:

Gerätturnen.

Rowohlt, Reinbek 1979

Friedrich E., P. Brüggemann:

Gerätturnen 2.

Rowohlt, Reinbek, 1981

Gauer O.-H., K. Kramer, R. Jung:

Physiologie des Menschen, Band 1-20.

Urban & Schwarzenberg, München 1974

Gerschler W.:

Grundlagen und Struktur des anaeroben Trainings

Sportmed. 11 (1968), 499

Götze A., H.-J. Zeume:

Flickflack, Weltbühne des Turnens.

Sportverlag, Berlin 1987

Grosser M., P. Brüggemann., F. Zintl:

Leistungssteuerung in Training und Wettkampf.

BLV Verlagsgesellschaft, München-Wien-Zürich 1986

Grossman A., J. Sutton.:

Endorphins: What are they? How are they measured? What is their role in exercise?

Med Sci Sports Exerc 17 (1985), 74-81

GutsMuths J.C.:

Gymnastik für die Jugend.

Schnepfenthal 1793

GutsMuths J.C.:

Turnbuch für die Söhne des Vaterlandes.

Frankfurt 1817

Häcker R., H. De Marées:

Hormonelle Regulation und psychophysische Belastung im Leistungssport.

Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1991

Hansen G.:

Atemzeitvolumen und Atemäquivalent bei ergometrischen Leistungen.

In: Mellerowicz, H., E. Jokl, G. Hansen (Hrsg.):

Ergebnisse der Ergometrie. COR-Beiträge zur Kardiologie.

Perimed, Erlangen (1975), 147-154

Harms V.:

Biomathematik, Statistik und Dokumentation

Harms Verlag, Kiel (1998), 200 - 204

Harre D.:

Trainingslehre.

Sportverlag, Berlin 6. Auflage 1976

Hatfield B. D., M. D. Larden.:

Psychophysiology in exercise and sport research - an overview.

Exerc Sport Sci Rev 15 (1987), 351-387

Heck H.:

Energiestoffwechsel und Medizinische Leistungsdiagnostik.

Trainerakademie Köln (Hrsg.).

Hofmann, Schorndorf 1. Auflage 1983

Hofmann, Schorndorf 2. Auflage 1990

Heck H., F. Börnert, T. Müller, W. Hollmann:

Laktatkinetik bei konstanter stufenförmiger ansteigender Belastung auf dem Fahrradergometer.

In: Böning, D., K.M. Braumann, M.W. Busse, N. Maasen, U.W. Schmidt (Hrsg.):

Sport - Rettung oder Risiko für die Gesundheit.

Deutscher Ärzte-Verlag, Köln (1989), 372-379

Henssge C.:

Die Untersuchung der Sauerstoffaufnahme bei der Fahrradergometer- und

Laufbandbelastung im maximalen und submaximalen Bereich.

Wertigkeit und Bewertung im Sport.

Med. u. Sport 18 (1978), 225-235

Hermann B.:

Maximale biologische Leistungsfähigkeit, Laktatverhalten und aerob/ anaerobe Schwelle von

Volleyballspielerinnen bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen mit der

Watt/ kg - Methode.

Wiss. Staatsexamensarbeit (Sportmed.), Justus Liebig Universität Gießen (1983), 1-112

Herz A.:

Endorphine und das Schmerzgeschehen.

Schweiz. Med. Wschr. 111 (1981), 1937-1941

Hollmann W.:

Der Arbeits- und Trainingseinfluss auf Kreislauf und Atmung.

Steinkopf, Darmstadt 1959

Hollmann W., H. Valentin, H. Vonrath, A. Bonnekoh

Untersuchungen zum Verhalten des Sauerstoffpulses unter verschiedenartiger körperlicher Belastung, unterschiedlicher Arbeitsintensität und -dauer.

Sportarzt u. Sportmed. 12 (1961), 248-251

Hollmann W.:

Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers.

Spiroergometrische Untersuchungen und Beurteilungen von männlichen und weiblichen Personen des 1. - 8. Lebensjahrzehnts.

Wissenschaftliche Schriftenreihe des DSB, Bd. 5

Barth, München 1963

Hollmann W., C. Bouchard, G. Herkenrath:

Die Entwicklung der Leistungsfähigkeit des kardio-pulmonalen Systems bei Kindern und Jugendlichen des achten bis achtzehnten Lebensjahres.

Sportarzt u. Sportmed. 16 (1965), 255-260

Hollmann W.:

Kriterien der körperlichen, kardialen und pulmonalen Leistungsgrenzen.

In: Mellerowicz, H., G. Hansen (Hrsg.):

Kongressbericht 1. Internationales Seminar für Ergometrie.

Ergon, Berlin (1965), 186-197

Hollmann W., H. Heck, B. Schmücker, A. Stolte, H. Liesen, M. Fotesch, D.N. Mathur u. Mitarb., K.H. Jondra:

Vergleichende spiroergometrische Untersuchungen über den Effekt und die Aussagekraft von Laufband- und Fahrradergometerbelastungen.

Sportarzt u. Sportmed. 22 (1971), 123-134

Hollmann W., H. Liesen:

Über die Bewertbarkeit des Laktats in der Leistungsdiagnostik.
Sportarzt u. Sportmed. 24 (1973), 175-182

Hollmann W., H. Valentin:

50 Jahre Spiroergometrie.
Münch. med. Wschr. 122 (1980), 169-174

Hollmann W.:

Über die allgemeine aerobe Ausdauer und ihre leistungsbegrenzenden Faktoren.
Syposion Pan-Asiatische Spiele, Teheran 1974

Hollmann W.:

Lungenfunktion, Atmung, Gasstoffwechsel im Sport.
In: Hollmann, W. (Hrsg.):
Zentrale Themen der Sportmedizin.
Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-Tokyo (3. Auflage 1986), 144-168

Hollmann W., K. De Meirleir:

Gehirn und Sport - hämodynamische und biochemische Aspekte.
Dt. Z. Sportmed. (Sonderheft) 39 (1988), 56-64

Hollmann W.:

75 Jahre organisierte deutsche Sportmedizin.
In: Steinacker, J. M. (Hrsg.):
Rudern. Sportmedizinische und sportwissenschaftliche Aspekte.
Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-London-Paris-Tokyo (1988), 5-9

Hollmann W., T. Hettinger:

Sportmedizin, Arbeits- und Trainingsgrundlagen.
Schattauer, Stuttgart-NewYork 1. Auflage 1980
Schattauer, Stuttgart-NewYork 3. Auflage 1990
Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin.
Schattauer, Stuttgart-NewYork 4. Auflage 2000

Hollmann W.:

Spiroergometrie.
In: Röthig (Red.):
Sportwissenschaftliches Lexikon.
Hofmann, Schorndorf 6. Auflage 1992

Hollmann W., H.K. Strüder:

Gehirn, Geist, Psyche und muskuläre Arbeit.
In: Bärtsch, P., A. Berg, F. Bonnaire, C. Erggelet, u.a. (Hrsg.)
Gesundheit, Leistung, Anlage - Mit Sport ins neue Jahrtausend.
36. Deutscher Kongress für Sportmedizin und Prävention vom 30.9. - 2.10.1999 in Freiburg.
Deutscher Zeitschrift für Sportmedizin (1999), 116

Holloszy J.O.:

Biochemical adaptations in muscle.
J. biol. Chem. 242 (1967), 2278

Howlett T., S. Tomlin, L. Nyokfoong, B. A. Bullen, B. C. Skinner:

Exercise – induced release of nut-endorphalin and beta-endorphin.
In: F. Muller, A. R. Genazzoni (Eds.):
Central and peripheral endorphins.
Raven Press NY (1984) 285-288

Igwerks I.:

Das sportmedizinische Leistungsprofil von Handballspielerinnen im Alter von 18-28 Jahren im Vergleich zu untrainierten Mädchen in anderen Sportarten und erwachsenen Handballspielerinnen.

Inaug. Diss. (Dr. phil.), Justus Liebig Universität Gießen (1995), 1-89

Immich H.:

Medizinische Statistik.

Schattauer, Stuttgart-NewYork 1974

Israel S.:

Sport, Herzgröße und Herzkreislaufdynamik.

Sportmedizinische Schriftenreihe, Bd. 3.

Barth, Leipzig 1968

Israel S., H. Kupphardt, B. Gottschalk, G. Neumann, P. Böhme:

Die submaximale Herzfrequenz als leistungsdiagnostische Kenngröße.

Med. u. Sport 14 (1974), 297-304

Israel S.:

Die Proportionalität von Herzfrequenz und Belastungsanstieg.

Med. u. Sport 16 (1976), 53-55

Israel S.:

Sportmedizinische Positionen zu Leistungsprüfungsverfahren im Sport.

Med. u. Sport 19 (1979), 28-35

Israel S.:

Die maximale Herzfrequenz im Altersgang.

Med. u. Sport 21 (1981), 605-606

Israel S., B. Buhl, K.-H. Purkopp, A. Weidner:

Körperliche Leistungsfähigkeit und organismische Funktionstüchtigkeit im Altersgang.
Med. u. Sport 22 (1982), 289-300, 322-326, 353-361

Israel S.:

Sport und Herzschlagfrequenz.
Barth, Leipzig 1982

Jahn F.L.:

Deutsches Volksthum.
Lübeck 1810

Jahn F.L., E. Eiselen:

Deutsche Turnkunst.
Berlin 1816

Jokl E:

Physiology of Exercise.
Thomas, Springfield 1964

Jokl E., I.T. McClellan:

Exercise and cardiac death.
Medicine and Sport, Bd. V.
Karger, Basel 1971

Jonath U., R. Krempel:

Konditionstraining.
Rowohlt, Reinbek 1981

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.) Justus Liebig Universität Gießen (1993), 1-119

Keul J., E. Doll, D. Keppler, H. Reindell:

Intervalltraining und anaerobe Energiebereitstellung.

Sportmed. 12 (1967), 493

Keul J., E. Doll, D. Keppler:

Muskelstoffwechsel. Die Energiebereitstellung im Skelettmuskel als Grundlage seiner Funktion.

Barth, München 1969

Keul J., W. Kindermann, G. Simon:

Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik.

Leistungssport 8 (1978), 22-32

Keul J., G. Simon, A. Berg, H.H. Dickhut, I. Goertler, R. Kübel:

Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung.

Dt. Z. Sportmed. 30 (1979), 212-218

Keul J., G. Huber, M. Schmitt, W. Kindermann, A. Berg:

Der Einfluss eines fünfjährigen Ausdauertrainings auf Kreislauf und Stoffwechsel bei Kindern.

Dtsch. Z. Sportmed. 33 (1982), 264-270

Keul J., W. Kindermann, G. Simon, H. Reindell:

Anpassungserscheinungen durch Schul- und Leistungssport im Kindesalter.

Sportwissenschaft 8 (1988), 222-234

Kim J.:

Die PWC170 im Kindes und Jugendalter (7-18 Jahre) und ihre Bedeutung für den Schul- und Vereinssport.

Inaug. Diss. (Dr. phil.) Justus Liebig Universität Gießen (1994), 1-186

Kindermann W., G. Huber, J. Keul, H. Reindell:

Aerobe Kapazität bei Kindern und Jugendlichen in Beziehung zum Erwachsenen.

Sportarzt u. Sportmed. 26 (1975), 112-115

Kindermann W.:

Metabolische Acidose.

Fortschr. Med. 96 (1978), 221-226

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, Stuttgart-NewYork (1980), 46-56

Kindermann W., A. Schnabel, W.M. Schmitt, G. Biro, J. Cassens, F. Weber:

Catecholamines, Growth Hormon, Cortisol, Insulin and Sex Hormones in Aerobic and Aerobic Exercise.

Eur. J. Appl. Physiol. 49 (1982), 389-399

Kindermann W.:

Ergometrie - Empfehlungen für die ärztliche Praxis.

Dt. Z. Sportmed. 40 (1987), 244-268

Kirchhoff H.W., H. Reindell, A. Gebauer:

Untersuchungen über die Sauerstoffaufnahme, Kohlensäureabgabe, das Atemminutenvolumen, Atemäquivalent und den Respiratorischen Quotienten während körperlicher Belastung bei Normalpersonen und Hochleistungssportlern.

Dtsch. Arch. klin. Med. 203 (1956), 423-447

Kirchhoff J.:

Kardiorespiratorische und biochemische Reaktionen von Patienten mit einer KHK bei der Fahrradspiroergometrie und einer Schwimmbelastung.

Inaug. Diss. (Dr. med.) Justus Liebig Universität Gießen (1998), 1-188

Kirchner M.:

Sportmedizinisches Leistungsprofil von Squashspielern aus unterschiedlichen Spielklassen (Kreisklasse-Bundesliga) im Vergleich zu anderen Spisportarten

Magisterarbeit (Sportmed.) Justus Liebig Universität Gießen (1988), 1-135

Klemt U., R. Rost:

Kardiopulmonale und metabolische submaximale und maximale Leistungsparameter bei Mädchen und Jungen zwischen 6 und 10 Jahren.

In: Jeschke, D. (Hrsg.):

Stellenwert der Sportmedizin in Medizin und Sportwissenschaften. 2. Symposium der Sektion „Sportmedizinische Forschung und Lehre an den Hochschulen“ des Deutschen

Sportärztesbundes. (Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin e.V.)

