

W. VON BUDDENBROCK  
VERGLEICHENDE PHYSIOLOGIE  
BAND VI

REIHE DER EXPERIMENTELLEN BIOLOGIE  
BAND 11

LEHRBÜCHER UND MONOGRAPHIEN  
AUS DEM GEBIETE DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN

# VERGLEICHENDE PHYSIOLOGIE

BAND VI

BLUT UND HERZ

VON

W. VON BUDDENBROCK

O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT MAINZ



1967

SPRINGER BASEL AG

ISBN 978-3-0348-6835-8  
DOI 10.1007/978-3-0348-6834-1

ISBN 978-3-0348-6834-1 (eBook)

Nachdruck verboten

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen  
und der Reproduktion auf photostatischem Wege oder durch Mikrofilm

© Springer Basel AG 1967

Ursprünglich erschienen bei Birkhäuser Verlag Basel 1967  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1967

## VORWORT

Das Manuskript des sechsten Bandes meiner *Vergleichenden Physiologie* wurde Anfang Juni 1963 dem Verleger übergeben. Dieser Band behandelt die respiratorische Bedeutung des Blutes bei allen blutführenden Tieren, sowie die Physiologie des Herzens bei Wirbeltieren und Wirbellosen. Eigentlich war beabsichtigt, in diesem Buche auch die Atmung sämtlicher Tiere zu besprechen; es zeigte sich jedoch, daß dies wegen der Fülle des Stoffes unausführbar war. Ob es möglich sein wird, diese empfindliche Lücke in einem siebenten Bande auszufüllen, vermag ich wegen meines vorgerückten Alters nicht zu sagen.

Ich habe mich bemüht, die gesamte Literatur des genannten Gebietes zu erfassen. Selbstverständlich bin ich mir aber bewußt, daß mir dies nur zum Teil gelungen ist. Die östliche Literatur war mir mit ganz wenigen Ausnahmen unerreichbar. Um so mehr danke ich den wenigen Autoren aus diesen Ländern, die mir den Inhalt ihrer oft wertvollen Arbeiten zugänglich gemacht haben. Aus den Ländern des Westens sind mir in reichstem Maße Schriften und Bücher zugestellt worden. So ist es mir unmöglich, allen Autoren, die mir in dieser Art behilflich waren, mein Werk zu senden und namentlich zu danken. Es sei mir daher gestattet, ihnen allen zugleich an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Ohne ihre großzügige Hilfe hätte ich nichts erreichen können. Dem Birkhäuser Verlag danke ich wie immer für die vorzügliche Ausstattung des Buches.

Zu allerletzt, aber nicht zum wenigsten, danke ich meinen treuen Gehilfen, die in den vier Jahren, in denen ich an diesem Buche gearbeitet habe, mir nacheinander zur Seite standen: Frau DOSCH, Frl. HERTLING, Frl. BRINK. Dem Wert ihrer Mitarbeit möchte ich durch ihre Namensnennung ein Denkmal setzen. Vor allem danke ich aber der Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz, die mir die Mittel zur Bezahlung dieser Hilfskräfte zur Verfügung stellte.

Im Juni 1963

W. VON BUDDENBROCK

Nach dem Tode meines Mannes im Jahre 1964 wurde das ganze Manuskript noch einmal durchgesehen und die Literatur ergänzt. Dies wäre mir unmöglich gewesen ohne die unermüdliche Hilfe von Herrn Professor Dr. R. BRAUN, dem ich dafür zu größtem Dank verpflichtet bin.

