

Zur Chemotaxonomie der Alkenvögel

**Die Zusammensetzung der Bürzellipide des Tordalks
(*Alca torda*), der Trottell- und Ringellume (*Uria aalge*)
und der Gryllteiste (*Cephus grylle*)**

Chemotaxonomy of Alcidae

The Composition of the Uropygial Gland Fat from the Razorbill (*Alca torda*),
Guillemot (*Uria aalge*) and the Black Guillemot (*Cephus grylle*)

JÜRGEN JACOB

Universität Hamburg

und

ALFRED ZEMAN

Unilever-Forschungsgesellschaft mbH, Hamburg

(Z. Naturforsch. 28c, 78—82 [1973]; eingegangen am 25. August/3. Oktober 1972)

Uropygial gland fat, chemotaxonomy of birds, branched fatty acids, alcidae

The uropygial gland fats from the razorbill, guillemot (two varieties) and the black guillemot are very complex mixtures of ester waxes. Among the wax acids *n*-octanoic acid dominates followed by homologous series of 2-, 4- and 6-monomethyl-, 2,6-, 2,8-, 2,10-, 4,6-, 4,8-, 4,10-, 4,12-dimethyl- and 2,4,8-, 2,6,10-, 2,6,12-, 4,6,10- and 4,8,12-trimethyl-substituted fatty acids. The alcoholic components consist of *n*-, 2-, 4-, 6-, 8- and 12-monomethyl- as well as 2,6-, 2,8-, 2,10-, 4,6-, 4,8-, 4,10- and 4,12-dimethyl-branched alkanols.

The black guillemot differs from the other species investigated by the occurrence of fatty acids which have the first branch in 2- while the others start with the 4-position. The chemotaxonomy of the 20th order of the natural system is discussed.

Die auf anatomischen, morphologischen und ethologischen Grundlagen basierende Einteilung der Vögel faßt teilweise recht differente Arten zu Ordnungen zusammen. Mit Hilfe einer sich auf Untersuchungen der sehr artspezifischen Bürzellipide stützenden Chemotaxonomie ist, besonders bei Sammelordnungen wie z. B. der 20. (Laro-limicolae) oder der 32. Ordnung (Passeres), eine differenzierte Charakterisierung möglich, die, wie wir annehmen, eine tiefere Einsicht in die Verwandtschaft der Arten gestattet. Die bislang aus der 20. Ordnung vorliegenden Untersuchungen von Bürzellipiden bestätigen die Heterogenität dieser Vogelgruppe¹⁻⁴.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der 10. Familie (Alcidae) dieser Ordnung, aus der bislang erst eine Art (Papageientaucher) näher untersucht wurde².

Sonderdruckanforderungen an Dr. Jürgen Jacob, Biochem. Inst. f. Umweltcarcinogene, D-2070 Ahrensburg/Holst., Sieker Landstr. 19.

Material und Methode*Material*

Bürzeldrüsen von je einem Exemplar eines Tordalken, einer Trottellumme, Ringellumme und Gryllteiste (Vestmannaeyjar, Island*) wurden, wie früher beschrieben⁵, aufgearbeitet.

Methode

Die dünnstschichtchromatographische Untersuchung der Bürzellipide an Kieselgel-Fertigplatten (E. Merck) zeigte im System CCl₄/CHCl₃ (1 : 1) zwei Flecke mit *R_f* = 0,8 und 0,9, die auf ein Gemisch von verzweigten und unverzweigten Wachsen deuten.

Die Methanolyse der Wachse, die Auftrennung der Methanolyseprodukte und die Oxidation der Wachsalkohole zu den entsprechenden Fettsäuren haben wir früher beschrieben^{6, 7}. Gleiches gilt für die Bedingungen der Gaschromatographie und der GLC/Massenspektrometrie-Kombination^{2, 6, 7}.

* Wir danken dem Ministry of Culture and Education (Menntamálaráðuneytið) sowie dem National Research Council (Ránsókuaráð Ríkisins) in Island für die Forschungs- und Fanggenehmigung.



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

Ergebnisse

Die GLC der Wachse aller untersuchten Arten weist einen Haupt- und einen Nebenpeak auf und täuscht damit eine einfache Zusammensetzung vor, während die GLC der Methanolyseprodukte die komplizierte Zusammensetzung der Bürzelwache erkennen läßt.

