

Der Kochsalzgehalt des Knorpels und das biogenetische Grundgesetz.

Von
G. v. Bunge.

Der Redaction zugegangen am 12. August 1899.

In meiner letzten Mittheilung¹⁾ habe ich gezeigt, dass der Knorpel der Selachier zwar nicht so kochsalzreich ist, wie Petersen und Soxhlet angaben, aber doch kochsalzreicher als irgend ein anderes bisher analysirtes thierisches Gewebe. Dass in dem Organismus von Meeresbewohnern so kochsalzreiche Gewebe sich entwickelt haben, kann nicht auffallen. Beachtenswerth ist es dagegen, dass auch im Organismus der landbewohnenden Wirbelthiere der Knorpel das natronreichste Gewebe ist. Das Blut der landbewohnenden Säugethiere enthält 2,4—3,7^o ∞ Natron. Der Knorpel der Säugethiere ist weit natronreicher. Alle übrigen bisher analysirten Gewebe sind weit natronärmer als das Blut. Warum ist gerade der Knorpel das natronreichste Gewebe? Er ist insofern das älteste Gewebe, als kein anderes Gewebe der höheren Wirbelthiere so unverändert den histologischen Bau der niederen Wirbelthiere bewahrt hat, wie der Knorpel. Das Skelet der höchstentwickelten Wirbelthiere wird noch heutzutage ursprünglich als knorpeliges Skelet angelegt und erst nachträglich durch ein knöchernes verdrängt. Die ältesten Wirbelthiere aber waren sämmtlich Meeresbewohner.

¹⁾ Seite 299 dieses Bandes.

In meinem Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie¹⁾ habe ich bereits eingehender darauf hingewiesen, dass der auffallend hohe Kochsalzgehalt der landbewohnenden Wirbelthiere eine Erklärung nur findet in der Descendenzlehre. Wenn diese Auffassung richtig ist, so müssen wir nach dem biogenetischen Grundgesetze erwarten, dass die landbewohnenden Wirbelthiere um so kochsalzreicher sind, je jünger sie sind, und dass auch die Zusammensetzung des Knorpels von Thieren verschiedenen Alters diesem Gesetze folgt. Beides trifft zu. In einer früheren Mittheilung²⁾ habe ich bereits an ein paar Beispielen gezeigt, dass der Säugethierembryo natronreicher ist als das neugeborene Thier, und dieses natronreicher als ein älteres. Ich beabsichtige die Richtigkeit dieses Ergebnisses durch weitere Analysen zu prüfen. Hier will ich zunächst nur das Resultat einer Reihe von Chlor- und Natronbestimmungen am Knorpel von Säugethieren verschiedenen Alters mittheilen. Ich wählte dazu die Rippenknorpel des Rindes, weil man von diesen aus verschiedenen Altersstufen ein genügendes Quantum zur Analyse erhält. Auf der folgenden Tabelle stelle ich die Ergebnisse derselben zusammen mit den früher mitgetheilten Werthen³⁾ für den Chlor- und Natrongehalt des Knorpels der Selachier.

Auf 100 Theile des frischen Knorpels kommen:

	Trockensubstanz	Chlor	Natron
Selachier	7.22	0,483	0,659
Rinderembryo. 1 ¹ / ₂ kg schwer .	13,58	0,198	
5 ¹ / ₂ .	14,21	0,201	
30 ¹ / ₂ .	17,51	0,202	0,595
Kalb. 14 Tage alt	21,69	0,164	0,704
10 Wochen	24,76	0,170	0,645

Das erwartete biogenetische Grundgesetz tritt also beim

1) Bunge, Lehrb. d. physiol. u. pathol. Chem., Aufl. 1, S. 118—120 1887, Aufl. 4, S. 112—114. 1898.

2) Zeitschrift für Biologie, Bd. XI, S. 324. 1874.

3) Seite 300 dieses Bandes.

Vergleiche des frischen Knorpelgewebes aus verschiedenen Entwicklungsstadien nicht zu Tage. Der Chlor- und Natrongehalt ändert sich nur wenig. Wohl aber tritt das Gesetz in Bezug auf den Gehalt an Trockensubstanz deutlich hervor. Der Gehalt des Knorpelgewebes an Trockensubstanz ist bei dem jüngsten Embryo am niedrigsten und dem des Selachierknorpels am ähnlichsten und wächst stetig mit der Entwicklung. Dass aber das biogenetische Grundgesetz auch für den Chlor- und Natrongehalt volle Geltung hat, zeigt sich sofort, wenn man den Gehalt der trockenen Knorpel vergleicht. Dieses scheint mir richtiger, denn das Chlor und das Natrium sind an die organischen Bestandtheile des Knorpels gebunden und werden mit diesen zugleich assimilirt. Das Verhältniss aber von Chlor und Natrium zu den organischen Stoffen ändert sich stetig zu Ungunsten des Chlors und des Natriums in dem Maasse, als die Entwicklung fortschreitet. Deshalb vergleiche ich auf der folgenden Tabelle den Chlor- und den Natrongehalt des trockenen Knorpels.