Tübingen, 5.-8. Mai 1983.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork (1986), 229-236

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

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 langandauernden experimentellen und der klinischen
Gasstoffwechseluntersuchung.

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.:

Über die Funktionsprüfung von Atmung und Kreislauf.

Beitrag Z. Klin. d. Tuberkulose 88 (1936), 503

Knipping H.-W.:

Beitrag zur klinischen Funktionsprüfung von Atmung und Kreislauf.

Beitrag Z. Klin. d. Tuberkulose 92 (1938), 144-169

Knipping H.-W.:

Ergebnisse der Ergographie in der Klinik. Arbeitsinsuffizienzen von Herz und Kreislauf.

Klin. Wschr. 17 (1938), 1457-1460

Knipping H.-W., W. Bolt, H. Valentin, H. Venrath:

Untersuchung und Beurteilung des Herzkranken.

Enke, Stuttgart 1960

König K., H. Reindell, J. Keul, 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. einschl. Arbeitsphysiol. 18 (1961), 393-434

König K., J. Murukas, H. Roskamm, 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

Krause R.:

Die maximale Sauerstoffaufnahme als Kriterium der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit.

Inaug. Diss. (Dr. med.) Medizinische Akademie Lübeck (1971), 1-152

Krümmelbein U., C. Buhl, D.Y. Cai, P.E. Nowacki:

Neue Methoden und Ergebnisse der sportartspezifischen Leistungsdiagnostik im Fußball.

In: Böning, D., K. M. Braumann, M. W. Busse, N. Maassen, W. Schmidt (Hrsg.):

Sport - Rettung oder Risiko für die Gesundheit?

Deutscher Ärzte- Verlag, Köln (1989), 442-445

Kurz D.:

Pädagogische Gesichtspunkte zum Leistungssport.

Bericht über das 19. Magglinger Symposium

Birkhäuser, Basel (1982), 184-199

Langenfeld M. E., L. S. Hart, P. C. Kao::

Plasma beta-endorphin responses to one-hour bicycling and running at 60% VO₂max.

Med Sci Sports Exerc 19 (1987), 83-86

Lawrenz W., S. Schiekendanz, M. Wetzling, R. Rost, U. Mennichen:

Die Belastungsechokardiographie im Kindesalter – Untersuchungen an gesunden Kindern..

In: Bärtsch, P., A. Berg, F. Bonnaire, C. Erggelet, A. Gösele-Koppenburg, M. Halle, M. Huonker, J. Metz (Hrsg.):

Gesundheit, Leistung, Anlage - Mit Sport ins neue Jahrtausend.

36. Deutscher Kongress für Sportmedizin und Prävention vom 30.9. - 2.10.1999 in Freiburg.

Deutscher Z. Sportmedizin –50 (1999), Sonderheft, 80

Lehmann M., J. Keul:

Katecholaminausscheidung und Katecholaminblutspiegel bei verschiedenen Belastungen.

In: Nowacki, P.E., D. Böhmer (Hrsg.):

Sportmedizin - Aufgaben und Bedeutung für den Menschen unserer Zeit.

Kongressband 26. Deutscher Sportärztekongress, Bad Nauheim 1978.

Thieme, Stuttgart (1980), 99-103

Letzelter M.:

Trainingsgrundlagen. Training - Technik - Taktik.

Rowohlt, Reinbek 1978

Liesen H., A. Mader, H. Heck, W. Hollmann:

Die Ausdauerleistungsfähigkeit bei verschiedenen Sportarten unter besonderer

Berücksichtigung des Metabolismus: Zur Ermittlung optimaler Belastungsintensität im Training.

Leistungssport, Beiheft 9 (1977), 63-92

Luger A. P.A. Deuster. S.B. Kyle, W.T. Gallucci, L.C. Montgomery, P.W. Gold, D.C.**Loriaux, G.P. Chrousos:**

Acute Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Responses to the Stress of Treadmill Exercise.

N. Engl. J. Med. 316 (1987), 1309-1315

Macha J., V. Seliger, H. Vlacilavora:

Die Bewertung der körperlichen Leistungsfähigkeit junger Kunstturnerinnen mit Hilfe einer fortlaufenden Registrierung der Pulsfrequenz während des Turnens.

Med. u. Sport 8 (1968), 112-125

Mader A., H. Liesen, H. Hech, H. Philippi, H. Rost, P. Schürch, W. Hollmann:

Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor.

Sportarzt u. Sportmed. 27 (1976), 80-88 u. 109-112

Mäurer U.:

Die Bedeutung der modernen kardio-respiratorischen Funktionsdiagnostik für jugendliche Leistungssportler.

Inaug. Diss. (Dr. med.) Justus-Liebig Universität Gießen (1977), 1-238

Maidorn K.:

Der arterielle Druck bei ergometrischer Leistung.

In: Mellerowicz, H., G. Hansen (Hrsg.):

Kongressbericht I. Internationales Seminar für Ergometrie.

Ergon, Berlin (1965), 114 - 122

Malina R.M., C. Bouchard:

Growth, Maturation and Physical Activity.

Human Kinetics, Champaign-Illinois 1991

Markworth P.:

Sportmedizin.

Rowohlt, Reinbek 1983

Marti B.:

Körperbewegung und Stimmungslage.

Dt. Z. Sportmed. 43 (1992), 336-347

Matwejew L.-P.:

Periodisierung des sportlichen Trainings.

Bartels & Wernitz, Berlin 1975

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.), Justus-Liebig-Universität Gießen (1984), 1-63

McArdle W., F. Katch, V. Katch:

Exercise Physiology

Energy, Nutrition and Human Performance.

Williams & Williams 4. Ed., Baltimore 1996

McMurray R.G., W. A. Forsythe, M. H. Mur, C. J. Hardy:

Exercise intensity-related responses of β -endorphin and catecholamines.

Med Sci Sports Exerc 19 (1987), 570-574

Medau H.J., P.E. Nowacki, H. Avenhaus:

Die Beurteilung des Sportherzens im Wandel der Zeit.

Med. Welt 39 (1988), 13-23

Medau H.J., P.E. Nowacki:

Frau und Sport IV

Die olympischen Disziplinen der Frau im Sport.

Erstes gesamtdeutsches sportmedizinisches Symposium in Coburg 1990.

Beiträge der Sportmedizin, Bd. 41

Perimed, Erlangen 1992

Meinl K., G. Schnabel:

Bewegungslehre - Sportmotorik.

Volk und Wissen, Berlin 8. Auflage 1987

Mellerowicz H.:

Herz und Blutkreislauf beim Sport.

In: Arnold A. (Hrsg.):

Lehrbuch der Sportmedizin.

Barth, Leipzig (1956), 129-189

Mellerowicz H., P.E. Nowacki:

Vergleichende Untersuchungen von Atem- und Kreislauffunktionen bei physikalisch gleicher ergometrischer Arbeit im Stehen, Sitzen und Liegen.

Zschr. Kreisl. Forsch. 50 (1961), 1002-1014

Mellerowicz H.:

Ergometrie.

Grundriss der medizinischen Leistungsmessung.

Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Berlin 1. Auflage 1962

Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Berlin 2. Auflage 1975

Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 3. Auflage 1979

Mellerowicz H., E. Jokl, G. Hansen:

Ergebnisse der Ergometrie. COR-Beiträge zur Kardiologie.

Perimed, Erlangen 1. Auflage 1975

Perimed, Erlangen 2. Auflage 1983

Mellerowicz H., I.-W. Franz:

Standardisierung, Kalibrierung und Methodik in der Ergometrie.

Perimed, Erlangen 1983

Mellerowicz H.:

Standardisierung in der Ergometrie.

In: Mellerowicz, H., I.-W. Franz (Hrsg):

Standardisierung, Kalibrierung und Methodik in der Ergometrie.

Perimed, Erlangen (1983), 81-86

Mellerowicz H., W. Meller:

Training.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-Tokyo 5. Auflage 1984

Mohammed Farouk .I. M.:

Die Entwicklung des sportmedizinischen Leistungsprofils im deutschen Fußballsport.

Inaug. Diss. (Dr. phil.) Justus-Liebig Universität Gießen (1999), 1-209

Neumann G., K.-P. Schüler:

Sportmedizinische Funktionsdiagnostik

Sportmedizinische Schriftenreihe, Bd. 29.

Barth, Leipzig-Berlin-Heidelberg 2. Auflage 1994

Neumann H.:

Leibesübungen im Dienste nationaler Bestrebungen: Jahn und die deutsche Turnbewegung.

In: Ueberhorst, H. (Hrsg.):

Geschichte der Leibesübung.

Bartels & Wernitz, Berlin-München-Frankfurt/M. (1980), 257-277

Neumann H.:

Basketballtraining. Taktik - Technik - Kondition.

Meyer & Meyer, Aachen 1990

Nickel A.:

Experimentelle Untersuchungen und kritische Analyse des Punktes der optimalen Wirkung der Atmung (POW) nach Hollmann und seine Beziehung zur 4mmol/l-Laktat-Schwelle.

Inaug. Diss. (Dr. med.) Justus-Liebig-Universität Gießen (1992), 1-54

Nöcker J., V. Böhlau:

Der Sauerstoffpuls in Abhängigkeit vom Lebensalter.

Verh. dtsch. Ges. Kreisl. Forsch. 24, (1958), 225-231

Nöcker J.:

Physiologie der Leibesübung.

Enke, Stuttgart 1. Auflage 1964

Enke, Stuttgart 4. Auflage 1980

Nowacki N.S.:

Entwicklung des sportmedizinischen Leistungsprofils beim Skilauf in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht.

Inaug. Diss. (Dr. med.) Christian Albrechts Universität zu Kiel in Verbindung mit der Justus Liebig Universität Gießen (1998), 1-62

Nowacki P.E., E. Schmid:

Über die sympathico-adrenale Reaktion im Training und Wettkampf bei verschiedenen Sportarten.

Med. Welt 21 (1970), 1682-1688

Nowacki P.E., K. Adam, R. Krause, U. Ritter:

Die Spiro-Ergometrie im neuen Untersuchungssystem für den Spitzensport.

Leistungssport 1 (1971), 37-51

Nowacki P.E., R. Krause, K. Adam, M. Rulffs:

Über die cardio-pulmonale Leistungsfähigkeit des Deutschlandachters vor seinem Olympiasieg 1968 .

Sportarzt u. Sportmed. 22 (1971), 227-229

Nowacki P.E.:

Funktionsdiagnostik der kardio-pulmonalen Leistungsfähigkeit.

Der Kassenarzt 1 (1973), 77-94

Nowacki P.E.:

Die Objektivierung der körperlichen und kardio-pulmonalen Leistungsfähigkeit mit einfachen und komplizierten Methoden.

Physiotherapie 65 (1974), 663-666, 727-732, 792-795

Nowacki P.E.:

Kardiopulmonale Leistungsprüfung.

In: DSB, Bundesausschuss Leistungssport (Hrsg.):

Informationen zum Training. Das sportmedizinische Untersuchungssystem.

Beiheft zum Leistungssport 4 (1975), 65-85

Nowacki P.E.:

Die Bedeutung des Ventilations-RQ bei ergometrischer Leistung.

In: Mellerowicz, H., E. Jokl, G. Hansen (Hrsg.):

Ergebnisse der Ergometrie.

Perimed, Erlangen (1975), 167-171

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.:

Möglichkeiten der medizinischen Leistungsdiagnostik.

In: DSB, Bundesausschuss Leistungssport (Hrsg.):

Informationen zum Training. Das sportmedizinische Untersuchungssystem.

Beiheft zu Leistungssport 4 (1975), 65-85

Nowacki P.E., W. Küstner, H. Haag:

The influence of exhaustive efforts at high altitude (2040m) on serum enzymes (CPK, CPKact., CDH, SGOT, SGTP) in well trained athletes.

Abstracts of Communications, Magglingen.

In: Howald, H., J.R. Poortmans (Eds.):

Metabolic adaption to prolonged physical exercise. Proceedings of the 2nd international symposium on Biochemistry of exercise, Magglingen 1973.

Birkhäuser, Basel (1975), 78-84

Nowacki P.E.:

Sportmedizinische und leistungsphysiologische Aspekte des Ruderns.

In: Adam, K., H. Lenk, P. E. Nowacki, M. Rulffs, W. Schröder:

Rudertraining.

Limpert, Bad Homburg (1977), 251-646

Nowacki, P.E.:

Beurteilung körperlicher und biologischer Leistungsfähigkeit bei Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen schulsportlichen Aktivitäten.

Therapiewoche 28 (1978), 5402-5424

Nowacki P.E.:

Das Atemäquivalent bei ergometrischer Leistung.

In: Mellerowicz, H.:

Ergometrie. Grundriss der medizinischen Leistungsmessung.

Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore (3. Auflage 1979), 242-252

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 Deutscher Sportärztekongress Saarbrücken 16.10-19.10.1980.

Demeter, Gräfelfing (1980), 255-267

Nowacki P.E., P. Rosenthal, H.-J. Völpel:

Vergleichende kardiorespiratorische Funktionsprüfung bei erfolgreichen jugendlichen Handballspielern und Wettkampfruderern bei maximaler Ausbelastung auf dem Laufband- und Fahrradergometer nach der Watt/kg-Methode.

In: Nowacki, P. E., D. Böhmer (Hrsg.):

Sportmedizin - Aufgaben und Bedeutung für den Menschen unserer Zeit.

Kongressband 26. Deutscher Sportärztekongress, Bad Nauheim 1978.

