

Aus dem Institut für Binnenfischerei  
der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin  
Abteilung für Teichwirtschaft und Fischkrankheiten, Berlin-Friedrichshagen

MARIE-LUISE ALBRECHT und BRUNHILDE BREITSPRECHER

## Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung von Fischnährtieren und Fischfuttermitteln

Eingegangen: 24. 4. 1968

### 1. Einleitung

Die in der Literatur vorhandenen Angaben über die chemische Zusammensetzung niederer Süßwassertiere sind sehr spärlich und weit verstreut. Aufgabe der vorliegenden Arbeit soll es sein, die bekannten Ergebnisse zusammenzutragen und sinnvoll zu ergänzen. Durch das vorgelegte Material, welches, sofern es die Feinzusammensetzung der niederen Tiere betrifft, noch sehr lückenhaft und oftmals widerspruchsvoll ist und zu Zweifeln Anlaß gibt, hat sich die Notwendigkeit von weiteren eingehenden Untersuchungen über die Fettsäuren- und Aminosäurezusammensetzung von Fischnährtieren besonders deutlich erwiesen.

Die Ermittlung der Feinzusammensetzung der z. Z. verwendeten Fisch-trockenmischfuttermittel (Pellets) und ein Vergleich mit der Naturnahrung waren weitere Ziele der Arbeit.

### 2. Material und Methode

Das Untersuchungsmaterial wurde sowohl in Teichen und Karpfenseen (Karpfennahrung) als auch in Fließgewässern (Forellennahrung) gesammelt. Das Jahr 1966 diente in erster Linie der Ermittlung der Grobzusammensetzung der Tiere. Die vor allem für 1967 vorgesehenen Fettsäureanalysen konnten nur in beschränktem Umfang durchgeführt werden. Die gleichfalls für 1967 geplanten Aminosäureuntersuchungen mußten ganz unterbleiben, so daß ausschließlich auf die sehr vereinzelt vorliegenden oft recht widerspruchsvollen Literaturangaben zurückgegriffen werden mußte.

Bei dem Untersuchungsmaterial handelt es sich wegen der Schwierigkeit der Beschaffung größerer Mengen niederer Tiere meist nicht um systematisch gesammeltes Material aus bestimmten Gewässern, sondern um Organismen, die überall dort, wo sie in größerer Menge zu erbeuten waren, zusammengetragen worden sind. Jede Einzelprobe stammt jedoch von einem einheitlichen Bestand. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, daß zu verschiedenen Jahreszeiten Fänge gemacht wurden, um die jahreszeitlichen Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Tiere, die vor allem in der Fettzusammensetzung deutlich hervortreten, nachweisen zu können. Bei älteren Literaturangaben (s. Tab. 1) fehlen meist Angaben über das Fangdatum.

Der Wassergehalt der Tiere wurde durch Trocknung bei 105 °C bis zur Massekonstanz bestimmt. Zur Stickstoffbestimmung diente die Methode von Kjeldahl. Der Rohproteingehalt der Substanz ergab sich durch Multiplikation der

Tabelle 1  
Chemische Zusammensetzung von Fischnährtieren (Angaben in % der Frischsubstanz)

Nr.	Artname	Datum der Probenentnahme	Wasser %	Rohprotein %	Kohlenhydrate % (berechn.)	Rohasche %	Rohfett %	Jodzahl	Autor
Vermes									
Oligochaeta									
1.	<i>Helodrilus spec.</i>		77,8	14,8	4,0	2,0	1,4	131	PHILLIPS u. Mitarb. 1954
2.	Tubificidae		82,05	8,27	5,06	1,06	3,55	—	KLUST 1935
3.	Tubificidae		87,15	8,06	1,88	0,91	2,00	—	MANN 1935
4.	Tubificidae		—	~ 8,0	—	—	—	—	CORTI 1950
5.	Tubificidae		—	—	—	—	3,33	—	SADDLER u. Mitarb. 1966
6.	Tubificidae		—	—	—	—	—	84,4	MIELLER 1936
7.	Tubificidae	4. 3.	79,90	10,80	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
Crustacea									
Phyllopoda									
8.	<i>Daphnia pulex</i>		90,67	5,42	4,07	1,70	0,61	—	GENG 1925
9.	<i>Daphnia magna</i>	23. 6.	87,78	1,75	3,38	2,40	2,73	—	FARKAS 1958
10.	<i>Daphnia magna</i> (Wasser verunreinigt)	12. 8.—22. 10. ~ 90	—	5,04	1,29	2,10	1,57	—	WLODEK 1965
11.	<i>Daphnia magna</i> (Wasser nicht verunreinigt)	12. 8.—22. 10 ~ 90	—	3,78	2,34	2,56	1,32	—	WLODEK 1965
12.	<i>Daphnia magna</i>	13. 6.	—	—	—	—	—	127,7	FARKAS und HERODEK 1963
13.	<i>Daphnia magna</i>	10. 11.	—	—	—	—	—	172,2	MANN 1935
14.	<i>Daphnia magna</i> + <i>D. pulex</i>		91,60	3,53	2,63	1,62	0,62	—	SCHÄPERCLAUS 1966
15.	<i>Daphnia magna</i> + <i>D. pulex</i>		91,88	3,63	2,12	1,70	0,67	—	ALBRECHT und BREITSPRECHER
16.	<i>Daphnia magna</i> + <i>D. pulex</i>	20. 3.	91,50	3,80	—	—	1,50	83,4	—
17.	<i>D. magna</i> + <i>D. longispina</i>	12. 5.	91,61	4,05	1,96	1,27	1,11	—	—
18.	<i>D. magna</i> + <i>D. longispina</i>	17. 5.	92,76	3,68	1,94	1,18	0,44	89,04	—
19.	<i>Daphnia pulex</i>	23. 5.	93,82	3,84	1,31	0,85	0,18	117	—

Nr.	Artnamen	Datum der Probenentnahme	Wasser %	Rohprotein %	Kohlenhydrate (berechn.) %	Rohasche %	Rohfett %	Jodzahl	Autor
20.	<i>Daphnia pulex</i>	10. 6.	92,69	4,17	1,60	1,26	0,28	—	ALBRECHT und BREITSPRECHER
21.	<i>Daphnia magna</i> + <i>D. pulex</i>	14. 7.	91,50	4,06	1,84	2,33	0,26	117	
22.	<i>Daphnia magna</i> + <i>D. pulex</i>	28. 7.	91,80	3,58	2,16	2,37	0,09	78	
23.	<i>D. magna</i> + <i>D. longispina</i>	20. 7.	91,27	5,00	1,62	0,91	1,20	86,8	
24.	<i>D. pulex</i> + <i>D. longispina</i>	3. 8.	92,00	4,06	2,24	1,17	0,52	99,2	
25.	<i>D. pulex</i> + <i>D. longispina</i>	7. 8.	91,76	4,09	1,63	1,40	1,13	126	
26.	<i>Daphnia magna</i> + <i>D. pulex</i>	18. 8.	89,81	5,65	2,18	2,12	0,24	103	
27.	<i>Daphnia magna</i>	—	—	—	—	—	—	109,6	
28.	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	3. 7.	90	3,55	3,35	0,96	2,13	—	
Copepoda									
29.	<i>Cyclops spec.</i>	23. 1.	90	2,51	2,84	0,57	4,08	—	FARKAS 1958
30.	<i>Cyclops spec.</i>	30. 3.	90	3,38	1,31	0,41	4,49	—	
31.	<i>Cyclops spec.</i>	20. 10.	90	4,13	1,09	0,73	4,03	—	
32.	<i>Cyclops strenuus</i>	—	92,07	5,57	0,87	0,56	0,93	—	SCHÄPERCLAUS 1966
33.	<i>Diaptomus spec.</i>	14. 3.	87,90	6,69	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
34.	<i>Diaptomus gracilis</i>	15. 12.	90	3,37	2,64	0,55	3,67	—	FARKAS 1958
35.	<i>Diaptomus gracilis</i>	7. 4.	90	3,40	3,17	0,58	2,84	—	
Isopoda									
36.	<i>Asellus aquaticus</i>	—	80,23	10,15	1,69	7,02	0,88	—	GENG 1925 MEYER 1914
37.	<i>Asellus aquaticus</i>	—	80,90	9,25	0,54	8,00	0,21	—	
Amphipoda									
38.	<i>Gammarus pulex</i>	—	78,44	8,93	2,67	6,28	1,28	—	MEYER 1914
39.	<i>Gammarus pulex</i>	4. 5.	77,10	10,71	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
40.	<i>Gammarus pulex</i>	2. 4.	83,0	7,65	—	—	1,41	130	ALBRECHT und BREITSPRECHER
41.	<i>Gammarus pulex</i>	3. 5.	83,0	8,10	2,82	4,62	1,46	118	
42.	<i>Gammarus pulex</i>	—	73,91	12,76	3,27	6,18	1,68	—	MEYER 1914
43.	<i>Gammarus roeselii</i>	—	—	—	—	—	—	82,1	MIELER 1935
44.	<i>Gammarus roeselii</i>	19. 12.	77,0	4,78	5,33	6,39	6,59	—	FARKAS 1958

