

DAS SPOROTHERZ



Abb. 1 Herz

Bachelorarbeit

Medizinische Universität Graz

Gesundheits- und Pflegewissenschaft

Selma Hasanagic

0633002

Begutachterin: Ao. Univ. – Prof.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ phil. Anna Gries

Institut für Physiologie

Harrachgasse 21/V

8010 Graz

Titel der Lehrveranstaltung: Physiologie

Oktober, 2011

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebene Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Weiters erkläre ich, dass ich diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt habe.

Graz, am

21.12.2011



Selma Hasanagic

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	7
1 Einleitung	8
2 Methodologie	9
3 Anatomie	10
3. 1 Aufbau und Funktion des Herzens	10
3. 2 Das Herz – Kreislauf – System	11
3. 3 Wichtige Begriffe rund um das Herz	11
3. 3. 1 Herzminutenvolumen	11
3. 3. 2 Herzfrequenz: Tachykardie und Bradykardie	12
3. 3. 3 Schlagvolumen	12
3. 3. 4 Ejektionsfraktion = Auswurf fraktion	13
4 Das Sportherz	14
4. 1 Herz – Kreislauf – System im Sport	15
4. 2 Sport und Herzvolumen	16
4. 3 Sport und Herzfrequenz	17
4. 4 Sport und Herzminutenvolumen	18
4. 5 Anspannungs-, Umformungs-, und Druckerhöhungszeit	20
4. 6 Sport und Schlagvolumen	22
4. 7 Sport und Blutdruck	23
4. 7. 1 Mechanische und elektrische Systole	23

4. 7. 2 Dauer der Diastole	24
4. 8 Herzarbeit	25
4. 9 Herzleistung	26
4. 10 Maximale Sauerstoffaufnahme (VO ₂ max.)	26
5 Gefahrenmomente des Sportherzens	28
5. 1 Nichttraumatische Herzschildigung	28
5. 1. 1 Hduufigkeit	29
5. 1. 2 Uebersterblichkeit	29
5. 1. 3 Gefuehrliche Sportarten	30
5. 1. 4 Todesursache	32
5. 2 Traumatische Herzschildigung	36
6 Sport und Test	38
6. 1 Ergometrie	38
7 Sport und Herzschutz	40
7. 1 Abtrainieren bei Leistungssportlern.....	40
Zusammenfassung.....	42

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.....Deckblatt

<http://www.google.at/imgres?q=das+sportherz&um=1&hl=de&rlz=1R2ADSA_deAT438&biw=1366&bih=504&tbn=isch&tbnid=2t3nlrwn_5B_SM:&imgrefurl=http://www.canstockphoto.de/sport-herz-heiligenbilder-3591223.html&docid=_HtHvxqZ_iledM&imgurl=http://comps.canstockphoto.com/canstock-photo_csp3591223.jpg&w=363&h=400&ei=oNKaTvayBtDxsgb7w5WgBA&zoom=1&act=rc&dur=156&sig=107653603651420177556&page=4&tbnh=126&tbnw=114&start=34&ndsp=11&ved=1t:429,r:10,s:34&tx=76&ty=79>

Abb. 2 `Anatomie des Herzens`.....10

<http://www.internisten-im-netz.de/de_herz-herzmuskel-herzbeutel_588.html>

Abb. 3 `Herzfrequenz`12

<http://www.internisten-im-netz.de/de_wichtige-begriffe-rund-ums-herz_586.html>

Abb. 4 `Ursachen für den plötzlichen Tod bei Leistungssportlern.....33

<R. Rost 1990, S. 130>

Abb. 5 `Traumatische Herzschiidigung`37

<http://vmrz0100.vm.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/e866/e2442/e2722/e2931/e2936/e2959/index_ger.htm
|>

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	17
<S. Israel 1968, S. 21>	
Tab. 2	19
<S. Israel 1968, S. 39>	
Tab. 3	22
<S. Israel 1968, S. 26>	
Tab. 4	25
<S. Israel 1968, S. 44>	
Tab. 5	27
< http://www.sport-volksbank.at/downloads/sportherz.pdf >	
Tab. 6	31
<R. Rost 1990, S. 127>	
Tab. 7	35
<R. Rost 1990, S. 138>	

Abkürzungsverzeichnis

(m/s)	... Pulswellengeschwindigkeit
(ml)	... Schlagvolumen
(ml/kp)	... relatives Herzvolumen
VO ₂ max	... maximale Sauerstoffaufnahme
Mkp	... Herzarbeit
S	... Systolendauer
X	... Mittelwert
s	... Streuung (Standardabweichung)
s _x	... Streuung des Mittelwerts (Standardfehler)
v	... Variationsbreite
r	... Korrelationskoeffizient
t	... Testwert für den Korrelations – Koeffizienten
p	... Irrtumswahrscheinlichkeit
l	... Längsdurchmesser
Q	... Aortenquerschnitt
T	... Herzperiodendauer
J	... Joule
J/s	... Bewegungsenergie
< 0, 1%	... Unterschied hoch signifikant
< 1 %	... Unterschied signifikant
< 5 %	... Unterschied wahrscheinlich signifikant
> 5 %	... Unterschied nicht signifikant

1 EINLEITUNG

Je mehr ich wuchs, desto mehr wuchs der Wunsch in mir den Zusammenhang zwischen dem menschlichen Körper und Sport zu erforschen. Ich liebe Sport und ich kann mir nicht einen Tag ohne Sport vorstellen. Ich bin der Meinung, dass man nicht krank werden kann, wenn man Sport betreibt und das ist auch richtig. Aber zu viel Sport zu treiben hat manchmal einen negativen Einfluss, der sogar zum Tod führen kann.

Im Internet lese ich viel über das Herz des Sportlers und da habe ich viele Informationen bekommen, wie z. B. dass das Sporthertz größer ist als ein normales Herz. Durch die Gespräche mit meinen Freunden habe ich noch erfahren, dass manche Hochleistungssportler „plötzlich“ gestorben sind und in den meisten Fällen war das Herz „zu schwach“ um diese Belastung auszuhalten. Das weckte in mir großes Interesse und dadurch kam ich auf die Idee, mich mit dem Thema „Das Sporthertz“ zu beschäftigen und meine Bachelorarbeit darüber zu verfassen.

In meiner Bachelorarbeit werde ich folgende Forschungsfrage nachgehen:

Was sind die Unterschiede zwischen dem normalen und dem Sporthertz und welche Sportarten sind für das Herz gefährlich?

Ziel meiner Bachelorarbeit ist, die Veränderungen an einem Sporthertz näher zu bringen. Das Herz vergrößert sich durch den Sport und das ist das Ergebnis einer normalen, sinnvollen Anpassung an eine vermehrte körperliche Dauerbelastung. Weiteres werde ich mehr über die Herzschädigung durch den Sport aufklären und ob viel Sport für das Herz schädlich ist. Um es verständlicher zu machen, werde ich die Anatomie und die Funktion des Herzens erklären, bevor ich mit dem Begriff „Das Sporthertz“ beginne.

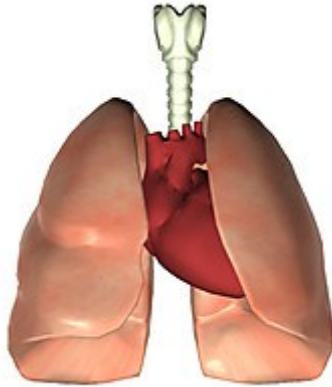
2 METHODOLOGIE

Die Literaturrecherche führte ich in den Bibliotheken der Medizinischen Universität Graz, sowie in den Bibliotheken der Karl– Franzes Universität und in der Stadtbibliothek Moser in Graz durch.

Zusätzlich suchte ich auch im Internet und da fand ich viele geeignete Informationen für meine Bachelorarbeit.

3 ANATOMIE

3. 1 Aufbau und Funktion des Herzens



Das menschliche Herz ist ein muskulöses Hohlorgan, das hinter dem Brustbein liegt. Es sitzt auf dem Zwerchfell, zwischen den beiden Lungenflügeln. Meist befindet sich das Herz vom Brustbein aus etwas nach links versetzt; liegt es etwas mehr rechts, wird dies als Dextrokardie bezeichnet.

Abb. 2 Herzmuskel und Herzbeutel

Das Herz ist etwa so groß wie die Faust des Herz-Besitzers. Es gleicht einem Kegel, dessen Spitze nach unten und etwas nach links vorne weist. Bei einigen, vor allem schlanken Menschen kann man sogar fühlen, wie die Herzspitze (Apex) bei jedem Herzschlag gegen den Brustkorb schlägt (Herzspitzenstoß). (vgl. http://www.internisten-im-netz.de/de_herz-herzmuskel-herzbeutel_588.html)

Das Herz besteht aus rechtem und linkem Vorhof sowie aus rechter und linker Herzkammer. Seine Hauptaufgabe besteht darin, den gesamten Körper mit Sauerstoff und Nährstoffen zu versorgen.

Bei einem gesunden Erwachsenen wiegt das Herz ca. 300 bis 400 Gramm. Jede Minute pumpt das Herz zwischen 5 bis 7 Liter Blut durch den menschlichen Körper. Bei rund 100.000 Herzschlägen pro Tag werden um die 7000 Liter am Tag transportiert. Das Herz muss täglich eine hohe Leistung erbringen und je nach Anstrengung erhöht sich der Leistungsbedarf. Bei kurzzeitigen Veränderungen wie beispielsweise körperlicher Anstrengung steigt der Blutbedarf der Muskeln stark an, während der Bedarf der anderen Organe z.B. des Darms niedrig bleibt. Die Abstimmung des Bedarfs wird durch das Nervensystem reguliert.

Die Herzklappen sorgen für einen geordneten Blutstrom und verhindern den Rückfluss. Im Sinusknoten, dem Steuerzentrum, entsteht ein regelmäßiger Impuls,

der auf die Herzkammern übergeleitet wird. Durch das Zusammenziehen der Muskelfasern wird das Blut aus dem Herzen in das Kreislaufsystem gepumpt. Der Puls entsteht durch den Herzschlag, dem Wechsel von Zusammenziehen und Entspannen.