Thieme, Stuttgart-NewYork (1980), 479-481

Nowacki P.E.:

CO₂ production and respiratory quotient in ergometric performance.

In: Mellerowicz, H., V.N. Smodlaka (Eds):

Ergometry.

Urban & Schwarzenberg, Baltimore-München (1981), 243-258

Nowacki P.E.:

The ventilatory equivalent in ergometric performance.

In: Mellerowicz, H., V.N. Smodlaka (Eds):

Ergometry.

Urban & Schwarzenberg, Baltimore-München (1981), 229-242

Nowacki P.E.:

Chronische Kreislaufkrankheiten und Sport.

In: Lübs, E. D. (Hrsg.):

Chronische Erkrankungen und Sport.

Beiträge zur Sportmedizin Bd. 18

Perimed, Erlangen (1983), 26-51

Nowacki P.E., P. Hafermann, J.-H. Psiorz:

Sportmedizinisches Leistungsprofil einer Bundesliga-Fußballmannschaft im Vergleich zur Fußball-Nationalmannschaft und anderen Sportarten.

Therapiewoche 34 (1984), 3893-3903

Nowacki P.E.:

Training und Sport als Mittel der präventiven Medizin in der technisierten Umwelt.

In: Franz, I.-W., H. Mellerowicz, W. Noack (Hrsg.):

Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt.

Deutscher Sportärztekongress Berlin 27-29.9.1984

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-Tokyo (1985), 28-41

Nowacki P.E., P. Hafermann, J.-H. Psiorz:

Entwicklung des biologischen Leistungsprofils der Deutschen Fußball-Nationalmannschaft 1974-1982.

In: Jeschke, D. (Hrsg.):

Stellenwert der Sportmedizin in Medizin und Sportwissenschaft. 2. Symposium der Sektion

„Sportmedizinische Forschung und Lehre an den Hochschulen“ des Deutschen

Sportärztebundes. (Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin e.V.)

Tübingen, 5.-8. Mai 1983.

Springer, Berlin- Heidelberg-NewYork-Tokyo (1986), 596-603

Nowacki P.E.:

Unterschiede und Entwicklungen der maximalen biologischen Leistungsfähigkeit sport- und nichtsporttreibender Kinder und Jugendlicher.

In: Rieckert, H. (Hrsg.):

Sportmedizin - Kursbestimmung.

Kongressband 30. Deutscher Sportärztekongress Kiel 1986

Springer, Berlin-Hamburg-NewYork-London-Paris-Tokyo (1987), 75-84

Nowacki P.E.:

Biologische Leistungsfähigkeit von Eliteruderern und sportmedizinische Testverfahren in der erfolgreichen Ära von Karl Adam.

In: Steinacker, J. M. (Hrsg.):

Rudern. Sportmedizinische und sportwissenschaftliche Aspekte.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-London-Tokyo (1988), 128-132

Nowacki P.E., M. Kirchner, P. Schnorr:

Sportmedizinisches Leistungsprofil von Squashspielern aus unterschiedlichen Spielklassen (Kreisklasse-Bundesliga) im Vergleich zu anderen Spilsportarten.

In: Bernett, P., D. Jeschke (Hrsg.):

Sport und Medizin. Pro und Contra.

32. Deutscher Sportärztekongress München 1990

Zuckerschwerdt, München-Bern-Wien-San Francisco (1991), 434-437

Nowacki P.E., I. Schulze, N.S. Nowacki:

Längsschnittuntersuchungen zur biologischen Entwicklung von Skilangläufern (-läuferinnen) vom Schul- bis zum Erwachsenenalter – eine kritische 10-Jahres-Studie.

In: Bernett, P., D. Jeschke (Hrsg.):

Sport und Medizin. Pro und Contra.

32. Deutscher Sportärztekongress München 1990

Zuckerschwerdt, München-Bern-Wien-San Francisco (1991), 629-634

Nowacki P.E.:

Sportmedizinische Leistungsdiagnostik.

In: Eberspächer, H. (Hrsg.):

Handlexikon Sportwissenschaft.

Rowohlt, Reinbek (1. Auflage 1987), 237-246

Rowohlt, Reinbek (2. Auflage 1992), 237-246

Nowacki P.E.:

Trainingssteuerung.

In: Eberspächer, H. (Hrsg.):

Handlexikon Sportwissenschaft.

Rowohlt, Reinbek (1. Auflage 1987), 504-507

Rowohlt, Reinbek (2. Auflage 1992), 504-507

Nowacki P.E.:

Festschrift

75 Jahre Sportmedizin an der Universität Gießen. 35 Jahre erlebte und gestaltete Sportmedizin. Gießener Sportmedizinisches Symposium 1994.

„Stellenwert der Sportmedizin im Therapiekonzept innerer Erkrankungen“

23. bis 24. September 1994, Lehrstuhl für Sportmedizin.

Justus Liebig Universität Gießen 1994

Nowacki P.E., H. Keller, H.J. Medau, N.S. Nowacki, J. Schöll:

Maximal oxygen pulse in relation to age, gender, kind of sport and training.

9th European Congress of Sports Medicine, Portugal 1997.

Program and Abstract Book, Porto 1997

Pansold B., W. Roth, J. Zinner, E. Hasart, B. Gabriel:

Die Laktatleistungskurve - ein Grundprinzip sportlicher Leistungsdiagnostik.

Med. u. Sport 22 (1982), 107-112

Peterson, L., P. Renström:

Verletzungen im Sport.

Deutscher Ärzte-Verlag, Köln (1987)

Prokop L.:

Einführung in die Sportmedizin.

Fischer, Stuttgart-NewYork 1979

Prokop L. (Hrsg.):

Kinder-Sportmedizin.

Fischer, Stuttgart-NewYork 1986

Rakkila P., E. Hakala, K. Sahninen, T. Laatikainen:

Responses of plasma endorphins to running exercises in male and female endurance athletes.

Med Sci Sports Exerc 19 (1987), 451-455

Rakkila P., E. Hakala, M. Alen, K. Sahninen, T. Laatikainen:

Beta-endorphin and corticotropin releases is dependent of a threshold intensity of running in male endurances athletes.

Life Sci 43 (1988), 551-558

Rasim M.E.:

Über das Verhalten von hämodynamischen und metabolischen Parametern bei deutschen Kunstturnern und -turnerinnen der nationalen Spitzenklasse.

Inaug. Diss. (Dr. phil.) Sporthochschule Köln (1980), 1-161

Rasim M.E.:

Stoffwechsel und Kreislaufbeanspruchungen beim Kunstturnen. Eine empirische Untersuchung bei deutschen und japanischen Kunstturnern und Kunstturnerinnen.

Leistungssport 12 (1982), 399 u. 473

Reich T.:

Idee und Praxis der medizinischen Statistik.

Huber, Bern 1964

Reifschneider E.:

Sportmedizinisches Leistungsprofil von Eiskunstläufern und Eiskunstläuferinnen der nationalen Spitzenklasse.

Inaug. Diss. (Dr. med.) Justus-Liebig Universität Gießen (1984), 1-98

Reindell H., H. Klepzig,, K. Musshoff, H.W. Kirchhoff, H. Steim, F. Moser, 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., H. Klepzig,, K. Musshoff:

Das Sportherz.

Handbuch der inneren Medizin IX/1

Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1960), 931-951

Reindell H.:

Der Einfluss des Trainings auf den Organismus.

Der Rudersport, Lehrbeilage 1 (1962), I - V

Reindell H., K. König, H. Roskamm:

Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens.

Thieme, Stuttgart 1967

Reindell H., P. Bubenheimer, H.-H. Dickhuth, L. Görnandt:

Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens.

Thieme, Stuttgart 1988

Reuber F.:

Metabolische und kardiorespiratorische Reaktionen bei Gerättauchern während maximaler Spiroergometrie und sportartspezifischer Tauchbelastung.

Inaug. Diss. (Dr. phil.) Justus Liebig Universität Gießen (1994), 1-126

Rieckert H. (Hrsg.):

Sport an der Grenze der menschlichen Leistungsfähigkeit

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-London-Paris-Tokyo 1981

Rieckert H.:

Hormonelle Steuerung

In: Eberspächer, H. (Hrsg.): Handlexikon Sportwissenschaft.

Rowohlt, Reinbek (1987), 156-161

Rieckert H., B. Marten:

Prävention durch Kinder- und Jugendsport.

In: Banzer, H., G. Hoffmann. (Hrsg.):

Präventive Sportmedizin.

Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 36.

Perimed, Erlangen (1990), 135-153

Rieckert H.:

Kreislauf

In: Eberspächer, H. (Hrsg.):

Handlexikon Sportwissenschaft.

Rowohlt, Reinbek (1992), 201-218

Riehl, K. H., P. Bernett, T. Biehl:

Überlastungsfolgen durch Wettkampfgymnastik.

In: Medau, H. J., P. E. Nowacki (Hrsg.):

Sportmedizin.

Frau und Sport.

Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 19.

Perimed, Erlangen, (1983), 158-162

Rossier P.H., A. Bühlmann, K. Wiesinger:

Physiologie und Pathophysiologie der Atmung.

Springer, Heidelberg 1958

Rost R., H. Liesen, A. Mader, H. Heck, H. Phillipi, P. Schörch, W. Hollmann:

Die Fahrradergometrie in der Praxis.

Bayer Pharma, Leverkusen 1976

Rost R.:

Kreislaufreaktion und -adaptation unter körperlicher Belastung.

Fortschr. Med. 11 (1977), 718-722

Rost R.:

Hochleistung im Kindes- und Jungendalter aus kardiologischer Sicht.

In: Rieckert, H. (Hrsg.):

Sport an der Grenze der menschlichen Leistungsfähigkeit.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-Tokyo (1981), 27-37

Rost R., W. Hollmann, H. Heck, H. Liesen, A. Mader:

Belastungsuntersuchungen in der Praxis. Grundlagen, Technik und Interpretation ergometrischer Untersuchungsverfahren.

Thieme, Stuttgart-NewYork 1982

Rost R.:

Das Sportherz.

In: Hollmann, W. (Hrsg.):

Zentrale Themen der Sportmedizin.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-Tokyo (3. Auflage 1986), 129-143

Rost R.:

Sport und Gesundheit.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-Tokyo 1994

Rost R.:

Sport- und Bewegungstherapie bei inneren Krankheiten.

Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1991

Saltin B., P.O. Åstrand:

Maximal oxygen uptake in Athletes.

J. of Appl. Physiol. 23 (1967), 353-358

Sandring L., E. Bredow, F. Scharschmidt:

Beeinflussung der Beta-Endorphin-Konzentration im Plasma bei stufenförmig ansteigender Fahrradergometerbelastung.

In: Häcker, W, De Marees (Hrsg.):

Hormonelle Regulation und psychophysische Belastung im Leistungssport.

Kongressbericht Leipzig.

Deutscher Ärzte-Verlag 14 (1990), 119-130

Santiago T.V., C. Remolina., V. Scoles, N. H. Edelmann:

Endorphins and the control of breathing.

N. Engl. J. Med. 304 (1981), 1190-1195

Sawellion D.:

Sportmedizinisches Leistungsprofil von Kunstturnern im Vergleich zu anderen Sportarten.

Wissenschaftliche Hausarbeit (Magister) Justus Liebig Universität Gießen (1995), 1-92

Sawellion D., P.E. Nowacki, H. Keller, P. Schnorr:

Heart rate and lactate responses of male gymnasts during competition.

ACSM 45th Annual Meeting 3. – 6. Juni 1998 Orlando, Florida.

Program and Abstract Book, Orlando 1998

Schmid M.:

Psychoendokrinologische und leistungsmedizinische Aspekte im Frauenhochleistungssport.

Inaug. Diss. (Dr. med.) Justus Liebig Universität Gießen (1996), 1-89

Schmidt R.F., G. Thews:

Physiologie des Menschen.

Springer, Berlin 1980

Schmidtbleicher D.:

Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit.

Limpert, Bad Homburg 1980

Schmidtbleicher D.:

Diagnose des Maximal- und Schnellkraftverhaltens.

In: Bührle M.H. (Ed):

Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings.

Hoffmann, Schorndorf (1985), 112-120

Schmidtbleicher D.:

Motorische Beanspruchungsform Kraft – Definitionen und Trainierbarkeit.

In: P.V. Ow, G. Häni (Hrsg.):

Muskuläre Rehabilitation.

Perimed, Erlangen (1987), 62-85

Schmidtbleicher D.:

Entwicklung der Kraft und der Schnelligkeit.

In: Baur J., K. Bös, R. Singer:

Motorische Entwicklung. Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport 106.

Hoffmann, Schorndorff (1994), 129-150

Schmidtbleicher D.:

Konzeptionelle Überlegungen zur muskulären Rehabilitation.

Med Orth Tech 114 (1994), 170-173

Schmidtbleicher D.:

Trainingsmethoden zur Steigerung der Muskelhypertrophie.

In: P.V. Komi (Hrsg.):

Kraft und Schnellkraft im Sport.

Dt. Ärzte Verlag, Köln (1994), 379-380

Schmidtbleicher D., K. Bös, A.F.K. Müller (Hrsg.):

Sport im Lebenslauf.

12. Sportwissenschaftlicher Hochschultag der dvs vom 27. – 29. 9. 1995 in Frankfurt/Main.

Czwalina, Hamburg 1997

Schmidtbleicher, D.:

Ausgewählte Probleme des Krafttrainings und deren praktische Umsetzung.