Fortsetzung Tabelle 1

Nr.	Artname	Datum der Probenentnahme	Wasser %	Rohprotein %	Kohlenhydrate (berechn.) %	Rohasche %	Rohfett %	Jodzähl	Autor
45.	<i>Gammarus roeselii</i>	—	77,63	11,25	4,77	4,62	1,73	—	GENG 1925
46.	<i>Gammarus roeselii</i>	—	91,60	3,53	2,63	1,62	0,62	—	MANN 1935
47.	<i>Gammarus spec.</i>	—	87,5	6,4	2,6	2,7	0,8	119	PHILLIPS u. Mitarb. 1954
48.	<i>Dicerogammarus villosus</i>	24. 5.	64,80	7,07	8,85	7,74	11,58	—	FARKAS 1958
49.	<i>Dicerogammarus villosus</i>	18. 12.	64,80	7,69	8,72	7,85	11,00	—	FARKAS 1958
50.	<i>Corophium curvispinum</i>	16. 12.	62,73	8,53	12,82	3,30	10,59	—	FARKAS 1958
Insecta									
Ephemeroptera									
51.	<i>Ephemera vulgata</i>	10. 5.	82,00	—	—	—	2,40	100	{ ALBRECHT und BREITSPRECHER
52.	<i>Ephemera vulgata</i>	—	82,06	11,31	2,80	0,92	2,92	—	{ GENG 1925
53.	<i>Ephemera vulgata</i>	—	—	—	—	—	—	106,6	{ MIELLER 1936
54.	<i>Ephemera ignita</i>	13. 6.	82,30	10,00	—	—	1,24	160	{
55.	<i>Ephemera ignita</i>	7. 7.	81,25	12,25	—	—	0,95	117	{ ALBRECHT und BREITSPRECHER
56.	<i>Chitonophora krieghoffi</i>	10. 4.	74,9	14,85	3,58	2,42	4,25	132,4	{
57.	<i>Chitonophora krieghoffi</i>	10. 5.	75,0	11,0	5,79	2,56	5,65	138	{
58.	<i>Cloëon dipterum</i>	—	77,32	13,05	1,87	1,80	5,96	—	GENG 1925
59.	<i>Cloëon dipterum</i>	23. 7.	80,50	11,20	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
60.	<i>Baëtis spec.</i>	—	87,2	8,2	2,0	1,0	1,6	106	PHILLIPS u. Mitarb. 1954
61.	<i>Baëtis spec.</i>	10. 4.	78,1	13,4	2,6	2,15	3,7	130,1	{ ALBRECHT und BREITSPRECHER
62.	<i>Baëtis spec.</i>	14. 5.	79,0	12,5	—	—	4,6	—	{
63.	<i>Baëtis spec.</i>	13. 6.	80,3	11,7	—	—	2,6	126,5	{
64.	<i>Siphonurus spec.</i>	—	82,35	12,64	2,76	1,08	1,17	—	MANN 1935
Plecoptera									
65.	<i>Pera spec.</i>	—	83,44	12,33	1,07	2,00	1,17	—	GENG 1925
66.	<i>Nemura spec.</i>	10. 4.	76,6	13,2	4,64	2,16	3,4	125,3	{ ALBRECHT und BREITSPRECHER
67.	<i>Ampthimura spec.</i>	3. 5.	76,6	13,92	2,64	3,54	3,3	123,0	{
68.	<i>Pteronarcys spec.</i>	—	72,5	15,8	—	1,9	6,8	133	{ PHILLIPS u. Mitarb. 1954
69.	<i>Acroneuria spec.</i>	—	76,5	17,9	—	1,1	3,2	130	{

Fortsetzung Tabelle 1

10\*

Nr.	Artname	Datum der Probenentnahme	Wasser 0/0	Rohprotein 0/0	Kohlenhydrate 0/0 (berechn.)	Rohasche 0/0	Rohfett 0/0	Jodzähl	Autor
Odonata									
70.	<i>Agrion spec.</i>	17. 6.	79,06	14,0	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
71.	<i>Agrion spec.</i>	—	83,80	11,07	2,14	1,63	1,35	—	GENG 1925
72.	<i>Lestes spec.</i>	—	78,76	14,89	2,35	1,17	2,82	—	GENG 1925
73.	<i>Libellula spec.</i>	—	—	—	—	—	—	96,1	MIELLER 1936
Heteroptera									
74.	<i>Macrocorixa Geoffr.</i>	—	71,97	14,11	8,09	1,33	4,50	—	GENG 1925
75.	<i>Corixa spec.</i>	26. 7.	85,50	10,2	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
Neuroptera									
76.	<i>Stalis lutaria</i>	30. 5.	82,26	11,57	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
Trichoptera									
77.	<i>Anabolia spec.</i>	—	77,09	11,13	5,06	2,77	0,95	—	MANN 1935
78.	<i>Phryganea grandis</i>	—	70,42	13,57	8,17	0,75	7,08	—	GENG 1925
79.	<i>Limnophilus rhombicus</i>	—	78,71	11,31	6,71	1,70	1,58	—	GENG 1925
80.	<i>Limnophilus spec.</i>	30. 6.	83,52	7,20	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
81.	<i>Molanna spec.</i>	11. 5.	77,77	13,25	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
82.	<i>Brachycentrus spec.</i>	—	87,3	8,4	1,7	0,8	1,8	123	PHILLIPS u. Mitarb. 1954
83.	<i>Rhyacophila spec.</i>	7. 7.	75,0	—	—	—	4,25	107	ALBRECHT und BREITSPRECHER
84.	<i>Hydropsyche pellucidula</i>	23. 4.	73,4	16,3	—	—	5,8	133,4	
85.	<i>Hydropsyche pellucidula</i>	10. 5.	73,4	15,1	3,80	2,10	5,6	105,7	
86.	<i>Hydropsyche pellucidula</i>	28. 5.	—	—	—	—	5,8	72,7	
87.	<i>Hydropsyche pellucidula</i>	13. 6.	76,4	15,80	—	—	2,95	65,0	
88.	<i>Hydropsyche pellucidula</i>	7. 7.	71,3	19,70	3,65	1,65	3,70	117	
Diptera									
89.	<i>Chironomus plumosus</i>	—	88,28	6,63	3,08	1,50	0,5	—	GENG 1925
90.	<i>Chironomus plumosus</i>	8. 2.	83,30	8,60	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
91.	<i>Chironomus plumosus</i>	3. 3.	85,08	8,85	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935