Die GLC/MS-Kombination der Methanolyseprodukte beweist das Vorkommen zahlreicher homologer Reihen, die in der Tab. I zusammen mit den Schlüsselionen aufgeführt sind.

Tab. I. Massenspektrometrische Schlüsselionen der in den Bürzellipiden nachgewiesenen homologen Fettsäurereihen.

Fettsäuretyp	Schlüsselionen (MZ)
n-Fettsäuren	74
2-Methyl-Fs.	88
4-Methyl-Fs.	87 \gg 74; M-73
6-Methyl-Fs.	143 \rightarrow 111 \rightarrow 93; M-76
10-Methyl-Fs.	199 \rightarrow 167 \rightarrow 149
12-Methyl-Fs.	227 \rightarrow 195 \rightarrow 177
2.6-Dimethyl-Fs.	88; M-90 157 \rightarrow 125 \rightarrow 107
2.8-Dimethyl-Fs.	88; 185 \rightarrow 153 \rightarrow 135
2.10-Dimethyl-Fs.	88; 213 \rightarrow 181 \rightarrow 163
2.12-Dimethyl-Fs.	88; 241 \rightarrow 209 \rightarrow 191
2.4.8.-Trimethyl-Fs.	88; 129 \rightarrow 97 und 199 \rightarrow 167 \rightarrow 149
2.6.8.-Trimethyl-Fs.	88; M-90; 199 \rightarrow 167 \rightarrow 149
2.6.10.-Trimethyl-Fs.	88; M-90; 227 \rightarrow 195 \rightarrow 177
2.6.12.-Trimethyl-Fs.	88; M-90; 255 \rightarrow 223 \rightarrow 205; 227, 228, 229
4.6-Dimethyl-Fs.	M-73; 87 \gg 74; M-76; 157 \rightarrow 125 \rightarrow 107
4.8-Dimethyl-Fs.	M-73; 87 \gg 74; 185 \rightarrow 153 \rightarrow 135
4.10-Dimethyl-Fs.	M-73; 87 \gg 74; 213 \rightarrow 181 \rightarrow 163
4.6.10.-Trimethyl-Fs.	M-73; 87 \gg 74; M-76; 227 \rightarrow 195 \rightarrow 177 und 199, 200, 201
4.8.12.-Trimethyl-Fs.	M-73; 87 \gg 74; 255 \rightarrow 223 \rightarrow 205 und 185 \rightarrow 153 \rightarrow 135

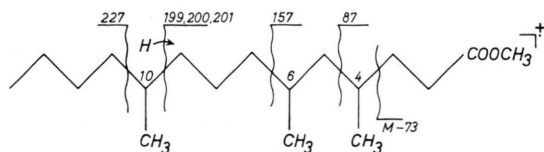


Abb. 1. Massenspektrometrisches Zerfallsschema von 4.6.10-Trimethyl-tetradecansäuremethylester

Die bislang nicht in der Natur nachgewiesenen 4.6.10-trimethyl-substituierten Fettsäuren lassen sich gemäß dem in der Abb. 1 wiedergegebenen massenspektrometrischen Zerfallsschema identifizieren. Die 4-

Substitution wird am (M-73)-Ion und am Intensitätsverhältnis $MZ\ 87 \gg MZ\ 74$ erkannt, während die 4.6-Substitution durch das intensive (M-76)-Ion belegt ist. Die Methylsubstitution in 10-Position ergibt sich aus der Ionenserie $MZ\ 227 \xrightarrow{-CH_3OH} MZ\ 195 \xrightarrow{-H_2O} MZ\ 177$ und den Esterionen $MZ\ 199, 200$ und 201 .

Die Zusammensetzung der Wachskomponenten ist in den Tabn. II und III wiedergegeben. Hierbei zeigt sich, daß die Fettsäuren und Alkohole aus dem Bürzelwachs der beiden Lummen qualitativ und quantitativ im Rahmen der Genauigkeit der GLC identisch sind;

Tab. II. Gaschromatographisch ermittelte Zusammensetzung der Wachsfettsäuren (in Flächen-%).

