

IPN-Test® - Ausdauer-Test für den Fitness- und Gesundheitssport

Zusammenfassung

Der seit 1994 im Fitness- und Gesundheitssport eingesetzte IPN-Test® stellt eine Weiterentwicklung des 2- bzw. 4-Stufentests nach LAGERSTRØM (1990) dar. Der Ergometer-Test wird anhand individueller Angaben (Alter, Geschlecht, Gewicht, Trainingshäufigkeit, Ruheherzfrequenz) und auf der Grundlage des individuellen Testziels/Abbruchkriteriums (aerobe Kapazität) durchgeführt. Gemessen wird die hierbei aerob erreichte Leistung in Watt pro Kilogramm Körpergewicht, ohne dass dabei - wie üblich - eine Ausbelastung erforderlich wird. Die gemessene aerobe Leistungsfähigkeit wird mit einer alters-/geschlechtsspezifischen Norm-Soll-Leistungstabelle verglichen. Diese Bewertung stellt ihrerseits die Grundlage für die Festlegung der Trainingsherzfrequenzen für das jeweilige aerobe Ausdauertraining bzw. das Fettstoffwechseltraining dar. Wissenschaftliche Studien und eine ausgiebige Erprobung belegen die hohe Praxistauglichkeit und Zuverlässigkeit dieser Trainingsempfehlungen.

Insofern stellt der IPN-Test® eine Alternative zu bisherigen Ausdauer-Tests wie z.B. dem weit verbreiteten PWC-Test dar, da neben dem Verzicht auf eine Ausbelastung auch eine zuverlässige Identifizierung der individuellen aeroben Kapazität möglich ist. Kennzeichen des IPN-Test® sind a) die Festlegung eines individuellen Abbruchkriteriums, b) die Zuweisung des passenden Belastungsschemas, c) die Orientierung an einer Norm-Soll-Leistung sowie d) die konsequente Verwertung der Ergebnisse für individuelle sportart- und trainingsspezifische Trainingsempfehlungen. Der Zielgruppenbereich des Tests erstreckt sich über das gesamte Einsatzfeld der Ausdauer-Testung im präventiven, Breitensportlichen und mit Einschränkung auch rehabilitativen Segment. Vergleichsstudien mit Laktatkontrolle bescheinigen dem IPN-Test® eine hohe Zuverlässigkeit. Der Test erhebt jedoch keineswegs den Anspruch, die Genauigkeit aufwendigerer und noch exakterer Messungen und Beurteilungsverfahren wie z.B. die Spiroergometrie/Laktatdiagnostik zu erreichen bzw. diese ersetzen zu können.

1. Hintergrund und Entwicklung

Tests zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit spielen seit der Etablierung der Sportmedizin bzw. der Sportwissenschaft eine zentrale Rolle. Standen ursprünglich die Leistungsdiagnostik im Spitzensport und in der Rehabilitation im Vordergrund, bilden heute vermehrt breiten- bzw. gesundheitsportliche Segmente den Mittelpunkt des Interesses. In diesem Einsatzfeld sind eine Reihe spezifischer Gegebenheiten und Zielsetzungen zu berücksichtigen, die eine u.U. risikoträchtige Ausbelastung überflüssig machen bzw. in manchen Fällen gar verbieten. Nicht die Maximalleistung sondern die aerobe Kapazität und deren Optimierung stehen bei diesen Zielgruppen an erster Stelle. Insgesamt betrachtet sollen Ausdauerests auf einfache und risikoarme Weise eine Bewertung des Ausdauerleistungsvermögens erlauben sowie Informationen zur individuellen Trainingssteuerung liefern. Wiederholungstests informieren über den Trainingsfortschritt, schaffen die Grundlage für eine Anpassung der Trainingsempfehlungen und erhalten/verbessern die Motivation.

Aufgrund der obigen Erwägungen entwickelte Ende der 80-er Jahre die Arbeitsgruppe um Lagerström an der Deutschen Sporthochschule Köln den 2- bzw. 4-Stufentest, mit dem Ziel, ein zeitsparendes und zugleich aussagekräftiges Screeningverfahren zur Beurteilung der aeroben Leistungsfähigkeit zu etablieren. Kennzeichnend für die Tests ist, dass sie anhand alters- und geschlechtsbezogener Norm-Soll-Leistungsvorgaben und den individuellen Belastungsreaktionen (z.B. Herzfrequenz und Atmung) eine genaue Bewertung ohne eine Ausbelastung erlauben. Diese Form der Ausdauerestung wurden Anfang der 90-iger Jahre vom Institut für Prävention und Nachsorge (IPN) dahingehend weiterentwickelt, dass nun auch etablierte Belastungsschemata (z.B. WHO und Hollmann/Venrath) zur Durchführung des Tests herangezogen werden können. Die Beibehaltung der ursprünglichen Testkonzeption bringt weiterhin eine eindeutige Abgrenzung zum weitverbreiteten PWC-Test mit sich, indem individuelle statt pauschale Lösungen zum Einsatz kommen (je nach Alter, Geschlecht, Gewicht, Trainingshäufigkeit und Ruheherzfrequenz wird eine individuelle Zielvorgabe für den Test definiert). Die solchermaßen erzielten Ergebnisse werden dann mit Norm-Soll-Leistungen (für gesunde, durchschnittlich trainierte Menschen) verglichen und bewertet. Hiernach sollte beispielsweise ein 30-jähriger Mann eine **maximale Leistung** von 3 Watt pro Kilogramm Körpergewicht erreichen (Frauen entsprechend 2,5 Watt). Da die aerobe Kapazität bei Ausdauertrainierten mit etwa 2/3 dieser Maximal-Leistung veranschlagt werden kann, dient eine „**Zwei-Drittel-Leistung**“ als Orientierung für die Bewertung des Ausdauerleistungsvermögens unter Berücksichtigung der bekannten Altersabschläge.

2. Testvoraussetzungen

Der Testleiter muss sich vor der Durchführung eines jeden sportmotorischen Tests, insbesondere der Ausdauerestung, ein möglichst genaues Bild über die konstitutionellen und gesundheitlichen Voraussetzungen des Kunden verschaffen. Bei Personen jenseits 35 Jahren wird von ärztlicher Seite grundsätzlich eine Belastungsuntersuchung angeraten. Es gelten ferner die allgemeinen Bedingungen und Kontraindikationen der Fahrradergometrie (Tab. 1). Das Testgerät sollte geeicht sein und eine Dosiergenauigkeit in ca. 5 Watt-Schritten besitzen. Programmierbare Ergometer sowie (integrierte) Pulsmesser mit Brustableitung erleichtern das Testhandling. Die Herzfrequenzwerte sollten nach Möglichkeit kontinuierlich erfasst werden. Auf jeden Fall erforderlich sind die Herzfrequenzen innerhalb der letzten Sekunden einer jeden Belastungsstufe, die protokolliert und ausgewertet werden.