3. 2 Das Herz-Kreislauf-System

Unter dem Herz-Kreislauf-System versteht man das gesamte System, das vom Herzen und allen Gefäßen gebildet wird, in denen das Blut zirkuliert. Die Aufgabe des Herz-Kreislauf-Systems ist, **das Gewebe angemessen zu durchbluten**. Das Blut versorgt jede einzelne Zelle mit den benötigten Nährstoffen und mit Sauerstoff. Weiterhin transportiert es schädliche Stoffwechselprodukte der Zellen ab, um eine Vergiftung zu verhindern. Das Herz-Kreislauf-System dient dazu:

- alle Organe von der Lunge aus mit sauerstoffhaltigem Blut zu versorgen (arterielles System),
- das sauerstoffarme und kohlendioxidreiche Blut wieder der Lunge zuzuführen (venöses System) (vgl. <http://www.pascoe-global.com>)

3. 3 Wichtige Begriffe rund um das Herz

3. 3. 1 Herzminutenvolumen

Das Herzminutenvolumen (HMV) ist die Menge Blut, die das Herz in einer Minute in den Blutkreislauf pumpt. Es wird auch als Herzzeitvolumen (HZV) bezeichnet. Das HZV ist also ein Maß dafür, wie viel das Herz pumpen kann. Es berechnet sich aus der Herzfrequenz (HF) und dem Schlagvolumen (SV): $HF \times SV = HZV$. In Ruhe beträgt das HZV etwa 4,5 bis 5 Liter pro Minute. Muss das Herz schneller pumpen, beispielsweise wenn sich der Mensch körperlich anstrengt, kann das HZV auf bis zu 20 Liter pro Minute steigen, bei Ausdauersportlern sogar auf 35 Liter. (vgl. http://www.internisten-im-netz.de/de_wichtige-begriffe-rund-ums-herz_586.html)

Das Herzzeitvolumen bestimmt der Kardiologe am genauesten mit einer Rechtsherz-Katheteruntersuchung.

3. 3. 2 Herzfrequenz: Tachykardie & Bradykardie

Die Herzfrequenz (HF) ist die Anzahl der Herzschläge pro Minute.



Bei gesunden Erwachsenen schlägt das Herz etwa 60 – 90 Mal in der Minute. Bei Neugeborenen jede Minute etwa 120 Mal. Schlägt das Herz schneller als gewöhnlich, nennt man dies **Tachykardie**, eine langsamere Herzfrequenz als normal heißt **Bradykardie**.



Abb. 3: oben: normaler Herzschlag,

unten: EKG-Kurve bei beschleunigtem Herzschlag (Tachykardie)

Die Herzfrequenz bestimmt der Arzt durch Abhören mit dem Stethoskop oder im Elektrokardiogramm. Einen ersten Anhaltspunkt gibt die Pulsmessung am Handgelenk. (vgl. <http://www.internisten-im-netz.de>)

3. 3. 3 Schlagvolumen

Das Schlagvolumen (SV) ist die Menge Blut, die das Herz bei einem Herzschlag in den Körper pumpt. Bei gesunden Menschen beträgt das SV in Ruhe etwa 70 ml. Mit Hilfe des Schlagvolumens wird das Herzminutenvolumen (HMV) berechnet, also die Menge Blut, die das Herz in einer Minute in den Körper pumpt. (vgl. http://www.internisten-im-netz.de/de_wichtige-begriffe-rund-ums-herz_586.html)

3. 3. 4 Ejektionsfraktion = Auswurffraktion

Die Ejektionsfraktion (EF) ist die Menge Blut, die die linke Herzkammer im Verhältnis zur Gesamtmenge Blut, die sich in der Herzkammer befindet, in den Körper pumpt. In der linken Herzkammer befinden sich im entspannten Zustand etwa 140 Milliliter Blut. Das Herz pumpt beim Herzschlag 80 Milliliter Blut in die Hauptschlagader, die Ejektionsfraktion beträgt also 57%. Bei Gesunden beläuft sich die EF auf über 50 - 60%, junge Menschen haben eine EF von 65 - 70%. Bei Menschen mit schwerer Herzschwäche sinkt die EF sogar unter 25%, ein zu schwaches Herz kann dann den Körper nicht ausreichend mit Blut versorgen.

Der Arzt kann die EF mit verschiedenen Untersuchungstechniken bestimmen. Am einfachsten und ungefährlichsten ist die Ultraschalluntersuchung des Herzens (Echokardiografie). (vgl. http://www.internisten-im-netz.de/de_wichtige-begriffe-rund-ums-herz_586.html)

4 DAS SPOROTHERZ

Wie die Muskulatur, der Stoffwechsel, Sehnen und Gelenke, so reagiert auch das Herz mit spezifischen Anpassungsreaktionen an eine regelmäßige sportliche Aktivität: Das Sportherz ist das Ergebnis einer normalen, sinnvollen Anpassung an eine vermehrte körperliche Dauerbelastung, wie es nach langjährigem, regelmäßigem, umfangreichem und intensivem Ausdauertraining der Fall ist.

Das Sportherz ist ein **gesundes(!), vergrößertes Herz**, gekennzeichnet durch eine regulative Erweiterung aller Herzkammern (inkl. der zuführenden und abgehenden Gefäße) mit kompensatorischer Hypertrophie (Verdickung) der Herzmuskulatur sowie gleichzeitiger Erweiterung der Herzkranzgefäße, um die entsprechende Durchblutung und damit Ernährung sowie Sauerstoffversorgung des starken Herzmuskels zu gewährleisten. Es kann sogar zu einer Vergrößerung des Herzkranzgefäßbettes durch Ausbildung sog. Kollateralen (Querverbindungen zwischen den bereits vorhandenen Gefäßen) sowie - analog zum Trainingseffekt auf die Skelettmuskulatur - zur sog. "Kapillarisation" der Herzmuskulatur kommen (Öffnung sog. Ruhekapillaren, möglicherweise auch Neubildung von Kapillaren. Die Kapillaren sind die kleinsten, nur mikroskopisch sichtbaren Blutgefäße, die den Sauerstoff direkt an die Muskelzellen abgeben).

Das Resultat ist ein optimal durchbluteter, überdurchschnittlich leistungsfähiger Herzmuskel. Gerade hierin unterscheidet sich das gesunde Sportherz von einem kranken Herz mit verdickter Muskulatur, wie es z.B. bei Patienten mit unzureichend behandeltem Bluthochdruck der Fall ist.

Das sog. "Hochdruckherz" (Cor hypertonicum) besitzt kein optimiertes Herzkranzgefäßsystem wie das Sportherz und leidet daher ständig unter einer relativen Mangeldurchblutung, die sich vor allem bei körperlicher Belastung negativ auswirkt. (vgl. <http://www.dr-moosburger.at/pub/pub012.pdf>)

Ein Sportherz entsteht natürlich noch nicht beim Gelegenheitssportler, sondern es entwickelt sich über mehrere Jahre durch sehr hohe Trainingsumfänge und Intensitäten. Häufige mehrstündige Belastungen mit Pulsfrequenzen um 150 Schläge in der Minute sind Voraussetzung. Die größten Herzen sind bei Ausdauerathleten anzutreffen, vor allem bei Straßenradfahrern, Marathon und Schilangläufern sowie

Ruderern. Obwohl das Herz auch bei Spielsportarten wie Tennis oft gejagt wird, wird es allein dadurch noch nicht zum Sportherz, da die intensiven Phasen immer nur einige Sekunden dauern.

(vgl. <http://www.sport-volksbank.at/downloads/sportherz.pdf>)

4. 1 Herz – Kreislauf – System im Sport

Das Herz – Kreislauf – System des Sportlers zeichnet sich durch gewisse Merkmale aus, die durch regelmäßiges physisches Training erworben werden. Die Reaktion des Herz – Kreislauf – Systems auf die sportlichen Belastungen widerspiegelt sich in charakteristischen morphologisch – funktionellen Veränderungen. Der Begriff „Sportherz“ ist seit Jahren im sportmedizinischen Schrifttum bekannt.

Dadurch, dass die Sportherzen die Fähigkeit besitzen, mehr venöses Blut aufzunehmen, vergrößern sie das Ausgangs- und Reserveblutvolumen. Die erhöhte Restblutmenge und das vor dem Herzen rückgestaute Blutvolumen stellen für das Sportherz ein funktionelles Blutdepot dar. Sie ermöglichen eine ökonomische und wirkungsvolle Steuerung der Herz – Kreislauf – Funktion. Das Herz ist somit besser in der Lage, sowohl die Druck- als auch die Volumenarbeit zu steigern, ohne die Anfangsspannung zu erhöhen. Es reagiert außerdem mit einer wesentlich höheren Herzschlagfrequenz in Ruhe.

Entsprechend seiner Bedeutung in der Hämodynamik und damit der Gesamtversorgung des Organismus stellt das Herzzeitvolumen eine zentrale Größe für die Steuerung des Herz – Kreislauf – Systems als Ausdruck der Regelgröße für peripheren Bedarf und zentrale Regulation bei der Beurteilung der Kreislauffunktion dar. (vgl. *Gottschalk 1982, S. 41*)

Untersuchungen des Herz – Kreislauf – Systems unter Ruhebedingungen haben folglich ihre volle Berechtigung in der Komplexen Leistungsdiagnostik. Das Sportherz zeigt eine überdurchschnittliche Leistungsfähigkeit, einen normalen Herzinnendruck und eine gute Myokarddurchblutung. Unter Ruhebedingungen weist das Sportherz einen hohen Grad an Ökonomisierung (Schongang) auf. Dieser hohe Ökonomisierungsgrad findet in vielfältigen Parametern seinen Niederschlag (physiologische Hypertrophie des Myokards, regulative Dilatation der Ventrikel, niedrige Herzschlagfrequenz, niedriger systolischer Blutdruck, kleine

Blutdruckamplitude, großes Schlagvolumen, Verlängerung der Dauer von kardiodynamischen Herzzeitintervallen, geringere Kontraktilitätswerte, veränderte unblutige Kontraktilitätsparameter, EKG – Besonderheiten u. a.) (vgl. *Gottschalk 1982, S. 43*)

4. 2 Sport und Herzvolumen

1899 wurde der Begriff des „Sportherzens“ geprägt. Verstanden wurde darunter eine auffällige Herzvergrößerung bei Sporttreibenden. In der Folgezeit ist von sehr zahlreichen Untersuchern, vor allem bei solchen Personen, die Ausdauerübungen betreiben, die herzvergrößernde Wirkung des Sports nachgewiesen und sowohl positiv als auch negativ bewertet worden. Die kompetenten Untersucher unserer Zeit sind sich darüber einig, dass es sich bei dem vergrößerten Herzen des Sportlers nicht um eine pathologische Erscheinung sondern um eine Anpassung des gesunden Herzens an die geforderten Leistungen handelt.

Zugrunde liegt dieser Herzvergrößerung sowohl eine Dilatation der Herzkammern mit vermehrtem Restblut als auch eine Hypertrophie der Muskulatur. (vgl. *Israel 1968, S.16*) Das regulativ vergrößerte Herz des Sportlers weicht in seinem funktionellen Verhalten vom Herzen des Untrainierten ab. Selbstverständlich unterscheidet es sich grundlegend in seiner Funktion vom vergrößerten Herzen des Erkrankten (vgl. *Israel 1968, S. 17*)

In den Ausdauersportarten haben die besten Sportler die relativ größten Herzen. Es besteht somit eine Korrelation zwischen Herzvolumen und Leistungsfähigkeit. Das Volumen des gesunden Herzens ist demnach ein Maß für die Kapazität zur Ausdauerleistung. Die alleinige Beachtung des absoluten Herzvolumens, kann bei der aufgeworfenen Thematik noch nicht befriedigen. Im Rahmen korrelativer Betrachtungen wurden Abhängigkeiten des Herzvolumens vom Körpergewicht, von der Körpergröße und der Körperoberfläche, sogar vom Blutvolumen und vom O₂-Verbrauch und Grundumsatz ermittelt. Nach neueren Untersuchungen ist das Körpergewicht das sicherste Korrelat des Herzvolumens. Trotzdem ist der Korrelationskoeffizient bei Sportlern niedriger als bei Nichtsportlern. Da sportliches Training sehr stark die Herzgröße, jedoch kaum das Körpergewicht beeinflusst, überrascht dieser Befund keineswegs.