Fortsetzung Tabelle 1

Nr.	Artname	Datum der Probenentnahme	Wasser %	Rohprotein %	Kohlenhydrate (berechn.) %	Rohasche %	Rohfett %	Jodzähl	Autor
92.	<i>Chironomus plumosus</i>	27. 4.	88,30	6,16	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
93.	<i>Chironomus plumosus</i>	—	87,66	6,38	—	0,86	—	—	MANN 1935
94.	<i>Chironomus plumosus</i>	15. 5.	86,58	9,36	2,23	0,94	0,89	98	ALBRECHT und BREITSPRECHER
95.	<i>Chironomus plumosus</i>	15. 11.	92,7	—	—	—	0,26	115	—
96.	<i>Chironomus thummi</i> ( <i>Ch. gregarius</i> )	—	87,18	8,21	2,42	1,03	1,40	—	GENG 1925
97.	<i>Chironomus thummi</i>	—	83,33	8,21	5,69	0,89	1,88	—	MANN 1935
98.	<i>Chironomus thummi</i>	27. 2.	83,88	9,12	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
99.	<i>Chironomus thummi</i>	27. 4.	85,12	8,02	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
100.	<i>Chironomus thummi</i>	—	—	—	—	—	—	81,6	MIELLER 1936
101.	<i>Fleureia spec.</i>	15. 5.	79,03	12,51	5,36	1,35	1,75	93	ALBR. u. BREITSPR.
102.	<i>Psectrotanypus spec.</i>	15. 5.	86,40	8,07	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
103.	<i>Psectrotanypus spec.</i>	2. 10.	85,08	9,23	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
104.	<i>Cricotopus spec.</i>	13. 6.	84,73	9,0	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
105.	<i>Simulium spec.</i>	—	86,5	9,0	1,5	2,3	0,7	131	PHILLIPS u. Mitarb. 1954
106.	<i>Simulium spec.</i>	13. 6.	82,5	10,3	—	—	1,6	101	ALBRECHT und
107.	<i>Simulium spec.</i>	7. 7.	83,7	8,5	2,2	2,4	1,2	104	BREITSPRECHER
Mollusca									
Gastropoda									
108.	<i>Limnea ovata</i>	—	76,57	3,84	0,57	18,33	0,69	—	GENG 1925
109.	<i>Planorbis spec.</i>	9. 4.	59,58	4,06	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
110.	<i>Planorbis planorbis</i>	—	73,00	10,58	8,72	6,95	0,65	(Weichkörper)	MANN 1935
111.	<i>Planorbis planorbis</i>	—	—	—	—	—	—	76,4	MIELLER 1936
112.	<i>Planorbis corneus</i>	—	80,28	8,68	0,76	1,77	0,38	—	MEYER 1914
113.	<i>Planorbis corneus</i>	—	—	—	—	—	—	79,8	MIELLER 1936
114.	<i>Bithynia tentaculata</i> Bivalva	—	67,19	5,04	3,28	24,21	0,29	—	GENG 1925
115.	<i>Pisidium spec.</i>	2. 4.	55,86	3,68	—	—	—	—	JABLONSKAJA 1935
116.	<i>Dreissensia polymorpha</i>	—	56,02	3,42	1,62	38,71	0,24	—	GENG 1925
117.	<i>Dreissensia polymorpha</i>	—	—	—	—	—	—	93,0	MIELLER 1936

Ergebnisse mit dem Faktor 6,25. Zur Rohfett- und Fettsäurenbestimmung wurde das Material entweder mit Natriumsulfat behandelt (zum Wasserentzug) oder bei etwa 50 °C in inerter Atmosphäre (CO<sub>2</sub>) im Vakuumtrockenschrank schonend getrocknet und in der Soxhlet-Apparatur mit Petroläther extrahiert. Die Jodzählbestimmung ist nach der Methode von KAUFMANN (1958) durchgeführt worden. Für die gaschromatographischen Analysen diente eine Chrom-III-IKZ-Apparatur (Laboratorni Pstroje ČSSR). Die Kolonnen waren 3 m lang und besaßen eine lichte Weite von 6 mm. Als stationäre Phase diente 20% Äthylenglycolsuccinat. Das Trägergas war N<sub>2</sub>.

Für die Berechnung der Feinzusammensetzung der Nährtierbestände von Teich- und Fließgewässern verwendeten wir Literaturzitate. Die Feinzusammensetzung der Trockenfischfuttermittel wurde an Hand des in der Rezeptur

Tabelle 2

Durchschnittswerte der chemischen Zusammensetzung von Fischnährtieren  
in % der Frischsubstanz  
(berechnet nach Tabelle 1)

	Wasser %	Roh- protein %	Kohlen- hydrate %	Rohasche %	Rohfett %
<b>V e r m e s</b>					
Oligochaeta					
Tubificidae	83,0	8,8	3,5	1,0	3,0
<b>C r u s t a c e a</b>					
Phyllopora					
<i>Daphnia spec. spec.</i>	90,6	4,1	2,2	1,6	0,9
Copepoda	90,0	4,2	2,0	0,6	3,3
Isopoda					
<i>Asellus aquaticus</i>	80,5	9,7	1,1	7,5	0,5
Amphipoda					
<i>Gammarus pulex</i>	79,1	9,6	2,6	5,7	1,5
<i>Gammarus roeselii</i>	83,4	6,5	3,8	3,8	2,4
<i>Diderogammarus</i> und <i>Corophium</i>	64,1	7,8	10,1	6,3	11,1
<b>I n s e c t a</b>					
Ephemeroptera	80,5	11,8	3,0	1,7	3,1
Plecoptera	77,1	14,7	2,8	2,1	1,5
Odonata	80,5	13,3	2,2	1,4	2,1
Heteroptera	78,7	12,2	8,1	1,3	4,5
Neuroptera	82,3	11,6	—	—	—
Trichoptera	76,7	13,2	4,6	1,5	4,0
Diptera					
Chironomidae	85,8	7,4	3,8	1,1	1,1
Simuliidae	84,3	9,3	1,8	3,3	1,2
<b>M o l l u s c a</b>					
Gastropoda	71,3	6,4	3,3	4,3*	1,0
				21,3**	
Bivalva	55,9	3,5	1,6	38,7**	0,2
Gesamtdurchschnitt	$\bar{x}_{103}$ 81,9	$\bar{x}_{101}$ 8,5	$\bar{x}_{70}$ 3,3	$\bar{x}_{70}$ 2,2	$\bar{x}_{85}$ 2,6

\* Weichkörper

\*\* Gesamttier mit Schale

angegebenen Rohmaterials und der aus dem Schrifttum bekannten Analysenwerte errechnet.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Grobzusammensetzung der Fischnährtiere

In Tabelle 1 (Einzelwerte) und Tabelle 2 (Durchschnittswerte) wurden die Ergebnisse der chemischen Analysen zusammengestellt und zum Vergleich sowie zur Vervollständigung die von anderen Autoren bekannt gewordenen Werte hinzugefügt. Von den insgesamt 75 Vollanalysen von 13 Bearbeitern sind 30 im eigenen Labor angefertigt worden. Besonderer Wert wurde auf möglichst zahlreiche Analysen der häufigsten Organismen gelegt, welche als Nahrung für die Nutzfische, insbesondere Karpfen und Forelle, in Frage kommen. Da die Einzelwerte in Abhängigkeit vom Entwicklungszustand der Tiere und von der Jahreszeit erheblich voneinander abweichen, liefern nur Durchschnittswerte zahlreicher Analysen brauchbare Ergebnisse als Berechnungsgrundlage für produktionsbiologische Arbeiten, Ernährungsstudien, Futtermittelanalysen usw.

##### 3.1.2. Vollanalysen

###### 3.1.2.1. Wasser

Das Crustaceenplankton besitzt mit 90–91% den größten Wassergehalt. Es folgen die Dipteren (*Chironomidae*, *Simuliidae*) mit 84%, die *Tubificidae* mit 83%, *Isopoda*, *Gammaridae*, *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Neuroptera* mit 80 bis 82%, *Plecoptera*, *Trichoptera* und *Heteroptera* mit 77–79%. Den geringsten Wassergehalt haben die Mollusken aufzuweisen (56–76%).

###### 3.1.2.2. Rohprotein

Mit Ausnahme der Mollusken, welche trotz geringen Wassergehalts infolge ihrer Kalkschale auch niedrige Rohproteinwerte besitzen (3,6–4,3%), entspricht einem hohen Wassergehalt üblicherweise ein niedriger Proteingehalt und umgekehrt. Die niedrigsten Werte wurden bei Daphnien (4,1%), die höchsten bei Insekten und Amphipoden (7–15% der Frischsubstanz) festgestellt. Allerdings handelt es sich bei diesen Formen um Organismen mit viel Chitin. Der Reinproteinwert beträgt nach GENG (1925) und MANN (1935) bei Insekten und Crustaceen etwa 85% des Rohproteinwertes. Bei Tubificiden sind es jedoch nur 52% und bei *Planorbis* (*Gastropoda*) 66% (MANN 1935).

###### 3.1.2.3. Rohfett

Der Rohfettgehalt der niederen Wassertiere ist meist bedeutend geringer als ihr Eiweißgehalt. Er bewegt sich zwischen 0,24% (*Dreissensia*) und 7% (*Phryganea*). Im allgemeinen liegen die Fettmengen jedoch nicht über 4%. Die aus ungarischen Gewässern stammenden Fettwerte von Crustaceen (FARKAS 1958) sind stets bedeutend größer als die in anderen Gegenden nachgewiesenen. Nach Angabe des Autors handelt es sich dabei offensichtlich um standortbedingte Abweichungen.



### 3.1.2.4. Mineralstoffe (Rohasche)

Der Mineralstoffgehalt der Mollusken ist verständlicherweise von allen untersuchten Tieren am höchsten (21–39%). In weitem Abstand folgen Isopoden (7,5%) und Amphipoden (5,1%). In allen anderen Fällen wurden Werte zwischen 0,6% (*Copepoda*) und 2,1% (*Plecoptera*) ermittelt.