Testvoraussetzungen

- Bereitstellung eines geeigneten Fahrradergometers, z.B. mit Ausweisung „für therapeutische Zwecke geeignet“
- Erfassung möglicher Kontraindikationen
- Berücksichtigung möglicher externer Beeinflussungsfaktoren wie Wetter/Klima, Raumtemperatur, psychische Verfassung/Emotionen, Medikation
- Bei Personen jenseits 35 Jahren wird vor der Durchführung des Tests generell zu einer ärztlichen Belastungsuntersuchung geraten. Im Zweifel stets den Arzt befragen

Geplantes Testende

- Überschreiten der festgelegten Herzfrequenzobergrenze (die jeweilige Belastungsstufe wird noch zu Ende gefahren)

Spezielle Abbruchkriterien

- muskuläre Erschöpfung
- subjektives Schwächegefühl
- Blässe
- Atemnot
- weitere spezifische Abbruchkriterien der Fahrradergometrie

Tabelle 1: Testvoraussetzungen und Abbruchkriterien beim Ergometertest

3. Ablauf

3.1. Individuelle Vor-Einstufung

Anhand der Ergebnisse der Eingangsbefragung (ausdauerrelevante Aktivitäten, derzeitiger Fitness-Zustand) sowie unter Berücksichtigung der Ruheherzfrequenz (RHF) wird zunächst eine Voreinstufung für den Ergometertest vorgenommen. Der individuell ermittelte Wert dient in der Folge als Ziel-Herzfrequenz (= Abbruchkriterium) des IPN-Test[®]. Wie aus Tab. 2 ersehen werden kann, ergibt sich auf diese Weise ein Spektrum zwischen 105 bis 160 Schlägen, das in 5er-Schritten mit 12 unterschiedlichen Zielfrequenzen engmaschig abgedeckt ist.

Beispiel: 45-jähriger Mann, treibt regelmäßig 2x wöchentlich ausdauerrelevanten Sport (Gesamtumfang < 1 Stunden pro Woche), Ruheherzfrequenz 76, Körpergewicht 84 kg. Einstufung: Trainingsherzfrequenz (THF) laut Tabelle: 135 (kein Aufschlag, da „wenig Ausdauersport“).

Der in unserem Beispiel ermittelte Wert von 135 Schlägen definiert das Ende des kalkulierten, individuell relevanten Belastungsbereiches in der Voreinstufung und fungiert gleichzeitig als Abbruchkriterium. Generelle Anmerkung: hohe Ruhe-Herzfrequenzen können also durchaus auch zu erhöhten Voreinstufungen führen, obwohl diese in aller Regel Ausdruck eines unzureichenden

Ausdauertrainingszustandes sind. Dies liegt daran, dass der Test (bzw. alle Belastungen) bei diesen Personen auch von einem höheren Ausgangswert beginnt und sich die Belastungskurve entsprechend verschiebt.

Anmerkung zur Ermittlung der Ruhe-Herzfrequenz: Diese sollte unter Ruhebedingungen (am besten morgens vor dem Aufstehen) ermittelt und mehrfach kontrolliert werden. Im Trainings-Alltag (z.B. Fitness-Studio) sind diese Bedingungen bei vielen Menschen nicht gegeben. Aus diesem Grunde sollte durch den Einsatz eines Herzfrequenzmessgerätes (möglichst mit Brustableitung) im häuslichen Bereich eine Objektivierung hergestellt werden.

1. Schritt: Voreinstufung nach Ruheherzfrequenz und Lebensalter

RHF/Alter	< 20	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	≥ 70
< 50	140	135	130	125	115	110	105
50-59	145	140	135	125	120	115	110
60-69	145	145	135	130	125	120	115
70-79	150	145	140	135	130	125	120
80-89	155	150	145	140	135	125	125
≥ 90	160	155	150	145	135	130	125

2. Schritt: Voreinstufung unter zusätzlicher Berücksichtigung der Trainingshäufigkeit (ausdauerrelevante Aktivitäten)

Sporttyp	Mindesthäufigkeit / Woche (Einheiten)	Stunden/ Woche	Aufschlag
überhaupt kein Ausdauertraining	-	-	-
wenig Ausdauertraining	1-2 mal	≤ 1 Stunde	-
moderat Ausdauertraining	2-3 mal	1-2 Stunden	plus 5
viel Ausdauertraining	3-4 mal	2-4 Stunden	plus 10
sehr viel Ausdauertraining	> 4 mal	> 4 Stunden	plus 15

Tabelle 2: Voreinstufung für den IPN-Test®: Definition des Ziel-/Abbruchkriteriums

3.2. Festlegen des Belastungsschemas

Im nächsten Schritt wird das Stufenschema für den Ergometertest ausgewählt. Im Gesundheits- und Breitensport eignen sich vor allem das WHO-Verfahren (25 Watt als Anfangswiderstand, 25 Watt Steigerung alle 2 Minuten) sowie das Hollmann/Venrath-Schema (30 Watt Anfangswiderstand und 40 Watt Steigerung alle 3 Minuten). Die Zuteilung erfolgt beim IPN-Test® nicht willkürlich sondern rechnerisch auf Basis der Norm-Soll-Tabelle. Da die ausgewählte Ziel-Herzfrequenz frühestens ab ca. 10 Minuten erreicht werden soll, bedeutet dies, dass beim Hollmann-Venrath Schema auf der 4. Stufe 150 Watt bewältigt werden müssen (Abbildung 1).

In unserem Beispiel (eines 45-jährigen, 84 kg schweren Mannes mit wenig Ausdauertraining) würde dies eine Belastung von 1,78 Watt pro Kilogramm Körpergewicht darstellen, die laut Tabelle eine mindestens moderate Ausdauerbetätigung voraussetzt. Da aber nur wenig Sport betrieben wird, entsprechend lediglich 1,45 Watt/kg Körpergewicht veranschlagt werden und das zugehörige

Grenzwert von mindestens 103,8 kg deutlich unterschritten wird, kommt das „sanftere“ WHO-Belastungsschema zum Einsatz.

Grundsätzlich soll die Tabelle so angewendet werden, dass die aufgeführten Grenzwerte als Mindestgewicht gelten, um das Hollman-Venrath-Belastungsschema zu wählen, bei darunter liegenden Werten ist normalerweise das WHO-Verfahren zu nutzen.

