

## Originalien

### Die Altersveränderungen des menschlichen Herzens

#### I. Das Herzgewicht im Alter\*

A. J. Linzbach und E. Akuamo-Boateng

Pathologisches Institut der Universität Göttingen (Direktor: Prof. Dr. med. A. J. Linzbach)

*The Alterations of the Ageing Human Heart: I. Heart-weight with Progressing Age.*

**Summary.** 1) The variations in weight of 7112 human hearts from birth to the age of 110 years have been examined.

2) The mean heart weight increases permanently up to the 9th decade of life. A slight reduction of the mean heart weight is noticed in the 10th and 11th decade. The annual increase from the age of 30 years on is 1 g in men and 1.5 g in women.

3) The relative heart weight increases from 0.55% in middle age to 0.8% in centenarians.

4) The incidence of senile atrophy of the heart could not be confirmed. Heart weights below 200 g are more frequent in younger individuals than in the aged. The minimum weights of hearts are lower in young adults than in old age.

5) Extreme hypertrophies were registered up to the 9th decade of life. Hypertrophies between 500 g and 600 g could however be observed even at the age of 100 years and above.

6) The variability of the heart weights does not increase, but decreases in old age.

7) In men and women aged between 30 and 80 years, the increase in heart weight corresponds to the age dependant rise of the mean arterial blood pressure.

8) The latent senile heart failure is not caused by a discrepancy between the rise in blood pressure and the increase of heart weight.

**Key words:** Ageing of the heart, mean heart weight and ageing, senile atrophy of the heart, hypertrophy of the heart in old age, heart-failure in old age.

**Zusammenfassung.** 1. An 7112 Fällen werden die Veränderungen des Herzgewichtes von der Geburt bis zum 110. Lebensjahre untersucht.

2. Das mittlere Herzgewicht nimmt bis zur 9. Lebensdekade ständig zu, vom 30. Lebensjahre an bei Männern um 1 g, bei Frauen um 1,5 g jährlich. Eine geringe Verminderung des mittleren Herzgewichtes ist erst in der 10. und 11. Dekade nachweisbar.

3. Das relative Herzgewicht nimmt von 0,55% im mittleren Lebensalter bis auf 0,8% in den höchsten Altersstufen zu.

4. Eine Altersatrophie des Herzens konnte nicht nachgewiesen werden. Herzgewichte unter 200 g kommen bei jüngeren Erwachsenen häufiger vor als bei alten. Die Minimalgewichte des Herzens sind bis zur 8. Lebensdekade kleiner als im höheren Lebensalter.

5. Extreme Herzhypertrophien kommen bis zur 9. Lebensdekade vor. Herzhypertrophien zwischen 500 und 600 g werden auch bei über 100jährigen beobachtet.

6. Die Variabilität der Herzgewichte nimmt mit dem Alter nicht zu, sondern ab.

7. Bei Männern und Frauen entspricht der Anstieg des Herzgewichtes zwischen dem 30. und 80. Lebensjahre genau dem altersbedingten Anstieg des mittleren arteriellen Blutdruckes.

8. Die latente Altersinsuffizienz entsteht nicht durch eine Diskrepanz zwischen Blutdruckanstieg und Gewichtswachstum des Herzens.

**Schlüsselwörter:** Herzgewicht im Alter, Altersatrophie des Herzens, Herzhypertrophie im Alter, Herzinsuffizienz im Alter.

#### I. Einleitung

Nach dem Gesundheitsbericht des Deutschen Bundesjahres 1970 stehen in der Statistik der Todesursachen die Herz- und Kreislaufkrankheiten mit über 43% an erster Stelle. Die Häufigkeit einer manifesten Herzinsuffizienz im Obduktionsmaterial beträgt bei über 70jährigen 21% (McKeon, 1965), bei über 90jährigen 40% (Pomerance, 1968). Bei älteren ambulanten Patienten sind klinische Zeichen von Herzinsuffizienz in 48%, bei Bettlägerigen in 58% vorhanden (Rodstein, 1971).

Von der 3. Lebensdekade an ist ein Leistungsabfall des Herzens von jährlich etwa 1% nachweisbar (Lewis, 1938; Brandfonbrener *et al.*, 1955; Landowne *et al.*, 1955; Landowne, 1957; Hartleb, 1958; Granath *et al.*, 1961; Shock, 1961; Korkuschko, 1968).

Die verminderte Förderleistung des Herzens alter Menschen geht mit einer Abnahme der Durchblutung

\* Herrn Professor Dr. med. Horst Schoen zum 65. Geburtstag gewidmet.

fast aller Organe und Gewebe einher, wobei das Gehirn am wenigsten in Mitleidenschaft gezogen ist (Landowne *et al.*, 1960). Die Verschlechterung der Versorgung in der Peripherie kann im Alter Störungen der Homeostase und des Zellstoffwechsels hervorrufen (Zusammenfassungen bei: Ciba Foundation: Colloquia on Ageing 1956—1959; Bürger, 1957; Birren, 1959; Korenschevsky, 1961; Strehler, 1962; Comfort, 1964; Harris, 1970; Kohn, 1971).

Von der 6. Lebensdekade an führt die fortschreitende Verminderung der Leistungsfähigkeit und Anpassungsbreite des Herzens bei vielen Menschen zu einer latenten Herzinsuffizienz im Sinne einer altersbedingten Belastungsinsuffizienz (Reindell *et al.*, 1967), die schließlich im höheren Lebensalter in eine manifeste Herzinsuffizienz einmünden kann. Man spricht von einem „Näherrücken der Insuffizienzgrenze“ im Alter (Spang, 1954), von einer „physiologischen Altersinsuffizienz“ (Wezler, 1942, 1958, 1969), von einer „physiologischen senilen Herzinsuffizienz“ (Bürger,

1956, 1957), die durch eine „physiologische Coronarinsuffizienz“ eingeleitet wird (Köhler, 1965). Ob es eine altersspezifische „senile Herzkrankheit“ (Resnik *et al.*, 1967) oder eine „Presbycardia“ (Dock, 1945) gibt, ist sehr umstritten. Die Existenz einer „physiologischen“ Altersinsuffizienz wird bezweifelt. Es gibt keine Herzinsuffizienz *des* Greisenalters, sondern nur eine Herzinsuffizienz *im* Greisenalter (Michel, 1960, 1965).