Auf 100 Theile der bei 120° C. getrockneten Knorpel kommen:

	Chlor	Natron
Selachier	6.692	9.126
Rinderembryo, 1 ¹ / ₂ kg schwer	1.457	
5 ¹ / ₂ kg schwer	1.415	
30 ¹ / ₂ kg schwer	1.151	3,398
Kalb, 14 Tage alt	0.757	3,245
Kalb, 10 Wochen alt	0.686	2,604

Das biogenetische Grundgesetz tritt also bei diesem Vergleiche deutlich zu Tage. Im besten Einklange mit den Analysen des Rippenknorpels vom Rinde stehen die folgenden zwei Analysen vom Knorpel aus der Nasenscheidewand des Schweins.

Auf 100 Theile des frischen Knorpels kommen:

	Trockensubstanz	Chlor	Natron
Knorpel von 4 Tage alten Ferkeln	12.08		0.557
Knorpel von ausgewachsenen Schweinen	22.11	0.051	0.830

Auf 100 Theile des bei 120° C. getrockneter Knorpels kommen:

	Chlor	Natron
Knorpel von 4 Tage alten Ferkeln		4,613
Knorpel von ausgewachsenen Schweinen	0,230	3,757

Beachtenswerth ist der sehr niedrige Chlorgehalt des Knorpels der ausgewachsenen Schweine. Beim Rinde konnte ich den Vergleich mit dem ausgewachsenen Thiere nicht anstellen, weil der Rippenknorpel zu früh zu verknöchern beginnt. Schon beim 10 Wochen alten Kalbe musste ich die Theile des Rippenknorpels aussuchen, welche noch gar nicht mit Knorpelgewebe durchsetzt waren. Das Knorpelgewebe verschiedener Skelettheile von verschiedenem Alter zu vergleichen, ist wahrscheinlich nicht zulässig. Besondere Analysen werden darüber entscheiden müssen.

Vom Knorpel aus der Nasenscheidewand des Schweines habe ich eine vollständige Aschenanalyse ausgeführt und stelle sie in der folgenden Tabelle mit der in meiner letzten Mittheilung veröffentlichten Analyse des Selachierknorpels zusammen, um zu zeigen, wie gross der Unterschied in der chemischen Zusammensetzung des Knorpels verschiedener Wirbelthiere trotz der Uebereinstimmung im histologischen Bau werden kann.

Auf 100 Theile des frischen Knorpelgewebes kommen:

	Selachier Schultergürtel von <i>Scymnus borealis</i>	Säugethier Nasenscheidewand des Schweines
Wasser	92,779	77,895
Trockensubstanz	7,221	22,105
Organische Substanz	5,916	20,931
Anorganische Substanz	1,305	1,174
K ₂ O	0,1540	0,1048
Na ₂ O	0,6590	0,8304
CaO	0,0243	0,1347
MgO	0,0123	0,0203
SiO ₂	0,0002	Spur
Cl	0,4832	0,0508
F ₂ O ₂	0,0814	0,0447
Summe der anorganischen Stoffe	1,4144	1,1857
Stoffäquivalent des Chlors	0,1090	0,0115
	1,3054	1,1742

Auf 100 Theile des bei 120° C. getrockneten Knorpelgewebes kommen:

	Selachier Schultergürtel von <i>Seymouria borealis</i>	Säugethier Nasenscheidewand des Schweines
Organische Substanz	81.922	94.689
Anorganische Substanz	18.078	5.311
K ₂ O	2.132	0.474
Na ₂ O	9.126	3.756
CaO	0.337	0.609
MgO	0.170	0.092
Se ₂ O ₃	0.003	Spur
Cl	6.692	0.230
P ₂ O ₅	1.128	0.202
Summe der anorganischen Stoffe	19.587	5.363
Sauerstoffäquivalent des Chlors	1.510	0.052
	18.077	5.311

Auf 100 Theile der Asche kommen:

	Selachier	Säugethier
K ₂ O	11.795	8.924
Na ₂ O	50.481	70.721
CaO	1.864	11.471
MgO	0.940	1.729
Se ₂ O ₃	0.015	Spur
Cl	37.017	4.326
P ₂ O ₅	6.239	3.807
	108.35	100.98
Sauerstoffäquivalent des Chlors	8.35	0.98
	100.00	100.00

Ich habe bei diesen Analysen zunächst nur die Aschenbestandtheile bestimmt, weil wir nur für diese genaue Methoden der quantitativen Analyse besitzen. Es ist jedoch kaum zu bezweifeln, dass auch die Zusammensetzung der organischen Bestandtheile im Laufe der phylogenetischen und der ontogenetischen Entwicklung ebenso stetig sich ändert. Eine genaue vergleichende Analyse wird uns in den Stand setzen, den Grad der Verwandtschaft der Wirbelthiere zu beurtheilen und die Ergebnisse der vergleichenden Anatomie zu kontrolliren. Die Entwicklungsgeschichte und die Systematik der Zukunft werden keine rein morphologischen Disciplinen

bleiben. Ein endloses Feld der fruchtbringendsten Arbeit liegt hier noch völlig unbeackert vor uns.