MÄNNER

Trainingshäufigkeit	< 30	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	ab 60
kein Ausdauertraining	1,45	1,38	1,31	1,23	1,16	1,09	1,02	0,94
	103,6	108,7	114,5	121,95	129,31	137,61	147,1	159,6
wenig Ausdauertraining	1,70	1,62	1,53	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
	88,3	92,9	98,0	103,8	110,3	117,7	126,1	135,8
moderat Ausdauertraining	2,00	1,90	1,80	1,70	1,60	1,50	1,40	1,30
	75,00	79,0	83,3	88,2	93,8	100,00	107,1	115,4
viel Ausdauertraining	3,00	2,85	2,70	2,55	2,40	2,25	2,10	1,95
	50,0	52,6	55,6	58,8	62,5	66,7	71,4	76,9
sehr viel Ausdauertraining	4,00	3,80	3,60	3,40	3,20	3,00	2,80	2,60
	(37,5)	(39,5)	(41,7)	(44,1)	(46,9)	50,00	53,6	57,7

FRAUEN

Trainingshäufigkeit	< 30	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	ab 60
kein Ausdauertraining	1,15	1,09	1,04	0,98	0,92	0,86	0,81	0,75
	130,4	137,6	(144,2)	(153,1)	(163,0)	(174,4)	(185,2)	(200,0)
wenig Ausdauertraining	1,40	1,32	1,23	1,15	1,06	0,98	0,89	0,81
	107,1	114,1	122,0	131,0	141,5	153,9	168,5	186,3
moderat Ausdauertraining	1,70	1,58	1,46	1,34	1,22	1,10	0,98	0,86
	88,2	94,9	102,7	111,9	130,0	136,3	153,1	174,4
viel Ausdauertraining	2,40	2,23	2,06	1,89	1,72	1,55	1,38	1,21
	62,5	67,3	72,8	79,4	87,2	96,8	108,7	124,0
sehr viel Ausdauertraining	3,40	3,23	3,06	2,89	2,72	2,55	2,38	2,21
	(44,1)	46,4	49,0	51,9	55,2	58,8	63,0	67,9

Tab. 3: Die Grenzwerte bei Männern und Frauen in Abhängigkeit zu Alter, Geschlecht und Trainingshäufigkeit (gemäß Voreinstufung) zur Zuordnung des jeweiligen Belastungsschemas (WHO oder Hollmann/Venrath).

Eine Differenzierung des Belastungsschemas kommt – wie man aus den Werten ersehen kann - bei Männern wesentlich häufiger vor. Während trainierte und/oder schwere Männer meist mit dem HV-Verfahren richtig liegen, werden vor allem Untrainierte und/oder Ältere in der Regel nach dem WHO-Verfahren belastet. Bei Frauen kommt überwiegend das WHO-Verfahren zum Einsatz, das HV-Verfahren bleibt vorzugsweise jüngeren, gut trainierten Frauen vorbehalten. Eine exakte Abgrenzung kann rechnerisch – wie dargelegt - anhand der Norm-Soll-Tabelle abgeleitet werden.

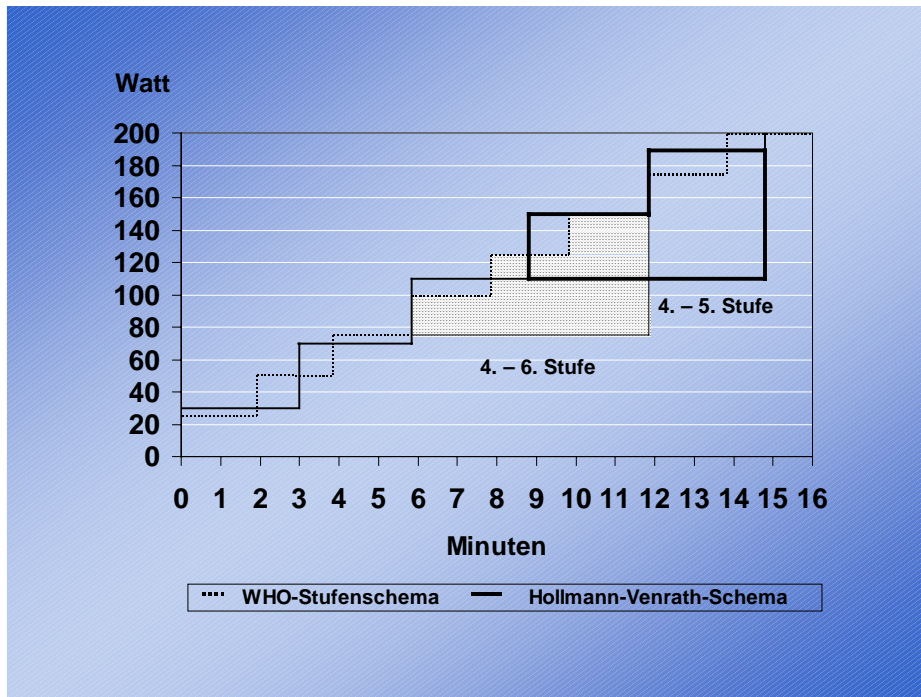


Abb. 1: Die Zuteilung des Belastungsschemas (WHO/Hollmann-Venrath) auf Basis der individuellen Belastbarkeit (TRUNZ 1997).

3.3. Testablauf

Der Ergometer-Stufentest wird nun bis zum Erreichen der Ziel-Herzfrequenz (*in unserem Beispiel: 135*) durchgeführt, sofern kein vorzeitiger Abbruch angezeigt ist (vgl. Tab. 1). Die auf diese Weise erreichte Leistung (Watt) wird erfasst/notiert und anschließend durch das Körpergewicht dividiert (Watt pro Kilogramm Körpergewicht). Um eine exakte Zuordnung der jeweiligen Wattleistung treffen zu können, muss bei einer rechnerischen Auswertung normalerweise eine Interpolation durchgeführt werden*.

Dazu können die Ergebnisse der letzten beiden (zu Ende gefahrenen) Stufen in der Auswertung z.B. nach folgender Interpolations-Formel berücksichtigt:

$$\text{Testergebnis} = W1 + (W2 - W1) \times \frac{(HF - HF1)}{(HF2 - HF1)}$$

- W1: vorletzte Belastungsstufe, bevor die Zielherzfrequenz (entsprechend der Voreinstellung) erreicht bzw. überschritten wurde; Angabe in Watt
- W2: letzte Belastungsstufe, bei der die Zielherzfrequenz (entsprechend der Voreinstellung) erreicht bzw. überschritten wurde; Angabe in Watt
- HF: Herzfrequenz der individuellen Voreinstellung
- HF1: Herzfrequenz, der am Ende von vorletzten Wattstufe (W1) ermittelt wurde
- HF2: Herzfrequenz, der am Ende der letzten Wattstufe (W2) ermittelt wurde

Man erhält auf diese Weise den relativen Watt-Wert, der mit den Daten der Norm-Soll-Tabelle verglichen wird (Tab. 4).