Während das normale Herzvolumen bei ca. 800 Milliliter liegt, kann es durch Ausdauertraining auf mehr als das Doppelte, auf ca. 1.700 Milliliter, anwachsen. Um Vergleiche anstellen zu können, bezieht man das Herzvolumen auf das Körpergewicht und bezeichnet es dann als relatives Volumen. Ein Normalherz hat ein relatives Volumen von 10 Milliliter pro Kilo Körpergewicht, ab etwa 13 Milliliter pro Kilo handelt es sich um ein Sporthertz. Dieses schlägt sowohl in Ruhe als auch im unteren Belastungsbereich mit deutlich niedrigeren Frequenzen als ein untrainiertes Herz. Aufgrund dessen reduziert sich sein Sauerstoffverbrauch beträchtlich. Der verlangsamte Puls bringt außerdem eine längere Pause zwischen den Schlägen mit sich. Dadurch kann das Herzkranzgefäßsystem das Herz besser mit Blut versorgen, denn nur in der Schlagpause wird es optimal durchblutet. (vgl. <http://www.sportvolksbank.at/downloads/sporthertz.pdf>)

4. 3 Sport und Herzfrequenz

Wie schnell das Herz schlägt, hängt nicht nur vom Alter sondern auch von der körperlichen Belastung und vom Trainingszustand ab. Bei Belastung kann die Herzfrequenz auf maximal 160-180 Schläge pro Minute ansteigen. Bei Ausdauersportlern schlägt das Herz in Ruhe viel seltener als bei Untrainierten, etwa 40- bis 50-mal pro Minute. Die Herzfrequenz unterliegt sowohl endo- wie exogenen als auch intra- wie extrakardialen Einflüssen.

Herzvolumen (ml)	n	$\bar{x} \pm s_x$		
		Schläge pro Minute	V	s
600 – 699	50	70, 2 ± 1, 4	48 – 96	9, 9
700 – 799	72	64, 8 ± 1, 1	42 – 84	9, 6
800 - 899	90	62, 9 ± 0, 8	42 – 86	8, 4
900 - 999	95	59, 2 ± 0,9	36 – 83	9, 4
1000 - 1099	94	55, 4 ± 0, 9	38 – 82	9, 6
1100 - 1200	39	55, 6 ± 1, 2	38 – 72	7, 7
>1200	31	50, 5 ± 1, 1	42 – 64	6, 2

r: - 0, 520, t: 13, 19, p: < 0, 1 %, y = 89, 4 – 3, 2_x

Tabelle 1 Die Beziehungen zwischen Herzvolumen und Herzfrequenz

Die Ruhebradykardie des Sportlers wurde immer wieder beschrieben. Als tiefst mögliche Werte für die Trainingsbradykardie wurden 29 und 31 Schläge pro Minute angenommen. Die sehr tiefen Frequenzen setzen natürlich eine gute Windkesselfunktion der Aorta voraus. Je besser die Fähigkeit zu Ausdauerleistungen, desto ausgeprägter die Bradykardie! In den Ausdauersportarten pflegen die besten Sportler die tiefsten Herzfrequenzen aufzuweisen. Je tiefer die Frequenz gelegen ist, umso ökonomischer die Herzarbeit. Der durchschnittliche Abfall der Herzfrequenz beträgt 3,2 Schläge bei 100 ml Zunahme des absoluten Herzvolumens bzw. 3,2 Schläge bei 1 ml/kg Zunahme des relativen Herzvolumens.

Da die Untersuchungen nicht unter Grundumsatzbedingungen angestellt werden konnten, wurden für die Herzfrequenz keine extrem tiefen Durchschnittswerte ermittelt. So konnte, z. B. bei einem Weltmeister im Straßenradrennfahren (Bernhard Eckstein) bereits mehrfach eine Frequenz von 32 Schlägen/min gezählt werden; bei den vorgelegten Ergebnissen tritt er jedoch lediglich mit 38 Schlägen/min in Erscheinung. (vgl. *Israel 1968, S. 21*)

In das Untersuchungsgut wurden selbstverständlich nur solche Sportler aufgenommen, bei denen im EKG ein einwandfreier Sinusrhythmus nachweisbar war. Die Arrhythmien des Sportlers sind ausschließlich Sinusarrhythmien, die in erster Linie respiratorisch bedingt sind. Eine pathologische Bedeutung kommt ihnen nicht zu. (vgl. *Israel 1968, S.25*)

4. 4 Sport und Herzminutenvolumen

Für das Minutenvolumen des Herzens gelten nach verschiedenen Autoren Werte zwischen 1,7 und 8,4 l als normal. An einem größeren Untersuchungsgut wurden Durchschnittswerte zwischen 4,5 und 5,1 l gefunden. Der Vergleich zwischen trainierten und untrainierten Personen ergab übereinstimmend eine Reduktion des Minutenvolumens bei den Trainierten. (vgl. *Israel 1968, S.38*)

Ausgehend von einem Ruheminutenvolumen von 6 l ist somit das Minutenvolumen für 100 Watt mit ca. 13 l anzunehmen. Für eine Leistung von 200 Watt ist entsprechend ein Minutenvolumen von 20 l erforderlich. Auch für eine bestimmte Laufgeschwindigkeit kann das erforderliche Minutenvolumen abgeschätzt werden. Zwar lässt sich für das Laufen in der Ebene die Leistung in Watt nicht ausdrücken, da

zumindest theoretisch nach der Formel: **Leistung = Kraft x Weg/Zeit** durch die Tatsache, dass keine Höhe überwunden wird, die Leistung scheinbar Null ist. Das erforderliche Minutenvolumen ergibt sich aber aus dem notwendigen Energieumsatz. Die Sauerstoffaufnahme beträgt für eine bestimmte Laufgeschwindigkeit nach der Gleichung von Pugh:

$$VO_2 \text{ [ml/min x kg]} = 4,25 + 2,98 \times \text{Laufgeschwindigkeit [km/h]} \text{ (vgl. Rost 1990, S. 18)}$$

Die Mittelwerte des Herzminutenvolumens für Trainierte lagen bei 2,75 l. Bei gesunden Vagotonikern wurden Minutenvolumina von 2-3,5 l gefunden.

Herzvolumen (ml)	n	$\bar{x} \pm s_x$ (l)	V (l)	s (l)
600- 699	50	4,21 ± 0, 16	1, 86 – 6, 32	1, 15
700 – 799	72	3, 86 ± 0, 12	2, 12 – 6, 43	1, 01
800 – 899	90	3, 89 ± 0, 12	1, 75 – 7, 41	1, 16
900 – 999	95	3, 27 ± 0, 10	1, 36 – 6, 14	0, 98
1000 – 1099	94	3, 22 ± 0, 10	1, 43 – 5, 10	0, 94
1100- 1200	39	3, 05 ± 0, 15	1, 63 – 4, 92	0, 91
>1200	31	2, 74 ± 0, 11	1, 52 – 4, 52	0, 63
r: - 0, 415, t: 9, 87, p: < 0, 1 %, y = 5, 94 – 0, 26 _x				

Herzvolumen (ml/kp)	n	$\bar{x} \pm s_x$ (l)	V (l)	s (l)
10 – 10, 99	51	4, 29 ± 0, 15	2, 13 – 6, 32	1, 08
11 – 11, 99	77	3, 97 ± 0, 12	1, 86 – 6, 43	1, 07
12 – 12, 99	92	3, 66 ± 0, 12	1, 48 – 7, 41	1, 13
13 – 13, 99	93	3, 45 ± 0, 11	1, 36 – 6, 38	1, 05
14 – 14, 99	59	3, 10 ± 0, 11	1, 48 – 5, 13	0, 81
15 – 15, 99	54	2, 99 ± 0, 12	1, 63 – 5, 24	0, 91
16 – 17	32	2, 71 ± 0, 11	1, 52 – 4, 21	0, 62
>17	13	2, 77 ± 0, 25	1, 72 – 3, 91	0, 89
r: - 0, 422, t: 10, 08, p: < 0, 1%, y = 6, 79 – 0, 25 _x				

Tabelle 2 Die Beziehungen zwischen Herzvolumen und Minutenvolumen

Mit zunehmender Trainingsanpassung kommt es zur Erhöhung der arteriovenösen Differenz, die vor allem bedingt ist durch eine stärkere Kapillarisation der Muskulatur und durch eine Verlangsamung des Blutstromes. Diese Erscheinungen sind wie die Herzgröße selbst als Trainingswirkung aufzufassen; durch ihr Vorhandensein kommt der trainierte Organismus mit einem stark reduzierten Minutenvolumen aus. (vgl. *Israel 1968, S. 39*)

Schließlich sollte erwähnt werden, dass das eingestellte Herzminutenvolumen für eine bestimmte Belastung auch vom Lebensalter und dem Geschlecht abhängig sein kann. Mit Ausnahme der Gegebenheiten beim älteren Menschen sind hier allerdings die Daten der Literatur teilweise nicht ausreichend. Für Frauen wurde beschrieben, dass bei gleicher Belastungsintensität das Herzminutenvolumen höher liegen soll als bei Männern. Sie nehmen an, dass dies aufgrund des niedrigen Hämoglobinwertes zu erklären sei. Auf der anderen Seite wird dies aus anderen Daten nicht deutlich. Ein niedriger Hämoglobinwert bedeutet eine Erniedrigung der maximalen arteriovenösen Sauerstoffdifferenz, er bedeutet aber nicht zwangsläufig auch eine Verminderung der Sauerstoffutilisation auf submaximalen Stufen. Selbstverständlich müssen Frauen aufgrund ihrer im Durchschnitt kleineren Schlagvolumina für die gleiche Belastung eine höhere Frequenz aufbringen als Männer.

Eine Verminderung des Minutenvolumens für gleiche Belastung ist dagegen für den älteren Menschen (über 35 Jahre) im Vergleich zum jüngeren (unter 35 Jahre) eindeutig nachgewiesen. Das Herzminutenvolumen für gleiche Belastungsintensität und damit gleiche Sauerstoffaufnahme liegt um etwa 1 – 2 l/min niedriger als beim Jüngeren, die periphere Sauerstoffutilisation ist entsprechend erhöht. Da es gleichzeitig beim Älteren, aufgrund der Physiosklerose zu einem Anstieg des Mitteldrucks bei gleichen Belastungstufen kommt, ändert sich insgesamt gesehen die totale Herzarbeit unter körperlicher Arbeit durch das Alter nicht, es kommt allerdings zu einer Verschiebung von Volumen- zu Druckarbeit. (vgl. *Rost 1990, S. 22*)

4. 5 Anspannungs -, Umformungs – und Druckanstiegszeit

Die Anspannungszeit kennzeichnet die Dauer des isometrischen Teils der Herzkontraktion. Für die Anspannungszeit gelten Werte von 0,05 - 0,1 sec als normal. Sie ist gering frequenz- und altersabhängig. Bei den Leistungssportlern

wurden Verlängerungen der Anspannungszeit des Herzens gefunden. Für gut Trainierte wurde ein Durchschnittswert von 0, 115 sec angegeben.