In: Bärtsch, P., A. Berg, F. Bonnaire, C. Erggelet, u.a. (Hrsg.)

Gesundheit, Leistung, Anlage - Mit Sport ins neue Jahrtausend.

36. Deutscher Kongress für Sportmedizin und Prävention vom 30.9. - 2.10.1999 in Freiburg.

Deutscher Zeitschrift für Sportmedizin (1999), 113

Schmitt W.M., R. Flöthner:

Das Verhalten von Herzfrequenz (während einer Trainingseinheit) und Laktat (während eines Trainingsspiels) bei Handballspielerinnen.

In: Flöthner, R., W. Hort (Hrsg.):

Sportmedizin im Mannschaftssport.

Perimed, Erlangen (1983), 73-78

Schöll J.:

Der Sauerstoffpuls als Sportmedizinische Leistungsgröße.

Inaug. Diss. (Dr. med.) Justus Liebig Universität Gießen (1995), 1-62

Schnorr P.:

Vergleichende allgemeine und sportartspezifische Leistungsdiagnostik von Straßenradsportlern unter dem Aspekt der Leistungsprognose.

Inaug. Diss. (Dr. med.) Justus Liebig Universität Gießen (1993), 1-85

Schnorr R.P., R.G. Bretzel, H.-J. Medau, P.E. Nowacki:

Neuroendokrine und sympathico-adrenerge Hormonregulation bei verschiedenen Sportarten.

In: Medau, H.J., P. Röthig, P.E. Nowacki (Hrsg.):

Ganzheitlichkeit. Beiträge in Sport und Gymnastik. Sportwissenschaftliche und sportmedizinische Aspekte.

Hofmann, Schorndorf (1996), 168-191

Schober F.:

Psychophysiologische Komponenten der sportlichen Bewegungsleistung und des sportlichen Trainings – ein neurophysiologischer Beitrag

Inaug. Diss. (Dr. sc.) Karl-Zeis Universität Jena (1987), 1-174

Schrode M.:

Psychophysiologie sportlicher Belastungen.

Hofmann, Schorndorff 1986

Schwerdtner H.P., D. Eckhardt, H. Kammerer:

Untersuchungen zum Ausdauertraining von Kunstturnerinnen.

Leistungssport 4 (3) (1974), 182-192

Schwerdtner H.P. (Hrsg.):

Sport und Sportmedizin - Kunstturnen.

Perimed, Erlangen 1985

Shephard R.J., P.O. Åstrand (Hrsg.):

Ausdauer im Sport.

Deutscher Ärzte- Verlag, Köln 1993

Sieber M.:

Auswirkungen des modernen Kunstturntrainings auf die kardio-pulmonale Leistungsfähigkeit von Bundesliga- und Regionalligaturnern

Wiss. Staatsexamensarbeit (Sportmed.) Justus Liebig Universität Gießen (1985), 1-73

Simon G., G. Huber, W. Kindermann, H.H. Dickhuth, H. Richter, J. Keul:

Herzfrequenz- und Stoffwechselverhalten bei spiroergometrischer und wettkampfspezifischer Belastung.

Dt. Z. Sportmed. 30 (1979), 11-20

Simon G., A. Berg, H.H. Dickhuth, A. Simon-Alt, J. Keul:

Bestimmung der anaeroben Schwelle in Abhängigkeit vom Alter und von der Leistungsfähigkeit.

Dt. Z. Sportmed. 32 (1981), 7-14

Singer R., H. Haase:

Sport und Persönlichkeit

Zschr. Sportwissenschaft (1975), 25-38

Skinner J.S., T.M. McLellan:

The transition from aerobic to anaerobic metabolism.

Res. Quart. Exers. Sport 51 (1980), 234-248

Smodlaka V.N.:

Use of the intervall work capacity test in the evaluation of severely disabled patients.

J. Chron. Diseases 25 (1972), 345-352

Smodlaka V.N., H. Mellerowicz, J. Horak:

Revidierende Standardisierungsvorschläge für Ergometrie 1981. (Minimal- und Kompromissprogramm der Arbeitsgruppe für Ergometrie) ICSPE.

In: Mellerowicz, H., I.-W. Franz (Hrsg.):

Standardisierung, Kalibrierung und Methodik in der Ergometrie.

Perimed, Erlangen (1983), 81-86

Sommer P., E. Simai, L. Hohaus, P.E. Nowacki:

Auswirkungen eines zehnwöchigen Ruderanfängertrainings auf die biologische Leistungsfähigkeit 11-12-jähriger Jungen.

In: Nowacki P.E., D. Böhmer (Hrsg.):

Sportmedizin - Aufgaben und Bedeutung für den Menschen in unserer Zeit.

Kongressbericht 26. Deutscher Sportärztekongress, Bad Nauheim 1978.

Thieme, Stuttgart-NewYork (1980), 63-66

Sommer H. M.:

Muskuläre Ungleichgewichte im Bereich der unteren Extremitäten als Ursache für Leistungsverlust und Überbelastung.

In: Jeschke, D. (Hrsg.):

Stellenwert der Sportmedizin in medizin und Sportwissenschaft.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-London-Paris-Tokyo (1984), 440-444

Stegemann H., W. Kindermann, A. Schnabel:

Lactate kinetics and individual anaerobic treshold.

Int. J. Sports Med. 2 (1981), 160-165

Stump W., H. Ueberhorst:

Deutschland und Europa in der Epoche des Umbruchs: Vom Ancien regime zur bürgerlichen Revolution und nationalen Demokratie - Friedrich Ludwig Jahn in seiner Zeit.

In: Ueberhorst, H. (Hrsg.):

Geschichte der Leibesübung.

Bartels & Wernitz, Berlin-München-Frankfurt/M. (1980), 215-228

Teschemacher H., G. Koch, D. Kramer, K. Wiedemann:

β-endorphin immunoreactive material in the plasma: What does it mean?

In: Distler, Back (Hrsg.):

Endorphins in reproduction and stress.

Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork-Tokyo (1990), 92-98

Thomae K.:

Lungenfunktionsprüfungen.

Biberach an der Ries 1966

Timmermann H.:

Leistungsturnen am hohen Stufenbarren.

Hofmann, Schorndorf 1971

Tittel K., K.-H. Arndt, W. Hollmann (Hrsg.):

Sportmedizin gestern - heute - morgen.

Sportmedizinische Schriftenreihe Bd. 28.

Barth, Leipzig-Berlin-Heidelberg 1993

Tittel K.:

Die Biotypolyse und funktionelle Anatomie des Leistungssportlers.

Barth, Leipzig-Berlin-Heidelberg 1995

Tröger M., P.E. Nowacki, P. DeCastro, T. Breidenbach, H. Teschemacher:

Veränderungen des β -Endorphin-Spiegels im Plasma von Skilangläufern und untrainierten Normalpersonen bei erschöpfender körperlicher Belastung.

In: Kindermann, W., W. Hort (Hrsg.):

Sportmedizin für Breiten- und Leistungssport.

Berichtsband Deutscher Sportärztekongress Saarbrücken 16.10-19.10. 1980.

Demeter, Gräfelfing (1980), 79-84

Ueberhorst H.:

Geschichte der Leibesübung

Bartels & Wernitz, Berlin-München-Frankfurt/M. 1980

Uhlenbruch G., U. Order:

Perspektiven, Probleme und Prioritäten: Sportimmunologie die nächsten 75 Jahre ?

Dt. Z. Sportmed. (Sonderheft) 38 (1987), 1-40

Ukran M.:

Technik der Turnübung

Bartels & Wernitz, Berlin 1970

Ukran M.:

Methodik des Turntrainings (Männer).

Hofmann, Schorndorf 1975

Ukran M., L. Levan, E.A. Zemskow:

Die spezielle Ausdauerschulung von Turnern.

Leistungssport 5 (1975), 362-364

Ulmer W.U., G. Reichel, D. Nolte:

Die Lungenfunktion.

Thieme, Stuttgart 1970

Umminger W.:

Die Chronik des Sports.
Chronik, Dortmund 1990

Valerien P.:

Olympia 88. Seoul/ Calgary.
Südwest, München 1988

Vieth G.:

Versuch einer Encyclopädie der Leibesübung 2.Teil.
Berlin 1759

Wasmund U., P.E. Nowacki:

Untersuchungen über Laktatkonzentrationen im Kindesalter bei verschiedenen Belastungsformen.
Dt. Z. Sportmed. 29 (1978), 66-75

Weiss F., E. Schmid, K. Adam, P.E. Nowacki:

Biochemic studies of stress reaction of an olympic scullercrew in trainingsessions and in competitions.
In: Abstract symptomatologia aptitudinis physicae in officinae exploratoria et standardisatio eius determinationis.
Praha (1968), 107-108

Weller K. L.:

Aspekte des Gerät- und Kunstturnens aus der Sicht des Trainers.
In: Schwerdtner, H.P. (Hrsg.):
Sport und Sportmedizin - Kunstturnen.
Perimed, Erlangen 1985

Weller K.L.:

Technik und Methodik des Gerätturnens.

Schriftenreihe zur Praxis der Leibeserziehung und des Sports Bd. 153.

Hofmann, Schorndorf 1981

Wilmore J.H., D.L. Costill:

Physiology of sport and exercises

Human kinetics 1994

Yamamoto Y., M. Miyashita, R.L. Hugson, S. Tamura, M. Shinohara, Y. Mutoh:

The ventilatory threshold gives maximal lactate steady state.

Eur. J. Appl. Physiol. 63 (1991), 55-59

Zhao Z.:

Qualitative und quantitative kardiorespiratorische Reaktionen bei Trainierten in Abhängigkeit von international standardisierten fahrradspiroergometrischen Belastungsverfahren im Sitzen.

Inaug. Diss. (Dr. phil., Sportmed. Justus Liebig Universität Gießen) Johannes Gutenberg Universität Mainz (1995), 1-186

Zöfel P.:

Einführung in die moderne Datenanalyse.

Addison Wesley Longmann Verlag GmbH(unter Windows), Haar/München (1998), 290 – 292

8 ANHANG

8.1 Verzeichnis der Abbildungen

- Abb. 1: Andreas Wecker, SC Berlin, Vizeweltmeister an den Ringen 1989, 1991 und 1993, Weltmeister 1995 und Olympiasieger 1996 am Reck.
- Abb. 2: Rainer Gunne, TG Siegen/Wittgenstein, Nachwuchstalent.
- Abb. 3: Valerie Belenki, 1998 WM-Bronzemedaillegewinnerin mit der Deutschen Nationalmannschaft; 1997 Weltmeisterin am Pferd.
- Abb. 4: Riesenfelge am Reck – Wettkampf beim leistungsmedizinischen Feldversuch.
- Abb. 5: Vorbereitung auf die Landung nach dem Handstandüberschlag am Boden beim leistungsmedizinischen Feldversuch.
- Abb. 6: Ablegen aus dem Handstand am Barren beim leistungsmedizinischen Feldversuch.
- Abb. 7: Gießener körpergewichtsbezogenes Belastungsverfahren (1 W/kg KG-Methode) nach NOWACKI 1975 mit Beurteilungskriterien für männliche Probanden.
- Abb. 8: Erheben der Anamnese und Ausfüllen des speziellen Anamnesebogens.
- Abb. 9: Messung der anthropometrischen Parameter, hier: Körpergröße.
- Abb. 10: Lungenfunktionsprüfung – Vital- und 1-Sekunden-Kapazität.
- Abb. 11: Herz-Frequenzmessung des Ergo-EKGs vor, während und nach der Leistungsphase. Beobachtung jeder Herzaktion über einem EKG-Monitor.
- Abb. 12: Kompletter spiroergometrischer Meßplatz der Firma E. Jaeger/ Würzburg an der Professur für Sportmedizin der Justus-Liebig- Universität Gießen zur körperlichen, kardiozirkulatorischen und kardiorespiratorischen Funktionsdiagnostik im offenen System. Die Registrierung der Ventilationsgrößen erfolgte fortlaufend pneumotachographisch; Messung der Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentrationen in Volumen % nach der Wärmeleitmethode.
- Abb. 13: Abnahme einer arterialisierten Blutprobe in speziell präparierte Kapillaren mit einer Spezialpinzette aus dem hyperaemisierten Ohrläppchen.