Bsp: Unser Proband, der hier nach dem WHO-Belastungsmodus getestet wurde, erreicht zum Ende der 5. Belastungsstufe (125 Watt) eine Herzfrequenz von 130 Schlägen/min., überschreitet dann mit der 6. Belastungsstufe (150 Watt) die Herzfrequenz der Voreinstellung (135: Abbruchkriterium), wobei hier zum Ende dieser letzten Stufe eine Herzfrequenz von 140 Schläge/min. gemessen wurde. Über die Interpolation ergibt sich entsprechend der Herzfrequenz (Voreinstufung) eine absolute Leistung von 137,5 Watt, die dann wiederum durch das Körpergewicht dividiert eine relative Leistung von 1,63 Watt pro kg Körpergewicht repräsentiert.

*) Moderne Fahrradergometer mit integriertem IPN-Test[®] sowie entsprechende Softwareprogramme erfassen, bewerten und interpretieren den Test vollautomatisch.

4. Auswertung und Interpretation

4.1. Norm-Sollwert-Vergleich

Die so ermittelte relative Watt-Leistung wird mit der geschlechtsspezifischen Norm-Soll-Leistungstabelle verglichen. Hieraus lassen sich nun der **Belastungsfaktor** (Faktor für die Festlegung der individuellen Belastungsintensität) sowie die zugehörige **Trainingsherzfrequenz** (THF) für ein aerobes Ausdauertraining ableiten.

Beispiel: Altersgemäß ergibt sich, bezogen auf unser Beispiel, aus der Tabelle ein allgemeiner Soll-Wert-Bereich von 1,6 – 1,9 Watt/kg entsprechend einem Intensitätsfaktor von 0,60 - 0,62. Der tatsächlich beim IPN-Test[®] erreichte Wert von 1,63 Watt/kg liegt demnach innerhalb (d.h. am unteren Ende) dieses Normbereiches. In diesem Fall wird der Belastungsfaktor 0,60 zugeordnet, der dann später (vgl. Kap. 5) in die Formel zur Bestimmung der Trainingsherzfrequenz einfließt. Damit muss gleichzeitig die getroffene Voreinstufung „nach oben“ revidiert werden: Der Proband erwies sich im Test leistungsfähiger, als dies auf Grund des angegebenen Ausdauerpensums zu erwarten gewesen wäre (Voreinstufung).

Männer

Faktor/Alter	< 30	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	ab 60	Bewertung
0,50	1,45	1,38	1,31	1,23	1,16	1,09	1,02	0,94	--
0,51	1,50	1,43	1,35	1,28	1,20	1,13	1,05	0,98	--
0,52	1,55	1,47	1,40	1,32	1,24	1,16	1,09	1,01	--
0,53	1,60	1,52	1,44	1,36	1,28	1,20	1,12	1,04	--
0,54	1,65	1,57	1,49	1,40	1,32	1,24	1,16	1,07	--
0,55	1,70	1,62	1,53	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11	-
0,56	1,75	1,66	1,58	1,49	1,40	1,31	1,23	1,14	-
0,57	1,80	1,71	1,62	1,53	1,44	1,35	1,26	1,17	-
0,58	1,85	1,76	1,67	1,57	1,48	1,39	1,30	1,20	-
0,59	1,90	1,81	1,71	1,62	1,52	1,43	1,33	1,24	-
0,60	2,00	1,90	1,80	1,70	1,60	1,50	1,40	1,30	Ø
0,61	2,20	2,09	1,98	1,87	1,76	1,65	1,54	1,43	Ø
0,62	2,40	2,28	2,16	2,04	1,92	1,80	1,68	1,56	Ø
0,63	2,60	2,47	2,34	2,21	2,08	1,95	1,82	1,69	+
0,64	2,80	2,66	2,52	2,38	2,24	2,10	1,96	1,82	+
0,65	3,00	2,85	2,70	2,55	2,40	2,25	2,10	1,95	+
0,66	3,20	3,04	2,88	2,72	2,56	2,40	2,24	2,08	++
0,67	3,40	3,23	3,06	2,89	2,72	2,55	2,38	2,21	++
0,68	3,60	3,42	3,24	3,06	2,88	2,70	2,52	2,34	++
0,69	3,80	3,61	3,42	3,23	3,04	2,85	2,66	2,47	++
0,70	4,00	3,80	3,60	3,40	3,20	3,00	2,80	2,60	++

Tab. 4a: relative Watt-Soll-Leistung (pro Kg) bei Männern (*angepasste Faktoren 6/2004*)

Frauen

Faktor/Alter	< 30	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	ab 60	Bewertung
0,50	1,15	1,09	1,04	0,98	0,92	0,86	0,81	0,75	--
0,51	1,2	1,14	1,08	1,02	0,96	0,90	0,84	0,78	--
0,52	1,25	1,19	1,13	1,06	1,00	0,94	0,88	0,81	--
0,53	1,3	1,24	1,17	1,11	1,04	0,98	0,91	0,85	--
0,54	1,35	1,28	1,22	1,15	1,08	1,01	0,95	0,88	--
0,55	1,40	1,33	1,26	1,19	1,12	1,05	0,98	0,91	-
0,56	1,45	1,38	1,31	1,23	1,16	1,09	1,02	0,94	-
0,57	1,50	1,43	1,35	1,28	1,20	1,13	1,05	0,98	-
0,58	1,55	1,47	1,40	1,32	1,24	1,16	1,09	1,01	-
0,59	1,60	1,52	1,44	1,36	1,28	1,20	1,12	1,04	-
0,60	1,70	1,62	1,53	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11	Ø
0,61	1,80	1,71	1,62	1,53	1,44	1,35	1,26	1,17	Ø
0,62	2,00	1,90	1,80	1,70	1,60	1,50	1,40	1,30	Ø
0,63	2,10	2,00	1,89	1,79	1,68	1,58	1,47	1,37	+
0,64	2,30	2,19	2,07	1,96	1,84	1,73	1,61	1,50	+
0,65	2,40	2,28	2,16	2,04	1,92	1,80	1,68	1,56	+
0,66	2,60	2,47	2,34	2,21	2,08	1,95	1,82	1,69	++
0,67	2,80	2,66	2,52	2,38	2,24	2,10	1,96	1,82	++
0,68	3,00	2,85	2,70	2,55	2,40	2,25	2,10	1,95	++
0,69	3,20	3,04	2,88	2,72	2,56	2,40	2,24	2,08	++
0,70	3,40	3,23	3,06	2,89	2,72	2,55	2,38	2,21	++