Fettsäure	Tordalk	Trottel-lumme	Ringel-lumme	Gryll-teiste
n-Fettsäuren (total)	(15,0)	(41,7)	(41,8)	(49,2)
Caprylsäure	7,3	41,6	41,7	47,5
Caprinsäure	0,6	0,1	0,1	1,7
Undecansäure	0,3	—	—	—
Laurinsäure	2,8	—	—	—
Tridecansäure	0,1	—	—	—
Myristinsäure	0,8	—	—	—
Pentadecansäure	0,2	—	—	—
Palmitinsäure	0,6	—	—	—
Heptadecansäure	0,3	—	—	—
Stearinsäure	2,0	—	—	—
2-Methyl-fettsäuren (total)	(9,7)	(0,4)	(0,4)	(2,5)
2-Methyl-octansäure	—	—	—	0,1
-decansäure	—	—	—	0,1
-nonansäure	—	—	—	0,1
-undecansäure	0,1	0,4	0,4	0,5
-dodecansäure	Spur	—	—	0,6
-tridecansäure	0,3	—	—	0,8
-tetradecansäure	0,3	—	—	0,3
-pentadecansäure	0,4	—	—	—
-hexadecansäure	2,8	—	—	—
-heptadecansäure	4,9	—	—	—
-octadecansäure	0,9	—	—	—
4-Methyl-fettsäuren (total)	(8,1)	(2,2)	(2,0)	(1,5)
4-Methyl-decansäure	0,1	0,1	0,1	0,1
-undecansäure	0,2	0,3	0,3	0,4
-dodecansäure	0,1	0,3	0,4	0,3
-tridecansäure	0,1	0,4	0,3	Spur
-tetradecansäure	0,8	0,6	0,6	0,3
-pentadecansäure	1,4	0,5	0,3	0,4
-hexadecansäure	2,7	—	—	—
-heptadecansäure	2,7	—	—	—
6-Methyl-fettsäuren (total)	(12,9)	(0,9)	(0,7)	(0,2)
6-Methyl-decansäure	Spur	Spur	Spur	—
-undecansäure	0,1	Spur	Spur	—
-dodecansäure	Spur	0,1	0,1	0,2
-tridecansäure	Spur	0,5	0,4	—
-tetradecansäure	0,4	0,3	0,2	—
-pentadecansäure	1,7	—	—	—
-hexadecansäure	6,4	—	—	—
-heptadecansäure	3,3	—	—	—
-octadecansäure	1,0	—	—	—

Andere monomethyl-substituierte

Fettsäuren	(2,3)	(0,9)	(0,7)	(0,2)
8-Methyl-dodecansäure	—	—	—	0,2
10-Methyl-hexadecansäure	0,8	—	—	—
12-Methyl-hexadecansäure	1,5	0,9	0,7	—
2.6-Dimethyl-fettsäuren (total)	(—)	(—)	(—)	(5,6)
2.6-Dimethyl-octansäure	—	—	—	0,1
-nonansäure	—	—	—	0,1
-decansäure	—	—	—	0,3
-undecansäure	—	—	—	1,2
-dodecansäure	—	—	—	0,9
-tridecansäure	—	—	—	1,4
-tetradecansäure	—	—	—	1,3
-pentadecansäure	—	—	—	0,3
2.8-Dimethyl-fettsäuren (total)	(—)	(—)	(—)	(4,9)
2.8-Dimethyl-decansäure	—	—	—	0,3
-undecansäure	—	—	—	1,5
-dodecansäure	—	—	—	1,4
-tridecansäure	—	—	—	0,8
-tetradecansäure	—	—	—	0,4
-pentadecansäure	—	—	—	0,5
2.10-Dimethyl-fettsäuren (total)	(—)	(—)	(—)	(7,3)
2.10-Dimethyl	—	—	—	—
-dodecansäure	—	—	—	1,6
-tridecansäure	—	—	—	2,8
-tetradecansäure	—	—	—	0,4
-pentadecansäure	—	—	—	2,5
4.6-Dimethyl-fettsäuren (total)	(8,3)	(7,4)	(7,7)	(—)
4.6-Dimethyl-octansäure	Spur	0,1	0,1	—
-nonansäure	Spur	0,2	0,3	—
-decansäure	Spur	0,4	0,5	—
-undecansäure	0,1	0,5	0,7	—
-dodecansäure	0,2	0,6	0,4	—
-tridecansäure	Spur	0,7	0,8	—
-tetradecansäure	1,3	0,8	0,7	—
-pentadecansäure	2,0	1,4	1,5	—
-hexadecansäure	1,4	1,2	1,1	—
-heptadecansäure	3,3	1,5	1,6	—
4.8-Dimethyl-fettsäuren (total)	(7,1)	(4,7)	(4,3)	(4,6)
4.8-Dimethyl-decansäure	Spur	0,5	0,5	—
-undecansäure	0,1	0,8	0,7	0,8
-dodecansäure	0,1	0,5	0,4	0,8
-tridecansäure	0,4	0,8	0,7	2,0
-tetradecansäure	0,7	0,8	0,8	—
-pentadecansäure	1,7	0,8	0,8	1,0
-hexadecansäure	1,8	—	—	—
-heptadecansäure	2,3	0,5	0,4	—
4.10-Dimethyl-fettsäuren (total)	(7,6)	(8,0)	(7,7)	(4,0)
4.10-Dimethyl	—	—	—	—
-dodecansäure	Spur	0,7	0,8	—
-tridecansäure	Spur	1,4	1,4	2,0
-tetradecansäure	1,0	1,7	1,6	1,2
-pentadecansäure	0,9	1,4	1,3	0,8
-hexadecansäure	3,2	1,9	1,8	—
-heptadecansäure	2,5	0,9	0,9	—
4.12-Dimethyl-fettsäuren (total)	(—)	(1,4)	(1,5)	(—)
4.12-Dimethyl	—	—	—	—
-pentadecansäure	—	1,4	1,5	—