Die Verteilung der relativen Häufigkeiten der verschiedenen bekannten Herzkrankheiten in den Altersgruppen von 40–60 und oberhalb des 70. Lebensjahres sollen sehr ähnlich sein (Schweizer, 1964).

Die Frage, ob die latente oder manifeste Herzinsuffizienz im höheren Lebensalter durch „physiologische“, „altersspezifische“ oder eindeutige „pathologische“ Veränderungen entsteht, ist nicht geklärt.

Als typische Altersveränderung des menschlichen Herzens wird in den Lehrbüchern die „Altersatrophie“ genannt, die häufig mit brauner Pigmentierung durch Lipofuscinablagerung im Myokard einhergeht. Man spricht deshalb auch von braun-atrophischen Alters- oder Greisenherzen. Mit dieser Altersatrophie wird die Vorstellung einer verminderten Leistung des Herzens im Alter verbunden.

In älteren größeren Untersuchungsreihen über das Verhalten des Herzgewichtes im Ablauf des Lebens mit durchschnittlich 1000 Fällen sind die Altersklassen über 70 Jahre nur mit sehr wenigen Fällen vertreten, die eine sichere statistische Beurteilung in den höheren Altersstufen nicht zulassen (Müller, 1889; Fahr, 1922; Gewert, 1929; Rössle u. Roulet, 1932).

## II. Untersuchungsmaterial

In der vorliegenden Untersuchung wurden 7112 Herzgewichte von 3951 Männern und 3161 Frauen vom 1. bis zum 109. Lebensjahre ausgewertet. Davon stammen 6554 Herzen aus dem Sektionsgut des Göttinger Pathologischen Institutes der Jahre 1952–1969. Von einigen Jahrgängen wurden nur die Herzgewichte von Patienten über 80 Jahren in die Untersuchung einbezogen. Außerdem wurde eine zusätzliche Sammlung von Herzgewichten und Befunden bei über 90jährigen durchgeführt, an der sich 61 Kollegen aus der ganzen Welt beteiligt haben. Hierdurch konnte die Anzahl der Fälle in der Altersklasse von 90–99 Jahren auf 521 Fälle und die Altersklasse von 100–109 Jahren auf 67 Fälle aufgestockt werden. Ohne die sehr mühevollen Mitarbeit dieser Kollegen, wäre es nicht möglich gewesen, diese Untersuchung durchzuführen<sup>1</sup>. Es handelt sich um das größte

<sup>1</sup> Für die freundliche Zusendung von Daten und Präparaten menschlicher Herzen danke ich den Kollegen: Altmann (Würzburg); Arneaud (Halifax, Can.); Arnesen (Oslo); Bainborough (Lethbridge, Can.); Becker (Berlin); Brandenburg (Berlin); Brass (Valencia, Ven.); Brecht (Mainz); Bullon (Madrid); Büsing (Berlin); Büsing (Heidelberg); Cain (Stuttgart); Doehnert (Barquisimeto, Ven.); Doerr (Heidelberg); Ferrari (Venedig); Franke (Würzburg); Giersten (Bergen, Nor.); Gürich (Lübeck); Hedinger (Zürich); Holle (Leipzig); Hort (Marburg); Jackson (London); Jansen (Darmstadt); Jellenek (Budapest); Kettler (Berlin); Köberle (São Paulo); Ladewig (Charleston, USA); Lennert (Kiel); Lüders (Berlin); Ludwig (Rochester, USA); Meessen (Düsseldorf); Moore (Saskatoon, Can.); Müller (Erlangen); Ogawa (Okayama, Jap.); Peter (Bamberg); Piringer (Wien); Poche (Bielefeld); Pomerance

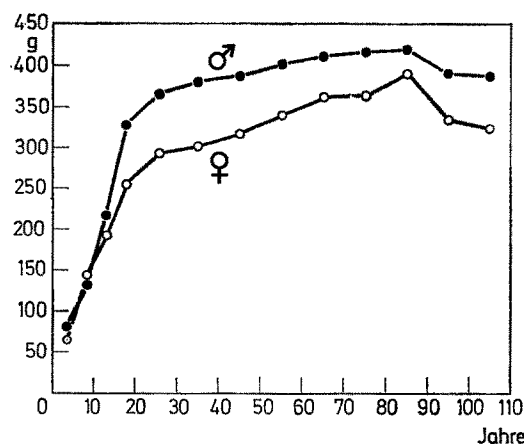


Abb. 1. Mittleres Herzgewicht (Ordinate) und Lebensalter (Abszisse). 3951 Männer, 3161 Frauen. Altersklassen über 91 Jahre: 190 Männer, 328 Frauen

bisher bearbeitete Material insbesondere im Hinblick auf die höchsten Altersklassen.

Den folgenden Untersuchungen liegt das Frischgewicht des blutleeren menschlichen Herzens mit Aorten- und Pulmonalstumpf nach Entnahme aus dem Brustkorb zugrunde. Von den vergeblichen Versuchen, für die Standardgewichte nur sog. „gesunde Herzen“ aus dem laufenden Sektionsgut auszuwählen, wurde Abstand genommen. Schließlich gelangten wir auch zu der Einsicht, daß die Altersveränderungen des menschlichen Herzens nur an einem möglichst nicht ausgewählten Material beurteilt und durchgeführt werden können.

## III. Ergebnisse

### 1. Das mittlere Herzgewicht

Das mittlere Herzgewicht zeigt in der Jugend während der physiologischen Wachstumsperiode bis zur 3. Lebensdekade einen steilen Anstieg, der bei den Männern vom 10. Lebensjahre an stärker ausgeprägt ist als bei den Frauen (Tabelle 1a und b, Abb. 1). In dieser Lebensperiode steigt der Blutdruck nur wenig, das Schlagvolumen dagegen stärker an. Man kann dieses Wachstum deshalb vorwiegend als *Volumenwachstum* des Herzens bezeichnen. Dieses Volumenwachstum geht mit einer Zunahme des Schlagvolumens und mit einer Vermehrung des systolischen Restblutes der Ventrikel einher.