Zahlenbelege.

1. Rinderembryo, 1575 g schwer. 4,4718 g des frischen Rippenknorpels, sorgfältig von anhaftenden anderen Geweben befreit, gaben bei 120° C. getrocknet 0,6073 g Trockenrückstand = 13,5806% Trockensubstanz und 0,0358 g AgCl = 0,1979% Cl der frischen Substanz und 1,1574% Cl der Trockensubstanz.

2. Rinderembryo, 5400 g schwer. 10,5311 g des frischen Rippenknorpels gaben 1,4960 g Trockenrückstand = 14,205% und 0,0856 g AgCl = 0,2010% Cl der frischen Substanz und 1,4146% Cl der Trockensubstanz.

3. Rinderembryo, 30½ kg schwer. 1,7073 g des frischen Rippenknorpels gaben 0,2990 g Trockenrückstand = 17,5130%. 26,6570 g des frischen Knorpels gaben 0,2174 g AgCl = 0,2016% Cl des frischen und 1,1513% des trockenen Knorpels. 27,1240 g des frischen Knorpels gaben 0,3855 g KCl + NaCl, daraus 0,2658 g KPtCl₆, daraus berechnet auf 100 Theile des frischen Knorpels 0,1889 K₂O und 0,5950 Na₂O, auf 100 Theile des trockenen Knorpels 1,0784 K₂O und 3,3977 Na₂O.

4. Kalb, 14 Tage alt. 4,1612 g des frischen Rippenknorpels gaben 0,9024 g Trockenrückstand = 21,686% Trockensubstanz. 3,5187 g des trockenen Knorpels gaben 0,1077 g AgCl = 0,7568% Cl des trockenen und 0,1641% des frischen Knorpels. 6,1298 g des trockenen Knorpels gaben 0,4658 g KCl + NaCl, daraus 0,2973 g KPtCl₆, daraus berechnet auf 100 Theile des frischen Knorpels 0,2027 g K₂O und 0,7036 g Na₂O, auf 100 Theile des trockenen Knorpels 0,9347 g K₂O und 3,2447 g Na₂O.

5. Kalb, 10 Wochen alt, 145 kg schwer. 2,2318 g des frischen Rippenknorpels gaben 0,5525 g Trockenrückstand = 24,756% Trockensubstanz. 38,451 g des frischen Knorpels gaben 0,2640 g AgCl = 0,1698% Cl des frischen und 0,6857% g Cl des trockenen Knorpels. 36,662 g des frischen Knorpels gaben 0,6265 KCl + NaCl, daraus 0,5927 g KPtCl₆, daraus berechnet auf 100 Theile des frischen Knorpels 0,3116% K₂O und 0,6446% Na₂O, und auf 100 Theile des trockenen Knorpels 1,2585% K₂O und 2,604% Na₂O.

6. 4 Ferkel, 4 Tage alt. Es wurden aus der Nasenscheidewand der 4 Thiere zusammen 2,44½ g vollkommen reines Knorpelgewebe erhalten. Diese hinterliessen 0,2952 g Trockenrückstand (= 12,08%) und gaben 0,0352 g KCl + NaCl, daraus 0,0312 g KPtCl₆, daraus berechnet auf 100 Theile des frischen Knorpels 0,2460 K₂O und 0,5571 Na₂O und auf 100 Theile des trockenen Knorpels 2,037 K₂O und 4,613 Na₂O.

7. Knorpel aus der Nasenscheidewand einer grösseren Zahl von ausgewachsenen Schniween. Es wurden die rein weissen, von Blut und Knochengewebe vollkommen freien Stücke herausgeschnitten und zum

Theil frisch, zum Theil nach vorhergegangenen Trocknen bei 120° C. zur Analyse benutzt.

5.3150 g des frischen Knorpels gaben 1.1749 g Trockenrückstand = 22.105% .

64.90 g des frischen Knorpels gaben 1.1241 g KCl + NaCl, daraus 0.3529 g KPO_3 , daraus berechnet auf 100 Theile der frischen Substanz 0.1048 g K_2O und 0.8304 g Na_2O , und auf 100 Theile des trockenen Knorpels 0.4740 g K_2O und 3.757 g Na_2O .

55.45 g des frischen Knorpels gaben 0.1140 g AgCl = 0.0508% Cl des frischen und 0.2299% Cl des trockenen Knorpels.

35.3240 g des trockenen Knorpels gaben eine Spur Eisen, 0.2152 g CaO und 0.0898 + 0.0218 g Mg_2PO_4 ; daraus berechnet auf 100 Theile des frischen Knorpels 0.1347 CaO , 0.0203 MgO und 0.0447 P_2O_5 , und auf 100 Theile des trockenen Knorpels 0.6092 CaO , 0.0916 MgO und 0.2021 P_2O_5 .