### 3.1.2.5. Kohlenhydrate

Kohlenhydrate wurden nicht analysiert, sondern aus der Differenz zwischen Wasser-, Protein-, Fett- sowie Aschegehalt und 100 errechnet. Die Unterschiede sind innerhalb der einzelnen Tiergruppen erheblich. Im Gesamtdurchschnitt der Proben ( $\bar{x}_{70}$ ) liegt der Wert bei 3,3%.

## 3.2. Feinzusammensetzung der Fischnährtiere

### 3.2.1. Fettsäurezusammensetzung niederer Wassertiere

#### 3.2.1.1. Jodzahlbestimmungen (Chemische Kennzahl)

Die Höhe der Jodzahl von Süßwasserinvertebraten ist im wesentlichen vom Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren mit 18–22 Kohlenstoffatomen abhängig (Tab. 1). Bei niedriger Jodzahl (JZ) bestimmt vor allen Dingen das Stearin-Ölsäureverhältnis die JZ. Bei hoher JZ dagegen ist das Verhältnis Ölsäure : ungesättigter  $C_{18-22}$ -Fettsäure (FS) für die JZ verantwortlich. Die Ermittlung der JZ gibt somit einen Anhalt für den Grad der Ungesättigtheit eines Fettes. Fette von niederen Süßwasserorganismen unseres Klimas besitzen JZ, die sich im allgemeinen zwischen 80 und 160 bewegen. In Einzelfällen wurden auch niedrigere bzw. höhere Werte nachgewiesen.

Die aus älteren Veröffentlichungen bekannten Angaben über die JZ im Wasser lebender Tiere (MIELLER 1934/1936) haben insofern nur geringe Aussagefähigkeit, als über den Zeitpunkt der Probenentnahme keine Angaben vorliegen.

Wie die Untersuchungen zahlreicher Autoren ergeben haben, ist der Grad der Ungesättigtheit eines Fettes in erheblichem Maße von der Temperatur, in der der Organismus – sei es Tier oder Pflanze – lebt, abhängig. Bei hoher Temperatur werden die Fette der Süßwasserorganismen daher üblicherweise einen höheren Sättigungsgrad und somit eine niedrigere JZ aufweisen als bei niedriger Temperatur.

Neben der Temperatur sind jedoch auch das Nahrungsfett und das Entwicklungsstadium der Tiere von Bedeutung für den Grad der Sättigung.

Wasserinsekten synthetisieren mit fortschreitender Entwicklung in erheblichem Umfang körpereigenes Fett. Als Beispiel mag die Larve von *Hydropsyche pellucidula* dienen, die in zweiwöchigen Abständen in einem Bach gesammelt wurde. Wie Tabelle 3 zeigt, nahm die JZ mit zunehmender Wassertemperatur, aber vor allem auch mit dem Heranwachsen der Larven und ihrer fortschreitenden Verpuppung ab. Bei den keine Nahrung mehr aufnehmenden Puppen verminderte sich der Fettgehalt um 50%. Das Fett bestand im wesentlichen aus körpereigenem synthetisiertem Fett. Bei den im Juli auftretenden Junglarven war die JZ trotz der höheren Wassertemperatur, bedingt durch das Nahrungsfett, wieder ungesättigter.

Die Jodzahlveränderungen von Crustaceenplankton im Jahreszyklus wurden eingehend von FARKAS und HERODEK (1963) studiert. In monatlichen Untersuchungen, die sich über 2 Jahre erstreckten, konnten sie zeigen, daß bei Wintertemperaturen des Wassers von 0,5–8 °C die JZ der Zooplankter (ins-

besondere *Copepoda*) auf Werte von 198–178 ansteigt und bei höheren Temperaturen (14–25 °C) auf Werte von 150–110 absinkt.

Die eigenen JZ-Werte von Daphnien sind meist niedriger als die genannten Angaben (Tab. 1). Die Tiere stammen aus Teichen mit relativ hohen Wassertemperaturen (häufig 25 °C und mehr).

Tabelle 3  
Fettgehalt und Jodzahl von *Hydropsyche pellucidula* (Trichoptera)  
in Abhängigkeit von der Larvenentwicklung und der Wassertemperatur

Datum	Wasser- temperatur (°C)	Größe der Larven (mm)	Fettgehalt (%) der Frisch- substanz)	Jodzahl	Bemerkungen
23. 4.	8–12	5– 6	5,8	133,4	100 % Larven
10. 5.	14–17	7– 8	5,6	105,8	100 % Larven
23. 5.	15–19	9–10	5,8	72,7	40 % Puppen
13. 6.	16–19	10	2,95	65,0	70 % Puppen
7. 7.	17–21	2– 3	3,70	117,0	100 % Junglarven

In der genannten Arbeit konnten FARKAS und HERODEK außerdem nachweisen, daß der Schmelzpunkt der Fette des Zooplanktons während des ganzen Jahres einige Grade unter der Wassertemperatur liegt, so daß das Fett stets in flüssiger und damit für das Tier nutzbarer Form vorhanden ist.

### 3.2.1.2. Chemische und physikalische Bestimmungen

Die ältesten Angaben über die Fettsäurezusammensetzung von Süßwassertieren stammen aus dem Jahre 1935 (LOVERN). Mit den seinerzeit und bis in die jüngste Vergangenheit zur Verfügung stehenden Mitteln (mikrochemische Methoden, Papierchromatographie) war zwar eine Trennung der einzelnen Fettsäurekomponenten hinsichtlich ihrer Kettenlänge relativ leicht möglich. Der Nachweis des Sättigungsgrades war jedoch sehr viel schwieriger zu erbringen (spektrophotometrisch). Derartige Untersuchungen sind daher äußerst selten.

Der Anteil gesättigter Fettsäuren am Süßwassercrustaceenplankton beträgt nach LOVERN (1935) 20–25 % der Gesamtfettsäuren. Diese Angaben wurden durch eigene Analysen sowie durch zahlreiche Untersuchungsergebnisse von FARKAS und HERODEK (1961 und 1963) bestätigt.

Die ungesättigten FS der Süßwassercrustaceen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie reich an C<sub>16</sub>- bis C<sub>22</sub>-Fettsäuren sind. Allerdings sind die C<sub>22</sub>-FS vor allem typisch für Copepoden, während sie den Cladoceren völlig oder nahezu gänzlich fehlen. Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, daß Copepoden im Gegensatz zu Cladoceren und den meisten anderen niederen Tieren in der Lage sind, bei den mit der Nahrung aufgenommenen FS von Planktonalgen, welche praktisch keine C<sub>20</sub>- und C<sub>22</sub>-FS enthalten, Kohlenstoffatome einzuführen und damit langkettige Fettsäuren mit C<sub>20</sub>- und C<sub>22</sub>-Atomen synthetisieren zu können (FARKAS und HERODEK 1962).

Über die FS-Zusammensetzung von Süßwasserinsekten und -mollusken liegen bisher keine genauen Angaben vor. Nur GRINDLEY (1952) analysierte *Tanytarsus*-Imagines (Chironomidae), deren FS-Zusammensetzung von derjenigen der Landinsekten abwich. Sie ähnelte weitgehend den Algenfetten, von denen sich die Larven ernähren. Insekten gewinnen ihr Fett in ähnlicher Weise wie Vertebraten, z. T. durch Assimilation pflanzlicher Fette aus der Nahrung, z. T. durch Synthese aus Kohlenhydraten oder anderen fettfreien Komponenten (GILMOUR 1961).

## 3.2.1.3. Gaschromatographische Fettsäureanalysen

Gaschromatographische Analysen über niedere Süßwassertiere liegen bisher fast nur von Crustaceen vor. Eigene Analysen wurden an Fetten von *Daphnia magna* und *D. longispina* durchgeführt.\* Über Tubificiden gibt es eine Arbeit (SADDLER 1966). Insekten sind nach unserer Kenntnis noch nicht bearbeitet worden.

Die gaschromatographische Analyse hat der papierchromatographischen gegenüber den großen Vorzug, daß nicht nur die Kettenlängen der C-Atome, sondern auch der Sättigungsgrad und die Zahl der Doppelbindungen nachgewiesen werden können.

In Tabelle 4 wurden eigene in den Sommermonaten ermittelte gaschromatographische Werte von Daphnien (Durchschnitt von 4 Analysen) aus Teichen denjenigen von Daphnien, welche im November gesammelt worden sind (HERODEK und FARKAS 1967), gegenübergestellt.

Die Beispiele zeigen, daß die Fettsäuren der Daphnien in der warmen Jahreszeit einen gesättigteren Charakter als in der kalten Jahreszeit besitzen. Das Verhältnis von gesättigten und Monoensäuren zu Polyensäuren war im Sommer wie 1 : 0,3 und im Winter wie 1 : 1,2 (Tab. 6). Außerdem nimmt die Zahl der C-Atome, insbesondere der C<sub>20</sub>- und C<sub>22</sub>-FS zu, sobald sich die Temperatur vermindert.