Der folgende weniger ausgeprägte Gewichtszuwachs des Herzens von der 3. bis zur 9. Lebensdekade verläuft fast linear. Er ist bei den Frauen stärker aus-

(London); Propst (Innsbruck); Racz (Budapest); Ratzenhoffer (Graz); Rotter (Frankfurt); Rozynek (Lublin, Pol.); Rüb-saamen (Singen); Schallock (Mannheim); Scheidegger (Basel-Liestal); Schürmann (Concepcion); Schwartz (Warren, USA); Seifert (Hamburg); Selberg (Hamburg); Shao-nan Huang (Montreal, Can.); Siebenmann (Zürich); Simon (Dresden); Skriba (Bremen); Stein (Berlin); Suwa (Sendai, Jap.); Symmers (London); Thurner (Salzburg); Uehlinger (Zürich); Walthard (Bern); cand. med. Winkelehner (Zürich); Zollinger (Basel). Die Sammlung der Fälle in Kanada wurde von Herrn Kollegen K. Aterman (Halifax) organisiert. Von den zur Verfügung gestellten Herzen wurden nur die Fälle mit zuverlässigen Altersangaben in die Sammlung aufgenommen.

Tabelle 1a und b

Alter	Anzahl der Fälle <i>n</i>	Mittleres Herzgewicht in Gramm <i>m</i>	Standard-Abweichung <i>S<sub>x</sub></i>	Mittlerer Fehler des Mittelwertes <i>S<sub>x̄</sub></i>	Pearsonscher Variabilitätskoeffizient <i>v</i> (%)	Herzgewicht Körpergewicht × 100 relatives Herzgewicht	Anzahl makroskop. Befunde pro Herz Polypathie	Mittlerer Blutdruck in mm Hg syst. + diast. 2
<i>a) Männer</i>								
1—5	78	74	30	3,4	40	0,56		
6—10	47	130	33	4,8	26	0,63	0,30	
11—15	69	214	58	7,0	27	0,62		
16—20	66	328	88	10,8	27	0,58	0,79	96,7
21—30	199	366	107	7,6	29	0,58	0,84	100,6
31—40	248	382	112	7,1	29	0,62	1,24	104,7
41—50	445	386	112	5,3	29	0,62	1,35	108,5
51—60	938	400	111	3,6	28	0,64	1,52	111,7
61—70	834	410	105	3,6	26	0,66	1,67	114,5
71—80	555	415	113	4,8	27	0,67	2,04	116,7
81—90	282	417	92	5,5	22	0,74	1,98	
91—100	172	390	88	6,2	23	0,74	2,07	
> 100	18	389	86	20,0	22	0,78	1,84	
Summe	3951							
<i>b) Frauen</i>								
1—5	111	61	46	4,4	75	0,61	0,44	
6—10	27	142	60	11,5	42	0,61		
11—15	23	192	71	14,9	37	0,60		
16—20	32	256	49	8,7	19	0,53	0,58	90,6
21—30	118	292	85	7,8	29	0,53	0,72	
31—40	192	303	79	5,7	26	0,53	0,81	94,3
41—50	362	317	89	4,7	28	0,55	1,39	100,4
51—60	566	338	104	4,4	31	0,54	1,28	107,9
61—70	652	361	101	4,0	28	0,60	1,65	115,8
71—80	453	364	85	4,0	23	0,65	1,78	122,0
81—90	297	393	93	5,4	24	0,74	1,72	118,0
90—100	279	336	73	4,4	21	0,78	1,83	
> 100	49	318	68	9,7	21	0,80	2,44	
Summe	3161							

geprägt als bei den Männern und kann als vorwiegendes *Druckwachstum* des Herzens bezeichnet werden (Linzbach, 1962). In dieser Lebensperiode steigt der mittlere Blutdruck und nicht das Schlagvolumen an (vgl. Kapitel IV).

In den Tabellen 1a und b beträgt das mittlere Herzgewicht in der 9. Lebensdekade bei Männern 417 g, bei Frauen 393 g. Erst in der 9. und 10. Dekade fällt bei den Männern das mittlere Herzgewicht auf 390 und 389 g, bei den Frauen auf 336 und 318 g ab. Der Gewichtsverlust in der 10. und 11. Dekade ist statistisch gesichert. Er beträgt bei Männern 28 g, bei Frauen 75 g. Trotzdem liegen aber die mittleren Herzgewichte bei Frauen und Männern in der 10. und 11. Dekade noch deutlich über den Gewichten der 3. Dekade. Im Hinblick auf das mittlere Herzgewicht kann man selbst in den höchsten Altersklassen nicht von einer Altersatrophie des Herzens sprechen.

Im ganzen liegen unsere Mittelwerte ein wenig höher als z. B. in den Tabellen von Rössle und Roulet (1932). Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, daß in dem Material von Rössle und Roulet stärkere Herzhypertrophien nicht enthalten sind.

## 2. Das relative Herzgewicht

In Bestätigung früherer Untersuchungsreihen ist auch in unseren Tabellen nach Abnahme in der Kindheit von der 3. Lebensdekade an eine ständige Zunahme des relativen Herzgewichtes = Herzgewicht (g) dividiert durch Körpergewicht (g) mal 100 nachweisbar. Von Werten zwischen 0,55—0,6% steigt bei 100jährigen das relative Herzgewicht auf 0,8% an, bei Hypertrophien und gleichzeitiger Kachexie auf über 1%. Die Zunahme des relativen Herzgewichtes im Alter ist auf den Altersanstieg des Blutdruckes mit Zunahme des Herzgewichtes bei gleichzeitiger Verminderung des Körpergewichtes zurückzuführen. In Fällen von Kachexie nimmt oft das Körpergewicht schneller ab als das Herzgewicht (Abb. 2, Tabelle 1a und b).

## 3. Die Atrophie des Herzens

Bei 67 über 100jährigen liegen die mittleren Herzgewichte der Männer 23 g, die der Frauen 26 g über den mittleren Herzgewichten in der 3. Lebensdekade.

*Atrophische Herzen* mit Gewichten unter 200 g kommen bei jüngeren erwachsenen Männern und Frauen häufiger vor als bei alten Leuten. Bei Männern wurden in der 3. Dekade Herzgewichte unter 200 g mit einer Häufigkeit von 1% registriert mit einem Abfall der Werte auf rund 0,5% in der 9. und 10. Le-

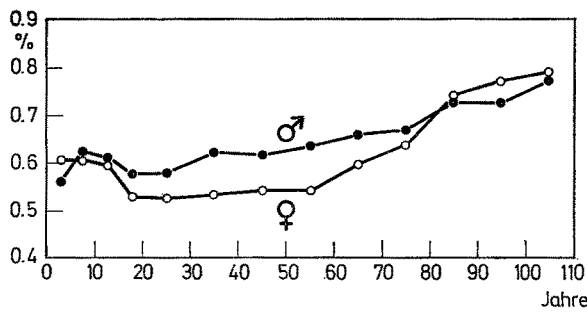


Abb. 2. Relatives Herzgewicht in Prozent (Ordinate) und Lebensalter (Abszisse)

bensdekade. Bei Frauen wurde wegen des geringeren Ausgangsgewichtes in der 3. Lebensdekade eine Häufigkeit von 10% nachgewiesen, die bis zur 10. Dekade auf 0,67% absinkt. Bei den 67 Fällen von über 100jährigen fand sich kein Fall mit einem Herzgewicht von weniger als 200 g (Abb. 3). Herzgewichte unter 250 g zeigen einen ähnlichen Abfall der Häufigkeiten wie Herzgewichte unter 200 g.