Tab. 4b: relative Watt-Soll-Leistung (pro Kg) bei Frauen (*angepasste Faktoren 6/2004*)

4.2. Interindividueller Vergleich

Die Norm-Soll-Tabelle ermöglicht eine Bewertung des Trainingszustandes bezogen auf die allgemeine aerobe Ausdauer. Die Normwerte repräsentieren das in der Literatur als „normal“ eingestufte, durchschnittliche Leistungsvermögen, das eine Person ohne Leistungseinschränkungen - die sich z.B. aufgrund körperlicher Inaktivität ergeben können – altersgemäß zu leisten im Stande sein sollte. Das Spektrum der aufgeführten Daten umfasst den gesamten Bereich des Gesundheits- und Fitness-Sports. Der „unterer Bereich“ ragt bis in den sporttherapeutischen Bereich, in dem z.B. für ambulante Herzpatientengruppen (Trainingsgruppen) eine Mindestbelastbarkeit von 1,0 Watt/kg Körpergewicht gefordert wird. Der „obere Bereich“ erfasst auch gut Ausdauertrainierte, ist allerdings nicht konzipiert für Hochleistungs- und Profisportler.

4.3. Intraindividueller Vergleich

Testwiederholungen über einen längeren Zeitraum lassen eine schlüssige Dokumentation der Leistungsentwicklung zu. Wird eine Re-Testung vorgenommen, zieht man in der Regel erneut das ursprünglich gewählte Testschema heran. Das kann in der Praxis durchaus dazu führen, dass in Folge erhöhten oder reduzierten Trainingspensums die Zielpulsfrequenz angepasst werden sollte. Gleiches gilt für starke Gewichtsschwankungen, die ebenfalls unmittelbaren Einfluss auf den Test haben.

Große Leistungsdifferenzen können es zudem erforderlich machen, das Belastungsschema zu wechseln, um optimale Testbedingungen herzustellen. In diesem Falle ist ein Vergleich der Ergebnisse erschwert. Um dies zu umgehen, empfiehlt es sich, die Wiederholungstests in nicht zu großen Abständen durchzuführen (günstig sind Abstände um ca. 3 Monate).

5. Trainingssteuerung

5.1. Bestimmen der Trainingsherzfrequenz

Das Ergebnis des Ergometertests ermöglicht neben einer Beurteilung der aeroben Leistungsfähigkeit auch die Ermittlung von individuellen Trainingsempfehlungen. Dazu wird aus der Norm-Soll-Tabelle anhand des Testergebnisses der entsprechende Belastungsfaktor ermittelt, der anschließend in die Formel zur Berechnung der Trainings-Herzfrequenz eingegeben wird.

Die dem IPN-Test[®] zu Grunde liegende Formel zur Berechnung der optimalen Trainingsherzfrequenz ist das Ergebnis einer ca. 20-jährigen Entwicklung. Sie ist auf der Grundlage nationaler und internationaler Studien und Test- und Untersuchungsergebnisse der Arbeitsgruppe um LAGERSTRØM bzw. des IPN entstanden und wurde dabei im Verlauf der Jahre mehrfach geringfügig modifiziert.

a) Radfahren/Rudern: $THF = RHF + \{(220 - LA) - RHF\} \cdot X$

b) Laufen/Walken/Skilanglauf/Step-Training: $THF = RHF + \{(220 - \frac{3}{4} LA) - RHF\} \cdot X$

Erläuterungen zur Formel: THF: Trainingsherzfrequenz, RHF: Ruheherzfrequenz, LA: Lebensalter, X: Belastungsfaktor (%)

Bei der Berechnung gilt es zu beachten, dass zunächst die Klammer berechnet wird, dann das Klammerergebnis mit dem oben ermittelten Faktor X multipliziert wird, und zuletzt zu diesem Produkt die RHF addiert wird. *Wichtiger Hinweis:* Die Formel unterscheidet zwischen Trainingsherzfrequenzempfehlungen für die tendenziell stärker kraftbezogenen Ausdauersportarten Radfahren und Rudern sowie dem Walken, Nordic-Walking, Laufen, Skilanglauf bzw. Training auf Steppern und Crosstrainern.

5.2. Hintergrund zum Aufbau der Formel

Die Formel baut sich aus der Addition zweier Teilelemente auf: der **Ruheherzfrequenz** als Ausgangsbasis sowie dem **Anstiegsbereich** unter (definierten) Belastungsbedingungen. Letzterer wiederum ergibt sich aus der Spanne oberhalb der Ruheherzfrequenz bis hin zur altersbedingten Maximalfrequenz. Diese Zone erhält man durch eine (anteilige) Subtraktion des Lebensalters von der (theoretischen) Maximalfrequenz sowie der Subtraktion der Ruheherzfrequenz. Das Klammerergebnis wird nun mit dem (anhand der Testergebnisse ermittelten) **Belastungsfaktor X** multipliziert. Addiert man den berechneten Wert anschließend zur gemessenen Ruheherzfrequenz, ergibt sich als Endergebnis die individuelle Trainingsherzfrequenz-Empfehlung.

In unserem Beispiel ergeben sich rechnerisch also folgende Trainingsherzfrequenzen.

a) $THF (\text{Rad, Rudern}) = 76 + [(220 - 45) - 76] \times 0,60 = 135$

b) $THF (\text{Lauf, Step}) = 76 + [(220 - 34) - 76] \times 0,60 = 142$

5.3. Praktische Umsetzung – aerobes Training

Bei den ermittelten Trainingsherzfrequenz-Empfehlungen handelt es sich um Vorgaben, die - in einem Bereich von ca. plus/minus 5 Schlägen - die **Obergrenze** für das allgemeine aerobe Ausdauertraining definieren. *Anmerkung:* Aus der praktischen Erfahrung mit Ergometertests kann davon ausgegangen werden, dass sich bei ca. 10% der Testpersonen Empfehlungen ergeben können, die - im Sinne von Normvarianten - außerhalb der „normalen“ Bereiche liegen. In diesen Fällen empfiehlt es sich, in der Praxis auch andere Belastungskriterien wie z.B. Atemfrequenz, Laktat, Spiroergometrie oder RPE-Skalen (entsprechend „etwas schwer“) heranzuziehen.

