

# Gefiederlipide der Ringeltaube *Columba palumbus*

Plumage Lipids from the Ring Dove (*Columba palumbus*)

Jürgen Jacob \* und Gernot Grimmer

Biochemisches Institut für Umweltcarcinogene, Ahrensburg/Holstein

(Z. Naturforsch. 30 c, 363–368 [1975]; eingegangen am 27. Dezember 1974)

Ring Dove Plumage, Feather Lipids, Hydrocarbons, Waxes, Alcohols, Free Fatty Acids

Only 6.7% of the whole plumage lipids of the ring dove originates from diester waxes of the uropygial gland secretion. The rest is distributed to hydrocarbons (3.3%), sterolesters and waxes (10.7%), free alcohols and sterols (5%), free fatty acids (55.6%), and unidentified material (18.7%). Among the hydrocarbons saturated odd-numbered, unbranched individuals predominate, but moreover 7-methylalkanes have been detected. The chain length of free and esterified alcohols corresponds to those of fatty acids where even-numbered compounds predominate. Main alcoholic component, however, is cholestanol.

The origin of these lipids is discussed.

Die allgemein verbreitete Vorstellung, Vögel würden ihr Gefieder mit Bürzeldrüsensekret einfetten und dadurch z. B. eine Durchnässung des Gefieders vermeiden, kann allenfalls nur auf eine beschränkte Anzahl von Arten angewendet werden, da zahlreichen Arten diese Drüse fehlt. Andere Arten besitzen nur eine rudimentäre Bürzeldrüse, d. h. die Sekretmenge ist gemessen an der Federoberfläche gering, und es erhebt sich die Frage, ob das Bürzeldrüsensekret für diese Arten keine essentielle Bedeutung hat und ob andere Mechanismen der Lipidversorgung des Gefieders hier eine Rolle spielen.

Zu diesen Arten gehört z. B. die Ringeltaube (*Columba palumbus*), deren Bürzeldrüse gemessen an der Körper- und Gefiedergröße unverhältnismäßig klein ist. Das Bürzeldrüsensekret dieser Art wurde früher von uns aufgeklärt<sup>1</sup> und besteht aus 3-Hydroxyfettsäuren, die mit *n*-Alkoholen und *n*-Fettsäuren verestert sind.

Die vorliegende Untersuchung vergleicht die Gefiederextrakte mit dem Bürzeldrüsensekret und kommt zu dem Schluß, daß letzteres nur einen verhältnismäßig kleinen Anteil der Gefiederwaxe ausmacht und daß daher andere Lipidquellen diskutiert werden müssen.

## Material und Methode

### Material

2 frisch tote Ringeltauben wurden gerupft und lieferten 65 g Federn.

Sonderdruckanforderungen an Priv.-Doz. Dr. Jürgen Jacob, Biochemisches Institut für Umweltcarcinogene, D-2070 Ahrensburg/Holst., Sieker Landstraße 19.

### Methode

Die Federn wurden mit  $\text{CHCl}_3/\text{CH}_3\text{OH}$  (2:1, v/v, 1,5 l) extrahiert, der Extrakt dekantiert und mit Wasser (500 ml) versetzt. Die organische Phase lieferte nach Filtration und Eindampfen im Vakuum bei 30 °C Badtemperatur die Rohlipide (870 mg).

Die dünnschichtchromatographische Untersuchung der Rohlipide an  $\text{SiO}_2$ -Fertigplatten (E. Merck) im System *i*-Octan (I),  $\text{CCl}_4/\text{CHCl}_3$  (II),  $\text{CHCl}_3$  (III) oder  $\text{CHCl}_3/\text{Aceton}$  (85 + 15) zeigt, daß es sich um ein komplexes Gemisch von Lipiden handelt, an dem im wesentlichen Kohlenwasserstoffe, Sterolester, Diesterwaxe, Triglyceride, freie Alkohole, Sterole und freie Fettsäuren beteiligt sind.