Tabelle 4  
Fettsäurezusammensetzung von Daphnien (in %)0

Art	<i>D. magna</i> und <i>D. longispina</i> Mai-Juli (Teiche bei Berlin)	<i>D. longispina</i> November (Belsö-To, Ungarn)
Fettsäurekomponenten:		
C <sub>10</sub> : 0 (?)	0,4	0
C <sub>11</sub> : 0 (?)	Spuren	0
C <sub>11</sub> : 1	0,1	0
C <sub>12</sub> : 0	0,2	0
C <sub>12</sub> : 1	0,8	0
C <sub>14</sub> : 0	3,3	2,5
C <sub>14</sub> : 1	5,7	3,0
C <sub>14</sub> : 2	0	0,8
C <sub>15</sub> : 0	2,9	0
C <sub>15</sub> : 1	1,2	0
C <sub>16</sub> : 0	19,4	11,7
C <sub>16</sub> : 1	18,9	14,6
C <sub>16</sub> : 2	2,3	0,8
C <sub>18</sub> : 0	4,8	3,7
C <sub>18</sub> : 1	20,9	10,1
C <sub>18</sub> : 2	7,8	4,2
C <sub>18</sub> : 3	7,1	11,3
C <sub>18</sub> : 4	0	15,8
C <sub>20</sub> : 2	2,6	0,7
C <sub>20</sub> : 4	0,8	1,3
C <sub>20</sub> : 5	1,1	17,4
C <sub>22</sub> : 1	0	0,6
C <sub>22</sub> : 6	0	1,5

\* Die Untersuchungen wurden im Biologischen Institut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften in Tihany durchgeführt. Für die uns gewährte Gastfreundschaft und Unterstützung der Arbeit sagen wir auch an dieser Stelle unseren Dank.

In Tabelle 5 werden weitere gaschromatographische Analysen von Crustaceenplankton, *Gammarus roeselii* und Tubificiden mitgeteilt. Das Verhältnis von gesättigten und Monoensäuren zu Polyensäuren wurde in Tabelle 6 berech-

Tabelle 5  
Fettsäurezusammensetzung von Tubificiden und Crustaceen  
(Gaschromatographische Analysen von SADDLER und Mitarb. [1966]  
und HERODEK und FARKAS [1967])

Tierart	<i>Tubifex spec.</i>	<i>Cyclops vicinus</i>	<i>Eudiap- tomus gracilis</i>	<i>Daphnia cucullata</i>	<i>Simoce- phalus vetulus</i>	<i>Bosmina longi- spina</i>	<i>Gamma- rus roeselii</i>
Autor	SADDLER u. Mitarb. 1966	HERODEK und FARKAS 1967					
Wasser- temperatur	?	6 °C	6 °C	6 °C	3 °C	3 °C	3 °C
Fettsäurekomponenten:							
C <sub>8</sub> : 0	0,07						
C <sub>10</sub> : 0	0,23						
C <sub>12</sub> : 0	0,40						
C <sub>14</sub> : 0	6,2	7,8	9,7	7,0	3,5	2,5	1,4
C <sub>14</sub> : 1	3,3	0,3	Sp.	0,8	3,8	2,3	1,5
C <sub>14</sub> : 2		0,3	Sp.	0,1	1,4	2,8	1,7
C <sub>15</sub> : 0	1,1						
C <sub>15</sub> : 1	1,0						
C <sub>16</sub> : 0	7,8	13,6	17,7	16,4	12,8	14,1	12,1
C <sub>16</sub> : 1	7,5	5,9	7,5	5,7	12,1	10,3	12,3
C <sub>16</sub> : 2	1,7	0,7	0,2	0	0	0	0
C <sub>17</sub> : 1	0,8						
C <sub>18</sub> : 0	4,8	4,4	3,8	6,8	5,1	7,4	4,1
C <sub>18</sub> : 1	11,5	5,2	6,1	8,3	11,8	19,3	24,5
C <sub>18</sub> : 2	17,5	9,9	10,6	15,5	6,0	4,1	16,0
C <sub>18</sub> : 3	0,1	6,6	6,9	8,2	6,8	5,7	6,7
C <sub>18</sub> : 4	3,3	9,2	8,8	6,3	7,8	2,8	1,9
C <sub>20</sub> : 1	5,7						
C <sub>20</sub> : 2	5,6	1,5	1,7	1,1	2,0	1,7	0
C <sub>20</sub> : 3	2,3						
C <sub>20</sub> : 4	6,3	9,7	4,2	6,7	6,6	5,4	7,3
C <sub>20</sub> : 5	8,5	11,9	10,5	7,6	18,9	21,7	10,5
C <sub>22</sub> : 1	Sp.	1,1	0	0	0	0	0
C <sub>22</sub> : 2	Sp.						
C <sub>22</sub> : 3	Sp.						
C <sub>22</sub> : 4	Sp.	0,2	Sp.	0	0	0	0
C <sub>22</sub> : 5	1,4	4,6	3,4	5,4	0,4	0	0
C <sub>22</sub> : 6	3,0	10,1	8,9	4,1	1,0	0	0

net. Die Copepoden haben das bei weitem ungesättigste Fett. Im Gegensatz zur Cladoceren sind sie zur Synthetisierung langkettiger und hochungesättigter Fettsäuren befähigt.

### 3.2.1.4. Essentielle Fettsäuren

Unter den Fettsäuren sind die Linolsäure (C<sub>18</sub>:2) und Linolensäure (C<sub>18</sub>:3) essentiell.

MEAD (1960) und KLENK (1961) wiesen nach, daß die Arachidonsäure ( $C_{20:4}$ ) und die  $C_{22}$ -Pentaenfettsäure durch Kettenverlängerung und Dehydrierung im Tierkörper entstehen können. Es handelt sich um Fettsäuren vom Linolsäuretypus. — Die  $C_{20}$ -Pentaen- und die  $C_{22}$ -Hexaensäure werden durch Einführung neuer Doppelbindungen in die Kohlenstoffkette aus Linolensäure gebildet. Sie werden daher als Fettsäuren vom Linolensäuretypus bezeichnet. Eine Totalsynthese der genannten Fettsäuren im Tierkörper, wie diejenige von Monoensäuren auf dem Wege über die gesättigten Fettsäuren ist nicht möglich.

Tabelle 6

Das Verhältnis von gesättigten und Monoenfettsäuren zu Polyenfettsäuren bei Crustaceen und Tubifex  
(Berechnet nach HERODEK und FARKAS [1967], SADDLER und Mitarb. [1966] sowie eigenen Untersuchungen)

Tierart	Jahreszeit der Probenentnahme	Verhältnis Gesättigte und Monoensäuren : Polyensäuren
<i>Cyclops vicinus</i>	Winter	1 : 1,69
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	Winter	1 : 1,45
<i>Daphnia cucullata</i>	Winter	1 : 1,22
<i>Daphnia longispina</i>	Winter	1 : 1,17
<i>Daphnia longispina</i> u. <i>Daphnia magna</i>	Sommer	1 : 0,29
<i>Simocephalus vetulus</i>	Winter	1 : 1,04
<i>Bosmina longirostris</i>	Winter	1 : 0,79
<i>Gammarus roeselii</i>	Winter	1 : 0,79
<i>Tubifex spec.</i>	?	1 : 1

Die Angaben in Tabelle 7 zeigen, daß bei den meisten bisher untersuchten niederen Süßwassertieren der Anteil der Fettsäuren vom Linolensäuretypus höher ist als der vom Linolsäuretyp. Offensichtlich sind die Unterschiede auch weitgehend abhängig von der Jahreszeit (vgl. Sommer- und Winterproben von Daphnien). Ein ungewöhnlich hoher Linolsäuregehalt von 17,5% und der anderen von Linolsäure abzuleitenden FS scheint für Tubificiden typisch zu sein.