Die *Minimalgewichte* der Herzen sind in den jüngeren Altersklassen kleiner als in der 8.—11. Lebensdekade. Die Minimalgewichte des Herzens liegen bei Männern und Frauen in der 9.—11. Dekade um 80 bis 100 g höher als in der 4. Dekade. In der 11. Dekade betrug das niedrigste Herzgewicht bei Männern 300 g, bei Frauen 210 g. Die Vergleichswerte in der 4. Dekade betragen bei Männern 150 g und bei Frauen 145 g (Abb. 4).

Aus diesen Befunden ergibt sich eindeutig, daß es keine Altersatrophie des Herzens gibt. Selbst in der 10. und 11. Dekade liegen die mittleren Herzgewichte über den Werten der 3. Dekade. Unsere negativen Befunde im Hinblick auf die Altersatrophie des Herzens könnten teilweise damit zusammenhängen, daß vor einigen Jahrzehnten mehr alte Leute an Krankheiten mit Kachexie und Reduktion des Herzgewichtes starben als in unserer Zeit. Dies würde aber dafür sprechen, daß es sich auch damals nicht um Altersatrophien, sondern um sekundäre Herzatrophien bei Krankheiten gehandelt hat, die mit Kachexie einhergehen.

Die abnehmende Häufigkeit atrophischer Herzen und die Zunahme der Minimalgewichte des Herzens im höheren Alter beruhen auf einem Selektionsvorgang oder einer Auslesterblichkeit. Starke Atrophien des Herzens sind fast immer Ausdruck einer lebensgefährlichen und meist tödlichen konsumierenden Krankheit. Die sehr alten Leute sind nur deshalb so alt geworden, weil sie von solchen tödlichen, mit Kachexie einhergehenden Krankheiten verschont geblieben sind.

#### 4. Die Hypertrophie des Herzens

Die Häufigkeit der Herzhypertrophie nimmt mit dem Alter zu, ihr Schweregrad ab. Nach Howell und Piggot (1951, 1955) beträgt ihre Häufigkeit in der

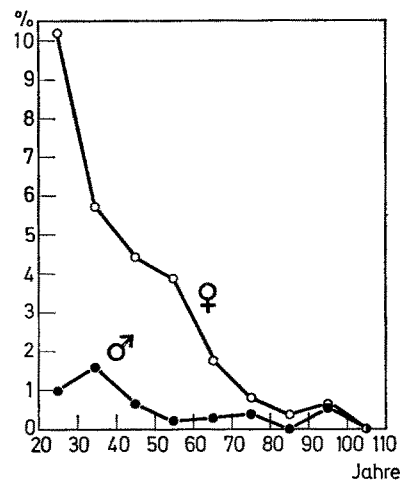


Abb. 3. Herzatrophie und Lebensalter. Ordinate: Herzgewichte unter 200 g in Prozent der Fälle der einzelnen Altersklassen bei Männern und Frauen. Abszisse: Lebensalter

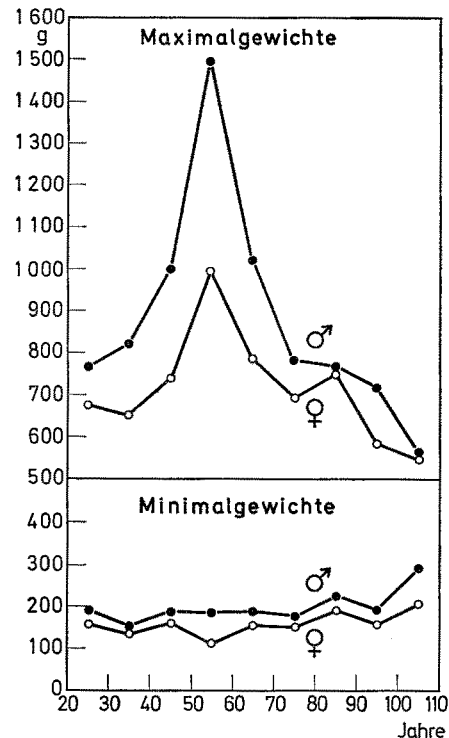


Abb. 4. Maximal- (oben) und Minimalgewichte (unten) des Herzens bei Männern und Frauen. Ordinate: Herzgewichte in Gramm. Abszisse: Lebensalter

8. Dekade 32%, in der 9. Dekade 48%, in der 10. Dekade 53%. Nach Willius und Smith (1932) steigt die Häufigkeit der Hypertrophie von 70% in der 8. Dekade auf 100% in der 10. Dekade an. Diese Zahlenangaben sind aber nicht eindeutig, weil das zugrunde liegende Untersuchungsmaterial zu klein ist und die Herzhypertrophie quantitativ nicht einheitlich definiert wurde.

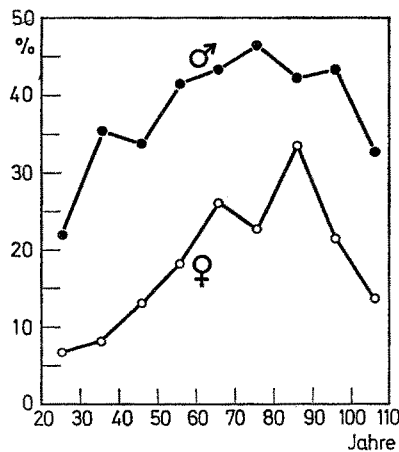


Abb. 5. Herzhypertrophie und Lebensalter. Ordinate: Anzahl der Herzgewichte über 400 g in Prozent der Fälle in den einzelnen Altersklassen. Abszisse: Lebensalter

In unserem sehr großen Material ergeben sich für die Personen, die älter als 20 Jahre sind, folgende summarische Häufigkeiten der Herzhypertrophie.