Die Abtrennung der einzelnen Lipidklassen erfolgte durch Säulenchromatographie an Kieselgel ( $\text{SiO}_2$  Woelm, 5 g, 9,1% Wasser, ausreichend für 200 mg Lipid). Kohlenwasserstoffe wurden mit Cyclohexan (70 ml) eluiert, Sterolester und Waxe mit Cyclohexan/Benzol (9:1, 80 ml), Diesterwaxe mit Cyclohexan/Benzol (3:2, 150 ml), Triglyceride und ähnlich polare Stoffe mit Benzol/Chloroform (9:1, 100 ml), freie Alkohole und Sterole mit Chloroform (100 ml) und freie Fettsäuren und polare Lipide schließlich mit Chloroform/Methanol (1:1, 100 ml). Aus der letzten Fraktion wurden die freien Fettsäuren durch alkalische Extraktion abgetrennt.

Alle Fraktionen wurden zunächst dünnschichtchromatographisch auf Einheitlichkeit geprüft und gaschromatographisch untersucht.

Für die GLC der einzelnen Lipidfraktionen wurde eine 3 m-Glassäule mit 5% OV 101 (Polymethylsilikon) an Gaschrom Q bei 150–310 °C mit einem Temperaturprogramm von 2,5 °C/min und einem Vordruck von 2,6 atm verwendet. Die Methanalyse



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.

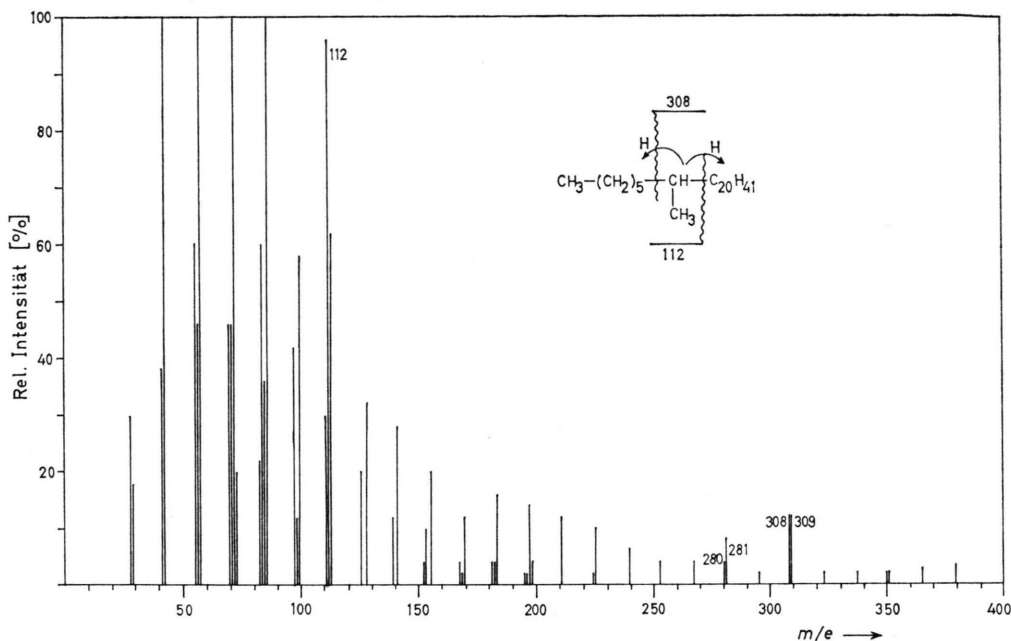


Abb. 1. Massenspektrum der als 7-Methylheptacosan angesprochenen Verbindung der Kohlenwasserstoff-Fraktion mit ECL 27,5. Spuren anderer Homologen sind nachweisbar.

produkte zusammengesetzter Lipide wurden sowohl an einer 2 m-Glassäule mit 10% EGS (Äthylenglykolsuccinat-polyester) an Celite als auch an einer 9 m-Glassäule mit 5% OV 101 an Gaschrom Q bei 180–260 °C untersucht. Diese Säule wurde auch für die GLC/MS-Kombination eingesetzt, die im Varian-MAT 111 (GNOM) bei 80 eV durchgeführt wurde. Einzelheiten der GLC/MS-Technik haben wir früher mitgeteilt <sup>2, 3</sup>.