2.4.8-Trimethyl-fettsäuren (total)	(—)	(0,5)	(0,4)	(1,1)
2.4.8-Trimethyl-decansäure	—	—	—	0,4
-undecansäure	—	0,4	0,3	0,3
-dodecansäure	—	0,1	0,1	0,4
2.6.10-Trimethyl-fettsäuren (total)	(—)	(—)	(—)	(13,2)
2.6.10-Trimethyl	—	—	—	—
-dodecansäure	—	—	—	3,9
-tridecansäure	—	—	—	4,6
-tetradecansäure	—	—	—	1,2
-pentadecansäure	—	—	—	3,5
2.6.12-Trimethyl-fettsäuren (total)	(—)	(—)	(—)	(3,5)
2.6.12-Trimethyl	—	—	—	—
-tetradecansäure	—	—	—	2,0
-pentadecansäure	—	—	—	1,5
4.6.10-Trimethyl-fettsäuren (total)	(17,0)	(11,4)	(11,3)	(—)
4.6.10-Trimethyl	—	—	—	—
-undecansäure	0,4	0,3	0,3	—
-dodecansäure	1,1	2,3	2,4	—
-tridecansäure	1,1	5,0	5,2	—
-tetradecansäure	2,5	2,7	2,5	—
-pentadecansäure	5,5	1,1	0,9	—
-hexadecansäure	3,6	—	—	—
-heptadecansäure	2,8	—	—	—
4.8.12-Trimethyl-fettsäuren (total)	(—)	(6,0)	(5,4)	(1,7)
4.8.12-Trimethyl	—	—	—	—
-tetradecansäure	—	2,1	1,9	1,0
-pentadecansäure	—	2,9	2,5	0,7
-hexadecansäure	—	1,0	1,0	—
nicht identifizierte Fettsäuren	12,0	14,5	16,1	0,5

Tab. III. Gaschromatographisch ermittelte Zusammensetzung der Wachsalkohole (in Flächen-%).