Im Rahmen einer Studie an der DSHS Köln (HERBORT 1996) mit insgesamt 52 Probanden aus dem Fitness-Studiobereich und dem Bereich ambulanter Reha-Zentren konnte erstmals nachgewiesen werden, dass der Praxiseinsatz dieses Tests und die Ableitung der Trainingsherzfrequenz-Empfehlungen eine hohe Übereinstimmung mit den Befunden auf der Grundlage von Laktatmessungen aufweisen. Dabei trainierten auf Basis der vorgegebenen Trainingsherzfrequenzen insgesamt 92% der Probanden im Bereich unter 4 mmol/l, 87% zwischen 2 und 4 mmol/l (Abb. 2), 4 Probanden überschritten den Bereich von 4mmol/l, was - wie bereits erwähnt - ggf. auch als Normvariation

gedeutet werden könnte. Die registrierten grundlegenden Übereinstimmungen konnten für beide Zielgruppen (Prävention und Rehabilitation), bei Männern und Frauen sowie in allen untersuchten Altersklassen (20 bis 60 Jahre, Abb. 3) bestätigt werden.

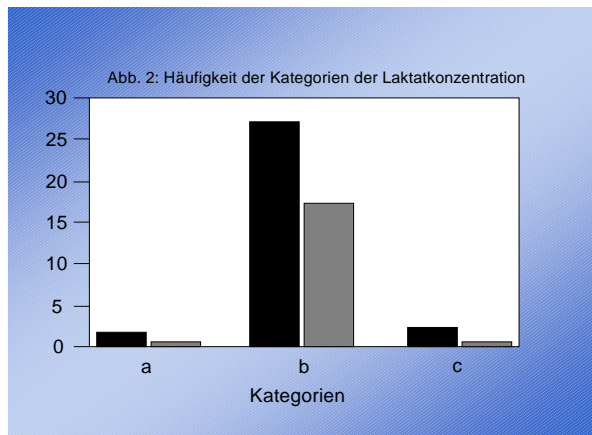


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Laktatkonzentration in den Kategorien a) < 2 mmol/l, b) 2-4 mmol/l und c) > 4 mmol/l bei Fitness-Sportlern (rechte Balken) und Reha-Patienten (linke Balken), (HERBORT 1996).

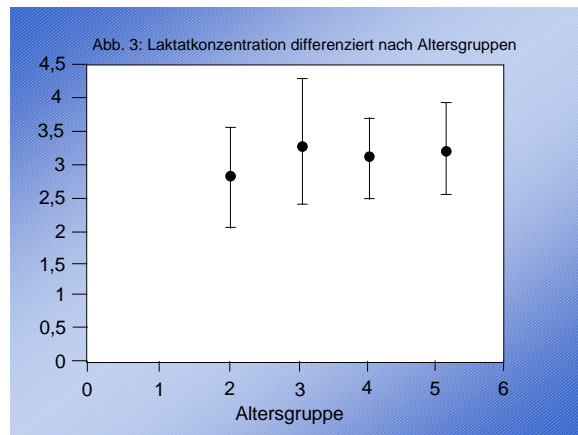


Abb. 3: Die mittleren Laktatkonzentrationen (in mmol/l) in den Altersklassen 2: 20-29, 3: 30-39, 4: 40-49 und 5: 50-59 Jahre (HERBORT 1996).

5.4. Fettstoffwechseltraining

Soll ein Programm schwerpunktmäßig auf ein **Fettstoffwechseltraining** abzielen, so können die angegebenen Empfehlungen um ca. 10 Schläge reduziert werden. Parallel durchgeführte Vergleichstests zwischen den spiroergometrisch ermittelten Daten und den Ergebnissen bei einer Trainingssteuerung mittels IPN-Test[®] ergaben eine überaus zufriedenstellende Übereinstimmung. Gegenüber der ausgetesteten Voreinstufung bei einer 2 mmol/l entsprechenden Leistung auf dem Fahrradergometer wurde anhand des IPN-Tests eine mittlere Laktatkonzentration 2,4 mmol/l erzielt. Nimmt man eine um 10 Schläge reduzierte Trainingsherzfrequenz (wie für das Fettstoffwechseltraining empfohlen), liegt der Mittelwert bei 1,83 mmol/l (Abbildung 4) und damit in einem effizienten Bereich der Fettverbrennung.

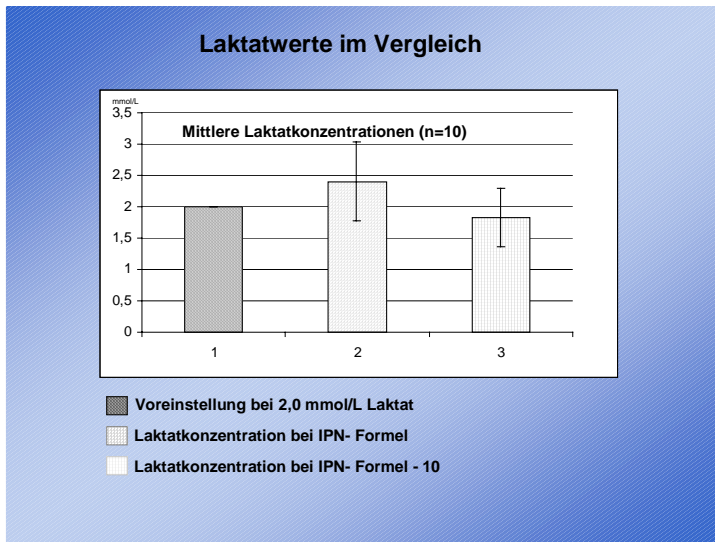


Abb. 4: Laktatwerte auf Basis der Empfehlungen des IPN-Test® im Vergleich zur Voreinstellung mittels spiroergometrischer Untersuchungen.

5.5. Sportart-/gerätespezifische Differenzierung

Die unterschiedlichen metabolischen und hämodynamischen Belastungsreaktion bei verschiedenen Aktivitäten sind in der Literatur eingehend beschrieben (HOLLMANN/HETTINGER 2000). Als eine wesentliche Einflussgröße gilt der Anteil der eingesetzten Muskulatur im Verhältnis zur Gesamtmuskelmasse. Abbildung 5 gibt einen groben Überblick zur Abschätzung der Muskelareale. Weiterhin hängen die Belastungsreaktionen von der Arbeitsweise der Muskulatur ab, wobei zwischen dynamischen und (überwiegend) statischen Komponenten differenziert werden kann (Abbildung 6). Während dynamische Belastungen zu Gunsten einer Herzvolumenarbeit gehen, tendieren statische Belastungen zur vermehrten Herzdruckarbeit. Je nach Sportart kommen weitere Einflüsse hinzu. So sind beispielsweise im Aerobic emotionale und koordinative Einflüsse zu berücksichtigen, die ebenfalls zu einer Beeinflussung der Herzfrequenz führen (TRUNZ et al. 1999).