Tabelle 7

Das Verhältnis der vom Linol- und Linolensäuretypus abzuleitenden Fettsäuren bei Crustaceen und Tubifex zueinander (Berechnet wie Tab. 6)

Tierart	Jahreszeit	Verhältnis Linol- : Linolensäuretypus
<i>Cyclops vicinus</i>	Winter	1 : 1,18
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	Winter	1 : 1,56
<i>Daphnia cucullata</i>	Winter	1 : 0,72
<i>Daphnia longispina</i>	Winter	1 : 5,50
<i>Daphnia longispina</i> u. <i>Daphnia magna</i>	Sommer	1 : 0,95
<i>Simocephalus vetulus</i>	Winter	1 : 2,05
<i>Bosmina longirostris</i>	Winter	1 : 2,88
<i>Gammarus roeselii</i>	Winter	1 : 0,72
<i>Tubifex spec.</i>	?	1 : 0,47

Tabelle 8  
Aminosäuregehalt von Fischnährtieren (g in 100 g Protein)

Tiergattung	Arginin	Histidin	Isoleuc.	Leucin	Lysin	Methionin	Cystin	Phenyl- alanin	Trypto- phan	Valin	Threonin	Autor
<i>Tubifex</i>	4,2	1,7	4,5	8,3	—	2,4	1,0	4,2	—	4,9	4,6	CORTI 1950
<i>Limnodrilus</i>	12,84	3,33	—	13,34	11,06	2,56	2,09	4,23	—	2,44	(3,5)	ANANIČEV 1962
<i>Gammarus</i>	6,7	2,6	4,5	5,6	6,4	1,3	4,8*M (3,5)	5,2	1,1	4,1	4,0	BLOCK 1959
<i>Hexagenia**</i>	6,9	2,7	5,4	5,9	6,2	1,4	5,0*M (3,6)	4,6	1,3	5,4	4,1	BLOCK 1959
<i>Phryganea**</i>	2,31	6,34	(~ 4,5)*	11,00	0(?)	1,82	5,66	5,46	(~ 1,2)	2,86	(~ 3,5)	ANANIČEV 1962
<i>Chironomus**</i>	8,36	3,00	(~ 4,5)	10,48	13,84	4,31	3,86	5,30	(~ 1,2)	3,65	(~ 3,5)	ANANIČEV 1962
<i>Procladius**</i>	8,59	3,11	(~ 4,5)	14,65	11,34	3,65	2,43	2,41	(~ 1,2)	3,53	(3,5)	ANANIČEV 1962
Verschiedene Insekten	5,1	2,9	4,3	4,9	5,4	1,3	4,5*M (3,2)	4,1	1,2	4,7	3,5	BLOCK 1959
<i>Dreissensia</i>	6,73	4,65	—	18,56	13,59	4,05	0	3,50	(~ 1,2)	0	—	ANANIČEV 1962
Durchschnitt	6,9	3,4	4,7	10,1	8,5	2,5	2,5	4,3	1,2	3,9	4,0	
Vergleichswerte: Vollei	6,1	2,4	6,2	8,3	7,6	3,4	2,3	5,5	1,3	6,9	5,0	WÜNSCHE und BOCK 1965
Fischmehl	6,5	2,3	5,7	7,5	9,3	2,9	1,0	4,1	1,0	5,6	4,3	WÜNSCHE (5 Proben)

\*M = mit Methionin

\*\* = Larven

\* Die in () gesetzten Werte wurden nachträglich berechnet.

## 3.2.2. Aminosäurezusammensetzung niederer Süßwassertiere

## 3.2.2.1. Essentielle Aminosäuren (Literaturangaben)

In Tabelle 8 wurden die bisher bekannt gewordenen Ergebnisse über die Aminosäurezusammensetzung (essentielle AS) von Fischnährtieren zusammengestellt. Ein Vergleich der Werte mit denen von Vollei bzw. Fischmehl zeigt, daß es sich im allgemeinen um ein vollwertiges Protein handelt.

Im Gegensatz zu den Angaben von BLOCK (1959), nach denen der Methionin-gehalt mit 1,3–1,4 g/100 g Protein bei *Gammarus* und Insektenlarven sehr niedrig ist, liegen die von ANANIČEV (1962) und CORTI (1950) ermittelten Werte mit 1,8–4,3% wesentlich höher. Die Valinwerte sind umgekehrt bei BLOCK höher.

Späteren Untersuchungen muß es vorbehalten bleiben nachzuweisen, ob es sich bei den Unterschieden um artbedingte oder um methodisch bedingte Abweichungen handelt. Die anderen Angaben sind weniger unterschiedlich.

Besonders interessant erscheint die Tatsache, daß Chironomidenlarven einen sehr hohen Methionin- und Lysingehalt besitzen, so daß sie als äußerst wertvolle Karpfennahrung anzusehen sind. Wenn die Trichopteren kein Lysin enthalten, wie es nach dem Aminogramm von ANANIČEV für *Phryganea* den Anschein hat, wäre in trichopterenreichen Fließgewässern mit Lysinmangel zu rechnen.

## 3.2.2.2. Beispiele für die Aminosäurezusammensetzung (essentielle AS) von je einem Karpfenteich- und Forellenbachnaturnahrungsbestand (Rechnerische Ermittlung)

Tabelle 9

Aminosäurezusammensetzung von 2 Nährtierbeständen  
(Rechnerische Ermittlung nach Tab. 2 und 8)

	Peitzer Teiche (BARTHELMES 1963)	Polenz (Bach) (ALBRECHT- BURSCHE 1957)
Faunistische Zusammensetzung (massenmäßig)		
Oligochaeten ( 8,9% Protein)	10 %	5,5 %
Daphnien ( 4,1% Protein)	48,2 %	—
Plecopteren + Ephemeropteren (12,6%)	—	23,5 %
Trichopteren (13,2% Protein)	—	34,5 %
Dipteren ( 8,4% Protein)	20,2 %	28,5 %
Mollusken ( 4,9% Protein)	—	8,0 %
Sonstige (ca. 11 % Protein)	21,6 %	—
Durchschnittl. Rohproteingehalt:	6,6 %	10,8 %
Aminosäurezusammensetzung (g in 100 g Rohprotein)		
Arginin	6,9	5,0
Histidin	3,0	4,3
Isoleucin	5,1	4,7
Leucin	9,1	9,6
Lysin	10,0	5,6
Methionin	2,7	2,4
Cystin	2,9	4,7
Phenylalanin	5,1	5,1
Tryptophan	1,2	1,2
Valin	4,2	3,7
Threonin	4,2	3,9

Als Grundlage für die Berechnung dienten die in Tabelle 2 mitgeteilten Durchschnittswerte für den Rohproteingehalt von Nährtieren sowie die in Tabelle 8 angegebenen Aminogramme.

Als Beispiel für einen Teichnährtierbestand wurden die von BARTHELMES (1963) für die Peitzer Teiche ermittelten Durchschnittsbesiedlungszahlen verwendet. Für den Forellennährtierbestand ist das Material von ALBRECHT und BURSCHE (1957) aus der Polenz ausgewertet worden (Tab. 9).

Die Aminosäurezusammensetzung scheint im allgemeinen trotz der sehr unterschiedlichen faunistischen Besiedlung der beiden Lebensräume in vieler Hinsicht ähnlich zu sein. Die für die biologische Wertigkeit eines Eiweißes besonders wichtigen Aminosäuren Lysin, Methionin und Cystin (WÜNSCHE und BOCK 1965) stimmen jedoch nur in bezug auf Methionin (2,7 bzw. 2,4%) überein. Es darf nicht übersehen werden, daß Cystin nach HALVER und SHANKS (1960) für Fische (Salmoniden) nicht essentiell ist. Durch den hohen Prozentsatz von Trichopterenlarven (34,5%) ist der Lysingehalt der Fauna der Polenz erniedrigt, da nach ANANIČEV Trichopteren (*Phryganea*) kein Lysin enthalten sollen. Der Cystingehalt ist dagegen aus dem gleichen Grunde stark erhöht. Auch diese Beispiele lassen es notwendig erscheinen, der Untersuchung der Aminosäurezusammensetzung von niederen Süßwassertieren weiterhin Aufmerksamkeit zu schenken und damit eine noch vorhandene Lücke in unserem Wissen zu schließen.

### 3.3. Feinzusammensetzung von Fischtrockenmischfutter (Pellets)

Die im Jahre 1967 in der teichwirtschaftlichen Praxis der DDR verwendeten Trockenmischfuttermittel sind aus pflanzlichen und tierischen Rohstoffen nach bestimmten Rezepturen zusammengestellt worden. Der Rohproteingehalt in der Frischsubstanz lag bei 35%, der Rohfettgehalt bei 4,45–2,15%.