Bei 3691 Männern fanden sich *Herzgewichte über 400 g* in 1508 Fällen oder 41%, bei 2968 Frauen in 623 Fällen oder in 21%. Die Herzhypertrophien über 400 g zeigen in der 3. Dekade eine Häufigkeit von 22% bei Männern und 7% bei Frauen. Im Laufe des Lebens nimmt die Häufigkeit zu und erreicht bei Männern in der 8. Dekade ein Maximum von 47%, bei Frauen in der 9. Dekade von 34%. Die Häufigkeit nimmt dann wieder ab und beträgt in der 11. Dekade bei Männern 33%, bei Frauen 14% (Abb. 5).

Die *Maximalgewichte* hypertropher Herzen sind für die einzelnen Altersklassen in der Abb. 4 (oben) eingetragen. Im höheren Lebensalter wurde bei Männern eine Herzhypertrophie von 1500 g in der 6., von 1030 g in der 7. und von 790 g in der 8. Dekade registriert. Bei Frauen fand sich ein Maximalgewicht von 1000 g in der 6., von 795 g in der 7. und von 770 g in der 9. Dekade. Diese extremen Hypertrophien werden bei Hypertonie, Klappenfehlern oder seltener als Folge einer chronischen Myokarditis beobachtet.

Die weit verbreitete Ansicht, daß sich die Herzen älter Leute bei funktioneller Überlastung nicht mehr strukturell anpassen können, ist nach unseren Befunden nicht richtig. Voraussetzung für die strukturelle Anpassung ist eine nicht zu starke Einschränkung der Coronarversorgung.

Vereinzelte Fälle von hochgradigen Herzhypertrophien sind auch bei sehr alten Leuten keine Seltenheit. In unserer Untersuchungsreihe bei über 100-jährigen Männern finden sich 4 Herzhypertrophien zwischen 500 und 570 g. In der 10. Dekade wurden 21 Männer mit Herzhypertrophien über 500 g und 3 Männer mit Herzgewichten über 600 g registriert. Das maximale Gewicht des Herzens bei einer 101-jährigen Frau betrug in einem Fall, den wir den

Herren Symmers und Jackson in London verdanken, 560 g! Werthemann (1964) fand bei einer 93-jährigen Frau eine Herzhypertrophie von 650 g, bei einem 92-jährigen Mann eine Hypertrophie von 700 g. Hieraus folgt, daß sich auch sehr alte Leute, die über 100 Jahre alt sind, Herzhypertrophien bis fast 600 g leisten können, selbst mit verkalkender, aber nicht-einengender Coronarsklerose.

Die Abnahme der Häufigkeit extremer pathologischer Herzhypertrophien im sehr hohen Lebensalter spricht ebenso wie das Verhalten der Atrophien für einen Selektionsmechanismus mit Auslesesterblichkeit. Abnorme Herzgewichte über 500 g sind Zeichen einer chronischen krankhaften Überlastung des Herzens infolge Hypertonie (Druckbelastung), Klappenfehlern (Druckbelastung und/oder Volumenbelastung), chronischer Myokarditis (Spannungsbelastung durch Dilatation). Diese Überbelastungen des Herzens führen über die strukturellen Anpassungsformen der Hypertrophie und Hyperplasie zur chronischen Herzinsuffizienz und zum Tode (Linzbach, 1947, 1967). Das heißt, nur diejenigen Personen haben in der Regel die Chance, ein sehr hohes Lebensalter zu erreichen, deren Herzzeit ihres Lebens einer angenähert normalen Belastung ausgesetzt war oder deren Herzgewicht zeit ihres Lebens nicht nennenswert über oder unter einem Mittelwert von etwa 330 g lag.

Wir glauben, daß es sich bei den Hypertrophien der über 100-jährigen um rezente Hypertonien vom Typus eines Drosselungshochdruckes gehandelt hat, bei denen die Einengung der Nierenarterien bei der Obduktion übersehen wurde.

##### 5. Die Variation der Herzgewichte

Wenn pathologische Hypertrophien und Atrophien als Ausdruck chronischer Krankheiten ausgesprochen lebensverkürzend wirken, dann werden infolge eines Selektionsmechanismus nur die Leute sehr alt, die während ihres Lebens immer ein angenähert normales Herzgewicht hatten und deren Herzen nie über längere Zeiträume einer krankhaften Druck-Volumen- oder Spannungsbelastung oder einer Atrophie ausgesetzt waren. Das ist der Grund, weshalb das mittlere Herzgewicht der 100-jährigen angenähert wieder dem Mittelwert der 3. Lebensdekade entspricht. Diese gesunden Leute haben die anderen überlebt und sind übriggeblieben. Wenn das so ist, dann muß die Variation der Herzgewichte nicht, wie man bisher oft geglaubt hat, mit zunehmendem Alter größer, sondern kleiner werden. Die statistischen Berechnungen an unserem Zahlenmaterial, die unter Beratung von Prof. Spieckermann am Physiologischen Institut der Universität Göttingen durchgeführt wurden, ergeben folgendes Bild.

In der Jugend, besonders während der Pubertät ist bis zum Abschluß des Wachstums ein steiler Anstieg der Standardabweichung ( $S_z$ ) zu verzeichnen. Von der 3. bis zur 8. Dekade bleiben die Werte angenähert

konstant und fallen in der 9. und 10. Dekade deutlich ab. Diese Verkleinerung der Standardabweichung in der 9. und 10. Dekade ist statistisch gut gesichert (Tabelle 1 a und b).

Der Anstieg von  $S_x$  in der Jugend ist z.T. scheinbar, weil die absoluten Werte der Variation schon allein wegen der steigenden Herzgewichte in der Wachstumsperiode zunehmen müssen. Aus diesem Grunde wurden die relativen Werte von  $S_x$  als Standardabweichungen in Prozent des mittleren Herzgewichtes für die einzelnen Altersklassen berechnet Pearsonscher Variabilitätskoeffizient =  $v$  [%]. Diese relativen Standardabweichungen kennzeichnen die Veränderungen der reinen Variation unabhängig vom mittleren Herzgewicht der Altersklassen besser als die absoluten Werte von  $S_x$ . Nach Abnahme der Variation im Wachstumsalter bis zum 20. Lebensjahre sind die Werte von der 3. bis zur 6. Lebensdekade konstant. Erst wenn in der 7. Lebensdekade das „große Sterben“ beginnt, wird die Selektion wirksam. Die Personen mit zu hohem und zu niedrigem Herzgewicht sterben ab. Die Variation wird eingengt und die Leute mit nicht zu starken Abweichungen von normalen Herzgewichten haben die Chance, sehr alt zu werden (Tabelle 1 a und b, Abb. 6).