Alkohol	Tordalk	Trottel-lumme	Ringel-lumme	Gryll-teiste
n-Alkohole (total)	(43,4)	(60,3)	(59,7)	(49,0)
Octanol	Spur	—	—	—
Nonanol	Spur	—	—	—
Decanol	0,1	—	—	—
Undecanol	0,2	—	—	—
Dodecanol	1,7	—	—	—
Tridecanol	0,2	—	—	—
Tetradecanol	1,4	0,7	0,7	1,2
Pentadecanol	1,6	1,9	1,2	2,3
Hexadecanol	24,0	48,0	48,0	41,7
Heptadecanol	3,6	2,4	2,4	1,5
Octadecanol	10,6	7,3	7,4	2,3
2-Methyl-alkanole (total)	(7,0)	(9,5)	(10,1)	(7,6)
2-Methyl-tridecanol	0,1	—	—	—
-tetradecanol	0,3	Spur	Spur	0,7
-pentadecanol	0,4	0,3	0,1	1,0
-hexadecanol	2,5	4,5	4,6	2,3
-heptadecanol	2,4	3,0	3,4	1,6
-octadecanol	1,3	1,7	2,0	2,0
4-Methyl-alkanole (total)	(9,8)	(9,1)	(9,9)	(8,2)
4-Methyl-tetradecanol	0,3	0,2	0,2	—
-pentadecanol	1,5	1,9	2,1	0,8
-hexadecanol	4,9	4,1	4,5	0,8
-heptadecanol	3,1	2,9	3,1	4,4
-octadecanol	—	—	—	2,2

6-Methyl-alkanole (total)	(8,4)	(9,4)	(9,5)	(—)
6-Methyl-tridecanol	0,1	—	—	—
-tetradecanol	0,2	0,1	0,2	—
-pentadecanol	0,6	1,1	1,2	—
-hexadecanol	2,7	2,9	2,9	—
-heptadecanol	2,1	2,5	2,5	—
-octadecanol	2,7	2,8	2,7	—
8-Methyl-alkanole (total)	(1,0)	(—)	(—)	(—)
8-Methyl-hexadecanol	1,0	—	—	—
12-Methyl-alkanole (total)	(—)	(0,4)	(0,1)	(—)
12-Methyl-tetradecanol	—	0,4	0,1	—
-pentadecanol	—	Spur	Spur	—
2.6-Dimethyl-alkanole (total)	(—)	(—)	(—)	(3,1)
2.6-Dimethyl-tridecanol	—	—	—	0,2
-tetradecanol	—	—	—	0,8
-pentadecanol	—	—	—	0,1
-hexadecanol	—	—	—	1,6
-heptadecanol	—	—	—	0,4
2.8-Dimethyl-alkanole (total)	(—)	(—)	(—)	(6,9)
2.8-Dimethyl-tridecanol	—	—	—	0,4
-tetradecanol	—	—	—	1,2
-pentadecanol	—	—	—	2,3
-hexadecanol	—	—	—	2,0
-heptadecanol	—	—	—	1,2
2.10-Dimethyl-alkanole (total)	(—)	(—)	(—)	(5,6)
2.10-Dimethyl-tetradecanol	—	—	—	0,4
-pentadecanol	—	—	—	1,2
-hexadecanol	—	—	—	2,4
-heptadecanol	—	—	—	1,6
4.6-Dimethyl-alkanole (total)	(1,9)	(0,6)	(0,7)	(—)
4.6-Dimethyl-tetradecanol	0,1	Spur	Spur	—
-pentadecanol	0,1	—	—	—
-hexadecanol	1,4	0,6	0,7	—
-heptadecanol	0,3	Spur	Spur	—
4.8-Dimethyl-alkanole (total)	(2,1)	(1,3)	(1,4)	(1,9)
4.8-Dimethyl-tetradecanol	Spur	Spur	Spur	—
-pentadecanol	0,1	0,3	0,3	0,7
-hexadecanol	1,6	1,0	1,1	1,2
-heptadecanol	0,4	—	—	—
4.10-Dimethyl-alkanole (total)	(4,1)	(2,4)	(2,1)	(5,0)
4.10-Dimethyl-tetradecanol	0,1	—	—	—
-pentadecanol	0,6	0,5	0,4	2,3
-hexadecanol	2,4	1,9	1,7	2,7
-heptadecanol	1,0	—	—	—
4.12-Dimethyl-alkanole (total)	(5,1)	(1,0)	(1,0)	(—)
4.12-Dimethyl	—	—	—	—
-pentadecanol	Spur	—	—	—
-hexadecanol	3,5	1,0	1,0	—
-heptadecanol	1,6	—	—	—
nicht identifizierte Alkohole	17,2	6,0	5,5	12,7

sie ähneln auch den Wachsbestandteilen des Tordalken. Die Komponenten des Gryllteistenwachses gehören dagegen vornehmlich anderen homologen Reihen an.