Im Dezember 1966

G. VON BUDDENBROCK

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>Die Physiologie des Blutes</b> . . . . .	13
<b>I. Die respiratorischen Farbstoffe</b> . . . . .	13
1. Das Hämoglobin . . . . .	14
a) Vorkommen im Tierreich . . . . .	14
b) Der chemische Aufbau des Hämoglobins . . . . .	15
c) Das Molekulargewicht . . . . .	19
d) Die Affinität des Hämoglobins zum Sauerstoff . . . . .	21
e) Die Affinität des Hämoglobins zum CO . . . . .	22
f) Die O <sub>2</sub> -Sättigungskurve . . . . .	22
α) Einfluß der Temperatur . . . . .	27
β) Wirkung der Kohlensäure . . . . .	28
γ) Elektrolytgehalt des Blutes . . . . .	31
g) Multiple Hämoglobine . . . . .	32
2. Blut und Hämoglobin der einzelnen Tiergruppen . . . . .	33
<b>A. Wirbeltiere</b> . . . . .	33
1. Die Erythrocyten . . . . .	34
a) Die Bildung der roten Blutkörperchen (Erythropoëse) . . . . .	35
b) Die Lebensdauer der Erythrocyten . . . . .	35
c) Die Struktur der Erythrocyten . . . . .	37
d) Die chemische Zusammensetzung der Erythrocyten . . . . .	38
e) Die Kationen der Erythrocyten . . . . .	41
f) Der Stoffwechsel der Erythrocyten . . . . .	44
g) Die Hämolyse . . . . .	47
h) Die Enzyme der Erythrocyten . . . . .	48
i) Die Oestradiol-Dehydrogenase . . . . .	49
k) Die kernhaltigen Erythrocyten . . . . .	50
2. Der Kohlensäuretransport im Blut . . . . .	55
a) Der CO <sub>2</sub> -Gehalt des Blutes und seine Bedeutung . . . . .	56
b) Die Carbanhydrase . . . . .	57
<b>II. Das Blut der einzelnen Wirbeltiergruppen</b> . . . . .	61
1. Das Blut der Cyclostomen . . . . .	61
2. Das Blut der Fische . . . . .	63
a) Die Erythrocyten . . . . .	64
b) Blutvolumen . . . . .	69
c) Affinität zum Sauerstoff . . . . .	70
d) Der Sauerstoffgehalt des Fischblutes . . . . .	71

e)	Die Bedeutung des Hämoglobins für den Fisch . . . . .	75
f)	Die Kohlensäure im Fischblut . . . . .	76
g)	Die Milchsäure im Fischblut . . . . .	77
h)	Besondere Eigentümlichkeiten des Fischblutes . . . . .	79
3.	Das Blut der Amphibien . . . . .	80
a)	Das morphologische Blutbild . . . . .	80
b)	Die O <sub>2</sub> -Kapazität . . . . .	81
c)	Die O <sub>2</sub> -Dissoziationskurve . . . . .	82
d)	Blut und Metamorphose . . . . .	83
e)	Kohlensäure und Amphibienblut . . . . .	84
f)	Die Bedeutung des Hämoglobins für den Gasstoffwechsel . . . . .	86
4.	Das Blut der Reptilien . . . . .	86
a)	Die Erythrocyten . . . . .	86
b)	Das Reptilienblut während des Winterschlafes . . . . .	88
c)	Das Blutvolumen . . . . .	89
d)	Die O <sub>2</sub> -Dissoziationskurve . . . . .	89
e)	Die Kohlensäure im Reptilienblut . . . . .	90
5.	Das Blut der Vögel . . . . .	91
a)	Vergleich mit dem Säugetierblut . . . . .	91
b)	Die O <sub>2</sub> -Dissoziationskurve . . . . .	94
6.	Das Blut der Säugetiere . . . . .	95
a)	Die Erythrocyten . . . . .	95
b)	Die Sättigungsverhältnisse des arteriellen und venösen Säugetierblutes . . . . .	96
c)	Die O <sub>2</sub> -Dissoziationskurve . . . . .	97
α)	Die Hochgebirgstiere . . . . .	97
β)	Die Wassersäugetiere . . . . .	99
d)	Das embryonale Blut . . . . .	101
e)	O <sub>2</sub> -Affinität und Körpergröße . . . . .	102
f)	Das Blutvolumen . . . . .	103
g)	Verteilung des Blutes im Körper . . . . .	106
B.	Das Hämoglobin bei den Wirbellosen . . . . .	107
1.	Vorkommen im Tierreich . . . . .	107
2.	Ladung und Entladungsvorgang . . . . .	109
3.	Das Blut der Daphnien . . . . .	111
a)	Die Entfernung des Hämoglobins aus dem Blut . . . . .	111
b)	Die respiratorische Funktion des Hämoglobins . . . . .	112
4.	Das Blut von Artemia salina . . . . .	113
5.	Das Blut der Polychaeten und Oligochaeten . . . . .	113
a)	Molekulargewicht und Affinität . . . . .	114
b)	Die Dissoziationskurve . . . . .	114
c)	Sauerstofftransport . . . . .	115
6.	Das Blut der Hirudineen . . . . .	117
7.	Urechis caupo . . . . .	119
8.	Planorbis . . . . .	120
9.	Lamellibranchier . . . . .	122