Die Anspannungszeit (Tabelle 3) zeigt eine hoch signifikante Abhängigkeit vom Herzvolumen. (vgl. *Israel 1968, S. 25*) Die Verlängerung der Anspannungszeit beim Sportherzen muss vor allem als Folge der trainingsbedingten vegetativen Umstellung des Sportlers gedeutet werden. Ein ausgeprägtes Sympathikusüberwiegen führt zur Verkürzung der Anspannungszeit, aber in erster Linie löst das Vagusüberwiegen bei Sportlern ihre Verlängerung aus.

Bei sich vergrößerndem Herzvolumen unter pathologischen Bedingungen wurde eine Verkürzung der Anspannungszeit gefunden; diese Verhältnisse treffen also auf das vergrößerte Herz des Gesunden ganz offensichtlich nicht zu. Die Anspannungszeit ist ein zweiphasiger Vorgang. Im allgemeinen wurde allein die Druckanstiegszeit verlängert gefunden, die Umformungszeit blieb unverändert. (vgl. *Israel 1968, S. 25*)

Die Umformungszeit weist darauf hin, dass das Herz mit kompensatorisch vergrößerter diastolischer Füllung arbeitet. Manche Forscher fanden die Umformungszeit bei Sportlern im Normbereich, sogar kürzer als bei Nichtsportlern.

Das Verhalten der Umformungszeit kann als Indikator für den Füllungsdruck des linken Ventrikels gelten. Da sich hinsichtlich der Umformungszeit keine Abweichungen beim Sportherz nachweisen ließen, spricht dieser Befund für normale Druckverhältnisse im linken Ventrikel. (vgl. *Israel 1968, S. 28*)

Eine verlängerte Umformungszeit beim Sportler deutet auf eine Fehlregulation des Kreislaufs hin. Die Verlängerung der Druckanstiegszeit auf mehr als 0, 055 sec lässt auf eine Schädigung des linken Ventrikels schließen. Die Kontraktionskraft des Sportherzens kann aufgrund der besonderen Leistungsfähigkeit (auch normales EKG und normale intrakardiale Druckverhältnisse) nicht geschädigt sein. (vgl. *Israel 1968, S. 28*)

Die verlängerte Druckanstiegszeit muss beim hochtrainierten Sportler ebenfalls in erster Linie als Ausdruck der Anpassung an hohe und langdauernde sportliche Belastungen gedeutet werden.

Herz volumen (ml)	n	$\bar{x} \pm s_x$ (s)	V (s)	s (s)
600 – 699	50	0,096 ± 0,0015	0,080 – 0,125	0,010
700 – 799	72	0,096 ± 0,0015	0,070 – 0,125	0,012
800 – 899	90	0,096 ± 0,0013	0,055 – 0,125	0,012
900 – 999	95	0,105 ± 0,0014	0,070 – 0,135	0,013
1000 – 1099	94	0,107 ± 0,0016	0,080 – 0,145	0,015
1100 – 1200	39	0,106 ± 0,0023	0,085 – 0,140	0,014
>120	31	0,115 ± 0,0021	0,090 – 0,140	0,011

r: + 0,387, t: 9,08, p: < 0,1%, y: = 0,732 + 0,003_x

Relatives				
Herz volumen (ml/kp)	n	$\bar{x} \pm s_x$ (s)	V (s)	s (s)
10 – 10,99	51	0,094 ± 0,001	0,070 – 0,130	0,011
11 – 11,99	77	0,097 ± 0,001	0,070 – 0,125	0,011
12 – 12,99	92	0,101 ± 0,001	0,065 – 0,125	0,012
13 – 13,99	93	0,100 ± 0,001	0,55 – 0,130	0,014
14 – 14,99	59	0,106 ± 0,001	0,085 – 0,140	0,013
15 – 15,99	54	0,111 ± 0,002	0,085 – 0,145	0,015
16 – 17	32	0,110 ± 0,002	0,090 – 0,135	0,012
>17	13	0,117 ± 0,002	0,105 – 0,130	0,096

r: +0,366, t: 8,52, P: < 0,1%, y = 0,0645 + 0,003_x

Tabelle 3 Beziehung zwischen Herzvolumen und Anspannungszeit

4. 6 Sport und Schlagvolumen

Als Normalwerte für das Schlagvolumen des Herzens gelten 60 – 90 ml. Bei Sportlern wurde das Schlagvolumen vielfach leicht vermindert gefunden, und zwar auf durchschnittlich 55 ml, 54,9 ml, 58,0 ml. Es wurden aber auch hohe Werte von durchschnittlich 78,1 ml und 84,7 ml beschrieben. (vgl. Israel 1968, S.38)

Je größer das Schlagvolumen ist, desto niedriger kann die Herzfrequenz sein, um ein bedarfsgerechtes HMV und damit einen Kreislauf mit bedarfsgerechter Organdurchblutung aufrecht zu erhalten.

Für das Sporthertz bedeutet das, dass sein Schlagvolumen in Ruhe, abhängig von der Ruheherzfrequenz, größer als das von Untrainierten ist, weil es in der Regel langsamer schlägt. Dies erklärt sich durch das Zusammenspiel mit der trainingsbedingten *Vagotonie*, die vor allem durch extensives Grundlagen-Ausdauertraining, das heißt umfangreiche Ausdauerbelastungen mit relativ niedriger Intensität erzielt und nur am Herz wirksam wird (*kardiale Vagotonie*). (vgl. <http://www.dr-moosburger.at/pub/pub012.pdf>)

4. 7 Sport und Blutdruck

Der Normalwert des systolischen Blutdrucks liegt für die Altersgruppe der untersuchten Personen im Durchschnitt zwischen 120 und 125 mm/Hg. Bei Sportlern wurde vielfach ein erniedrigter systolischer Blutdruck gefunden: nur vereinzelt wird ein unverändertes Blutdruckverhalten oder eine Erhöhung mitgeteilt. Während unter den Sportlern die Träger von „Normalherzen“ einen systolischen Blutdruck aufweisen, der unterhalb des gültigen Normbereichs liegt, bewegen sich die Werte der Sporthertzträger durchschnittlich im Normbereich. Die gewonnenen Ergebnisse stützen die Auffassung, dass die Ökonomieverhältnisse umso günstiger zu beurteilen sind, je höher der Quotient systolischer Blutdruck zu Herzfrequenz ist (dabei wird selbstverständlich ein Blutdruck im Normbereich vorausgesetzt). (vgl. *Israel 1968, S. 35*)

4. 7. 1 Mechanische und elektrische Systole

Die Systole des Herzens ist die Arbeitsphase des Herzzyklus, in der sich der Herzmuskel kontrahiert. Dabei hängt die Systolendauer maßgeblich von der Herzschlagfrequenz ab. (vgl. *Gottschalk 1982, S. 89*)

Die Dauer der mechanischen (elektro – mechanischen) Systole unterliegt in hohem Maße humoralen und neurovegetativen Einflüssen. So ist es leicht erklärlich, dass die überwiegend vagus-gesteuerten Sportherzen eine höhere Systolendauer aufweisen als die Herzen untrainierter Personen. (vgl. *Israel 1968, S. 30*)

Der relativ langsame Ablauf der Systole steigert den Wirkungsgrad der Herzaktion und wirkt kraftsparend. Es handelt sich also auch hier um eine sehr sinnvolle Anpassungsreaktion des Organismus an die geforderte Leistung. Auch die Dauer der elektrischen (elektrokardiographischen) Systole ist frequenzabhängig, so dass die negativ chronotrope Auswirkung der Trainingsvago-tonie auch hier verlängernd in Erscheinung treten muss. (vgl. *Israel 1968, S. 31*)

Das Verhältnis von mechanischer zu elektrischer Systole spielt bei Stoffwechselstörungen des Herzens (Comata, HEGGLIN – Syndrom) eine Rolle. Bei der Kontraktion des linken Ventrikels folgt der Blutausschuss aus dem Ventrikel in die Aorta; dabei ist der Druck im Ventrikel höher als der in der Aorta, und entsprechend steigt der arterielle Druck während der Austreibungsphase an. Die Steilheit des Druckabfalls ist von der Geschwindigkeit abhängig, mit der das Blut aus der Aorta abfließt. Vor dem Ende der Austreibungsphase beginnt auch der Druck schon wieder zu fallen, da das Blut schon schneller abfließt, als es zum Schluss aus dem Ventrikel ausgetrieben wird.

Dabei kommt es zur Verlängerung der elektrischen und Verkürzung der mechanischen Systole, also zu deutlichen Abweichungen in dem Verhältnis von Erregungsdauer und Dauer des Kontraktionsablaufes. Das gleiche Verhalten wurde auch bereits bei Trainierten ermittelt. (vgl. *Israel 1968, S. 33*)

4. 7. 2 Dauer der Diastole

Da die Frequenz hochsignifikant vom Herzvolumen abhängig ist, die Systolendauer zwar eine signifikante, quantitativ aber recht geringe Abhängigkeit vom Herzvolumen aufweist, muss die Abhängigkeit bei der Dauer der Diastole sehr ausgeprägt sein. Die Diastolendauer wurde einmal vom Steilabfall der Karotispulskurve vor der Inzisur bis zum Fußpunkt der Karotispulskurve und außerdem im EKG von Ende T bis Anfang Q ausgemessen. Die Dauer der jeweiligen Diastole ordnet sich exakt ein in den zeitlichen Ablauf von Herzperioden- und Systolendauer. Mit zunehmendem Herzvolumen verkürzt sich die elektrische relativ zur mechanischen, d. h. der Abstand zwischen mechanischer und elektrischer Diastole wird zugunsten der mechanischen Diastole zunehmend größer. Der Regressionskoeffizient ist für die mechanische (wahre) Diastole pro 100 ml absoluter Herzvolumenzunahme um 9 ms

und pro ml/kp relativer Herzvolumenzunahme um 10 ms größer als für die elektrische Diastole. (vgl. *Israel 1968, S. 35*)

4. 8 Herzarbeit

Für die untersuchte Altersgruppe gelten als Normalwerte für die Herzarbeit 0,9 bis 1,1 J. Bei Sportlern wurden Werte von 0,74 J beschrieben und zeigen eine deutliche Senkung des Wertes für die Arbeit des linken Ventrikels unter Ruhebedingungen bei Sportlern. (vgl. *Israel 1968, S. 43*)

Es wurden Berechnungen über den 24 – Stunden – Wert der Herzarbeit angestellt. Die Werte der Sportler lagen ganz wesentlich unter denen der Nichtsportler (5300 – 11600 mkp gegenüber 14000 bis 22000 mkp)

Herzvolumen (ml)	Herzarbeit in 24 Std. (mkp)	relatives Herzvolumen (ml/kp)	Herzarbeit in 24 Std. (mkp)
600 – 699	8930	10 – 10, 99	9070
700 – 799	7780	11 – 11, 99	8010
800 – 899	7090	12 – 12, 99	6810
900 – 999	6280	13 – 13, 99	6180
1000 – 1099	5780	14 – 14, 99	5900
1100 – 1200	5910	15 – 15, 99	5660
>1200	4860	16 – 17 >17	5060 5100

Tabelle 4 24 – Stunden – Wert der Herzarbeit

Es ergibt sich ein sehr markanter Abfall der Herzarbeit mit zunehmendem Herzvolumen. Die Verwirklichung des Ökonomieprinzips beim Sportherzen findet hier einen weiteren sinnfälligen Ausdruck. (vgl. *Israel 1968, S. 44*)

4. 9 Herzleistung

Für die Herzleistung wurden für die untersuchte Altersgruppe Normalwerte von 0, 95 – 1, 08 J/s angegeben. Sportherzen zeigen unter Ruhebedingungen als Ausdruck ihrer besonders ökonomischen Arbeitsweise eine herabgesetzte Herzleistung. In der Literatur wurden die Werte von 0, 72 J/s und 0,7 – 0, 83 J/s beschrieben.