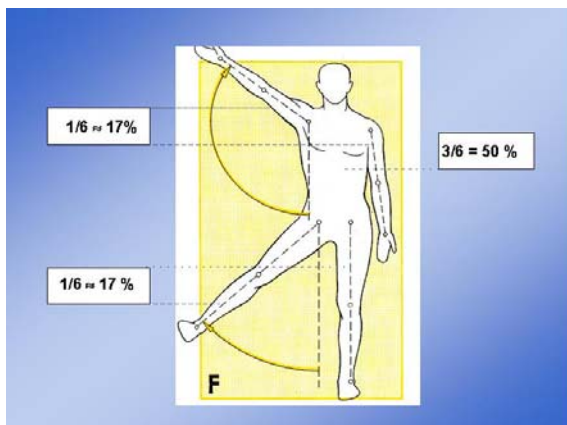


Abb. 5: Orientierungshilfe zur Verteilung der Muskelmasse nach der 6er-Regel (TRUNZ 1999)

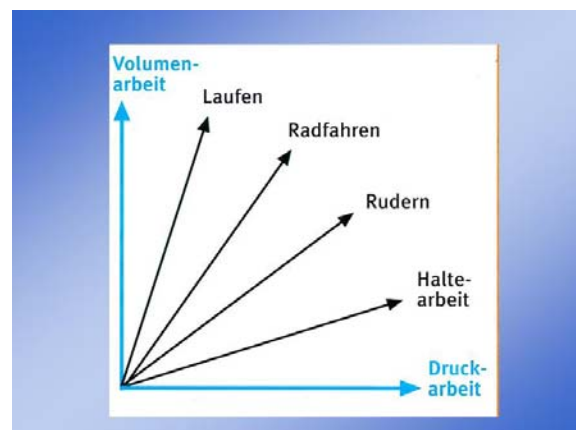


Abb. 6: Das Verhältnis von Herz-Druck- und -Volumenarbeit bei unterschiedlichen sportlichen Belastungen. (ROST 1982).

Als anschauliches Praxisbeispiel für die Notwendigkeit einer Differenzierung der Trainingsherzfrequenz-Empfehlungen darf hier der Triathlet gelten, der in der Regel für jede Teildisziplin eine eigene, sportartspezifische Herzfrequenz wählt. Aus diesem Grunde sollte auch beim Training mit unterschiedlichen **Ausdauergerätetypen** eine Differenzierung der Trainingsherzfrequenz-Empfehlungen erfolgen. Im Fitness-Studiobereich wird dies z.B. beim „Cross-Training“ besonders relevant, da hier gezielt der Wechsel unterschiedlicher Gerätetypen gesucht wird.

Betrachtet man das Training an unterschiedlichen Cardio-Geräten, ergeben sich markante Ergebnisse, wie Studien des IPN im Jahr 1999 deutlich machten. Hier trainierten 10 Probanden, die mittels spirometrischer Leistungsdiagnostik eingestellt und überwacht wurden, über 3 Monate an 8 klassischen Ausdauertrainingsgeräten. Die wesentlichen Befunde der wissenschaftlichen Untersuchung - die sich in wesentlichen Teilen mit früheren, internationalen Untersuchungen (ZENI et al. 1996) deckt - lauten:

- Herzfrequenzgesteuertes Training, ermittelt über die Fahrradergometrie auf Basis der 2mmol/L Stufe, ist sowohl sicher als auch effizient.
- Bei dieser Vorgehensweise kann eine relative Fettverbrennung von ca. 50-60 % erwartet werden.
- Bei einer identischen Herzfrequenzvorgabe kommt es allerdings zu unterschiedlichen Belastungsreaktionen an den einzelnen Geräten, die sich nicht zuletzt anhand stark abweichender Laktatwerte (1,1–1,9 mmol/l) manifestieren.
- Auch im Energieumsatz kam es zu gerätespezifischen Unterschieden, die gesamte Abweichung betrug ca. 20 %.
- Der größte Sauerstoff- und Kalorienverbrauch wurde beim Laufband gemessen (\varnothing 34,03 ml entsprechend ca. 0.17 kcal/pro kg Körpergewicht/min.).
- Die Koordination bzw. die Gerätegewöhnung spielt eine vermutlich bislang unterbewertete Rolle, wie Auswertungen des Verhaltens der VO₂ ergaben.
- Dies bedeutet, dass sich bei neuen Geräten in der Phase einer Gewöhnung bei gegebener Belastung höhere Herzfrequenzen ergeben können, bis eine Automatisierung der Bewegungsabläufe erreicht ist.
- Zumindest bei aktiven Fitness-Sportlern ergibt auch die subjektive Belastungseinschätzung ein recht zuverlässiges Bild, kann also ergänzend zur Trainingssteuerung herangezogen werden.
- Ganzkörpertrainer werden meist als weniger anstrengend empfunden.
- Die fahrradergometrische Belastungseinstellung als Basis eines herzfrequenzkontrollierten Trainings erscheint aufgrund der dargelegten Befunde sinnvoll.
- Umgekehrt scheint ein einheitlich vorgegebener Widerstand (z.B. in Watt) aufgrund der gerätespezifischen Belastungscharakteristik als Steuergröße ungeeignet.
- Gleichzeitig ergibt sich auf Grundlage der metabolischen Ergebnisse (Laktat) ein Ansatz für eine differenziertere Trainingssteuerung zur Optimierung der Trainingseffekte.

Um den spezifischen Anforderungen der einzelnen Geräte (bzw. Sportarten) gerecht zu werden, empfiehlt sich eine Differenzierung der Trainingsempfehlungen. Abb. 7 fasst die Vorgehensweise beim IPN-Test[®] zusammen.



Abb. 7: Gerätespezifische Trainingssteuerung nach dem IPN-Test®.

Resümee und Ausblick

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass sich ein (korrekt dosiertes) herzfrequenzkontrolliertes Training lohnt. Einerseits um Fehlbelastungen zu vermeiden, andererseits, um die Effizienz (nicht zuletzt unter gesundheitlichen Aspekten) zu steigern. In Zeiten, in denen die Menschen von allen Seiten mit mehr oder weniger sinnvollen Trainingstipps überfrachtet werden, sollten es gerade die gesundheitsorientierten Dienstleister nicht verpassen, sich in Sachen Trainingssteuerung durch professionelle Dienstleistungen zu profilieren. Dass hierzu nicht zwangsläufig die teuren und aufwendigen leistungsdiagnostischen Verfahren wie Spiroergometrie und Laktatdiagnostik erforderlich sind, konnte anhand der Untersuchungen zum herzfrequenzbasierten IPN-Test® gezeigt werden. Zusammenfassend werden hier die einzelnen Schritte zur Durchführung des IPN-Test® im Ablaufdiagramm (Abb. 8) dargestellt. Für den professionellen Einsatz stehen heute Hard- und Softwarelösungen bereit, die eine automatische Erfassung und Auswertung des IPN-Test® auf komfortable, ökonomische und attraktive Weise sicher stellen.