#### 3.3.1. Der Gehalt an essentiellen Aminosäuren

Zur Berechnung der Aminosäurezusammensetzung dienten die von STÄHLIN (1957) herausgegebenen Rohproteintabellen von Futtermitteln und die von WÜNSCHE und BOCK (1965) veröffentlichten Aminogramme von Futterproteinen. Danach ergibt sich die in Tabelle 10 errechnete Zusammensetzung. Sie stimmt im allgemeinen mit den für Vollei oder Fischmehl bekannten Werten

Tabelle 10

Gehalt an essentiellen Aminosäuren (berechnete Werte) in Fischtrockenmischfutter (35% Rohprotein)

Aminosäuren	Gehalt in 1 kg Pellets (in g)	Gehalt in 100 g Protein (in g)
Arginin	23,75	6,8
Histidin	7,79	2,2
Isoleucin	19,47	5,6
Leucin	15,14	4,3
Lysin	26,86	7,7
Methionin	7,37	2,1
Cystin	3,98	1,1
Phenylalanin	15,21	4,3
Tryptophan	3,80	1,1
Valin	19,74	5,6
Threonin	14,74	4,2



(s. Tab. 8) überein. Nur der Methioningehalt (2,1%) ist als zu niedrig anzusehen. Er liegt noch unter dem Durchschnittswert für Fischnährtiere (2,5%). Eine Methioninanreicherung ist jedoch äußerst schwierig, wenn es nicht möglich ist, Methionin in Substanz hinzuzufügen. Die Methioninherstellung befindet sich zur Zeit erst in ihren Anfängen. Die anfallenden Mengen werden daher zur Aufwertung von Futtermittelproteinen in der DDR noch nicht eingesetzt. Sofern die Angaben von ANANIČEV (Tab. 8) sich als richtig erweisen, könnte auch eine Aufwertung der Futtermittel mit Lysin angebracht erscheinen.

### 3.3.2. Der Gehalt an Fettsäuren

Bei der Berechnung der Fettsäurezusammensetzung des Fischmischfutters wurde in gleicher Weise verfahren wie bei der Ermittlung der Aminosäuren der Pellets (Tab. 11). Als Grundlage für die Ermittlung des Fettgehalts der verwendeten Rohstoffe dienten die Tabellen von STÄHLIN (1957). Die Fettsäurezusammensetzung wurde nach HILDITCH und WILLIAMS (1964) berechnet. Darüber hinaus ist jedoch das Pelletfutter gaschromatographisch analysiert worden.

In bezug auf Ölsäure, Linolensäure und Arachidonsäure stimmen die rechnerisch und analytisch ermittelten Werte weitgehend überein. Der Gehalt an gesättigten Fettsäuren war dagegen in dem Untersuchungsmaterial größer, als nach der Berechnung zu erwarten war. Der Linolsäuregehalt war im Gegensatz dazu bei weitem niedriger (um ca. 50%).

In den Futtermitteln mit 2,15% Fettgehalt, die nicht näher untersucht worden sind, war das Fett gesättigter als in dem Futter mit 4,45% Fett, wie die Jodzahl zeigt (Tab. 11). Wahrscheinlich wurde fettärmeres Fischmehl für die

Tabelle 11  
Gehalt an Fettsäuren in Fischtrockenmischfutter (4,45% Rohfett)  
(Vergleich zwischen analysierten und berechneten Werten)

Fettsäuren	Gehalt in 1 kg Pellets (in g)		Gehalt in 100 g Fett (in g)	
	gas- chromato- graphisch analysiert	berechnet	gas- chromato- graphisch analysiert	berechnet
Gesättigte FS:				
Myristinsäure	1,96	0	4,4	0
Palmitinsäure	7,34	5,48	17,6	12,3
Stearinsäure	2,04	2,00	4,6	4,5
C <sub>20-24</sub> : 0	0	0,36	0	0,8
Ungesättigte FS:				
Palmitoleinsäure	3,16	0	7,1	0
Ölsäure	15,10	14,22	34,0	32,0
Linolsäure	8,75	16,90	19,7	38,0
Linolensäure	4,24	4,18	9,5	9,4
Eicosadiensäure	} 1,02	} 1,11	0,7	} 2,3
Arachidonsäure			1,2	
Eicosapentaensäure			0,4	
Clupanodonsäure	0,09	0	0,2	0
Jodzahl				
Fettgehalt 4,45%			104,7	
Fettgehalt 2,15%			93,5	

Mischung verwendet. Welche Schäden fettarmes Futter, insbesondere wenn es arm an essentiellen Fettsäuren ist, beim Karpfen hervorruft, ist meines Wissens bisher nicht bekannt. Da Mangel an essentiellen Fettsäuren zu Schädigungen der Mitochondrienmembranen führt (RICHARDSON u. Mitarb. 1961) und essentielle FS als Cofaktoren für verschiedene Enzymreaktionen erforderlich sind, ist jedoch mit gewissen Auswirkungen auf den Gesundheitszustand zu rechnen. Der Fettgehalt sollte daher möglichst nicht unter 5% der Frischsubstanz der Futtermittel liegen und der Gehalt an essentiellen FS nicht weniger als 15 g/1 kg Pellets betragen. Das fettarme Futter enthielt günstigenfalls 7–8 g essentielle FS.

Aus den Ergebnissen ist zu schließen, daß die rechnerische Ermittlung der Aminosäuren- und Fettsäurezusammensetzung eines Futtermittels bei einer bekannten Rezeptur zwar relativ einfach ist, daß es jedoch gerade in bezug auf die essentiellen Bausteine zu erheblichen Fehlbeurteilungen kommen kann. Es sollte daher angestrebt werden, neue Futtermittel auf ihre Feinzusammensetzung hin stets überprüfen zu lassen, um ihren Nahrungswert bei Fütterungsversuchen richtig bemessen zu können.

#### 4. Schlußfolgerungen

Die Analysierung der Grob- und Feinzusammensetzung zahlreicher Fischnährtiere aus verschiedenen Gewässern und zu unterschiedlichen Jahreszeiten hat dazu beigetragen, die Kenntnisse über die während der Entwicklung der Tiere vor sich gehenden Veränderungen zu vertiefen und gesicherte Durchschnittswerte in der Grobzusammensetzung der Fauna für Berechnungsunterlagen zu schaffen. Die bisher ermittelten Werte für die Fettsäurezusammensetzung der Nährtiere reichen nicht aus, um allgemeine Schlußfolgerungen ziehen zu können. Die Kenntnis der Aminosäurezusammensetzung der invertebraten Wasserfauna bedarf dringend der Erweiterung. Rechnerische Ermittlungen der Feinzusammensetzung von Fischnährtierbeständen aus Teich- und Fließgewässern sowie von Fischmischfutter können auf Grund der wenigen zur Verfügung stehenden Unterlagen nicht voll befriedigen. Vor allem erscheint eine ständige Überprüfung der Feinzusammensetzung der Fischmischfuttermittel erforderlich, um ihren Wert für den Einsatz in der Fischintensivhaltung voll beurteilen zu können.

#### 5. Zusammenfassung

1. Die in der Literatur verstreuten Analysenergebnisse über die chemische Zusammensetzung (Wasser, Rohprotein, Rohfett, Rohasche, Kohlenhydrate) von Fischnährtieren des Süßwassers wurden, soweit erreichbar, zusammengetragen und durch zahlreiche weitere Analysen ergänzt (Tab. 1). Es war mit Hilfe dieser Ergebnisse möglich, Durchschnittswerte für die einzelnen Organismen zu ermitteln (Tab. 2).
2. Die im Schrifttum mitgeteilten Jodzahlwerte sind oftmals wenig aussagefähig, da das Datum der Probenentnahme häufig fehlt. Eigene Analysen ergänzten das vorhandene Material (Tab. 1 und 3).
3. Es werden gaschromatographische Fettsäureanalysen von Crustaceenplankton mitgeteilt (eigene und Literaturangaben Tab. 4 und 5).
4. Die Analysen über die Aminosäurezusammensetzung von Fischnährtieren (Literaturangaben) wurden in Tabelle 8 zusammengefaßt.
5. An Hand bekannten Materials ist die Fettsäuren- und Aminosäurezusammensetzung von zwei Naturnahrungsbeständen (Teich und Bach) errechnet worden (Tab. 9).
6. Mit Hilfe der Rezepturen der 1967 in der DDR in der Praxis verwendeten

Pellets wurde deren Feinzusammensetzung berechnet (Tab. 10 und 11). Als Grundlage dienten Literaturangaben und eigene gaschromatographische Analysen. Es hat sich gezeigt, daß ausschließlich rechnerisch ermittelte Werte erheblich von den tatsächlichen abweichen können.