Die Methanolyse erfolgte mit 5% methanolischer HCl; die Oxidation der Alkohole zu den korrespondierenden Fettsäuren und deren Veresterung wurden früher beschrieben <sup>4</sup>.

### Ergebnisse

Taubenfedern enthalten ca. 1,3% extrahierbare Lipide. Die säulenchromatographische Auftrennung der Lipide an Kieselgel ergab folgende quantitative Zusammensetzung des Gefiederwaxes (Tab. I).

#### Kohlenwasserstoffe

Die aus dem Lipidgemisch abgetrennten Kohlenwasserstoffe bestehen vor allem aus *n*-Paraffinen, wobei die ungeradzahligen bei weitem überwiegen (77,5%). Die Massenspektren geben intensive Molionen. Erwartungsgemäß fehlt das Ion M-15. Intensive Ionen der Serie  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  treten von MZ 43 bis M-29 (43, 57, 71, 85 ...) auf.

Tab. I. Verteilung der Gefiederlipide auf die einzelnen Lipidklassen. (x), diese Fraktionen wurden nicht näher untersucht.

Lipid	Gew.-%
Kohlenwasserstoffe	3,3
Sterolester und Wachse	10,7
Diesterwachse	6,7
Triglyceride u. ähnliche polare Verbindungen (x)	5,0
Freie Alkohole u. Sterole	5,0
Freie Fettsäuren	55,6
polare Verbindungen (x)	13,7

Neben dieser tritt eine weitere homologe Reihe auf, deren gaschromatographisches ECL-Inkrement +0,5 beträgt. Die Massenspektren dieser Reihe zeigen keine Molionen, dafür aber ein intensives (M-15)-Ion, sowie ein Fragment mit MZ 112. Daneben werden in den Massenspektren dieser Reihe andere geradzahlige Massen gefunden, die sich mit einer Substitution in 7-Position in Einklang bringen lassen <sup>5</sup>.

Das Massenspektrum eines Homologs dieser Reihe mit ECL 27,5, das in relativ großer Menge vorkommt (8,6%), ist in Abb. 1 wiedergegeben. Es zeigt geradzahlige Fragmente, die aus Spaltungen neben der Verzweigung stammen (MZ 112, MZ 308 und MZ 280). Der Anteil dieser als 7-Methylalkane angesprochenen Kohlenwasserstoffe beträgt 11,5%,