Diskussion

Die Bürzeldrüsensekrete der hier untersuchten Alkenvögel (Tordalk, Trottellumme, Ringellumme, Gryllteiste) zählen zu den komplexesten, die bislang untersucht worden sind. Es handelt sich in allen Fällen um Esterwaxgemische, an deren Aufbau unverzweigte sowie mono-, di- und trimethyl-substituierte Fettsäuren und unverzweigte sowie mono- und dimethyl-substituierte primäre Alkohole beteiligt sind.

Die Resultate zeigen zunächst, daß die Ringel- und die Trottellumme chemotaxonomisch nicht voneinander unterscheidbar sind. Dies stimmt sehr gut mit der Vorstellung der Zoologen überein, nach deren Auffassung es sich in diesem Fall um Varianten der gleichen Art handelt^{8, 9}. Ähnliche Befunde haben wir kürzlich am Unterartenpaar Rabenkrähe/Nebelkrähe erheben können¹⁰.

Weiterhin ergibt sich aufgrund der Ähnlichkeit der Bürzelwachse eine nähere Verwandtschaft zwischen den beiden Lummern und dem Tordalk, während die Gryllteiste chemotaxonomisch den Möwen näher steht. Innerhalb der 20. Ordnung der Systematik¹¹ sind hier nach bereits deutliche Übergänge von der 10. Familie (Alcidae) zur 9. Familie (Laridae) derselben Ordnung zu erkennen. Weit entferntere Beziehungen zeigen diese Arten zur 6. Familie (Haematopodidae), bei der 2- und 4-methyl- sowie 2.x-dimethyl-substituierte, aber keine n-Fettsäuren gefunden werden¹.

Während der Papageientaucher nur n-Fettsäuren und n-Alkanole als Wachskomponenten aufweist², kommen bei den Lummern und dem Tordalk neben n- vor allem Fettsäuren mit Verzweigungen in 4-Position vor. Hierbei steht der Tordalk zwischen den Lummern und der Gryllteiste, bei der vornehmlich Fettsäuren mit Verzweigungen in 2-Position beobachtet werden.

Untersuchungen an Schnepfenvögeln, die ebenfalls der 20. Ordnung angehören, zeigen, daß auch hier Fettsäuren mit 2- und 2.x-Verzweigungen dominieren (J. JACOB und J. POLTZ, pers. Mitt.). Der Anteil von n-Fettsäuren nimmt somit innerhalb der Laro-limicolae vom Papageientaucher und den übrigen untersuchten Alken über die Möwen zu den Schnepfen ab und wird zunehmend von einem Muster methyl-substituierter Fettsäuren überlagert, wobei das Auftreten von homo-

logen Reihen begünstigt ist, deren erste Methylverzweigung in der 2-Position liegt.

Ähnliche Verhältnisse zeigen sich bei den Wachsalkoholen; auch hier sind die beiden Lummen nicht unter-

scheidbar, erscheinen aber sehr nahe mit dem Tordalk verwandt. Die Gryllteiste nimmt aufgrund der beobachteten 2,x-Dimethylalkanole eine Übergangsstellung zu den Möwen ein.

¹ H. KARLSSON u. G. ODHAM, Ark. Kemi 31, 143—158 [1969].

² J. JACOB u. G. GRIMMER, Z. Naturforsch. 25b, 54—56 [1970].

³ J. JACOB u. A. ZEMAN, Z. Naturforsch. 27b, 691—695 [1972].

⁴ A. ZEMAN u. J. JACOB, Z. analyt. Chem. 261, 306—309 [1972].

⁵ J. JACOB u. A. GLASER, Z. Naturforsch. 25b, 1435—1437 [1970].

⁶ J. JACOB u. A. ZEMAN, Z. Naturforsch. 25b, 984—988 [1970].

⁷ J. JACOB u. A. ZEMAN, Z. Naturforsch. 26b, 33—40 [1971].

⁸ R. BERNDT u. W. MEISE, Naturgeschichte der Vögel, Bd. II, S. 166, Franckh'sche Verlagshandlung Stuttgart 1962.

⁹ N. N. KARTASCHEW, Die Alkenvögel des Nordatlantik, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt 1960.

¹⁰ J. JACOB u. G. GRIMMER, Z. Naturforsch. 28c, 75—77 [1973].

¹¹ H. A. FREYE, Das Tierreich Bd. VII/5, Vögel, W. de Gruyter, Berlin 1960.