- Abb. 14: Befestigen des Polar-Pulsgurtes durch das Betreuersteam vor dem Testwettkampf.
- Abb. 15: Abnahme von Blut aus der Cubitalvene während des Kunstturn-Feldversuchs durch den Leiter des Ärzte-Teams Prof. Dr. P.E. Nowacki.
- Abb. 16: Funktionsparameter der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kunstturnern nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen (1 Watt/kg KG-Methode).
- Abb. 17: Mittelwerte \pm Standardabweichungen der Herzschlagfrequenz von Landesliga Kunstturnern vor, während und nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen (1 Watt/kg KG-Methode).
- Abb. 18: Mittelwerte und Standardabweichungen des systolischen und diastolischen Blutdrucks (RR) von Landesliga Kunstturnern in Ruhe, in submaximaler Belastung bei 1W/kg-KG, 2W/kg-KG und in der Erholungsphase nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen.
- Abb. 19: Mittelwerte \pm Standardabweichungen des Laktats von Landesliga-Kunstturnern vor, während und nach erschöpfender Fahrradergometrie (1 Watt/kg KG-Methode).
- Abb. 20: Funktionsparameter der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kunstturnern nach erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen (Vergleichsgruppe Kunstturner 1995).
- Abb. 21: Mittelwerte der Herzschlagfrequenz (Hf) und des Blutdrucks (RR) von Kunstturnern vor, während und nach erschöpfender fahrradspiroergometrischer Belastung im Sitzen (Vergleichsgruppe Kunstturner 1995).
- Abb. 22: Die Mittelwertskurven und Standardabweichungen des Atemminutenvolumens (AMV), des Atemzugvolumens (AZV) und der Atemfrequenz (Af) von Landesligakunstturnern vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen (Vergleichsgruppe Kunstturner 1995).
- Abb. 23: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte der absoluten (VO_2 ml STPD) und relativen Sauerstoffaufnahme (VO_2 ml kg^{-1} min^{-1} STPD) sowie des Sauerstoffpulses (O_2/Hf ml STPD) von Kunstturnern der hessischen Spitzenklasse vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie (Vergleichsgruppe Kunstturner 1995).

- Abb. 24: Mittelwerte \pm Standardabweichungen der Herzfrequenz von Landesliga-Kunstturnern vor, während und nach einer Felduntersuchung im Rahmen eines Testwettkampfes.
- Abb. 25: Mittelwerte \pm Standardabweichungen des Blutdrucks von Landesliga-Kunstturnern vor und nach einer Felduntersuchung im Rahmen eines Turn-Testwettkampfes.
- Abb. 26: Mittelwerte \pm Standardabweichungen des Laktats von Landesliga-Kunstturnern vor, während und nach einem sportartspezifischen Testwettkampf (Felduntersuchung).
- Abb. 27: Mittelwerte \pm Standardabweichungen des Cortisols von Landesliga-Kunstturnern vor, während und nach einer Felduntersuchung im Rahmen eines Turn-Testwettkampfes.
- Abb. 28: Mittelwerte \pm Standardabweichungen der Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin von Landesliga - Kunstturnern vor, während und nach einer Felduntersuchung im Rahmen eines Testwettkampfes.
- Abb. 29: Mittelwerte und Standardabweichungen der Gesamtarbeit in Wattminuten verschiedener Sportarten bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode. Vergleichswerte nach NOWACKI 1988, 1996 zu den eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.
- Abb. 30: Mittelwerte der Herschlagfrequenz ($H_f \text{ min}^{-1}$) und des Blutdrucks (RR mmHg) von Kunstturnern der Untersuchungsgruppe II (1997) vor, während und nach erschöpfender fahrradspiroergometrischer Belastung im Sitzen nach der 1 Watt/kg KG-Methode.
- Abb. 31: Mittelwerte der Herschlagfrequenz ($H_f \text{ min}^{-1}$) und des Blutdrucks (RR mmHg) von Kunstturnern der Untersuchungsgruppe I (1995) vor, während und nach erschöpfender fahrradspiroergometrischer Belastung im Sitzen nach der 1 Watt/kg KG-Methode.
- Abb. 32: Vergleich der 5 Minuten Erholungsherzfrequenzwerte (H_f) verschiedener Sportarten im Anschluß an eine erschöpfende Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 1 W/kg KG Methode. Vergleichswerte der anderen Sportarten nach NOWACKI 1988, 1996 und den eigenen Untersuchungen.

- Abb. 33: Vergleich des durchschnittlichen maximalen Atemminutenvolumens (AMV_{max} in l/min BTPS) verschiedener Sportarten bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG Methode. Vergleichswerte nach NOWACKI 1988, 1990 zu den eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.
- Abb. 34: Vergleichende Betrachtung der maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme (VO₂_{max}) in ml/min (STPD) von Mannschaften verschiedener Sportarten nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode. Vergleichswerte nach NOWACKI 1988, 1990 zu den eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.
- Abb. 35: Vergleichende Betrachtung der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme (VO₂ ml • min⁻¹ • kg⁻¹ STPD) von Sportlern verschiedener Sportarten nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der 1 Watt/kg-KG-Methode. Vergleichswerte nach NOWACKI 1988, 1990 zu den eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.
- Abb. 36: Vergleich des durchschnittlichen maximalen Sauerstoffpulseses (max VO₂/Hf ml STPD) von Mannschaften verschiedener Sportarten nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode. Vergleichswerte nach NOWACKI 1988, 1990 zu den eigenen Untersuchungen von Kunstturnern.

8.2 Verzeichnis der Tabellen

- Tab. 1: Zusammensetzung der Ausgangsnote für eine Kürübung im Kunstturnen
- Tab. 2: Anthropometrische Daten - Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter, Größe, Gewicht, Vitalkapazität, Ein-Sekunden-Kapazität und der Trainingszeit/ Woche der Landesliga Kunstturner Gruppe II (1997) des Turngau Mittelhessen.
- Tab. 3: Anthropometrische Daten - Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter, Größe, Gewicht, Vitalkapazität, Ein-Sekunden-Kapazität und der Trainingszeit/Woche der Landesliga Kunstturner Gruppe I (1995) des Turngau Mittelhessen.
- Tab. 4: Beurteilungskriterien für die Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei der Anwendung des körperrgewichtsbezogenen Belastungsverfahrens für Männer (1 Watt/kg KG-Methode nach NOWACKI 1975, 1977, 1987).
- Tab. 5: Beurteilungskriterien der kardiozirkulatorischen Erholungszeit nach maximaler Ausbelastung für Sportler (NOWACKI 1977, 1992, 1997).
- Tab. 6: Beurteilungskriterien der kardiozirkulatorischen Erholungszeit für Sportler nach maximaler Ausbelastung (NOWACKI 1975, 1977, 1984, 1987, 1988).
- Tab 7: Klassifizierung des maximalen Atemminutenvolumens (AMV I BTPS) nach N.S. NOWACKI 1998, MOHAMMED FAROUK 1999 und eigene Ergänzungen.
- Tab. 8: Beurteilungskriterien der maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme (VO_2) in ml/min STPD für 20-40jährige Männer mit einem Durchschnittsgewicht von 75kg nach NOWACKI (1977).
- Tab. 9: Beurteilungskriterien für die maximale relative Sauerstoffaufnahme von Männern und Frauen als Kriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit. (Sauerstoffvolumen je Kilogramm Körpergewicht in ml/min STPD) P.E. NOWACKI 1987, SCHNORR u. Mitarb. 1996, N.S. NOWACKI 1998.
- Tab. 10: Laktatwerte als Ausbelastungskriterien für Erwachsene bei der Ergometrie nach MADER u. Mitarb. (1976).

8.3 Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
°	Grad
‰	Promill
AÄ	Atemäquivalent
Abb.	Abbildung
Af	Atemfrequenz
AMV	Atemminutenvolumen
ATPS	ambient temperature pressure saturated
AZV	Atemzugvolumen
Bel.	Belastung
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BTPS	body temperature pressure saturated
bzw.	Beziehungsweise
C	Celsius
ca.	circa
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxyd
CPK	Creatininphosphokinase
d.h.	das heißt
DDR	Deutsche Demokratische Republik
E	Erholung
EKG	Elektrokardiogramm
EM	Europameisterschaft
etc.	et cetera
FEV ₁	Forcierte Ein-Sekunden-Kapazität
FIG	Federation international de Gymnastique
fmol	Fentomol
FVK	Forcierte Vitalkapazität
Hf	Herzschlagfrequenz
KG	Körpergewicht
kg	Kilogramm

l	Liter
M	Mittelwert
max	maximal
mbar	Millibar
min	Minute
mkp	Millikilopont
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter Hydragerum
mmol	Millimol
n	Anzahl
O ₂	Sauerstoff
OS	Olympische Spiele
pg	pikogramm
pmol	pikomol
RQ	Respiratorischer Quotient
RR	Riva Rocci
STPD	standard temperature pressure dry
t	Zeit
Tab.	Tabelle
u.a.	unter anderem
usw.	und so weiter
VK	Vitalkapazität
VO ₂	Absolute Sauerstoffaufnahme
VO ₂ /Hf	Sauerstoffpuls
VO ₂ /kg KG	Relative Sauerstoffaufnahme
VRQ	Ventilations-Respiratorischer Quotient
W	Watt
WM	Weltmeisterschaft
z.B.	zum Beispiel

8.4 Internationale Deutsche Turnerfolge

1. Mannschaftserfolge

Olympische Spiele

<u>Gold</u>	<u>Silber</u>	<u>Bronze</u>
1896	1980 (DDR)	1964 (DDR)
1936	1988 (DDR)	1968 (DDR)
		1972 (DDR)
		1976 (DDR)

Weltmeisterschaften

Dritter Platz 1934
Dritter Platz 1970 (DDR)
Dritter Platz 1978 (DDR)
Dritter Platz 1985 (DDR)
Zweiter Platz 1989 (DDR)
Dritter Platz 1991

Europameisterschaften

Dritter Platz 1994
Dritter Platz 1998

2. Einzelerfolge:**Aquilar, Andreas (BRD)**

WM: 1989 Ringe

EM: 1989 3. Ringe

Bantz, Helmut (BRD)

OS: 1956 Sprung

WM: 1954 2. Sprung, 2.Reck, 3.Barren

EM: 1955 Barren/ 2. Ringe, 2.Sprung, 3. Mehrkampf

Bärthel, Ralph (DDR)

WM: 1978 3. Mannschaft, 3. Sprung

1979 3. Sprung

EM: 1977 Sprung/ 2. Barren

1979 2. Boden, 3. Sprung

Beckert, Franz (Deutschland)

OS: 1936 Mannschaft

WM: 1934 3. Mannschaft

Behrendt, Holger (DDR)

OS: 1988 2. Mannschaft, Ringe, 3. Reck

EM: 1989 Mehrkampf, Ringe, 3. Boden

Behrendt, Jörg (DDR)

WM: 1989 Sprung

Belenki, Valerie (Deutschland)

WM: 1994 3. Mannschaft, Ringe

WM: 1997 1. Pferd

EM: 1998 3. Mannschaft, 2. Ringe

Böcker, Conrad (Deutschland)

OS: 1896 Barren-Mannschaft, Reck-Mannschaft

Brückner, Roland (DDR)

OS: 1976 3. Mannschaft

1980 Boden/ 2. Mannschaft, 3. Sprung, 3. Barren

WM: 1978 3. Mannschaft

1979 Boden

EM: 1981 Boden

Büchner, Ralf (DDR/Deutschland)

OS: 1988 2. Mannschaft

WM: 1991 Mehrkampf, 3. Mannschaft

EM: 1992 3. Pauschenpferd

1994 3. Mannschaft

Charkow, Sergei (Deutschland)

EM: 1998 3. Mannschaft

Dickhut, Adalbert (BRD)

EM: 1955 Sprung 3. Boden

Farago, Daniel (Deutschland)

EM: 1998 3. Mannschaft

Flatow, Alfred (Deutschland)

OS: 1896 Barrenmannschaft, Reck-Mannschaft, Barren, 2. Reck

Flatow, Gustav-Felix (Deutschland)

OS: 1896 Barren-Mannschaft, Reck-Mannschaft

Franke, Mario (Deutschland)

WM: 1991 3. Mannschaft

Frey, Konrad (Deutschland)

OS: 1936 Mannschaft, Pauschenpferd, Barren/ 2. Reck, 3. Mehrkampf, 3. Boden

WM: 1934 3. Mannschaft

Gienger, Eberhard (BRD)

OS: 1976 3. Reck

WM: 1974 Reck

1978 2. Pauschenpferd, 2. Reck

1981 2. Reck

EM: 1973 Reck

1975 Reck/ 2. Mehrkampf, 3. Pauschenpferd

1977 2. Barren

1979 3. Barren

1981 Reck/ 3. Barren

Hemmann, Ralf-Peter (DDR)

OS: 1980 2. Mannschaft

WM: 1978 3. Mannschaft

1981 Sprung

Hilmar, Georg (Deutschland)

OS: 1896 Barren-Mannschaft, Reck-Mannschaft

Hofmann, Fritz (Deutschland)

OS: 1896 Barren-Mannschaft, Reck-Mannschaft/ 3. Hangeln

Hofmann, Ulf (DDR)

OS: 1988 2. Mannschaft

Köste, Klaus (DDR)

- OS: 1964 3. Mannschaft
1968 3. Mannschaft
1972 Sprung/ 3. Mannschaft
- WM: 1970 3. Mannschaft, 3. Reck
- EM: 1971 Reck/ 2. Barren, 3. Sprung
1973 Reck/ 3. Mehrkampf, 3. Boden

Kroll, Sylvio (DDR/Deutschland)

- OS: 1988 2. Mannschaft, 2. Pferdsprung
- WM: 1985 Barren/ 2. Reck, 3. Mehrkampf, 3. Mannschaft
1987 Sprung
1989 2. Mannschaft, 2. Pferdsprung
1991 3. Mannschaft
- EM: 1985 Sprung, 2. Pauschenpferd, 2. Barren

Manteuffel, Fritz (Deutschland)

- OS: 1896 Barren-Mannschaft, Reck-Mannschaft

Neukirch, Karl (Deutschland)

- OS: 1896 Barren-Mannschaft, Reck-Mannschaft

Nikiferow, Peter

- EM: 1998 3. Mannschaft

Nikolay, Michael (DDR)