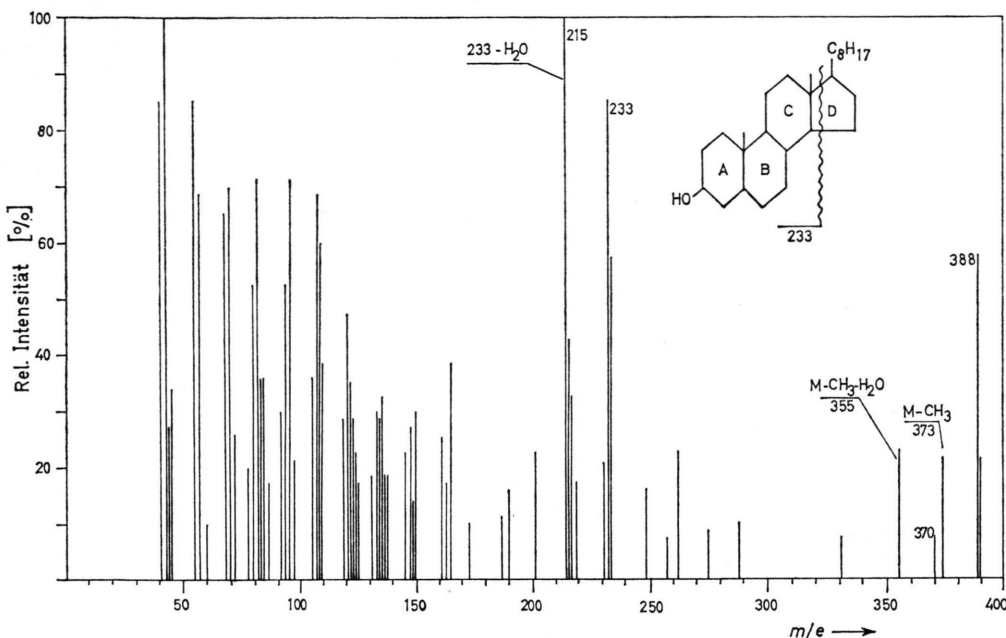


Abb. 2. Massenspektrum von Cholestanol aus dem Gefiederwachs der Ringeltaube.

wobei wiederum ungeradzahlige Homologe bevorzugt vorkommen.

In Spuren treten daneben andere homologe Reihen methyl-verzweigter Kohlenwasserstoffe sowie Olefine auf. Tab. II gibt die quantitative Zusammensetzung der Kohlenwasserstoffe wieder.

Tab. II. Gaschromatographisch ermittelte quantitative Zusammensetzung der Kohlenwasserstoffe aus dem Gefiederwachs der Ringeltaube.

Kohlenwasserstoff	%	Kohlenwasserstoff	%
geradzahlige (total)	(7,9)	verzweigte mit Inkrement +0,5 (total)	(11,5)
<i>n</i> -C <sub>16</sub>	0,4	br-C <sub>21</sub> (ECL 21,5)	0,1
<i>n</i> -C <sub>18</sub>	0,8	br-C <sub>22</sub> (ECL 22,5)	0,1
<i>n</i> -C <sub>20</sub>	0,9	br-C <sub>23</sub> (ECL 23,5)	0,2
<i>n</i> -C <sub>22</sub>	0,9	br-C <sub>24</sub> (ECL 24,5)	0,2
<i>n</i> -C <sub>24</sub>	1,1	br-C <sub>25</sub> (ECL 25,5)	1,6
<i>n</i> -C <sub>26</sub>	1,2	br-C <sub>26</sub> (ECL 26,5)	0,7
<i>n</i> -C <sub>28</sub>	1,0	br-C <sub>27</sub> (ECL 27,5)	
<i>n</i> -C <sub>30</sub>	1,6	= 7·C <sub>27</sub>	8,6
ungeradzahlige (total)	(77,5)	Olefine (C <sub>18:1</sub> )	0,4
<i>n</i> -C <sub>17</sub>	1,1	unidentifiziert	2,7
<i>n</i> -C <sub>19</sub>	0,9		
<i>n</i> -C <sub>21</sub>	1,0		
<i>n</i> -C <sub>23</sub>	3,1		
<i>n</i> -C <sub>25</sub>	8,6		
<i>n</i> -C <sub>27</sub>	11,6		
<i>n</i> -C <sub>29</sub>	27,2		
<i>n</i> -C <sub>31</sub>	24,0		

#### Sterolester und Wachse

Sterolester und Wachse fallen bei der Säulenchromatographie an Kieselgel gemeinsam an und wurden mit 5% methanolischer HCl umgeestert. Die Methylester wurden von den Sterolen und Alkoholen anschließend säulenchromatographisch abgetrennt.

Die massenspektrometrische Untersuchung der Methylester zeigte, daß es sich um *n*-Fettsäuren neben geringen Mengen C<sub>18:1</sub> handelt.

Die Alkohole wurden ebenfalls massenspektrometrisch untersucht, geben aber bekanntlich wenig charakteristische Fragmente. Lediglich der Hauptbestandteil, Cholestanol, konnte auf diese Weise identifiziert werden. Die Verbindung lieferte ein mit authentischem 5 $\alpha$ -Cholestan-3 $\beta$ -ol identisches Massenspektrum. 5 $\alpha$ -Cholestan-3 $\beta$ -ol wurde in erheblichen Mengen im Plasma und verschiedenen Organen der Taube (Testes, Ovar, Leber) aber auch in anderen Tierarten nachgewiesen<sup>6, 7</sup>.