Die Tendenz, die sich bei der Herzarbeit bereits angedeutet hat, kommt aufgrund der Bradykardie des vergrößerten Sportherzens bei der Berechnung der Herzleistung noch stärker zum Vorschein. (vgl. Israel 1968, S. 46)

4. 10 Maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2 max)

Wie die Erfahrung zeigt, haben viele Sportler und Trainer Schwierigkeiten, sich unter dem Begriff der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_2 max) etwas Konkretes vorstellen zu können. Kein Wunder, findet man doch nur selten eine klare und leicht verständliche Definition in der (sport)medizinischen bzw. sportwissenschaftlichen Literatur und nur zu oft erhalten Trainer und Aktive ungenügende Informationen von Seiten der Sportärzte. Leider gibt es auch unter Medizinern falsche Vorstellungen über die Sauerstoffaufnahme (Vielfach wird darunter nur die O_2 -Aufnahme in der Lunge verstanden, gemeint ist aber die O_2 -Aufnahme der inneren Organe, bei körperlicher Belastung in erster Linie der Muskulatur).

Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2 max) repräsentiert das maximale Transportvermögen von Sauerstoff aus der Atemluft in die Arbeitsmuskulatur.

Sie ist das Maß für:

- die Sauerstoff – Zufuhr (Atmung)
- den Sauerstoff – Transport (Herz – Kreislauf – System) und
- die Sauerstoff – Verwertung (Muskelzelle)

im Ausbelastungszustand des Organismus.

Die Aussagekraft der VO_2 max der spezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit in den einzelnen Disziplinen ist unterschiedlich. In Sportarten, in denen das Körpergewicht nicht voll zu tragen ist (z.B. Rudern, Schwimmen, Radfahren), ist die Größe der absoluten VO_2 max für die Leistungsfähigkeit aussagekräftiger als die relative VO_2 max. Wenn jedoch Arbeit gegen die Schwerkraft zu leisten ist, wie z.B. in den

Laufdisziplinen, verhält es sich umgekehrt. Deshalb streben Mittelstrecken-, Langstrecken- und BergläuferInnen immer ein möglichst geringes Körpergewicht an. (vgl. <http://www.personal-fitness.at>)

	Sporthertz		Normales Herz	
	Ruhe	Arbeit	Ruhe	Arbeit
Volumen	bis 1.700 ml		600-800 ml (570-600 ml weibl.) (770-820 ml männl.)	
Relatives Volumen	bis 18 ml/kg		bis 10 ml/kg	
Gewicht	bis 500 g		ca. 300 g	
Herzfrequenz	30 – 70 /min	bis 200 /min	50 – 80/min	bis 200/min
Pause zwischen den Schlägen	0,9 sec		0,7 sec	
Schlagvolumen	100 ml	250 ml	70 ml	120 ml
Herzminutenvolumen	4 – 6 l	bis 50 l	4 – 6 l	bis 18 l
Sauerstoff – (O²-) Aufnahme	0,25 l/ min	bis 6 l/ min	0,25 l/ min	3 l/ min
Maximale O₂ Aufnahme/kg (VO₂max)	60 – 80 ml/ kg min		35 – 40 ml/ kg min	

Tabelle 5 Vergleich zwischen Sporthertz und dem „normalen“, untrainierten Herzen

5 GEFAHRENMOMENTE DES SPORThERZENS

5. 1 Nichttraumatische HerzsChädigung

Die Motivation zum Sport ist sehr unterschiedlich, sie ist keineswegs nur gesundheitsbezogen. Unfälle beim Sport lassen sich weitgehend durch die Auswahl geeigneter Sportarten verhindern. Bei Sportformen, die aus präventiver Sicht empfohlen werden, wie Joggen, Radfahren, Schwimmen oder Skilanglaufen treten kaum Verletzungen auf. Wenn der sehr schwierige Versuch einer Kosten – Nutzen – Analyse aus kardiovaskulärer Sicht unternommen werden soll, so muss er sich auf positive bzw. negative Auswirkungen auf das Herz – Kreislauf – System beschränken. Kardiovaskuläre Zwischenfälle beim Sport sind vergleichsweise selten. Trotzdem stellt natürlich der plötzliche Tod eines jungen, scheinbar völlig gesunden Athleten oder auch eines älteren Breitensportlers, der gerade wegen seiner Gesundheit Sport betreibt, während körperlicher Aktivität den dramatischen und für alle Beteiligten erschütterndsten aller möglichen Sportzwischenfälle dar. Spektakuläre Todesfälle dieser Art hat es seit jeher gegeben. Erinnerung sei an den Tod des Siegesbotschafters nach der Schlacht von Marathon, dessen Name, historisch nicht korrekt, meist mit Pheidippides angegeben wird. In neuerer Zeit lässt sich das kardiovaskuläre Risiko unter körperlicher Belastung in dem Namen von *Jim Fixx* personifizieren, dem Propagandisten der amerikanischen Joggerbewerber, der 1984 beim Laufen einem plötzlichen Herztod erlag.

Aus dieser lesenswerten Hintergrundbeschreibung ergibt sich bereits eine Reihe von Hinweisen, die zur Vermeidung solcher Zwischenfälle beitragen können:

Die Obduktion ergab bei *Jim Foxx* das Vorliegen einer schweren koronaren Dreigefäßerkrankung. Er muss in den letzten 8 Wochen vor seinem Tod 3 myokardiale Infarktionen durchgemacht haben. Kardiologisch erstaunlich ist die Tatsache, dass eine Septumdicke von 28 mm vorlag, so dass zusätzlich eine hypertrophe Kardiomyopathie anzunehmen ist. (vgl. Rost 1990, S. 121)

Hierfür spricht auch die Beobachtung, dass bereits sein Vater mit 37 Jahren plötzlich verstarb. Wie die Schilderung der Einzelheiten durch die Angehörigen ergab, hatte *Jim Fixx* durchaus Beschwerden, er weigerte sich allerdings, sich näher untersuchen zu lassen, da er von der in amerikanischen Joggerkreisen verbreiteten irigen Ansicht ausging, Marathonläufer könnten keinen Herzinfarkt erleiden. Die Praxis zeigt immer

wieder, dass der Tod beim Sport die Erstmanifestation einer KHK sein kann. Solche Zwischenfälle werden in Zukunft umso mehr zu erwarten sein, je mehr immer ältere Menschen Sport betreiben. Nach den Daten von Pool tritt der Herztod beim 35 – 50 jährigen unter körperlicher Belastung 10 mal häufiger auf als beim jungen Athleten.

(vgl. Rost 1990, S. 122)

5. 1. 1 Häufigkeit

Die Frage nach der Häufigkeit internistisch bedingter Todesfälle beim Sport in der Bundesrepublik Deutschland kann nur durch Schätzungen und Analogieschlüsse beantwortet werden, da die Dokumentation der Todesfälle zwar die vermutete Todesursache erfasst, nicht jedoch die Umstände des Todeseintritts. Nach den Angaben des Deutschen Sportbundes treten in seinem Bereich über die letzten Jahre hinweg ziemlich konstant 300 – 400 Todesfälle pro Jahr auf. Die willkürlich aus dem Jahr 1984 herausgegriffenen Daten zeigen 314 Todesfälle, die meisten bedingt durch Unfälle und Wegeunfälle, also Verkehrsunfälle auf dem Weg zum Sportplatz. Es verbleiben 133 vom Sportbund als solche bezeichnete „optische“, also internistisch bedingte Todesfälle. Die tatsächliche Zahl lässt sich aus Umfrageergebnissen in verhältnismäßig umschriebenen Regionen wie Finnland oder Holland abschätzen. Fragebogenaktionen bzw. Einsichten in die Sterberegister ergaben in Finnland bei 4,8 Mio Einwohnern 48 Todesfälle pro Jahr während sportlicher Aktivität, also 10 Fälle pro eine Million Einwohner. Umgerechnet auf die Bundesrepublik Deutschland müsste man danach von 600 Todesfällen ausgehen. In Holland wurden unter 14,6 Mio Einwohnern pro Jahr 104 Todesfälle ermittelt. Hochgerechnet für die Bundesrepublik kommt man auch hier auf ein ähnliches Ergebnis. Eine Zahl von ca. 500 internistisch bedingten Todesfällen jährlich beim Sport erscheint somit für die Bundesrepublik derzeit realistisch, angesichts einer immer älter werdenden Bevölkerung, die zunehmend Sport betreibt, dürfte sie für die Zukunft eher zu niedrig sein. (vgl. Rost 1990, S. 123)

5. 1. 2 Übersterblichkeit

Der hohe Übersterblichkeitsfaktor unter körperlicher Belastung von 56 bei untrainierten Personen ist sicher auch ein Ergebnis der Selektion durch die gewählte

Methodik der Telefonumfrage. Unabhängig von solchen methodischen Problemen muss berücksichtigt werden, dass jede Therapieform und jede Aktivität mit einem gewissen Risiko verbunden ist. Obwohl auch für die trainierte Gruppe dieser Autoren während des Sports eine Übersterblichkeit besteht, beträgt umgekehrt ihr Risiko für den plötzlichen Herztod auf die Gesamtlebenszeit umgerechnet nur 40% des Risikos der nicht trainierenden Bevölkerung. (vgl. Rost 1990, S.123)

Der plötzliche Herztod beim Sport ist glücklicherweise ein außerordentlich seltenes Ereignis. Andererseits ist jeder plötzliche Herztod eine enorme Tragödie, die die zentrale Frage aufwirft, ob das Ereignis nicht durch entsprechende Voruntersuchungen hätte verhindert werden können.