- OS: 1976 3. Mannschaft, 3. Pauschenpferd
1980 2. Mannschaft, 3. Pauschenpferd
- WM: 1978 3. Mannschaft
1981 Pauschenpferd
- EM: 1977 Pauschenpferd

Nonin, Dimitri

EM: 1998 3. Mannschaft, 3. Reck

Röstel, Richard (Deutschland)

OS: 1896 Barren-Mannschaft, Reck-Mannschaft

Schuft, Gustav (Deutschland)

OS: 1896 Barren-Mannschaft. Reck-Mannschaft

Schuhmann, Carl (Deutschland)

OS: 1896 Barren-Mannschaft. Reck-Mannschaft, Sprung

Schwarzmann, Alfred (Deutschland/ BRD)

OS: 1936 Mehrkampf, Mannschaft, Sprung/ 3. Barren, 3. Reck
1952 2. Reck

Stadel, Willi (Deutschland)

OS: 1936 Mannschaft

Stangl, Innozenz (Deutschland)

OS: 1936 Mannschaft

Steffens, Walter (Deutschland)

OS: 1936 Mannschaft

WM: 1934 3. Mannschaft

Tippelt, Sven (DDR)

OS: 1988 2. Mannschaft, 3. Barren, 3. Ringe

WM: 1989 2. Mannschaft

Toba, Marius

EM: 1996 2. Ringe

Volz, Matthias (Deutschland)

OS: 1936 Mannschaft,/ 3. Ringe, 3. Sprung

Wecker, Andreas (DDR/ Deutschland)

OS: 1988 2. Mannschaft

1992 2. Reck, 3. Seitpferd, 3. Ringe

1996 1. Reck

WM: 1989 2. Mannschaft, 2. Pauschenpferd, 2. Ringe, 3. Barren

1991 3. Mannschaft, 2. Ringe

1993 3. Mehrkampf, 2. Ringe, 2. Seitpferd

1995 1. Reck

EM: 1989 2. Pauschenpferd, 2. Barren, Reck

1992 Reck

1994 2. Ringe

Weingärtner, Hermann (Deutschland)

OS: 1896 Barren-, und Reck-Mannschaft., Reck/ 2. Pauschenpf, 2. Ringe, 3. Barren

Winter, Ernst (Deutschland)

OS: 1936 Mannschaft

WM: 1934 3. Mannschaft/ Reck

8.5 Ergebnistabellen

Auf den folgenden Seiten finden sich die Ergebnistabellen I bis XII der Kunstturner der Untersuchungsgruppe I sowie XIII bis XXI der Untersuchungsgruppe II.

Name *A.N.* Alter *22,6* Vitalkapazität *5100 ml*
 Größe *176 cm* 1-Sekundenkapazität *78 %*
 Gewicht *80 kg*

	Zeit	RR	Hf	VO2	VO2/kg	VO2/Hf	AMV	O2	AÄ	CO2	VCO2	RQ	AZV	Af
	min	mm Hg	min	ml/min	ml/min	ml/min	l/min	%		%	ml/min		l	min
Ruhe	0	135/75	81	286	3,58	3,53	12,9	2,7	45,1	2,8	296	1,04	0,992	13
B e l a s t u n g	1	140/85	120	859	10,74	7,16	29,1	3,6	33,9	3	716	0,83	1,213	24
	2		101	1143	14,29	11,32	30,3	4,6	26,5	3,4	845	0,74	1,263	24
	3		131	1595	19,94	12,18	36	5,4	22,6	4	1181	0,74	1,636	22
	4	180/85	138	2150	26,88	15,58	50,4	5,2	23,4	4,1	1695	0,79	1,867	27
	5		165	2869	35,86	17,39	66	5,3	23	4,2	2274	0,79	2,357	28
	6		168	3225	40,31	19,20	75,6	5,2	23,4	4,6	2853	0,88	2,7	28
	7	190/80	180	4252	53,15	23,62	115,2	4,5	27,1	4,2	3969	0,93	2,88	40
	8		182	4503	56,29	24,74	122	4,5	27,1	4,3	4303	0,96	2,905	42
	9		192	5184	64,8	27	158	4	30,5	4,2	5444	1,05	2,981	53
	10			195	5650	70,63	28,97	168	4,1	29,7	4,3	5926	1,05	3,231
E r h o l u n g	e1	160/80	178	3347	41,84	18,80	120	3,4	35,9	4,2	4134	1,24	2,927	41
	e2	160/80	161	1953	24,41	12,13	76,8	3,1	39,3	3,8	2394	1,23	2,477	31
	e3	160/70	132	1299	16,24	9,84	52,8	3	40,6	3,8	1646	1,27	1,956	27
	e4	140/80	125	1099	13,74	8,79	43,2	3,1	39,3	3,6	1276	1,16	1,878	23
	e5	140/80	123	882	11,03	7,17	33,6	3,2	38,1	3,6	992	1,13	1,68	20
		Luftdruck			Temperatur			Luftfeuchte			Faktor			
		755 mbar			20,5° C			57%			0,8203			

Tab. I: Untersuchungsergebnisse des Probanden A.N.

Name *M.G.* Alter *15,6* Vitalkapazität *4100 ml*
 Größe *173 cm* 1-Sekundenkapazität *87 %*
 Gewicht *60 kg*

Zeit		RR	Hf	VO2	VO2/kg	VO2/Hf	AMV	O2	AÄ	CO2	VCO2	RQ	AZV	Af
min		mm Hg	min	ml/min	ml/min	ml/min	l/min	%		%	ml/min		l	min
Ruhe	0	115/70	83	312	5,20	3,76	12,6	3	40,4	2,8	291	0,93	0,573	22
B	1	125/70	122	598	9,97	4,90	23,4	3,1	39,1	2,9	560	0,94	1,3	18
e	2		125	752	12,53	6,02	24	3,8	31,9	3,3	653	0,87	1,263	19
l	3	130/70	132	1268	21,13	9,61	36,6	4,2	28,9	3,5	1057	0,83	1,83	20
a	4		137	1867	31,12	13,63	46,2	4,9	24,7	3,9	1486	0,8	2,009	23
s	5		159	2571	42,85	16,17	63,6	4,9	24,7	4,2	2203	0,86	2,65	24
t	6		165	2695	44,92	16,33	72,6	4,5	26,9	4,3	2575	0,96	2,689	27
u	7		175	3107	51,78	17,75	87,6	4,3	28,2	4,1	2963	0,95	2,92	30
n	8		182	3575	59,58	19,64	100,8	4,3	28,2	4,4	3659	1,02	3,252	31
g	9													
E														
r														
h	e1	130/80	159	2255	37,58	14,18	80,4	3,4	35,7	4	2653	1,18	2,871	28
o	e2	125/75	142	1274	21,23	8,97	46,8	3,3	36,7	3,8	1467	1,15	1,872	25
l	e3	120/70	133	915	15,25	6,88	33,6	3,3	36,7	3,7	1026	1,12	1,527	22
u	e4	115/75	115	808	13,47	7,03	28,8	3,4	35,6	3,7	879	1,09	1,309	22
n	e5	105/70	120	673	11,22	5,61	24	3,4	35,7	3,5	693	1,03	1,333	18
g														
Luftdruck				Temperatur				Luftfeuchte				Faktor		
759 mbar				19,5° C				58%				0,8249		

Tab. II: Untersuchungsergebnisse des Probanden M.G.

Name *M.S.* Alter *16,5* Vitalkapazität *4100 ml*
 Größe *175 cm* 1-Sekundenkapazität *96 %*
 Gewicht *61 kg*

	Zeit min	RR mm Hg	Hf min	VO2 ml/min	VO2/kg ml/min	VO2/Hf ml/min	AMV l/min	O2 %	AÄ	CO2 %	VCO2 ml/min	RQ	AZV l	Af min
Ruhe	0	120/65	98	371	6,13	3,79	15	3	40,4	2,8	346	0,93	0,833	18
B e l a s t u n g	1	130/75	110	450	7,44	4,09	15,6	3,5	34,7	3	386	0,86	0,975	16
	2		118	774	12,79	6,56	20,4	4,6	26,4	3,6	606	0,78	0,971	21
	3	145/80	136	1386	22,91	10,19	33,6	5	24,2	4	1109	0,8	1,292	26
	4		151	1966	32,50	13,02	50,7	4,7	25,8	4	1673	0,85	1,811	28
	5		165	2307	38,13	13,98	66,6	4,2	28,9	4	2198	0,95	2,081	32
	6		173	2851	47,12	16,48	86,4	4	30,3	4	2851	1	2,541	34
	7		186	3266	53,98	17,56	107	3,7	32,8	3,7	3266	1	2,548	42
	8		195	3394	56,10	17,41	121	3,4	35,7	3,6	3593	1,06	2,42	50
	9													
E r h o l u n g	e1	150/75	174	2548	42,12	14,64	93,6	3,3	36,7	3,7	2857	1,12	2,6	36
	e2	145/70	195	1386	22,91	7,11	60	2,8	43,3	4	1980	1,43	1,935	31
	e3	135/65	142	1109	18,33	7,81	49,8	2,7	44,9	3,2	1315	1,19	1,779	28
	e4	120/70	130	708	11,70	5,45	31,8	2,7	44,9	3,2	839	1,19	1,325	24
	e5	120/65	136	695	11,49	5,11	31,2	2,7	44,9	3	772	1,11	1,418	22
		Luftdruck		Temperatur			Luftfeuchte			Faktor				
		759 mbar		19,5° C			58%			0,8249				

Tab. III: Untersuchungsergebnisse des Probanden M.S.

Name *M.T.* Alter *22,9* Vitalkapazität *7000 ml*
 Größe *181 cm* 1-Sekundenkapazität *83 %*
 Gewicht *73 kg*

	Zeit min	RR mm Hg	Hf min	VO2 ml/min	VO2/kg ml/min	VO2/Hf ml/min	AMV l/min	O2 %	AÄ	CO2 %	VCO2 ml/min	RQ	AZV l	Af min
Ruhe	0	150/100	101	515	7,03	5,10	15	4,2	29,1	3,4	417	0,81	1,875	8
B e l a s t u n g	1	165/100	107	677	9,24	6,33	18	4,6	26,6	3,8	560	0,83	2,25	8
	2		100	945	12,98	9,45	21	5,5	22,2	3,8	653	0,69	2,33	9
	3	180/95	133	1361	18,57	10,23	26,4	6,3	19,4	4	864	0,63	2,93	9
	4		136	1855	25,31	13,64	36	6,3	19,4	4,4	1296	0,7	3	12
	5	170/85	150	2276	31,05	15,17	45,6	6,1	20	4,4	1641	0,72	2,85	16
	6		160	2827	38,57	17,67	57,6	6	20,4	5,2	2450	0,87	2,39	17
	7		177	3525	48,09	19,92	75,6	5,7	21,4	5,3	3278	0,93	3,78	20
	8		180	3976	54,24	22,09	90	5,4	22,6	5,4	3976	1	4,09	22
	9		190	4462	60,87	23,48	101	5,4	22,6	5,4	4462	1	4,04	25
	10		195	5168	70,50	26,50	134	4,7	26	5	5498	1,06	4,48	30
10:30			200	5026	68,57	25,13	154	4	30,6	4,3	5403	1,08	4,27	36
E r h o l u n g	e1	180/85	175	3122	42,59	17,84	106	3,6	34	4,3	3729	1,19	3,03	35
	e2	185/100	148	1581	21,57	10,68	55,2	3,5	34,9	4	1806	1,14	2,63	21
	e3	175/85	133	1203	16,41	9,05	42	3,5	34,9	3,9	1340	1,11	2,33	18
	e4	170/95	122	901	12,29	7,39	32,4	3,4	36	3,8	1007	1,12	2,03	16
	e5	150/95	119	701	9,56	5,89	25,2	3,4	35,9	3,6	742	1,06	2,1	12
		Luftdruck		Temperatur			Luftfeuchte			Faktor				
		754 mbar		20,0° C			58%			0,818				

Tab. IV: Untersuchungsergebnisse des Probanden M.T.

Name *M.W.* Alter *14,4* Vitalkapazität *4500 ml*
 Größe *175 cm* 1-Sekundenkapazität *81 %*
 Gewicht *59 kg*

Zeit		RR	Hf	VO2	VO2/kg	VO2/Hf	AMV	O2	AÄ	CO2	VCO2	RQ	AZV	Af
min		mm Hg	min	ml/min	ml/min	ml/min	l/min	%		%	ml/min		l	min
Ruhe	0	110/80	82	186	3,15	2,27	7,5	3	40,3	2,4	148	0,8	0,536	14
B	1	120/90	104	458	7,76	4,40	15	3,7	32,8	2,9	359	0,78	0,882	17
e	2		105	719	12,19	6,85	19,8	4,4	27,5	3,2	523	0,73	0,99	20
l	3	120/80	128	1060	17,97	8,28	25,2	5,1	23,8	3,9	811	0,76	1,05	24
a	4		134	1363	23,10	10,17	30,6	5,4	22,5	4,4	1111	0,81	1,275	24
s	5		160	1836	31,12	11,48	42	5,3	22,9	4,6	1594	0,87	1,355	31
t	6		170	2111	35,78	12,42	47,4	5,4	22,5	5	1955	0,93	1,481	32
u	7		185	2685	45,51	14,51	67,8	4,8	25,3	4,8	2685	1	1,614	42
n	8		195	3088	52,34	15,84	93,6	4	30,3	4,2	3243	1,05	1,872	50
g														
E														
r														
h	e1	140/60	165	1786	30,27	10,82	52,8	4,1	29,6	4,8	2091	1,17	1,553	34
o	e2	140/60	148	1087	18,42	7,34	36,6	3,6	33,7	4,5	1359	1,25	1,262	29
l	e3	135/65	140	849	14,39	6,06	29,4	3,5	34,6	4,5	1091	1,29	1,089	27
u	e4	140/65	132	656	11,12	4,97	23,4	3,4	35,7	4	772	1,18	0,936	25
n	e5	150/70	125	523	8,86	4,18	19,2	3,3	36,7	3,8	602	1,15	0,8	24
g														
		Luftdruck			Temperatur			Luftfeuchte			Faktor			
		759 mbar			19,5° C			58%			0,8249			

Tab. V: Untersuchungsergebnisse des Probanden M.W.