Im Massenspektrum, das in Abb. 2 wiedergegeben ist, tritt ein intensives Mol-Ion bei MZ 388 auf, gefolgt von einem intensiven (M-15)-Ion (MZ 373) sowie einer zusätzlichen Wasserabspaltung (MZ 355). Das Ion MZ 370 (Wasserabspaltung aus M) tritt nur mit geringer Intensität auf. Von etwa gleicher Intensität sind die Ionen MZ 233, das durch Fragmentierung im Ring D und das Ion MZ 215,

das aus MZ 233 durch Wasserabspaltung entsteht.

Die Struktur der Alkohole wurde nach Oxidation mit  $\text{CrO}_3$  in *tert*-Butanol/Eisessig/Cyclohexan und nachfolgender Veresterung mit methanolischer HCl in Form der Methylester der resultierenden Säuren massenspektrometrisch aufgeklärt. Die quantitative Zusammensetzung der Sterolester und Wachse ist in Tab. III wiedergegeben.

Tab. III. Gaschromatographisch ermittelte Zusammensetzung der Bestandteile der Sterolester und Esterwache.

Fettsäuren	%	Alkohole	%
12:0	Spur	14:0	0,2
14:0	1,1	15:0	0,1
15:0	0,4	16:0	1,4
16:0	64,9	17:0	0,1
17:0	1,7	18:0	0,7
18:0	21,7		
18:1	2,3	19:0	0,1
19:0	0,1	20:0	0,4
20:0	3,7	21:0	0,3
21:0	Spur	22:0	1,3
22:0	3,2	23:0	0,3
23:0	—	24:0	2,1
24:0	0,9	25:0	0,4
		26:0	6,7
		28:0	1,3
		30:0	0,3
		Cholestanol	84,3

### Diesterwache

Die Fraktion der Diesterwache besteht aus den früher aus den Bürzeldrüsenlipiden isolierten 3-Hydroxyfettsäuren, die mit *n*-Alkoholen und *n*-Fettsäuren verestert sind und deren Massenspektren früher veröffentlicht wurden<sup>1</sup>. Ihre quantitative Zusammensetzung ist in Tab. IV aufgeführt.

Tab. IV. Gaschromatographisch ermittelte quantitative Zusammensetzung der Diesterwachs-Bestandteile.

Fettsäuren	Hydroxysäuren	Alkohole
<i>n</i> -C <sub>8</sub> 0,9	3-OH-C <sub>8</sub> Spur	
<i>n</i> -C <sub>9</sub> 1,1		
<i>n</i> -C <sub>10</sub> 19,9	3-OH-C <sub>10</sub> 94,6	<i>n</i> -C <sub>10</sub> 0,3
<i>n</i> -C <sub>11</sub> Spur		<i>n</i> -C <sub>11</sub> 0,2
<i>n</i> -C <sub>12</sub> 18,7	3-OH-C <sub>12</sub> 5,4	<i>n</i> -C <sub>12</sub> 3,8
		<i>n</i> -C <sub>13</sub> 0,3
<i>n</i> -C <sub>14</sub> 8,5		<i>n</i> -C <sub>14</sub> 6,5
		<i>n</i> -C <sub>15</sub> 1,8
<i>n</i> -C <sub>16</sub> 50,9		<i>n</i> -C <sub>16</sub> 85,2
<i>n</i> -C <sub>18</sub> Spur		<i>n</i> -C <sub>18</sub> 1,9

Bei der alkalischen Verseifung und nachfolgenden Veresterung dieser Fraktion entstehen sehr leicht

Artefakte durch Abspaltung von Wasser und Anlagerung von Methanol, die u. a. zu 3-Methoxyfettsäure-methylester führen<sup>8-10</sup>. Auch im vorliegenden Fall waren solche Verbindungen nachweisbar. Die Abb. 3 gibt das Massenspektrum des 3-Methoxydodecansäure-methylesters wieder, das analog dem von Ryhage und Stenhagen für 3-Methoxy-octadecansäuremethylester mitgeteilt ist<sup>11</sup>. Im Mas-