**IV. Die Relation von Blutdruck und Herzgewicht**

In den Abb. 7 a und b sind in der oberen Hälfte die fast linear verlaufenden mittleren Anteile der Gewichtskurven des Herzens der Abb. 1 von 30 bis 80 Jahren bei Männern und Frauen mit entsprechenden Regressionsgeraden eingezeichnet.

Nach Interpolation der Werte ergibt sich beim Mann im 30. Lebensjahre ein mittleres Herzgewicht von 372 g, im 80. Lebensjahre von 422 g. Der Zuwachs in 50 Jahren beträgt 50 g oder jährlich 1 g. Bei der Frau beträgt das mittlere Herzgewicht im 30. Lebensjahre 300 g, im 80. Lebensjahre 376 g, der Zuwachs in 50 Jahren 76 g und jährlich 1,5 g.

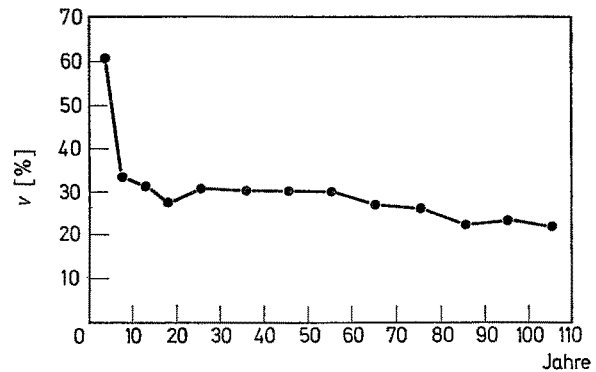


Abb. 6. Variabilität der Herzgewichte und Lebensalter. Ordinate: Pearsonscher Variabilitätskoeffizient =  $v$  [%], zusammengefaßt für Männer und Frauen, die sich weitgehend gleichartig verhalten. Abszisse: Lebensalter

Der jährliche Gewichtszuwachs des Herzens und der deutliche Geschlechtsunterschied stimmen mit den Angaben in der Literatur gut überein (Greenwood, 1913; Rosahn, 1941; Meyer, Peter u. Solth, 1964).

In der unteren Hälfte der Abb. 7 a und b sind die zwischen Systole und Diastole liegenden Mittelwerte des arteriellen Blutdruckes in mm Hg für den gleichen Lebensabschnitt mit den entsprechenden Regressionsgeraden für Männer und Frauen dargestellt. Den Blutdruckwerten wurden die Messungen an 52744 Männern und 58344 Frauen des National Center for Health Statistics, Series 11, Nr. 4, 1964 zugrunde gelegt (Tabelle 2).

Im 30. Lebensjahre beträgt bei den Männern der arterielle Mitteldruck 102 mm Hg, im 80. Lebensjahre 115 mm Hg. Hieraus ergibt sich in 50 Jahren ein Anstieg von 13 mm Hg oder 0,26 mm Hg jährlich. Bei den Frauen beträgt der Mitteldruck im 30. Lebensjahre 98 mm Hg, im 80. Jahre 122 mm Hg. Der Blutdruck steigt in 50 Jahren um 24 mm Hg oder jährlich 0,48 mm Hg an.

Tabelle 2. Arterieller Blutdruck in mm Hg

	Alter							Summe
	18—24	25—34	35—44	45—54	55—64	65—74	75—79	
<b>Männer</b>								
Anzahl der Fälle (n)	7139	10281	11373	10034	7517	4972	1428	52744
systolisch	121,7	124,7	128,6	133,8	140,3	148,0	154,3	
diastolisch	71,6	76,4	80,7	83,2	83,1	81,0	79,4	
Summe systol. + diastol.	193,3	201,1	209,3	217,0	223,4	229,0	233,7	
<u>systol. + diast.</u>	96,7	100,6	104,7	108,5	111,7	114,5	116,7	
	2							
<b>Frauen</b>								
Anzahl der Fälle (n)	8430	11291	12325	10542	8121	6192	1443	58344
systolisch	111,8	115,6	122,8	133,8	146,6	160,2	156,6	
diastolisch	69,4	72,9	78,0	82,0	84,9	83,7	79,3	
Summe systol. + diastol.	181,2	188,5	200,8	215,8	231,5	243,9	235,9	
<u>systol. + diastol.</u>	90,6	94,3	100,4	107,9	115,8	122,0	118,0	
	2							