(vgl. http://www.sgsm.ch/files/file_ressource_properties/file/21/de_5-sm_info_herz.pdf)

5. 1. 3 Gefährliche Sportarten

Als besonders gefährlich gelten hämodynamisch ungünstige Belastungen, die mit Pressdruck verbunden sind, wie Gewichtheben, Bodybuilding etc., Kampfsportarten wie Boxen oder Sportarten, die mit hohem Stress verbunden sind, wie Spilsportarten. Sportarten wie Laufen, Schwimmen etc. gelten dagegen als besonders gesund.

Die Verteilung der Todesfälle im Sport zeigt eher Gegenteiliges. Für den ideologisierten Jogger ist es sicher eine negative Überraschung, festzustellen, dass beispielweise in Holland, bezogen auf die Zahl der Sporttreibenden, die meisten Todesfälle beim Sport Jogger betreffen. Die entsprechenden Statistiken zeigen im Wesentlichen zum einen die Verteilung der jeweiligen Sportarten in der Bevölkerung, zum anderen das Altersspektrum. Die eingangs als potentiell gefährlich angesprochenen Sportarten Gewichtheben, Boxen oder Bodybuilding, sind unter körperlicher Aktivität so gut wie nicht vertreten, da dies Sportarten sind, die vor allem von jungen Leuten ohne größeres kardiovaskuläres Risiko betrieben werden. Nichttraumatische Todesfälle sind hier extreme Ausnahmen. Die relativ gefährlichste Sportart ist demnach das Tauchen. Hierbei dürfte es sich zum größten Teil nicht um internistisch bedingte Todesfälle handeln, sondern um Dekompressionsunfälle.

(vgl. Rost 1990, S. 126)

Sportart	n	Mittleres Alter (J)
Golf	19	59
Jogging	16	48
Schwimmen	9	52
Bowling	5	50
Tennis	5	50
Basketball	4	36
Handball	3	50

Table 6 Todesfälle im Breitensport 1975 – 1981 in Rhode Island

Wenn somit in Rhode Island sehr viele Todesfälle beim Golf auftreten, so spricht auch dies wiederum nicht für die Gefährlichkeit des Golfs sondern für die Tatsache, dass in den USA sehr viel Golf gespielt wird und dies vor allem von älteren Menschen. Ebenso spricht die Tatsache, dass in der finnischen Studie 67 Herztodesfälle im Zusammenhang mit der Sauna auftraten, nicht für deren Gefährlichkeit sondern für die Tatsache, dass die Finnen sehr häufig die Sauna besuchen. Andererseits können Golf und Sauna Auslösemechanismen bei bestehender Vorschädigung sein. In der finnischen Statistik ist ferner von Interesse, dass diejenige körperliche Aktivität, bei der sich die meisten Todesfälle ereigneten, das Gehen war (16,1%). Todesfälle beim Skilaufen betrafen nur 1,8 % der Gesamtfälle oder 4,7% der sportbedingten Todesfälle. Solche Zahlen machen es wenig wahrscheinlich, dass kardiovaskuläre Zwischenfälle beim Sport mit der Intensität der Belastung in Verbindung zu bringen sind, wie dies häufig vermutet wird. Zu den als besonders gefährlich angesehenen Sportarten zählt auch das Squash – Spiel. Dies scheint verständlich, angesichts der hoch intensiven Belastung, die mit diesem Sport verbunden ist. Aber auch hier waren vor allem ältere Personen betroffen. Die 30 Todesfälle bezogen sich auf eine Altersgruppe von 22 – 66 Jahren, das mittlere Alter wurde mit $46,7 \pm 9,58$ Jahren angegeben. (vgl. Rost 1990, S. 128)

Die Bedeutung des höheren Lebensalters als entscheidender Risikofaktor zeigt sich auch bei einer so „gesunden“ Sportart wie dem Skilanglauf. Von den insgesamt 101 Todesfällen, die sich 1983/84 in Österreich ereigneten, waren 36 nichttraumatisch bedingt. Hiervon traten 8, also immerhin jeder 4. bis 5., beim Skilanglauf auf.

Betroffen waren davon nur Menschen mit einem Alter oberhalb von 50 Jahren. Der als so stark belastend angesehene alpine Skilauf forderte umgekehrt bei den unter 30 jährigen nur Todesopfer durch Unfälle, Herztode waren nicht zu beklagen. Unter körperlicher Belastung besteht ein erhöhtes Risiko für den plötzlichen Tod. Dieser betrifft vor allem den älteren Menschen. Entscheidend ist dabei die körperliche Belastung an sich, nicht die Sportart. Nichttraumatische Todesfälle finden sich daher überwiegend in Sportarten, die von älteren Menschen bevorzugt werden. Es erscheint zwar möglich, dass eine intensivere körperliche Belastung auch gefährlicher ist, aus den Statistiken heraus lässt sich dies jedoch nicht belegen. Nur durch die Empfehlung „vernünftige Sportarten vernünftig zu betreiben“ lässt sich daher der Zwischenfall sicher nicht vermeiden. (vgl. Rost 1990, S. 129)

5. 1. 4 Todesursachen

Als Ursachen für den plötzlichen Herztod nennt der Münchner Kardiologe dreierlei: „Erstens: unerkannte angeborene Herzerkrankungen, zweitens: Schäden durch eine Herzmuskelentzündung, drittens: körperliche Überlastung.“ Ein weiterer Auslöser liegt im Leistungssport leider auch sehr nahe: die Einnahme von unerlaubten Substanzen, also Doping. Der Herzexperte hält es für eine grundsätzliche Fehlannahme, dass durchtrainierte Sportler auch ein gesundes Herz haben müssen. Und er kritisiert, dass im Profisport regelmäßige Herz-Kreislauf-Untersuchungen nicht an der Tagesordnung sind. Gäbe es solche Screenings, könnten vor allem angeborene Herzerkrankungen frühzeitig entdeckt und entsprechende Maßnahmen ergriffen werden.

(vgl. http://www.focus.de/gesundheit/ratgeber/herz/news/ploetzlicher-herztod_aid_134264.html)

So kickt etwa der deutsche Profifußballer Gerald Asamoah mit einer diagnostizierten Herzmuskelverdickung seit Jahren auf höchstem Niveau.

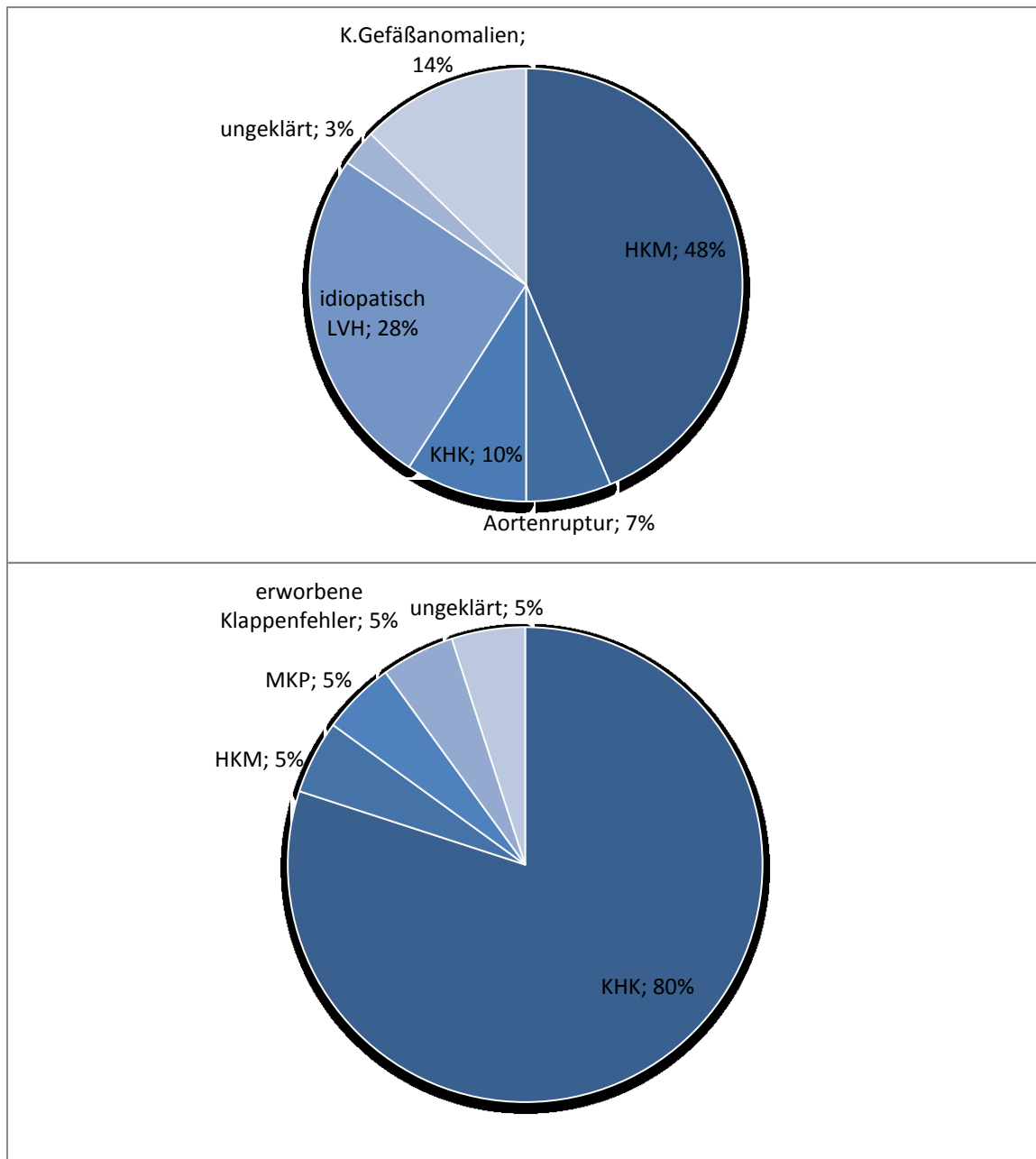


Abb. 4 Ursachen für den plötzlichen Tod bei Leistungssportlern. Dargestellt ist die Häufigkeit der Todesursachen beim jüngeren (35%) (a) und beim älteren Sportler (über 35) (b). (HKM – hypertrophe Kardiomyopathie; LVH – linksventrikuläre Hypertrophie; MKP – Mitralklappenprolaps)

Die Frage „Todesfälle im Sport ohne erkennbare Ursache“ wird in letzter Zeit aus ideologischen Gründen diskutiert. Die dahinterstehende Ideologie wurde in neuerer Zeit wie folgt formuliert:

Die Fragestellung, ob ein gesundes und trainiertes Herz durch sportliche Belastung praktisch nicht geschädigt werden kann, ist zweifelsohne richtig. Solche Aussagen bringen das Bemühen des Sportmediziners zum Ausdruck, den Verdacht auszuräumen, der Sport könne im Einzelfall für die Katastrophe des plötzlichen Todesfalles verantwortlich sein.