10. Insekten . . . . .	123
a) Die Chironomidenlarven . . . . .	123
b) Die Gastrophilus-Larve . . . . .	125
11. Echinodermen . . . . .	126
C. Das Chlorocruorin . . . . .	127
D. Das Hämerythrin . . . . .	129
E. Das Hämocyanin . . . . .	133
a) Vorkommen im Tierreich . . . . .	133
b) Chemische Zusammensetzung, Struktur und Molekulargewicht . . . . .	133
c) Affinität zum Sauerstoff . . . . .	135
d) Einfluß des pH auf die Blutsättigungskurve . . . . .	136
e) Das Bindungsvermögen für CO <sub>2</sub> . . . . .	142
F. Das Hämovanadin . . . . .	142
III. Die Blutgerinnung . . . . .	143
1. Blutgerinnung bei den Wirbeltieren . . . . .	143
a) Die Spezifität der einzelnen Blutarten . . . . .	146
b) Die intravasculäre Ungerinnbarkeit des Blutes . . . . .	146
c) Die unterstützte Gerinnung . . . . .	149
d) Die Blutgerinnung bei den winterschlafenden Säugetieren . . . . .	151
e) Blutgerinnung bei den Kaltblütern . . . . .	151
2. Die Gerinnung beim Blut des Wirbellosen . . . . .	152
a) Die Blutgerinnung der Crustaceen . . . . .	152
α) Der Fibrinogengehalt des Krebsblutes . . . . .	154
β) Das Koagulin . . . . .	154
γ) Die Gerinnungszeit . . . . .	155
b) Limulus . . . . .	156
c) Die Gerinnung des Spinnenblutes . . . . .	157
d) Die Blutgerinnung bei den Insekten . . . . .	157
e) Die Blutgerinnung bei den Mollusken . . . . .	158
<b>Physiologie des Herzens und des Blutkreislaufs . . . . .</b>	<b>159</b>
I. <i>Das Herz der Wirbeltiere</i> . . . . .	160
1. Der mikroskopische Bau des Herzmuskels . . . . .	161
2. Energiestoffwechsel des Herzmuskels . . . . .	164
3. Herz hormone . . . . .	166
a) Adrenalin und Noradrenalin . . . . .	169
b) Das Aldosteron . . . . .	176
4. Der Mechanismus des Herzschlages . . . . .	178
5. Physiologische Besonderheiten des Herzmuskels . . . . .	179
6. Die Automatie des Wirbeltierherzens . . . . .	180
7. Die Leistung des Herzens . . . . .	182
8. Die Pulsfrequenz . . . . .	183
a) Abhängigkeit der Pulsfrequenz von der Körpergröße . . . . .	185
b) Pulsfrequenz und Körperarbeit . . . . .	188
9. Herzschlag und Winterschlaf . . . . .	195