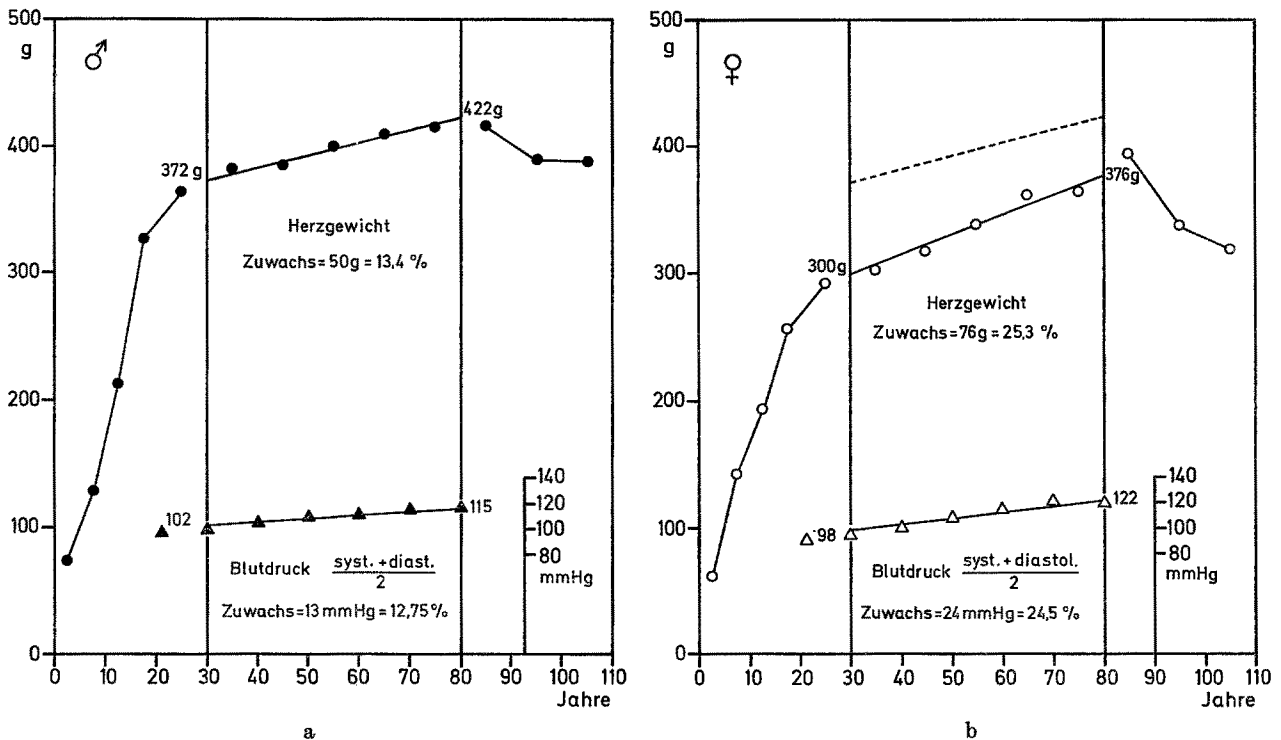


Abb. 7. a Männer, b Frauen. Vergleichende Darstellung der Zunahme des Herzgewichtes (● Männer, ○ Frauen) (obere Regressionsgraden) und des mittleren arteriellen Blutdruckes (▲ Männer, △ Frauen) (untere Regressionsgraden) zwischen dem 30. und 80. Lebensjahre. Die oberste gestrichelte Gerade der Abb. b stellt zum Vergleich den Zuwachs des Herzgewichtes bei den Männern dar und entspricht der oberen Geraden der Abb. a. Ordinatens: Herzgewicht in Gramm und Blutdruck in mm Hg auf gleichem Maßstab. Abszisse: Lebensalter

Zwischen dem 30. und 80. Lebensjahre steigt das mittlere Herzgewicht der Männer um 13,4%, das der Frauen um 25,3%, also doppelt so schnell wie das der Männer an.

Der Anstieg des Blutdruckes zwischen dem 30. und 80. Jahre beträgt bei den Männern 12,75%, bei den Frauen 24,5%. Auch der Blutdruck steigt in dieser Lebensperiode bei den Frauen doppelt so schnell an wie bei den Männern.

Obwohl es sich bei den Werten für den Blutdruck und für das Herzgewicht um zwei völlig voneinander unabhängige Untersuchungsreihen handelt, zeigen die Relationen zwischen Anstieg des Blutdruckes und Anstieg des Herzgewichtes bei Männern den Wert von 0,96 und bei den Frauen von 0,968. Das Verhältnis zwischen Anstieg des Blutdruckes und Anstieg des Herzgewichtes ist somit bei Männern und Frauen gleich groß. Dieses Ergebnis kann kein Zufall sein. Man kann hieraus schließen, daß das Herz in den 5 Jahrzehnten vom 30. bis zum 80. Lebensjahre mit gleichbleibender Sensibilität, unabhängig vom Alter auf einen Anstieg des Blutdruckes mit einem entsprechenden Gewichtszuwachs antwortet.

Strenggenommen ist aber die Leistung des Herzens nicht dem Herzgewicht, sondern dem Herzmuskelquerschnitt proportional, d.h. der Kreisringfläche des

Myokards, die bei einem Querschnitt durch die Ventrikelwand entsteht

Wie oben ausgeführt wurde, entspricht das Herzwachstum in der Lebensperiode zwischen dem 30. und 80. Lebensjahre dem Typus des Druckwachstums. Die Ventrikelmuskulatur nimmt an Gewicht zu, ohne Vermehrung des Restblutes bei gleichzeitiger Verminderung des Schlagvolumens. Wenn man diesen Wachstumstypus im rechnerischen Ansatz berücksichtigt, ergibt sich eine Relation von Blutdruckanstieg zum Muskelquerschnitt der Ventrikel bei Männern und Frauen von 1,1. Aus diesen Befunden folgt:

1. Wenn man von extremen Werten absieht, reagieren die Herzen alter Leute zwischen dem 60. und 80. Lebensjahre auf eine vermehrte Belastung mit einer strukturellen Anpassung genau so wie in der 3. bis 6. Lebensdekade. Die Herzen der älteren Leute sprechen mit der gleichen Sensibilität und Vollkommenheit an wie die Herzen der jüngeren unter der Voraussetzung, daß die coronare Durchblutung nicht zu stark eingeschränkt ist.

2. Die sog. „physiologische Altersinsuffizienz“ beruht nicht auf einer altersbedingten Herzatrophie. Sie kommt auch nicht durch eine Diskrepanz zwischen Blutdruckanstieg und Gewichtszuwachs des Herzens zustande in dem Sinne, daß der Blutdruck im Laufe

des Lebens schneller ansteigt, als die Muskelmasse des Herzens zunimmt.