Der plötzliche Herztod betrifft sowohl die körperlich aktive wie auch die inaktive Bevölkerung, obwohl es scheint, dass er unter Sportlern häufiger auftritt. Dies scheint Folge der Veränderungen zu sein, die das sogenannte Sportherz bilden und die als Folge der körperlichen Belastung auftreten, wie Linkshypertrophie, Bradykardie, intraventrikuläre Leitungsstörungen und in einigen Fällen WPW – Syndrome (Wolff Parkinson White Syndrom ist eine Herzrhythmusstörung, ausgelöst durch eine elektrisch kreisende Erregung zwischen Herzvorhöfen und den Herzkammern). Die extreme Bradykardie kann eine Verlängerung des QT – Segments im EKG ebenso wie eine elektrische Instabilität mit Arrhythmien bewirken.

Gegen die letztgenannte Ansicht ist die Beobachtung anzuführen, dass der plötzliche Herztod in einem trainierten Kollektiv seltener eintritt. Durch Sport scheint es somit eher zu einer Stabilisierung des Herzrhythmus zu kommen.

Die Frage, ob extreme körperliche Belastung auch ein gesundes Herz überfordern und schädigen kann, ist so alt wie die Diskussion um das Sportherz selbst.

Dieser Diskussion muss man sich aber heute wieder neu stellen, nachdem sich immer mehr und immer ältere Menschen teilweise extremen Ausdauerbelastungen unterziehen, die früher kaum vorstellbar waren. Sie wurde neu aufgenommen durch die Veröffentlichung einer Studie, in der vor und nach einem 24 – Stunden – Lauf, bei dem ein neuer finnischer Landesrekord mit 227 Kilometern erzielt wurde, kardiologische Untersuchungen einschließlich einer Echokardiographie durchgeführt wurden. (vgl. Rost 1990, S.137)

Der linksventrikuläre enddiastolische Durchmesser verkürzte sich nach dem Lauf von 60 auf 56 mm, die Verkürzungsfraction verkleinerte sich von 40 auf 33%, die zirkumferentielle Faserverkürzungsgeschwindigkeit von 1, 25 auf 1, 18 s⁻¹. Hieraus schlossen die Autoren, dass solche Extrembelastungen doch zu einer Funktionsbeeinträchtigung eines gesunden Herzens führen können. Diese Frage wurde aufgegriffen und insbesondere auch aus dem Blickpunkt der Beteiligung zunehmend älterer Menschen an Langlaufwettbewerben nachgeprüft. Untersucht

wurden je 12 Marathonläufer im Alter von 20 – 35 bzw. 36 – 60 Jahren vor und nach einem Lauf. Die durchschnittliche Wettkampfzeit betrug bei der jüngeren Gruppe 3: 20 h, bei der älteren 3: 09 h. (vgl. Rost 1990, S. 138)

	Alle Läufer	20 – 35 Jahre x ± s	36 – 60 x ± s
Linksventrikulärer Innendurchmesser			
LVID _d [mm]			
- Vor dem Lauf	55, 4 ± 3, 4	54, 2 ± 3, 3 ⁺	56, 9 ± 3, 1
- Nach dem Lauf	54, 4 ± 3, 8 [*]	53, 5 ± 3, 6	56, 1 ± 3, 5
LVID _s [mm]			
- Vor dem Lauf	36, 7 ± 3, 4	35, 4 ± 3, 2 ⁺	38, 2 ± 3, 2
- Nach dem Lauf	35, 7 ± 3, 1 [*]	35, 3 ± 2, 9	36, 4 ± 3, 3 ^{**}
Funktionsparameter			
VF [%]			
- Vor dem Lauf	33, 6 ± 3, 3	35, 1 ± 2, 7 ⁺	32, 2 ± 3, 5
- Nach dem Lauf	34, 6 ± 2, 3	33, 8 ± 1, 3	35, 1 ± 2, 9 ^{**}
VCF [sec ⁻¹]			
- Vor dem Lauf	1, 29 ± 0, 14	1, 33 ± 0, 13	1, 26 ± 0, 20
- Nach dem Lauf	1, 46 ± 0, 14 ^{**}	1, 45 ± 0, 10 [*]	1, 47 ± 0, 20 [*]

Tabelle 7 Echokardiographische Parameter vor und direkt nach einem Marathonlauf (LVID_d = diastolischer linksventrikulärer Innendurchmesser, LVID_s = systolischer linksventrikulärer Innendurchmesser, VF=Verkürzungsfraction, VCF= zirkumferentielle Faserverkürzungsgeschwindigkeit; * = p < 0, 05, ** = im Vergleich vor/nach dem Lauf; + = p < 0, 05 im Vergleich jüngere/ältere Gruppe)

Die Risikofaktoren für den plötzlichen Herztod beim Sport können auch Rauchen, Lebensalter, Geschlecht und Hypertonie sein. Die Sterbensrate, bezugnehmend auf das Lebensalter, betrifft am häufigsten Menschen zwischen 35 und 50 Jahren.

Beim jugendlichen Sportler ist mit 1 : 85 000 der Todesfall beim Sport sehr selten: die statistische „Übersterblichkeit“ liegt unter 1, der Tod tritt beim Sport also seltener ein als in Körperruhe. (vgl. Rost 1990, S. 142)

Die Studien zeigten, dass Frauen nicht so oft beim Sport sterben wie Männer. Es geht immer um eine höhere Zahl von Männern als von Frauen und somit wird von einer „männlichen Übersterblichkeit“ gesprochen.

Beim plötzlichen Herztod im Sport waren unter den Verstorbenen bis zu 50% Raucher. Dabei dürfte nicht nur die Tatsache entscheidend sein, dass bei Rauchern die koronare Herzkrankheit häufiger ist, auch der Einfluss des Nikotins auf die Blutgerinnung ist zu berücksichtigen. (vgl. Rost 1990, S. 142)

Die Häufigkeit der Hypertonie in der erwachsenen Bevölkerung liegt bei etwa 15 – 20%, bei den vorwiegend jugendlichen Sportlern dürfte diese Zahl deutlich niedriger sein. Bei der größeren Häufigkeit des plötzlichen Herztodes der Hypertoniker spielt die Bedeutung des Hochdrucks als Risikofaktor für die Entstehung der koronaren Herzkrankheit eine wichtige Rolle. (vgl. Rost 1990, S. 143)

5. 2 Traumatische Herzschädigung

Für den Kardiologen von Interesse ist auch die Tatsache, dass das Herz im Sport traumatisch geschädigt werden kann. Praxisrelevant ist dabei insbesondere der traumatisch bedingte Herzinfarkt, die Commotio bzw. Contusio cordis. Daneben kommt es im Sport auch zu schwersten Thoraxtraumen mit offenen Herzverletzungen, beispielweise im Motor- oder Flugsport, ferner zu Schuss- (Schießsport, Jagd) und Stichverletzungen (Fechten) etc. Solche Fälle enden fast immer tödlich und sind dann vor allem aus rechtsmedizinischer Sicht von Bedeutung. Nähere Einzelheiten hierzu sind einer zusammenfassenden Übersicht zu entnehmen. Innerhalb von Nordrhein – Westfalen wurden in 5 Jahren immerhin 3 Todesfälle als Folge einer Herzkontusion aufgeführt.

Die kardiale Schädigung durch Traumen im Sport macht nach der Literatur nur einen verhältnismäßig kleinen Prozentsatz der traumatisch bedingten Fälle von Herzinfarkten aus. (vgl. Rost, S. 143, 1990)

Die weitaus meisten der beschriebenen Fälle beziehen sich auf die Konsequenzen von Verkehrsunfällen. Verhältnismäßig können die leichten Verletzungen im Sport ohne Zweifel einen Infarkt auslösen.

Die Tatsache, dass auch junge, vorher offensichtlich gesunde Sportler einen traumatisch bedingten Herzinfarkt erleiden können, wirft die Frage auf, ob hierfür immer eine arteriosklerotische Vorschädigung vorhanden sein muss. Gelegentlich wurde in dieser Diskussion bezweifelt, dass der traumatische Infarkt ohne eine solche arteriosklerotische Vorschädigung, möglich ist. (vgl. Rost, S. 144, 1990)

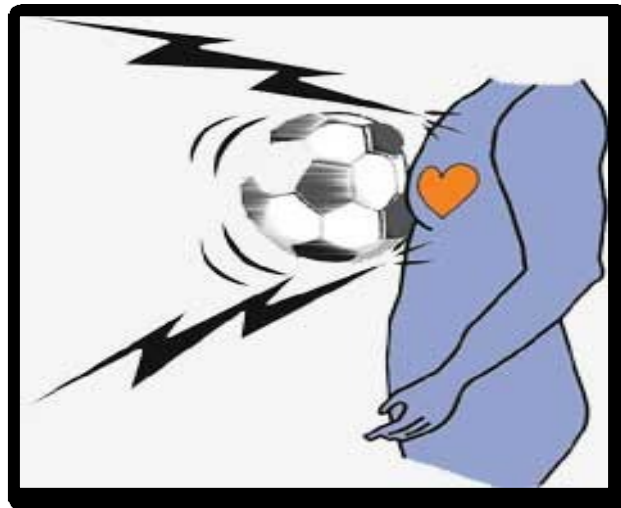


Abb. 5 Traumatische Herzschädigung

Starke stumpfe Schlageinwirkungen durch z.B. einen Zusammenprall mit einem Spielpartner bzw. -partnerin, durch einen Ball oder Puck oder ein Sturz auf den Brustkorb können einen reflexbedingten Krampf an den Herzkranzgefäßen auslösen. Obwohl die hier aufgeführten Zwischenfälle sehr selten auftreten, sind entsprechende Schutzmaßnahmen (z.B. Brustpanzer) bei besonders gefährlichen Sportarten zu empfehlen.

(vgl. http://vmrz0100.vm.ruhr-unbochum.de/spomedial/content/e866/e2442/e2722/e2931/e2936/e2959/index_ger.html)

6 SPORT UND TEST

6. 1 Ergometrie

Unter einer Ergometrie versteht man einen zu Diagnosezwecken stufenförmig ansteigenden körperlichen Belastungstest auf einem dafür geeigneten und geeichten Testgerät, einem sog. Ergometer. Für den Laien geläufiger ist der Begriff Belastungs-EKG, da eine Ergometrie in der Regel unter EKG-Kontrolle erfolgt. Das EKG zeichnet die Herzstromkurve auf. In der Praxis wird meist das Fahrradergometer verwendet, seltener das Laufbandergometer. Im Hochleistungssport kommen noch andere (sportartspezifische) Ergometer zur Anwendung.

Die Ergometrie wird nach einem Stufenprotokoll durchgeführt, wobei dieses frei programmierbar ist. Vorgegeben werden die Stufendauer (in Minuten) und die Belastungssteigerung pro Stufe (beim Fahrradergometer in Watt, beim Laufbandergometer in km/h). Das in Österreich gängige Stufenprotokoll der Fahrradergometrie beginnt mit einer Belastung von 25 oder 50 Watt mit einer Laststeigerung von 25 Watt alle 2 Minuten. Dies ist das übliche WHO-Protokoll, das bei Patientinnen zur Anwendung kommt.