Name *N.W.* Alter *14* Vitalkapazität *3000 ml*
 Größe *163 cm* 1-Sekundenkapazität *88 %*
 Gewicht *49 kg*

Zeit		RR	Hf	VO2	VO2/kg	VO2/Hf	AMV	O2	AÄ	CO2	VCO2	RQ	AZV	Af
min		mm Hg	min	ml/min	ml/min	ml/min	l/min	%		%	ml/min		l	min
Ruhe	0	115/70	67	277	5,65	4,13	12	2,8	43,3	3	297	1,07	0,706	17
B e l a s t u n g	1	120/65	95	428	8,73	4,51	16,2	3,2	37,9	3,1	414	0,97	1,157	14
	2		95	614	12,53	6,46	18,6	4	30,3	3,4	522	0,85	0,93	20
	3	140/75	120	1047	21,37	8,73	27	4,7	25,8	3,8	846	0,81	1,08	25
	4		115	1489	30,39	12,95	38,4	4,7	25,8	4,1	1299	0,87	1,422	27
	5		145	1639	33,45	11,30	46,2	4,3	28,2	4,1	1563	0,95	1,359	34
	6		155	1915	39,08	12,35	54	4,3	28,2	4,2	1871	0,98	1,5	36
	7		180	2232	45,55	12,40	66	4,1	29,6	4,1	2232	1	1,65	40
	8		185	2633	53,73	14,23	79,8	4	30,3	4,2	2765	1,05	1,814	44
E r h o l u n g	e1	150/60	140	1784	36,41	12,74	63,6	3,4	35,7	4	2099	1,18	1,674	38
	e2	140/70	126	1043	21,29	8,28	40,8	3,1	39,1	3,8	1279	1,23	1,275	32
	e3	135/70	102	772	15,76	7,57	31,2	3	40,4	3,6	927	1,2	1,04	30
	e4	120/70	84	502	10,24	5,98	21	2,9	41,8	3,5	606	1,21	0,875	24
	e5	120/70	86	386	7,88	4,49	15,6	3	40,4	3,3	425	1,1	0,78	20
		Luftdruck			Temperatur			Luftfeuchte			Faktor			
		759 mbar			19,5° C			58%			0,8249			

Tab. VI: Untersuchungsergebnisse des Probanden N.W.

Zeit		RR	Hf	VO2	VO2/kg	VO2/Hf	AMV	O2	ÄÄ	CO2	VCO2	RQ	AZV	Af
min		mm Hg	min	ml/min	ml/min	ml/min	l/min	%		%	ml/min		l	min
Ruhe	0	140/95	67	280	3,86	4,18	11,4	3	40,7	2,8	261	0,93	0,713	16
B e l a s t u n g	1	185/100	102	739	10,19	7,25	21	4,3	28,4	3,4	584	0,79	1,105	19
	2	170/95	103	1123	15,49	10,90	26,4	5,2	23,5	3,8	821	0,73	1,257	21
	3	175/100	125	1735	23,93	13,88	37,2	5,7	21,4	4,4	1339	0,77	1,771	21
	4		123	1961	27,05	15,94	44,4	5,4	22,6	4,6	1671	0,85	1,93	23
	5	180/90	150	2439	33,64	16,26	55,2	5,4	22,6	4,7	2122	0,87	2,123	26
	6		162	3063	42,25	18,91	78	4,8	25,5	4,4	2808	0,92	2,438	32
	7		177	3377	46,58	19,08	96	4,3	28,4	4,3	3377	1	2,743	35
	8		180	4135	57,03	22,97	129,6	3,9	31,3	4,1	4360	1,05	3,086	42
	9		185	4261	58,77	23,03	148,8	3,5	34,9	3,8	4632	1,09	3,1	48
	10		195	4914	67,78	25,2	182	3,3	37	3,8	5658	1,15	3,25	56
E r h o l u n g	e1	140/80	180	3179	43,85	17,66	134	2,9	42,2	3,4	3727	1,17	2,913	46
	e2	185/80	165	2160	29,79	13,09	105,6	2,5	48,9	3	2592	1,2	2,514	42
	e3	170/90	152	1522	20,99	10,01	74,4	2,5	48,9	3	1826	1,2	1,958	38
	e4	170/90	131	1252	17,27	9,56	61,2	2,5	48,9	2,9	1452	1,16	1,913	32
	e5	170/90	124	995	13,72	8,02	46,8	2,6	47	2,6	995	1	1,8	26
		Luftdruck			Temperatur			Luftfeuchte			Faktor			
		754 mbar			20,0° C			58%			0,8181			

Tab.VII: Untersuchungsergebnisse des Probanden R.R.

Name *S.B.* Alter *21,3* Vitalkapazität *5400 ml*
 Größe *180,5 cm* 1-Sekundenkapazität *77 %*
 Gewicht *76 kg*

Zeit		RR	Hf	VO2	VO2/kg	VO2/Hf	AMV	O2	AÄ	CO2	VCO2	RQ	AZV	Af
min		mm Hg	min	ml/min	ml/min	ml/min	l/min	%		%	ml/min		l	min
Ruhe	0	1,63	53	214	2,82	4,04	9,6	2,8	44,9	2,4	183	0,86	0,64	15
B	1	160/75	111	451	5,93	4,06	16,2	3,5	35,9	3,2	412	0,91	1,08	15
e	2		86	633	8,33	7,36	17,7	4,5	28	3,7	521	0,82	1,106	16
l	3	150/80	122	1262	16,61	10,34	29,4	5,4	23,3	4,3	1005	0,8	1,729	17
a	4		127	1770	23,29	13,94	38,4	5,8	21,7	4,8	1465	0,83	1,92	20
s	5		147	1743	22,93	11,86	37,8	5,8	21,7	5,2	1562	0,9	1,718	22
t	6		153	2036	26,79	13,31	42	6,1	20,6	5,6	1869	0,92	1,75	24
u	7		169	2720	35,79	16,09	55,2	6,2	20,3	6	2632	0,97	2,208	25
n	8		175	3084	40,58	17,62	63,6	6,1	20,6	6,4	3235	1,05	2,12	30
g	9		180	3605	47,43	20,03	84	5,4	23,3	6,2	4139	1,15	2,333	36
E														
r														
h	e1	165/80	159	2505	32,96	15,75	61,8	5,1	24,7	6,2	3045	1,22	2,289	27
o	e2	155/70	148	1564	20,58	10,57	49,2	4	31,5	5,2	2033	1,3	2,05	24
l	e3	150/65	120	1059	13,93	8,83	36	3,7	34	4,8	1373	1,3	1,714	21
u	e4	140/60	108	829	10,91	7,68	28,2	3,7	34	4,6	1031	1,24	1,41	20
n	e5	140/65	101	797	10,49	7,89	26,4	3,8	33,1	4,4	923	1,16	1,467	18
g														
		Luftdruck		Temperatur			Luftfeuchte			Faktor				
		733 mbar		19,5° C			64 %			0,7948				

Tab. VIII: Untersuchungsergebnisse des Probanden S.B.

Name **T.B.** Alter **20** Vitalkapazität **6700 ml**
 Größe **177,5 cm** 1-Sekundenkapazität **89 %**
 Gewicht **70 kg**

	Zeit min	RR mm Hg	Hf min	VO2 ml/min	VO2/kg ml/min	VO2/Hf ml/min	AMV l/min	O2 %	AÄ	CO2 %	VCO2 ml/min	RQ	AZV l	Af min
Ruhe	0	125/80	76	480	6,86	6,32	15,3	3,8	31,9	3,4	429	0,89	0,805	19
B e l a s t u n g	1	130/90	120	731	10,44	6,09	21,6	4,1	29,5	3,7	659	0,9	1,271	17
	2		120	1093	15,61	9,11	27,6	4,8	25,3	4,3	979	0,9	1,453	19
	3	140/90	135	1388	19,83	10,28	33	5,1	23,8	4,6	1252	0,9	1,571	21
	4		145	1879	26,84	12,96	43,8	5,2	23,3	4,8	1734	0,92	2,086	21
	5		160	2188	31,26	13,68	51	5,2	23,3	5	2103	0,96	2,04	25
	6	180	2777	39,67	15,43	66	5,1	23,8	5,2	2831	1,02	2,538	26	
	7	195	3298	47,11	16,91	81,6	4,9	24,7	5,2	3500	1,06	2,814	29	
	8	200	4062	58,03	20,31	102,6	4,8	25,3	5,2	4401	1,08	3,42	30	
	9	200	4221	60,30	21,11	124,8	4,1	29,6	5	5147	1,22	3,467	36	
E r h o l u n g	e1	160/65	180	2760	39,43	15,33	98,4	3,4	35,7	4,6	3734	1,35	3,075	32
	e2	165/50	160	1435	20,50	8,97	60	2,9	41,8	4	1980	1,38	2,222	27
	e3	145/70	145	1025	14,64	7,07	41,4	3	40,4	3,8	1298	1,27	1,656	25
	e4	150/60	135	969	13,84	7,18	40,5	2,9	41,8	3,8	1270	1,31	1,688	24
	e5	140/60	130	859	12,27	6,61	37,2	2,8	43,3	3,6	1105	1,29	1,958	19
			Luftdruck	Temperatur			Luftfeuchte			Faktor				
			759 mbar	19,5° C			58%			0,8249				

Tab. IX: Untersuchungsergebnisse des Probanden T.B.

Name **T.W.** Alter **21,7** Vitalkapazität **5600 ml**
 Größe **179 cm** 1-Sekundenkapazität **90 %**
 Gewicht **87 kg**

Zeit		RR	Hf	VO2	VO2/kg	VO2/Hf	AMV	O2	AÄ	CO2	VCO2	RQ	AZV	Af	
min		mm Hg	min	ml/min	ml/min	ml/min	l/min	%		%	ml/min		l	min	
Ruhe	0	135/85	48	236	2,71	4,92	9	3,2	38,1	2,8	206	0,88	1	9	
Belastung	B	140/95	79	745	8,56	9,43	19,8	4,6	26,6	3,6	583	0,78	1,238	16	
	e		85	989	11,37	11,64	22,8	5,3	23,1	4,1	765	0,77	1,425	16	
	l	185/110	111	1399	16,08	12,60	30	5,7	21,4	4,8	1178	0,84	2	15	
	a		123	2014	23,15	16,37	43,2	5,7	21,4	5,2	1838	0,91	2,541	17	
	s	195/105	143	2757	31,69	19,28	62,4	5,4	22,6	5,2	2655	0,96	3,12	20	
	t		154	3004	34,53	19,51	81,6	4,5	27,2	5,1	3405	1,13	3,138	26	
	u		162	3470	39,89	21,42	101	4,2	29,1	4,9	4049	1,17	3,156	32	
	n	8													
	g	9													
Erholung	e1	200/85	146	2898	33,31	19,85	86,4	4,1	29,8	4,6	3251	1,12	2,979	29	
	e2	195/85	117	1503	17,28	12,85	57,4	3,2	38,2	4,4	2066	1,38	2,296	25	
	e3	175/90	107	1060	12,18	9,91	43,2	3	40,8	4	1414	1,33	1,964	22	
	e4	155/85	92	766	8,80	8,33	31,2	3	40,7	3,9	995	1,3	1,642	19	
	e5	145/85	91	487	5,60	5,35	19,2	3,1	39,4	3,8	597	1,23	1,477	13	
		Luftdruck		Temperatur			Luftfeuchte			Faktor					
		754 mbar		20,0° C			58%			0,8181					

Tab. X: Untersuchungsergebnisse des Probanden T.W.