10. Das Schlagvolumen und die relative Herzgröße . . . . .	198
11. Das Minutenvolumen . . . . .	205
12. Relative Systolendauer . . . . .	205
13. Die diastolische Saugwirkung der Herzkammern . . . . .	208
14. Der Blutdruck . . . . .	209
15. Die Blutdruckzügler . . . . .	212
16. Die Herznerve . . . . .	214
17. Die Koronararterien . . . . .	219
18. Die Bedeutung der konstriktorischen Nervenfasern . . . . .	222
19. Die elektrophysiologischen Erscheinungen der Herzmuskelfaser . . . . .	223
20. Das Elektrokardiogramm . . . . .	226
21. Herz und Atmung . . . . .	234
II. <i>Die Blutdepots</i> . . . . .	236
III. <i>Das Blutgefäßsystem</i> . . . . .	240
1. Spontanaktivität der Gefäße . . . . .	242
2. Die Kapillaren . . . . .	243
IV. <i>Spezielles über das Herz der einzelnen Wirbeltiergruppen</i> . . . . .	246
1. Cyclostomen . . . . .	247
2. Fische . . . . .	250
a) Die Zirkulation bei den Elasmobranchiern . . . . .	253
b) Die Funktion des Fischherzens . . . . .	254
c) Die Schrittmacher des Herzens . . . . .	254
d) Wirkung der Vagotomie . . . . .	256
e) Herzschlag und Atembewegung . . . . .	257
f) Andere reflexauslösende Reize . . . . .	260
3. Amphibien . . . . .	261
a) Die Schrittmacher des Herzens . . . . .	265
b) Herzschlag und Atembewegungen . . . . .	269
4. Reptilien . . . . .	269
a) Der Bau des Reptilienherzens . . . . .	269
b) Lacertilier . . . . .	274
c) Das Schlangengerz . . . . .	275
d) Krokodile . . . . .	279
e) Herzschlag und Außentemperatur . . . . .	280
5. Die Warmblüter . . . . .	281
a) Die Herzphysiologie der Säugetiere . . . . .	282
b) Vögel . . . . .	283
V. <i>Das Herz der wirbellosen Tiere</i> . . . . .	288
1. Das Herz der Mollusken . . . . .	288
a) Die Innervation des Herzens . . . . .	290
b) Der Kreislauf des Blutes . . . . .	292
c) Der Mechanismus des Herzschlages . . . . .	293
d) Die Regulation des Herzschlages . . . . .	295
a) Die nervösen Reize . . . . .	295

β)	Wirkung des venösen Angebotes . . . . .	296
e)	Der Schalenschluß . . . . .	298
f)	Die Beziehung zwischen Körpergrößen und Herzfrequenz . . . . .	300
g)	Herzschlag und Temperatur . . . . .	301
h)	Die Atmung des Schneckenherzens . . . . .	302
i)	Das Blutvolumen bei den Mollusken . . . . .	303
k)	Wirkung des ACH und der Cholinesterase . . . . .	303
l)	Cephalopoden . . . . .	306
α)	Anatomie des Herzens . . . . .	306
β)	Blutdruck . . . . .	307
γ)	Die Wirkung des Nervensystems auf den Kreislauf . . . . .	308
δ)	Wirkung von Enteramin . . . . .	309
2.	Das Herz der Arthropoden . . . . .	310
a)	Das Limulusherz . . . . .	311
b)	Das Skorpionsherz . . . . .	312
c)	Crustaceen . . . . .	313
α)	Das Dekapodenherz . . . . .	316
β)	Der Blutdruck . . . . .	320
γ)	Die Kreislaufzeit . . . . .	321
δ)	Herznervensystem und regulierende Herznerven . . . . .	322
ε)	Stoffliche Einflüsse auf das Herz . . . . .	325
ζ)	Unterschiede zum Wirbeltierherz . . . . .	328
η)	Die Wirkung der anorganischen Ionen auf das Krebsherz . . . . .	329
θ)	Das Herz der Cladoceren . . . . .	333
d)	Herz und Blutkreislauf der Insekten . . . . .	335
α)	Der Bau des Insektenherzens . . . . .	335
β)	Die akzessorischen Herzen . . . . .	337
γ)	Die Funktion des Insektenherzens . . . . .	338
δ)	Der Einfluß der Kationen auf den Herzschlag . . . . .	340
ε)	Die Umkehr des Herzschlages . . . . .	340
ζ)	Die Blutzirkulation im Insektenflügel . . . . .	342
η)	Acetylcholin . . . . .	344
θ)	Strychnin . . . . .	345
ι)	Myogene Schrittmacher . . . . .	345
κ)	Nerven . . . . .	345
e)	Tunikaten . . . . .	346
α)	Die periodische Umkehr des Herzschlages . . . . .	346
β)	Die Schrittmacher . . . . .	348
f)	Branchiostoma lanceolatum . . . . .	350
g)	Zirkulationssystem der Anneliden . . . . .	351
α)	Anneliden mit echten Blutgefäßen . . . . .	353
Literatur	. . . . .	358
Register	. . . . .	424
I.	Autorenregister . . . . .	424
II.	Sachregister . . . . .	430
III.	Tierregister . . . . .	436