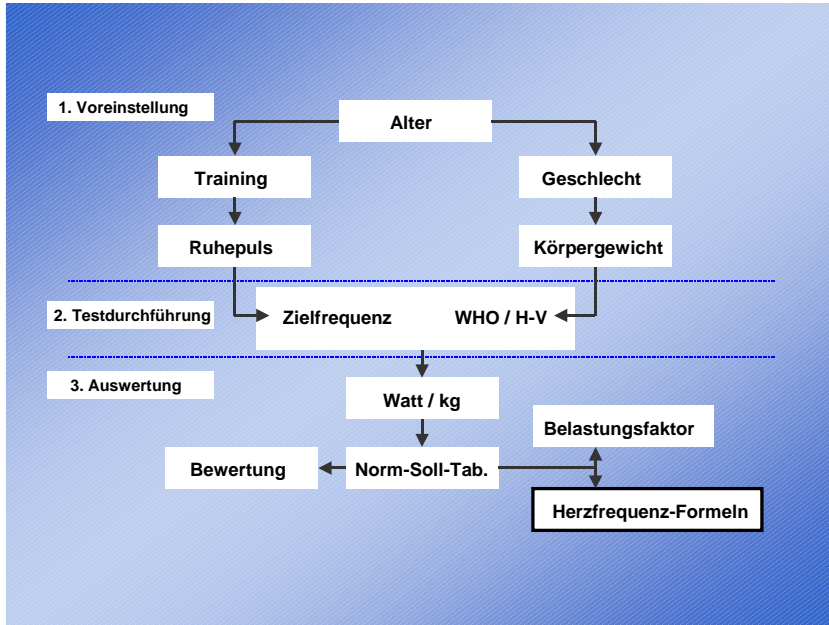


Abb. 8: Übersicht der Voraussetzungen, Ablaufschritte und Interpretation des IPN-Test[®]

Elmar Trunz-Carlisi
Institut für Prävention und Nachsorge (IPN)
Carl-von-Linde-Str. 4
50999 Köln
www.ipn-online.de

Literatur

- Bös, K. (Hrsg.): Handbuch motorischer Tests. Hogrefe, Göttingen 2001
- Ebmeyer, G.; E. Trunz: Der beste Fettkiller. In: Fit For Fun, (1999) 11, 26-38.
- Ebmeyer, G.; S. Ochs, E. Trunz: Perfektes Training. In: Fit For Fun, (2000) 11, 82-106.
- Giesen, H., E. Trunz: From fat to fit – Facts, myths, pills, perspectives – and the long-running topic of “fat-metabolism”. Bodylife – The Voice of World Fitness, (2000) 1, 26-30.
- Herbort, H.: Überprüfung und Anwendung der Lagerström-Formel zur Bestimmung der Trainingsherzfrequenz in unterschiedlichen Test-Situationen auf dem Fahrrad-Ergometer. Deutsche Sporthochschule, Köln 1996.
- Hollmann, W.; T. Hettinger: Sportmedizin – Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Schattauer, Stuttgart, New York 2000.
- Lagerstrøm, D: Grundlagen der Sporttherapie bei koronarer Herzkrankheit. Echo Verlag, Köln 1994.
- Lagerstrøm, D., I. Fröbøse, P. Konrad, P. Felten: Ein Zwei- und Vierstufen-Screening am Fahrradergometer; eine experimentelle Studie. Gesundheitssport & Sporttherapie (1990), 4, 10-12.
- Lagerstrøm, D.; E. Trunz: IPN-Ausdauerstest. Gesundheitssport & Sporttherapie, 13 (1997), 3, 68-71.
- Lagerstrøm, D., E. Trunz: Dauerbrenner Fettstoffwechsel. In: Phoenix-Ärztemagazin (2000), 1, 6-8.
- Mader, A., H. Heck: A theory of the metabolic origin of anaerobic threshold. Int. J. Sports Med. 7 (Supplement 1) (1986), 45-65.
- Möckel, F.: Fit for life. In: Medicus Plus (2000), 3, 5-13.
- Rost, R., W. Hollmann. Belastungsuntersuchungen in der Praxis. Thieme, Stuttgart-New York 1982.
- Rost, R.; H. Heck, W. Hollmann: Die Fahrradergometrie in der Praxis. Bayer, Leverkusen 1989.
- Trunz, E.: Der IPN-Ausdauerstest nach Lagerstrøm – eine zusammenfassende Darstellung als Anleitung für den Praxiseinsatz. Trainer (1997), 5, 22-27.
- Trunz, E.: Fahrradergometrie – Modell zur Vereinheitlichung der Auswahl des Stufentestverfahrens im Fitness- und Gesundheitssport. Trainer (1998), 1, 19-20.
- Trunz, E., H. Giesen, S. Ochs: Der IPN-Test Teil 1. Bodylife (1999), 12, 60-64.
- Trunz, E., D. Lagerstrøm, H. Giesen, S. Ochs: Der IPN-Test Teil 2. Bodylife (2000), 3, 54-59.
- Trunz, E., H. Giesen: Fettstoffwechsel und Training. In: RAL-Newsletter der Gütegemeinschaft Gesundheitssportzentrum e.V. (Köln-Hürth), 1 (1999), 1, 3-6.
- Trunz, E., H. Giesen: Individuelle Trainingssteuerung an modernen Cardiogeräten. In: RAL-Newsletter der Gütegemeinschaft Gesundheitssportzentrum e.V. (Köln-Hürth), 1 (1999), 2, 3-6.
- Trunz, E., I. Fröbøse, N. Flinterhoff, H. Giesen: Untersuchungen zur Belastung/Belastungssteuerung im Kursbereich am Beispiel "Fatburner". Gesundheitssport & Sporttherapie 15 (1999), 4, 108-113.
- Trunz, E.; H. Giesen, S. Ochs: Neue Testmöglichkeiten und Konzepte zur individuellen Trainingssteuerung an Ausdauergeräten. In: Neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Praxiskonzepte zum Ausdauer- bzw. Fettstoffwechseltraining (Fröbøse, I., Hrsg.). RAL-Symposium. Karlsruhe (1999), 6-8.
- Trunz, E., S. Ochs: Perfektes Fitnessstraining. Pluspunkt Gesundheit. Deutscher Turnerbund (2000), 4-5.
- Zeni, A. I.; Hoffman, M. D., Clifford, P. S.: Energy Expenditure With Indoor Exercise Machines. JAMA (1996), Vol. 275, 1424-1427.