### Literatur

- Birren, J. E.: Handbook of aging and the individual. Chicago: Chicago University Press 1959.
- Brandfonbrener, M., Landowne, M., Shock, N. W.: Changes in cardiac output with age. *Circulation* **12**, 557 (1955).
- Bürger, M.: Altersveränderungen der menschlichen Kreislauforgane. Ein Beitrag zur bioheruitischen Physiologie. Dtsch. Gesundh.-Wes. **1956**, 1161.
- Bürger, M.: Altern und Krankheit, 3. Aufl. Leipzig: VEB Georg Thieme 1957.
- Ciba Foundation: Colloquia on ageing, ed. by G. E. W. Wolstenholme and C. M. O'Connor. vols. 1—5. London: I. A. Churchill 1956—1957.
- Comfort, A.: Ageing: The biology of senescence, 2. ed. London: Routledge and Kegan Paul 1964.
- Dock, W.: Presbycardia, or aging of the myocardium. *N. Y. St. J. Med.* **45**, 983 (1945).
- Fahr, Th.: Über die Beziehungen von Arteriosklerose, Hypertonie und Herzhypertrophie. *Virchows Arch. path. Anat.* **239**, 41 (1922).
- Gesundheitsbericht. Deutscher Bundestag. Drucksache VI/1667, 1970.
- Gewert, M.: Über Schwankungen des Herzgewichts in den verschiedenen Lebensaltern unter normalen und pathologischen Verhältnissen. *Kriegs- und Konstitutionspathologie* **5**, 1 (1929).
- Granath, A., Jonsson, B., Strandell, T.: Studies on the central circulation at rest and during exercise in the supine and sitting body position in old men. *Acta med. scand.* **169**, 125 (1961).
- Greenwood, M., Jr.: A first study of the weight variability and correlation of the human viscera with special reference to the healthy and diseased heart. *Biometrika* **3**, 63 (1904).
- Harris, R.: Geriatric cardiovascular disease. Philadelphia-Toronto: Lippincott Company 1970.
- Hartleb, O.: Über Alterswandlungen ballistographischer Befunde. *Verh. dtsh. Ges. Kreisl.-Forsch.* **24**, 220 (1958).
- Köhler, U.: Das Altersherz. In: *Handbuch der praktischen Geriatrie*, Bd. 1, S. 366. Stuttgart: F. Enke 1965.
- Kohn, R. R.: Principles of mammalian aging. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 1971.
- Korenchevsky, V.: Physiological and pathological ageing, ed. by G. H. Bourne. Basel-New York: S. Karger 1961.
- Korkuschko, O. W.: Besonderheiten der Hämodynamik bei älteren und alten Menschen. *Z. Alternsforsch.* **21**, 259 (1968).
- Landowne, M.: Methods and limitations in studies of human organ system function. In: *Ciba Foundation Colloquia on ageing*, ed. by G. E. W. Wolstenholme and C. M. O'Connor. p. 73. London: Churchill 1957.
- Landowne, M., Brandfonbrener, M., Shock, N. W.: The relation of age to certain measures of performance of the heart and circulation. *Circulation* **12**, 567 (1955).
- Landowne, M., Stanley, I.: Aging of the cardiovascular system. In: *Aging: Some social and biological aspects*, ed. by N. W. Shock, p. 159. Publ. No 65, Amer. Assoc. Advancement Sci., Washington 1960.
- Lewis, W. H.: Changes with age in the cardiac output in adult men. *Amer. J. Physiol.* **121**, 517 (1938).
- Linzbach, A. J.: Mikrometrische und histologische Analyse hypertropher menschlicher Herzen. *Virchows Arch. path. Anat.* **314**, 534 (1947).
- Linzbach, A. J.: Pathologische Anatomie des Herzens bei Hochdruck. In: *Hypertonie*, Hrsg. W. H. Hauss u. H. Losse, S. 1. Stuttgart: Thieme 1962.
- Linzbach, A. J.: Funktionelle Morphologie der chronischen Herzinsuffizienz. *Verh. dtsh. Ges. Path.* **51**, 124 (1967).
- Linzbach, A. J.: Das Altern des menschlichen Herzens. *Handbuch der allgemeinen Pathologie*, Bd. VI/4 S. 369. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1972.
- Mc Keown, F.: Pathology of the aged. London: Butterworths 1965.
- Meyer, W. W., Peter, B., Solth, K.: Die Organgewichte in den höheren Altersstufen (70—92 Jahre) in ihrer Beziehung zum Alter und Körpergewicht. *Virchows Arch. path. Anat.* **337**, 17 (1964).
- Michel, D.: Über die Altersabhängigkeit der dynamischen Herzzeitwerte. *Z. Alternsforsch.* **14**, 282 (1960).
- Michel, D.: Herzinsuffizienz. In: *Handbuch der praktischen Geriatrie*, Bd. 1, S. 427. Stuttgart: F. Enke 1965.
- Müller, W.: Die Massenverhältnisse des menschlichen Herzens. Hamburg 1883.
- Pomerance, A.: Cardiac pathology in the aged. *Geriatrics* **23**, 101 (1968).
- Pomerance, A.: Pathology of the heart in the tenth decade. *J. clin. Path.* **21**, 317 (1968).
- Reindell, H., König, K., Roskamm, H.: Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens. Stuttgart: G. Thieme 1967.
- Resnik, W. H., Harrison, T. R.: Diseases of the heart. Introduction. In: *Principles of international medicine*, ed. by T. R. Harrison a.o. 4. edit., p. 1377. New York-Toronto-London: McGraw-Hill Book Comp. 1962.
- Rodstein, M.: Heart disease in the aged. In: *Clinical geriatrics*, ed. by I. Rossmann, p. 143. Philadelphia-Toronto: J. B. Lippincott 1971.
- Rosahn, P. D.: The weight of the normal heart in adult males. *Yale J. Biol. Med.* **14**, 209 (1941).
38. Rössle, R., Roulet, F.: Maß und Zahl in der Pathologie. Berlin-Wien: Springer 1932.
- Schweizer, W.: Kardiologische Befunde bei alten Leuten. In: *Krankheiten der über Siebzigjährigen*. Hrsg.: O. Gsell, S. 179. Bern-Stuttgart: H. Huber 1964.
- Shock, N. W.: Physiological aspects of aging in man. *Ann. Rev. Physiol.* **23**, 97 (1961).
- Spang, K.: Altersherz und Kardiosklerose. *Dtsch. med. Wschr.* **79**, 318 (1954).
- Strehler, B. L.: Time, cells and aging. New York-London: Academic Press 1962.
- United States Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service: Vital and Health Statistics. Blood pressure of adults by age and sex. Series 11, No. 4, No. 6. Washington D.C., National Center for Health Statistics, 1964.
- Werthemann, A.: Pathologisch-anatomische Charakteristika im hohen Alter. In: *Krankheiten der über Siebzigjährigen*, Hrsg. O. Gsell, S. 17. Bern-Stuttgart: H. Huber 1964.
- Wezler, K.: Altersanpassung im Kreislauf. I. *Z. Alternsforsch.* **3**, 199 (1942).
- Wezler, K.: Altersanpassung im Kreislauf. II. *Z. Alternsforsch.* **4**, 1 (1942).
- Wezler, K.: Die physiologische Altersinsuffizienz des Herzens. *Verh. dtsh. Ges. Kreisl.-Forsch.* **24**, 74 (1958).
- Wezler, K.: Physiologische Aspekte des Alterns des Herzens. *Z. Geront.* **2**, 211 und 319 (1969).

Prof. A. J. Linzbach  
Patholog. Institut der Universität  
D 3400 Göttingen, Gosslerstr. 10  
Bundesrepublik Deutschland