Im (Leistungs-)Sport sollte jedoch eine längere Stufendauer (4 Minuten) gewählt werden, um dem Herz-Kreislauf-System und dem Muskelstoffwechsel ein Fließgleichgewicht (steady state) auf jeder Stufe zu ermöglichen. Ein rasches Einstellen eines solches Fließgleichgewichts, erkennbar am schnellen Erreichen eines Plateaus der Herzfrequenz, spricht prinzipiell für einen guten Trainingszustand. In diesem Fall wird die der Belastung entsprechende Herzfrequenz rasch (innerhalb einer Minute) erreicht und dann konstant gehalten.

Mit zunehmender Belastung dauert es immer länger, bis der "Erfordernispuls" erreicht wird und ab einer gewissen Intensität (einer bestimmten Wattstufe auf dem Fahrradergometer bzw. einer bestimmten Bandgeschwindigkeit auf dem Laufbandergometer) ist es nicht mehr möglich, innerhalb der Stufendauer ein Plateau der Herzfrequenz zu erreichen. Das ist ein Zeichen dafür, dass die Belastung bereits über der sog. "Dauerleistungsgrenze" liegt und vorwiegend anaerob, d.h. unter "Sauerstoff-Schuld" erbracht werden muss.

Der Test sollte immer bis zur objektiven Ausbelastung, sprich Ausbelastung des Herz-Kreislauf-Systems erfolgen, was bei guter Motivation der Testperson ihrer subjektiven "Erschöpfung" entspricht. Zu diesem Zeitpunkt ist die Übersäuerung der Beinmuskulatur durch die zunehmende "Milchsäure,, Konzentration aufgrund des anaeroben Zuckerabbaus so weit fortgeschritten, dass die intensive Muskelarbeit nicht mehr möglich ist und die Belastung abgebrochen werden muss. Im Sportlerjargon heißt das "blau sein". Bei mangelnder Motivation und vorzeitigem Abbruch der Belastung ist die Ergometrie nur bedingt verwertbar. Abbruchkriterien von Seiten des Arztes sind selten.

Je länger ein Proband imstande ist, die stufenförmig ansteigende Belastung zu bewältigen, desto größer ist seine Leistungsfähigkeit.

Folgende Parameter werden bei der Ergometrie kontrolliert bzw. ermittelt:

1. Die (maximale) Leistungsfähigkeit (PWC = physical work capacity): auf dem Fahrrad in Watt, auf dem Laufband in km/h (evtl. zusammen mit der Steigung in %)
 - **Absolut** (maximale Wattleistung, Watt pro kg Körpergewicht bzw. max. Laufgeschwindigkeit)
 - **Relativ** in Prozent eines mittels Körperoberfläche und Alter ermittelten Sollwertes, der der Durchschnittsleistung gesunder Probanden entspricht (=100%).
2. Die **Herz-Kreislauf-Parameter Herzfrequenz** (online) und **Blutdruck** (am Ende jeder Belastungsstufe).
3. Die **Herzstromkurve** mittels **EKG**.

Es ist aber ungenau, wenn man sich im Training nach Formeln oder Tabellen richtet, wie man sie z.B. in Fitnessstudios vorfindet (z.B. 180 minus Lebensalter). Es ist zwar richtig, sich an der maximalen Herzfrequenz zu orientieren, jedoch entspricht diese oft nicht der "Formel 220 minus Alter". Prinzipiell ist zu sagen, dass jeder Mensch seine individuelle "Pulskurve" hat, die mittels einer Ergometrie bis zur objektiven Ausbelastung ermittelt werden kann (oder selbst mittels Pulsuhr und einer kurzzeitigen Belastung bis zur subjektiven "Erschöpfung"). Abgesehen davon wird bei unterschiedlichen Sportarten je nach Ausmaß des Muskeleinsatzes eine

unterschiedlich hohe maximale Herzfrequenz erreicht (z.B. beim Laufen um ca. 10 höher als beim Radfahren). (vgl. <http://www.personal-fitness.at>)

Nicht nur bei SportlerInnen ist eine genaue Leistungsdiagnostik mit optimaler Trainingssteuerung wichtig. Auch bei PatientInnen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen sollte mit Hilfe der Ergometrie ein individuell "dosiertes" Kreislauftraining quasi als "Medikament" verordnet werden. Körperliche Inaktivität stellt nämlich den vermutlich größten kardiovaskulären Risikofaktor unserer Zeit dar. Dabei wird - wie auch im Leistungssport - die Belastungsintensität (die "Dosis") über die Herzfrequenz gesteuert.

7 SPORT UND HERZSCHUTZ

Sportliche Aktivität stellt kurzfristig eine Mehrbelastung für Herz und Kreislauf dar, umgekehrt ist es aber gerade die regelmäßige körperliche Aktivität, die das größte Schutzpotential gegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen hat. Die Mechanismen des Herzschutzes durch Sport sind vielschichtig: sie betreffen einerseits die Ökonomie des Herzens (durch Reduzierung von Blutdruck und Puls in Ruhe und bei submaximaler Belastung), haben positive Auswirkungen auf den Stoffwechsel von Fetten und Kohlenhydraten und schützen die Gefäße vor Ein- und Ablagerungen (Arteriosklerose). (vgl. http://www.sportmedregio.ch/forumWissen/pdf/Sport_und_Herz.pdf)

Die positive Auswirkung eines regelmäßigen Ausdauertrainings auf die Durchblutung des Herzmuskels und der peripheren Muskulatur hat eine herausragende **präventivmedizinische** (Herzinfarktvorsorge) und **therapeutische** (Herzinsuffizienz, "Herzschwäche") Bedeutung. (vgl. <http://www.dr-moosburger.at>)

7. 1 Abtrainieren bei Sportlern

Wer seinen Körper jahrelang regelmäßig intensiv trainiert hat, sollte nicht plötzlich aufhören zu sporteln. Der Körper wurde auf ständige Belastung getrimmt und hat sich entsprechend angepasst, sei es durch Muskelwachstum oder Herzvergrößerung. Um ein Sportherz zu bekommen, muss man jahrelang intensiv trainieren. Es ist nicht schädlich ein Sportherz zu haben, im Gegenteil es arbeitet viel ökonomischer, allerdings muss man es pflegen und später langsam abtrainieren.

Wer plötzlich aufhört zu trainieren, unterfordert Muskeln und Organe. Die Folge sind neben Herzrhythmusstörungen auch muskuläre Dysbalancen, Herz-Kreislauf-Probleme, Stoffwechselstörungen, Müdigkeit, Magen- und Kopfschmerzen, Appetitlosigkeit und Schlafstörungen. Nicht selten machen sich auch psychische Probleme (Depressionen) bemerkbar. Deshalb sollte man gezielt abtrainieren, ein Prozess, der sich bei Leistungssportlern über Jahre erstrecken kann. Aber auch viele Fitness-Sportler trainieren inzwischen so intensiv, dass sie nicht abrupt mit dem Sport aufhören sollten. Man muss langsam die Leistung reduzieren, um so dem Körper die Möglichkeit zu geben, sich entsprechend anzupassen. Wer krankheitsbedingt seinen Sport an den Nagel hängen muss, kann meistens auf genügend andere Möglichkeiten ausweichen, um den Körper noch ausreichend belasten zu können, z.B. Hometrainer, Krankengymnastik, Thai-Chi etc.

Zusammenfassung

Das Sportherz ist das Ergebnis einer normalen, sinnvollen Anpassung an eine vermehrte körperliche Dauerbelastung, wie es nach langjährigem, regelmäßigem, umfangreichem und intensivem Ausdauertraining der Fall ist. Das Sportherz ist ein gesundes, vergrößertes Herz, gekennzeichnet durch eine regulative Erweiterung aller Herzkammern mit kompensatorischer Hypertrophie der Herzmuskulatur sowie gleichzeitiger Erweiterung der Herzkranzgefäße, um die entsprechende Durchblutung und damit Ernährung sowie Sauerstoffversorgung des starken Herzmuskels zu gewährleisten. Ein Sportherz entsteht natürlich noch nicht beim Gelegenheitssportler, sondern es entwickelt sich über mehrere Jahre durch sehr hohe Trainingsumfänge und Intensitäten. Häufige mehrstündige Belastungen mit Pulsfrequenzen um 150 Schläge in der Minute sind Voraussetzung. Die größten Herzen sind bei Ausdauerathleten anzutreffen, vor allem bei Straßenradfahrern, Marathon- und Schilangläufern sowie Ruderern.

Die Todesfälle beim Sport treten sehr selten ein, vor allem beim jugendlichen Sportler, aber wenn der Tod im Sport auftreten muss, dann passiert es meistens bei Menschen im Alter von 35 – 55 Jahren, bei Menschen die an einer Herzkrankheit leiden oder bei Sportlern, die rauchen (nichttraumatische Herzschädigung). Im Sport kann es auch zu ganz schweren Thoraxtraumen kommen, mit offenen Herzverletzungen, die fast immer tödlich sind (traumatische Herzschädigung)

Alles in allem stellt Sport eine Mehrbelastung für Herz und Kreislauf dar, umgekehrt ist es aber gerade die regelmäßige körperliche Aktivität, die das größte Schutzpotential gegen Herz-Kreislaufkrankungen hat.

Schließlich ist es von Bedeutung zu erwähnen, dass die Leistungssportler nicht plötzlich mit dem Sport aufhören dürfen, weil es viele Gesundheitsprobleme auslösen kann. Deshalb muss man gezielt abtrainieren, was bei Leistungssportlern Jahre dauern kann.

Literaturverzeichnis

Bücher:

Israel, S 1968, *Sport, Herzgröße und Herz – Kreislauf – Dynamik*, Heft 3, Johann Ambrosius Barth, Leipzig

Röst, R 1990, *Herz und Sport. Eine Standortbestimmung der modernen Sportkardiologie*, 2. Überarbeitete Auflage, Köln

Gottschalk, K 1982, *Kardiodynamik im Sport. Grundriß einer unblutigen Polykardiographie*, Johann Ambrosius Barth, Leipzig

Internetquellen:

http://www.internisten-im-netz.de/de_herz-kreislauf-sport_587.html [21. 09. 2011]

http://www.sportmedregio.ch/forumWissen/pdf/Sport_und_Herz.pdf [25. 09. 2011]

<http://www.dr-moosburger.at/pub/pub012.pdf> [25. 09. 2011]

<http://www.sport-volksbank.at/downloads/sportherz.pdf> [02. 10. 2011]

http://vmrz0100.vm.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/e866/e2442/e2722/e2936/e2959/index_ger.html [03. 10. 2011]

<http://www.personal-fitness.at/fit/cms.nsf/open/0E850D466A497349C1256C7800359052> [08. 10. 2011]

http://www.gzb-online.ch/download/39/page/4980_dl_messungherzfrequenz.pdf [09. 10. 2011]

http://www.focus.de/gesundheit/ratgeber/herz/news/ploetzlicher-herztod_aid_134264.html [16. 10. 2011]

<http://www.personal-fitness.at/fit/cms.nsf/open/F2D8FFB1A1B0A71DC1256C75007BC2E6> [15. 10. 2011]