Name **W.F.** Alter **22,7** Vitalkapazität **3700ml**
 Größe **172 cm** 1-Sekundenkapazität **91%**
 Gewicht **64 kg**

Zeit		RR	Hf	VO2	VO2/kg	VO2/Hf	AMV	O2	AÄ	CO2	VCO2	RQ	AZV	Af
min		mm Hg	min	ml/min	ml/min	ml/min	l/min	%		%	ml/min		l	min
Ruhe	0	135/80	78	637	9,89	8,17	22,2	3,5	34,9	3,1	565	0,89	1,009	22
B	1	140/80	95	478	7,42	5,03	16,2	3,6	33,9	3,2	425	0,89	1,473	11
e	2		102	720	11,18	7,06	20,4	4,3	28,3	3,4	569	0,79	1,36	15
l	3	140/90	114	1180	18,32	10,35	28,2	5,1	23,9	4	925	0,78	1,484	19
a	4		114	1651	25,64	14,48	36,6	5,5	22,2	4,3	1291	0,78	1,664	22
s	5		136	1993	30,95	14,65	45	5,4	22,6	4,2	1550	0,78	1,8	25
t	6		142	2445	37,97	17,22	55,2	5,4	22,6	4,9	2219	0,91	2,123	26
u	7		150	2869	44,55	19,13	66	5,3	23	4,9	2653	0,92	2,063	32
n	8		165	3685	57,22	22,33	93,6	4,8	25,4	4,6	3532	0,96	2,463	38
g	9		184	4626	71,83	25,14	120	4,7	25,9	4,6	4528	0,98	1,818	66
E														
r														
h	e1	160/70	146	2394	37,17	16,40	76,8	3,8	32,1	4,5	2835	1,18	2,56	30
o	e2	165/85	128	1481	23,00	11,57	51,6	3,5	34,8	4,2	1778	1,2	2,15	24
l	e3	155/80	119	1138	17,67	9,56	40,8	3,4	35,9	3,8	1272	1,12	1,7	24
u	e4	140/85	113	999	15,51	8,84	34,8	3,5	34,8	3,8	1085	1,09	1,582	22
n	e5	140/80	110	820	12,73	7,45	29,4	3,4	35,9	3,7	892	1,09	1,633	18
g														
			Luftdruck		Temperatur			Luftfeuchte			Faktor			
			755 mbar		20,5° C			57 %			0,8203			

Tab. XI: Untersuchungsergebnisse des Probanden W.F.

Name **W.N.** Alter **25,8** Vitalkapazität **4800 ml**
 Größe **180 cm** l-Sekundenkapazität **94 %**
 Gewicht **79 kg**

	Zeit	RR	Hf	VO2	VO2/kg	VO2/Hf	AMV	O2	AÄ	CO2	VCO2	RQ	AZV	Af
	min	mm Hg	min	ml/min	ml/min	ml/min	l/min	%		%	ml/min		l	min
Ruhe	0	130/85	63	393	5,01	6,24	12,6	3,8	32,1	3,8	393	1	1,8	7
B e l a s t u n g	1	140/85	103	606	7,72	5,88	16,8	4,4	27,7	3,8	524	0,86	1,4	12
	2		113	965	12,29	8,54	22,2	5,3	23	4,3	783	0,81	1,708	13
	3	190/80	143	1381	17,59	9,66	30,6	5,5	22,2	4,4	1104	0,8	1,913	16
	4		138	1741	22,18	12,62	36,6	5,8	21	4,8	1441	0,83	2,288	16
	5	190/80	167	2713	34,56	16,25	63,6	5,2	23,4	4,6	2400	0,88	2,544	25
	6		174	2929	37,31	16,83	74,4	4,8	25,4	4,8	2929	1	2,862	26
	7	200/80	184	3465	44,14	18,83	96	4,4	27,7	4,7	3701	1,07	3,097	31
	8		187	3877	49,39	20,73	121,2	3,9	31,3	4,4	4374	1,13	3,367	36
	9		193	4407	56,14	22,83	158	3,4	35,9	3,9	5055	1,15	3,038	52
E r h o l u n g	e1	170/50	179	3360	42,80	18,77	120	2,8	43,54	3,6	4320	1,29	2,6087	46
	e2	180/70	162	1940	24,71	11,98	87,6	2,7	45,2	3,4	2978	1,26	2,826	31
	e3	150/50	137	1343	17,11	9,80	52,8	3,1	39,3	3,6	1559	1,16	2,514	21
	e4	150/70	132	1104	14,06	8,36	39,6	3,4	35,9	3,8	1234	1,12	2,084	19
	e5	140/70	124	801	10,20	6,46	26,4	3,7	33	3,8	823	1,03	2,2	12
		Luftdruck		Temperatur			Luftfeuchte			Faktor				
		755 mbar		20,5° C			57%			0,8203				

Tab. XII: Untersuchungsergebnisse des Probanden W.N.

Name: *A.B.* Größe: *177 cm*
 Alter: *23* Gewicht: *72 kg*
 Vitalkapazität: *5300 ml*
 1-Sekundenkapazität: *80 %*

	Zeit	RR	Hf	Laktat
	min	mm Hg	min	mmol
Ruhe	0	130/90	65	1,17
B e l a s t u n g	1	155/85	107	
	2		102	
	3	155/80	118	
	4		122	2,69
	5		154	
	6		156	4,51
	7		175	
	8		181	
	9		189	11,28
E r h o l u n g	e1	165/60	161	
	e2	140/70	132	
	e3	140/75	130	9,81
	e4	140/75	116	
	e5	130/75	108	

Tab. XIII: Untersuchungsergebnisse des Probanden A.B.

Name: *H.E.* Größe: *177 cm*
 Alter: *18* Gewicht: *65 kg*
 Vitalkapazität: *5100 ml*
 1-Sekundenkapazität: *88 %*

	Zeit	RR	Hf	Laktat
	min	mm Hg	min	mmol
Ruhe	0	110/80	83	0,9
B e l a s t u n g	1	130/80	115	
	2		114	
	3	160/80	134	
	4		137	2,22
	5		154	
	6		164	4,06
	7		174	
	8		177	
	9		184	15,16
E r h o l u n g	e1	110/60	172	
	e2	135/60	160	
	e3	120/60	149	13,6
	e4	120/50	136	
	e5	100/50	126	

Tab. XIV: Untersuchungsergebnisse des Probanden H.E.

Name: *M.F.* Größe: *172 cm*
 Alter: *18* Gewicht: *62 kg*
 Vitalkapazität: *4700 ml*
 1-Sekundenkapazität: *95 %*

	Zeit	RR	Hf	Laktat
	min	mm Hg	min	mmol
Ruhe	0	115/90	86	2,31
B e l a s t u n g	1	155/75	110	
	2		108	
	3	165/70	112	
	4		124	3,38
	5		138	
	6		150	7,38
	7		171	
	8		184	11,33
	9			
E r h o l u n g	e1	220/70	151	
	e2	180/70	134	
	e3	160/70	121	13,57
	e4	140/65	103	
	e5	130/60	95	

Tab. XV: Untersuchungsergebnisse des Probanden M.F.

Name: **M.R.** Größe: **177 cm**
 Alter: **17** Gewicht: **62 kg**
 Vitalkapazität: **5400 ml**
 1-Sekundenkapazität: **89 %**

Name: **M.S.** Größe: **170 cm**
 Alter: **21** Gewicht: **68 kg**
 Vitalkapazität: **5000 ml**
 1-Sekundenkapazität: **81 %**

Name: **M.T.** Größe: **181 cm**
 Alter: **27** Gewicht: **72 kg**
 Vitalkapazität: **7000 ml**
 1-Sekundenkapazität: **85 %**

	Zeit min	RR mm Hg	Hf min	Laktat mmol
Ruhe	0	130/75	52	0,84
B e l a s t u n g	1	130/90	98	
	2		92	
	3	155/90	118	
	4		120	1,58
	5		145	
	6		150	3,27
	7		165	
	8		170	
	9		185	9,61
E r h o l u n g	e1	170/65	160	
	e2	145/75	130	
	e3	130/80	115	11,03
	e4	120/75	105	
	e5	120/75	100	

Tab. XVI: Untersuchungsergebnisse des Probanden M.R.

	Zeit min	RR mm Hg	Hf min	Laktat mmol
Ruhe	0	115/85	97	2,03
B e l a s t u n g	1	130/85	117	
	2		115	
	3	170/85	147	
	4		150	3,07
	5		170	
	6		175	7
	7		185	
	8		190	9,54
	9			
E r h o l u n g	e1	200/60	165	
	e2	190/65	150	
	e3	180/60	145	15,51
	e4	165/65	127	
	e5	155/65	125	

Tab. XVII: Untersuchungsergebnisse des Probanden M.S.

	Zeit min	RR mm Hg	Hf min	Laktat mmol
Ruhe	0	135/85	85	2,59
B e l a s t u n g	1	180/90	99	
	2		135	
	3	190/80	155	
	4		175	2,32
	5		178	
	6		182	4,59
	7		191	
	8		192	10,3
	9			
E r h o l u n g	e1	160/80	171	
	e2	185/80	155	
	e3	170/90	143	13,46
	e4	150/95	129	
	e5	150/95	127	

Tab. XVIII: Untersuchungsergebnisse des Probanden M.T.

Name: *N.K.* Größe: *172 cm*
 Alter: *16* Gewicht: *62 kg*
 Vitalkapazität: *3900 ml*
 1-Sekundenkapazität: *83 %*

Name: *R.M.* Größe: *173 cm*
 Alter: *18* Gewicht: *70 kg*
 Vitalkapazität: *5100 ml*
 1-Sekundenkapazität: *94 %*

Name: *W.N.* Größe: *179 cm*
 Alter: *30* Gewicht: *77 kg*
 Vitalkapazität: *5300 ml*
 1-Sekundenkapazität: *99 %*

	Zeit min	RR mm Hg	Hf min	Laktat mmol
Ruhe	0	125/85	68	0,97
B e l a s t u n g	1	145/95	125	
	2		110	
	3	150/95	135	
	4		140	3,59
	5		160	
	6		160	4,23
	7		171	
	8		180	
	9		195	11,13
E r h o l u n g	e1	170/80	169	
	e2	160/75	158	
	e3	140/70	133	15,8
	e4	120/55	122	
	e5	115/55	118	

	Zeit min	RR mm Hg	Hf min	Laktat mmol
Ruhe	0	115/70	86	1,2
B e l a s t u n g	1	110/60	110	
	2		115	
	3	145/75	140	
	4		150	2
	5	1,75	160	
	6		170	4,84
	7		180	
	8		185	9,7
	9			
E r h o l u n g	e1	140/70	165	
	e2	140/65	140	
	e3	120/65	125	8,05
	e4	120/70	115	
	e5	115/70	115	

	Zeit min	RR mm Hg	Hf min	Laktat mmol
Ruhe	0	130/100	62	2,01
B e l a s t u n g	1	170/100	97	
	2		106	
	3	210/115	101	
	4		124	2,6
	5		151	
	6		168	4,27
	7		176	
	8		185	
	9		195	6,77
E r h o l u n g	e1	200/70	171	
	e2	190/80	151	
	e3	195/80	140	5,57
	e4	180/90	128	
	e5	170/80	124	

Tab. XIX: Untersuchungsergebnisse des Probanden N.K.

Tab. XX: Untersuchungsergebnisse des Probanden R.M.

Tab. XXI: Untersuchungsergebnisse des Probanden W.N.

Für die freundliche Überlassung des Themas der vorliegenden Dissertation und die engagierte Betreuung während der Erstellung dieser Arbeit möchte ich dem Leiter des Lehrstuhls für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Giessen, Herrn Univ.- Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki, herzlich danken.

Ferner danke ich dem Untersuchungsteam des Lehrstuhls für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Giessen, ohne deren tatkräftige Unterstützung die umfangreichen praktischen Untersuchungen nicht möglich gewesen wären.

Weiterhin danke ich meiner Familie und meinen Freunden, die immer hinter mir standen.

Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig 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.

LEBENS LAUF

Name: Dennys Matthias Ottokar Sawellion

Geburtsdatum: 04. April 1966
Geburtsort: Gießen
Familienstand: ledig

Eltern: Heinz Jürgen Sawellion
Christine Sawellion (geb. Pichl)

Geschwister: Peter 1959, Anette 1968

Schulbildung:
1972 - 1976 Grundschule Gießen West
1976 - 1985 Herderschule Gießen **Abitur**

Berufsausbildung:
1985 - 1987 **Versicherungskaufmann** bei der Colonia Versicherung in Frankfurt/Main, **Kaufmannsgehilfe**.

Studium:
1987 - 1989 **Betriebswirtschaftslehre** an der JLU Gießen (Vordiplom).
1988 - 1995 **Sport- und Musikwissenschaften, Psychologie** an der JLU Gießen, **Magister**.
1989 - 1990 **Stipendium** für **Marketing, Sportsbusiness, Musik** an der University of Columbia, South Carolina, USA.
1993 - 1996 **Politikwissenschaft, Sportpädagogik, pädagogische Psychologie** an der JLU Gießen, **1. Staatsexamen**.
1995 - 1997 **Text und Mediengermanistik** an der JLU Gießen, **Magister** (Erweiterungsprüfung).
1997 – 1999 Künstlerisch-Wissenschaftliches Lehramt an Gymnasien, **Musik** an der Gesamthochschule Kassel, **1. Staatsexamen** (Erweiterungsprüfung).
1998 – 2000 Lehramt an Gymnasien, **Deutsch** an der JLU Gießen, **1. Staatsexamen** (Erweiterungsprüfung).
1998 – 2000 **Pädagogischer Vorbereitungsdienst** am Studienseminar Siegen, **2. Staatsexamen**

Wissenschaftliche Tätigkeit:
1995-2000 **Wissenschaftlicher Mitarbeiter/Doktorand**
Institut für Sportwissenschaft
Lehrstuhl für Sportmedizin der JLU-Gießen
1996 – 2000 Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur an der JLU Gießen.
April – September 1997 **Lehrauftrag** für Filmmusik an der JLU Gießen

Berufstätigkeit:
Februar – Juni 2000 **Studien-Assessor** an der Herderschule in Gießen
Seit August 2000 **Studienrat z.A.** an der Herderschule in Gießen