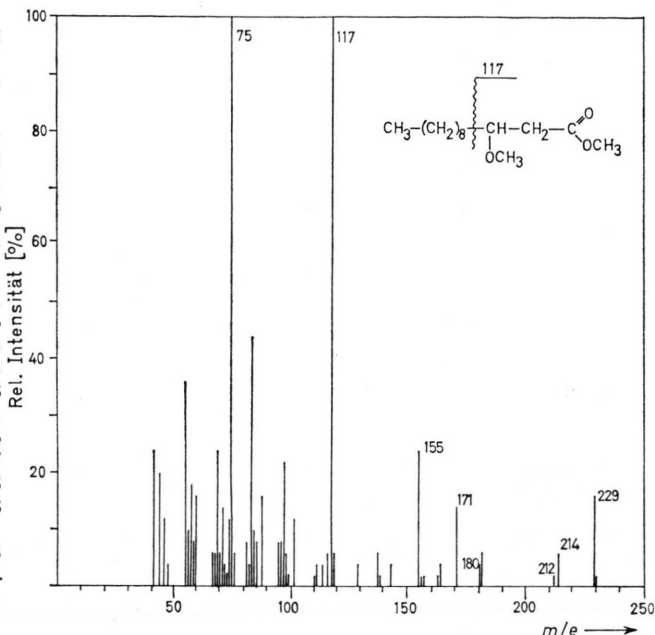
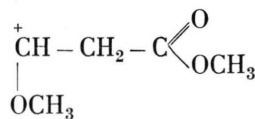


Abb. 3. Massenspektrum von 3-Methoxydodecansäure-methylester.

senspektrum findet sich kein Molion (MZ 244), dagegen wird ein intensives M-15-Ion (Methylabspaltung, MZ 229) sowie eine doppelte Methylabspaltung (M-30, MZ 214) und ein Ion mit MZ 212 (Methanolabspaltung) beobachtet. Basision ist das Ion  $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2^+$ . Für die Erkennung der Verzweigungsstelle ist das Ion MZ 117 entsprechend



charakteristisch, das dem Ion MZ 103 bei 3-Hydroxyfettsäure-methylestern entspricht. Intensive Ionen finden sich ferner bei M-73 (MZ 171), M-64 (MZ 180) und M-89 (MZ 155).

### Freie Alkohole und Sterole

Der überwiegende Teil dieser Fraktion besteht aus Cholestanol (94%), der Rest aus vornehmlich

geradzahligen unverzweigten Alkoholen (6%), deren quantitative Zusammensetzung in Tab. V wiedergegeben ist. In Spuren kommen daneben methylsubstituierte Alkohole vor, von denen 12-Methylpentadecanol identifiziert werden konnte.

Tab. V. Quantitative Zusammensetzung der freien Alkohole (insgesamt 6% der Fraktion Alkohole + Sterole).

Alkohol	%	Alkohol	%
<i>n</i> -C <sub>14</sub>	0,8	<i>n</i> -C <sub>23</sub>	4,0
<i>n</i> -C <sub>15</sub>	0,2	<i>n</i> -C <sub>24</sub>	29,6
<i>n</i> -C <sub>16</sub>	4,0	<i>n</i> -C <sub>25</sub>	4,0
<i>n</i> -C <sub>17</sub>	0,3	<i>n</i> -C <sub>26</sub>	15,4
<i>n</i> -C <sub>18</sub>	5,0	<i>n</i> -C <sub>27</sub>	0,7
<i>n</i> -C <sub>19</sub>	0,3	<i>n</i> -C <sub>28</sub>	5,8
<i>n</i> -C <sub>20</sub>	5,1	<i>n</i> -C <sub>30</sub>	5,4
<i>n</i> -C <sub>21</sub>	1,5	<i>n</i> -C <sub>32</sub>	1,8
<i>n</i> -C <sub>22</sub>	14,9	unidentifiziert	1,2

### Freie Fettsäuren

Die freien Fettsäuren entsprechen etwa den Kettenlängen der Alkohole; der überwiegende Teil besteht aus gesättigten, unverzweigten vorwiegend geradzahligen Individuen. Geringe Mengen Octadecensäure sowie Spuren von 3-Hydroxyfettsäuren und Azelainsäure waren nachweisbar. Die prozentuale Zusammensetzung dieser Fraktion ist in Tab. VI aufgeführt.