### Summary

1. Results of analyses about chemical composition (water, crude protein, crude fat, crude ashes, carbohydrates) of fish food organisms in inland waters were collected from literature, as far as available, and completed by further analyses (table 1). These results made it possible to find out the mean values for the different organisms (table 2).
2. Because of the missing date of sampling, the values reported for iodine number in literature give often little evidence. Analyses made by the author complete the material (table 1 and 3).
3. Gas-chromatographic analyses of fatty acids and crustacean plankton are reported (own data and literature) (table 4 and 5).
4. Analyses about the composition of amino acids in fish food organisms are summarized in table 8.
5. Based upon published material the compositions of fatty acids and amino acids in the standing crop sampled from one pond and one brook has been calculated (table 9).
6. Referring to data from literature and own gas-chromatographic analyses the fine composition of pellet formulations used in GDR in 1967 was calculated (table 10 and 11). It was evident that the calculated values may deviate considerably from the actual ones.

### Резюме

1. Исходя из разбросанных в литературе анализов химического состава (вода, сырой протеин, жир-сырец, сырая зола, углеводы) кормовых организмов в пресной воде и многочисленных результатов дальнейших анализов (табл. 1) были получены средние значения отдельных организмов (табл. 2).
2. Приведенные в литературе йодные числа часто малоказательны, так как во многих случаях нет даты взятия проб. Имеющийся материал был дополнен собственными анализами (табл. 1 и 3).
3. Сообщены результаты анализов жирных кислот, полученные методом газовой хроматографии на планктонных ракообразных (собственные и литературные данные) (табл. 4 и 5).
4. В таблице 8 показаны результаты анализов аминокислотного состава кормовых организмов (данные литературы).
5. На основе известных материалов был вычислен состав двух видов естественных кормов (пруд и ручей) в отношении жирных кислот и аминокислот (табл. 9).
6. При помощи рецептур гранулятов, использованных в ГДР на практике, был исчислен их микросостав (табл. 10 и 11). Основой этих работ служили данные литературы и анализы, проведенные методом газовой хроматографии. Отмечается, что показатели, полученные исключительно путем вычисления, значительно отклоняются от фактических данных.

### 6. Literaturverzeichnis

1. ALBRECHT, M.-L., und E.-M. BURSCHE: Fischereibiologische Untersuchungen an Fließgewässern. I. Physiographisch-biologische Studien an der Polenz. Z. Fischerei N. F. 6 (1957), S. 209-240.
2. ANANIČEV, A. W.: Aminosäurezusammensetzung der Eiweiße einiger Süßwasserwirbellosen und Fische. (Russ.) Materaly po biologii i gidrologii volzskich vodočhranilišč. Proceeding 9 (1963), S. 38-40.
3. BARTHELMES, D.: Fischereibiologie großer Karpfenabwachsteiche in der Lausitz unter besonderer Berücksichtigung der Nährtierbestände und ihrer Ausnutzung durch den Karpfen. Z. Fischerei N. F. 11 (1963), S. 321-451.

4. BEAMENT, TREHENE und WIGGLESWORTH: Advances in insect physiology. London, New York 1963.
5. BLOCK, J. R.: The approximate amino acid composition of wild and hatchery trout (*Salvelinus fontinalis*) and some of their principal foods (*Gammarus* and *Hexagenia bilineata*). Contr. Boyce Thomson Inst. **20** (1959), S. 103–105.
6. CORTI, U. A.: Essentielle Aminosäuren in Abramis und Salmo (Pisces) sowie Tubifex (Vermes). Schweiz. Z. Hydrol. **12** (1950), S. 94–98.
7. FARKAS, T.: Vergleichende Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung niederer und höherer Krebse. (Ungarisch mit deutscher Zusammenfassung). Ann. Biol. Tihany **25** (1957/58), S. 180–186.
8. —, u. S. HERODEK: Seasonal changes in the fat contents of the crustacea plankton in lake Balaton. Ann. Biol. Tihany **28** (1960), S. 3–7.
9. — — Seasonal changes in the fatty acid composition of fresh water crustaceans. Ann. Biol. Tihany **28** (1961), S. 91–94.
10. — — On the origin of the characteristic fatty acid composition of water organisms. (Ungarisch mit englischer und russischer Zusammenfassung). Ann. Biol. Tihany **29** (1962), S. 79–83.
11. — — Temperatureinfluß auf die Fettsäurezusammensetzung des Crustaceenplanktons. Ann. Biol. Tihany **30** (1963), S. 127–136.
12. — — The effect of environmental temperature on the fatty acid composition of crustacean plankton. J. Lipid Res. **5** (1964), S. 369–373.
13. GENG, H.: Der Futterwert der natürlichen Fischnahrung. Z. Fischerei **23** (1925), S. 137–165.
14. GILMOUR, D.: The biochemistry of insects. New York u. London 1961.
15. GRINDLEY, D. N.: The composition of the body fat of small green chironomids. J. Exper. Biol. **29** (1952), S. 440–444.
16. HALVER, J. E., u. W. E. SHANKS: Nutrition of salmonid fishes VIII. Indispensable amino acids for Sokeye Salmon. J. Nutrition **72** (1960), S. 340–346.
17. HERODEK, S., und T. FARKAS: Gaschromatographic studies on the fatty acid composition of some fresh water crustaceans. Ann. Biol. Tihany **34** (1967), S. 147–152.
18. HILDITSCH, T. P., u. P. N. WILLIAMS: The chemical constitution of natural fats. London 1964, 4. Aufl. 745 S.
19. JABLONSKAJA, E. A.: Zur Kenntnis der Fischproduktivität der Gewässer. Mitt. V. Die Ausnutzung der natürlichen Futterarten seitens der Spiegelkarpfen und die Wertung des Futterreichtums der Wasserbecken von diesem Standpunkt aus. (Russisch mit deutscher Zusammenfassung.) Arbeiten der Limnol. Stat. Kossino **20** (1935), S. 99–127.
20. KAUFMANN, H. P.: Analyse der Fette und Fettprodukte, I. und II. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1958.
21. KLENK, E.: Chemie und Stoffwechsel der Polyenfettsäuren. Experientia **17** (1962), S. 199–204.
22. KLUST, G.: Tubifex als Nahrung des Karpfens. Z. Fischerei **33** (1935), S. 393–400.
23. LIEDER, U.: Das Eiweiß in der Nahrung des Karpfens. Dt. Fischerei-Ztg. **12** (1965), S. 16–26.
24. LOVERN, J. A.: Biochem. Journal **29**, 195, S. 847.
25. MANN, H.: Untersuchungen über die Verdauung und Ausnutzung der Stickstoffsubstanz einiger Nährtiere durch verschiedene Fische. Z. Fischerei **33** (1935), S. 231–274.
26. MEAD, J. F.: The metabolism of the polyunsaturated fatty acids. Amer. J. Cliss. Nutr. **8** (1960), S. 55–61.
27. MEYER, J. A.: Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Tiere. Wiss. Meeresuntersuch., Kiel N. F. **16** (1914), S. 231.
28. MIELLER, H.: Über die spezifischen Eigenschaften der Fette niederer Süßwassertiere, insbesondere von Fischnährtieren. 1934, 53 S.
29. — Die Beziehungen zwischen dem Nahrungs- und Speicherfett der Fische. Z. Fischerei **34** (1936), S. 163–169.
30. PHILLIPS, A. M., NIELSEN, R. S., u. D. R. BROCKWAY: A comparison of hatchery diets and natural food. Progres. Fishcult. **16** (1954), S. 153–157.
31. RICHARDSON, T., TAPPEL, A. L., u. E. H. GRUGER: Essential fatty acids in mitochondria. Arch. Biochem. and Biophysics **94** (1961), S. 1–6.

32. SADDLER, J., LOWRY, R., KRUEGER, H., u. J. TINSLEY: Distribution and identification of the fatty acids from the Coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum). *J. Am. Oil Chem. Soc.* **43** (1966), S. 321-324.
33. SCHÄPERCLAUS, W.: Weitere Untersuchungen über Größe und Bedeutung des Naturnahrungsanteils an der Gesamtnahrung der Karpfen bei Fütterung mit Getreidekörnern in Abwachsteichen. *Z. Fischerei N. F.* **14** (1966), S. 71-100.
34. STÄHLIN, A.: Die Beurteilung der Futtermittel. 2. Teil. Spezielle Beurteilung. *Methodenbuch* **12** (1957), Radebeul und Berlin.
35. WLODEK, S.: Estimate of food value of *Daphnia magna* in environments displaying extreme differences in water fertility. (Poln., Russ. und Deutsche Zusammenfassung) *Roczniki Nauk Polniczych* **86** B. 2 (1965), S. 229-239.
36. WÜNSCHE, J., u. H.-D. BOCK: Qualitätsbeurteilung von Futterproteinen. *Arch. Tierernährg.* **15** (1965), S. 103-111.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Marie-Luise Albrecht  
Brunhilde Breitsprecher  
Institut für Binnenfischerei  
1162 Berlin-Friedrichshagen  
Müggelseedamm 310