Tab. VI. Quantitative Zusammensetzung der freien Fettsäuren.

Fettsäure	%	Fettsäure	%
12:0	1,5	20:0	4,3
13:0	0,1	21:0	0,3
14:0	2,0	22:0	12,9
15:0	0,7	23:0	2,0
16:0	15,8	24:0	27,3
17:0	0,7	25:0	2,1
18:0	13,9	26:0	13,6
18:1	2,4	28:0	Spur
19:0	0,4	30:0	Spur

### Diskussion

Die Lipidzusammensetzung des Gefiederwachses der Ringeltaube (*Columba palumbus*) zeigt, daß das Bürzeldrüsensekret, das an seiner charakteristischen Komposition (Diesterwache, bestehend aus 3-Hydroxyfettsäuren, die mit *n*-Alkoholen und *n*-Fettsäuren verestert sind) gut erkennbar und daher von den Lipiden aus anderen Quellen unterscheidbar ist, nur eine relativ untergeordnete Komponente darstellt (6,7%).

Dieses Ergebnis entspricht unserer und der Vermutung anderer Autoren, daß eine unabhängig von der talgdrüsenartigen Bürzeldrüse funktionierende Lipidversorgung des Gefieders zumindest bei Tauben zu diskutieren ist. Wir vermuten darüber hinaus, daß dieser Mechanismus von allgemeiner Bedeutung für das Gefieder und die Vogelhaut ist, wenigstens bei Arten, die keine oder nur rudimentäre Bürzeldrüsen besitzen, z. B. außer Tauben auch Papageien, Strauße, Kasuare etc.

Weitere Untersuchungen werden dies entscheiden. Es ist ungewiß, inwieweit hiermit die Puderbildung, die bei bürzeldrüsenlosen Arten oder solchen mit (gemessen an der Gefiederoberfläche) kleinen Bürzeldrüsen meist gut entwickelt ist, im Zusammenhang steht.

Die vorliegenden Ergebnisse stellen die vorherrschende Meinung in Frage, daß in der Vogelepidermis keine Fettproduktion existiert und daß die bei anderen Tierarten zahlreichen Talgdrüsen beim Vogel auf die Bürzeldrüse reduziert sind. Dagegen stützen und erklären unsere Resultate die histologischen Untersuchungen an Tauben und Truthühnern von Lucas<sup>12, 13</sup>, der im stratum corneum Lipidbereiche mit Sudan IV nachweisen konnte. Daß es sich dabei um klar vom Bürzeldrüsenlipid abgrenzbare Lipide handelt, konnte die Anfärbung verständlicherweise nicht zeigen.

Die Befunde erklären auch die negativen Resultate, die Kossmann<sup>14</sup> und Paris<sup>15</sup> bei operativer Entfernung der Bürzeldrüse von Tauben erhielten, indem sie keine sichtbaren Veränderungen des Gefieders und der Gesamtbeschaffenheit der Tiere beobachten konnten. Ähnlich negative Ergebnisse wurden auch an *Anseriformes*-Arten erhoben und decken sich mit eigenen an über 1 Jahr gekäfigten bürzeldrüsen-ektomierten *Passeriformes*-Arten erzielten Resultaten, über die wir später berichten werden.

Die Gefiederlipide der Ringeltaube weisen eine Reihe von Eigenheiten auf, die im Hinblick auf die vergleichende Physiologie der tierischen Haut interessant sind. Die Stelle des in tierischer Haut weit verbreiteten Cholesterins nimmt im vorliegenden Fall das Cholestanol ein. Die freien Fettsäuren, die in der menschlichen Haut reich an Monoenfsäuren mit geradzahligen Doppelbindungslagen sind<sup>16-18</sup>, bestehen im Taubengefiederfett praktisch ausschließlich aus gesättigten Komponenten, wobei ein klares Maximum bei der Kettenlänge C<sub>16</sub> und ein zweites bei C<sub>24</sub> auffällt. Der Anteil der langkettigen,



gesättigten Fettsäuren im Bereich von  $C_{20}$ – $C_{30}$  ist ungewöhnlich. Hierbei dominieren die geradzahli- gen Homologen. Beiden – den Alkoholen und Fett- säuren – entsprechen Kohlenwasserstoffe mit einer um 1 C-Atom kürzeren Kette, die allerdings nur in geringer Menge vorkommen. Es ist zu vermuten, daß diese durch Decarboxylierung aus den Säuren

entstehen, wie es für Pflanzen- und Insektenlipide glaubhaft gemacht werden konnte<sup>19, 20</sup>.

Neben unverzweigten Kohlenwasserstoffen treten methyl-substituierte Homologe auf, von denen 7-Methylheptacosan identifiziert werden konnte. Ähnliche Kohlenwasserstoffe wurden im Cuticularlipid von Grashüpferarten (*Melanoplus sanguinipes* und *M. packardii*) aufgefunden<sup>21</sup>.

- <sup>1</sup> J. Jacob u. A. Zeman, Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. **353**, 492–494 [1972].
- <sup>2</sup> J. Poltz u. J. Jacob, Z. Naturforsch. **28 c**, 449–452 [1973].
- <sup>3</sup> J. Jacob u. G. Grimmer, Z. Naturforsch. **28 c**, 75–77 [1973].
- <sup>4</sup> J. Jacob u. A. Zeman, Z. Naturforsch. **25 b**, 984–988 [1970].
- <sup>5</sup> K. Stránský, M. Streibl u. F. Šorm, Coll. Czech. Chem. Commun. **31**, 4694–4702 [1966].
- <sup>6</sup> R. P. Cook, Cholesterol. Chemistry and Pathology, pp. 145–180, Academic Press Inc., New York 1958.
- <sup>7</sup> M. T. R. Subbiah, B. A. Kottke u. I. A. Carlo, Lipids **6**, 517–519 [1971].
- <sup>8</sup> A. K. Lough, Biochem. J. **90**, 4C–5C [1964].
- <sup>9</sup> A. K. Lough, Nature **202**, 795 [1964].
- <sup>10</sup> R. P. Hansen u. J. F. Smith, Lipids **1**, 316–321 [1966].
- <sup>11</sup> R. Ryhage u. E. Stenhagen, Ark. kemi **15**, 545–574 [1960].
- <sup>12</sup> A. M. Lucas, Anat. Rec. **160**, 386–387 [1968].
- <sup>13</sup> A. M. Lucas u. P. R. Stettenheim, Avian Anatomy, Integument, Part II, pp. 627–635, United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook 362, Washington 1972.
- <sup>14</sup> R. Kossmann, Z. wiss. Zool. **1871**, 568–599.
- <sup>15</sup> P. Paris, Arch. zool. exp. gen. **53**, 139–276 [1913].
- <sup>16</sup> E. O. A. Haahti, Major Lipid Constituents of Human Skin Surface, Mercatorin Kirjapaino, Helsinki 1961.
- <sup>17</sup> G. Grimmer, J. Jacob u. J. Kimmig, Z. klin. Chem. klin. Biochem. **9**, 111–116 [1971].
- <sup>18</sup> J. Jacob u. G. Grimmer, Z. klin. Chem. klin. Biochem. **11**, 297–300 [1973].
- <sup>19</sup> P. E. Kolattukudy, Lipids **5**, 259–275 [1970].
- <sup>20</sup> L. L. Jackson u. G. L. Baker, Lipids **5**, 239–246 [1970].
- <sup>21</sup> C. L. Soliday, G. J. Blomquist u. L. L. Jackson, J. Lipid Res. **15**, 399–405 [1974].