

Aus dem Staatlichen Medizinaluntersuchungsamt Osnabrück
und dem Fachbereich Biologie/Chemie der Universität Osnabrück

Der Einfluß von Cellulose und symbiontischen Bakterien bei der prä migratorischen Fettzunahme der Ringelgänse (*Branta bernicla bernicla*)

Influence of cellulose and symbiotic bacteria on the premigratoric
increase of fat of Brent goose (*Branta bernicla bernicla*)

Von Sabine Pankoke und Reinhard Holländer

Key words: Brent goose, *Branta bernicla bernicla*, food, feeding ecology, faeces, symbiotic bacteria, cellulose degradation.

Zusammenfassung

PANKOKE, S. & R. HOLLÄNDER: Der Einfluß von Cellulose und symbiontischen Bakterien bei der prä migratorischen Fettzunahme der Ringelgänse (*Branta bernicla bernicla*). Ökol. Vögel 13: 000-000.

Während eines Jahres wurden bei 2 adulten, in Gefangenschaft gehaltenen Ringelgänsen (*Branta bernicla bernicla*) die aufgenommene Nahrungsmenge und die Gewichtszunahme bestimmt. Ferner wurden die anaeroben symbiontischen Darmbakterien im Caecalkot quantitativ und qualitativ erfaßt und ihre Fähigkeit zum Celluloseabbau überprüft.

Auch in Gefangenschaft zeigen die Ringelgänse eine deutliche prä migratorische Fettzunahme, die als Ursache nicht nur einer speziellen Komponente zuzuschreiben ist. Vielmehr bewirken endogene Faktoren eine verstärkte Nahrungsaufnahme bei gleichzeitig relativ schlechter Ausnutzung; eine mögliche hormonelle Begünstigung der zellulären Fettspeicherung und ein Aufschluß der Nahrung durch symbiotische Bakterien spielen weitere Rollen. Die anaeroben Bakterien, die hieran beteiligt sind, gehören vor allem den Gattungen *Clostridium*, *Bacteroides* und *Lactobacillus* neben einigen anderen Gattungen an. Celluloseabbau wird von diesen Bakterien in nur geringem Maße vollzogen, so daß ein symbiontischer Celluloseabbau als Energiegrundlage nur eine untergeordnete Bedeutung hat.

Summary

PANKOKE, S., & R. HOLLÄNDER: Influence of cellulose and symbiotic bacteria on the premigratoric increase of fat of Brent goose (*Branta bernicla bernicla*). — Ecol. Birds. 227-236.

During one year 2 adult captured Brent geese were examined with respect to their intake of food and the premigratoric increase of body weight. Furthermore, the role of symbiotic anaerobic bacteria of the gut was investigated.

The body weight of Brent geese increased typically in the premigratoric phase. The reasons for this fat production seem to be complex: e. g. endogenic factors effect an increased food intake, hormones may possibly promote fat storage in the cells and symbiotic bacteria may disintegrate the food. Most of the anaerobic bacteria which are involved herein belong to the genera *Clostridium*, *Bacteroides* and *Lactobacillus*. Some of them are able to degrade cellulose but the amount of decomposition is negligible so that symbiotic cellulose decomposition plays no role in increase of the body weight of the geese.

Anschrift der Verfasser:

PD Dr. R. Holländer, Staatl. Hygiene-Institut, St.-Jürgen-Straße 1, 2800 Bremen 1

1. Einleitung

Ringelgänse (*Branta bernicla bernicla*) wie auch ihre anderen Gattungsgenossen sind herbivore Tiere, die sich vor allem während der Überwinterung an der deutschen Nordseeküste von Seegräsern, *Zostera marina* und *Zostera noltii*, von *Puccinellia maritima*, *Plantago maritima* und *Festuca rubra* ernähren (PROKOSCH 1984). Dabei wird in regelmäßigen kurzen Abständen, etwa alle 7-10 Minuten, fester, geformter Kot abgegeben, der aufgrund seiner Konsistenz und seiner Inhaltsstoffe als »wenig verdauter« Rectalkot anzusehen ist (cf. BALKENHOHL et al. 1984). Neben dem geformten Kot werden je nach Freßaktivität täglich bis zu 8 ungeformte, »stark verdaute« Kothäufchen abgesetzt, die als Caecalkot zu identifizieren sind.

Die in großer Zahl abgegebenen Rectalkotwürstchen lassen eine nur kurze Verweildauer und nur geringe Ausnutzung der aufgenommenen Nahrung vermuten. Dennoch speichern die Ringelgänse vor der Zeit ihrer Migration in die Brutgebiete in ca. 6 Wochen enorme Fettreserven für den Flug. Als Nahrungsgrundlage für die Anlage dieser Fettreserven kommen pflanzliches Protein, Fette und Kohlenhydrate der Pflanzen in Frage, letztere in Form freier Kohlenhydrate wie auch vor allem in Form von makromolekularer Stärke, Cellulose und Hemicellulose. In pflanzlicher Nahrung sind es vor allem die Kohlenhydrate, die den größten Anteil an energiereicher Grundlage für Fettreserven bieten. Die Herbivoren lösen das Problem der Aufbereitung der pflanzlichen Kost durch verschiedene Strategien, wobei in jedem Fall für den Abbau der Cellulose symbiotische Bakterien in Pansen oder Caecum nötig sind. Bei den Ringelgänsen sind die Blinddärme als dünne, lange, schlauchförmige, paarig angelegte Blindsäcke ausgebildet, die die letzte Schlinge des Dünndarmes flankieren.

Zur Klärung der Frage, ob die Ringelgänse ebenso wie andere Tiere Cellulose abbauen und verwerten können, und welche Bakterien an einer möglichen Cellulosezerersetzung beteiligt sind, wurde in der vorliegenden Arbeit im Caecalkot von Ringelgänsen die bakterielle anaerobe Flora differenziert und ihre Fähigkeit zur Cellulosezerersetzung untersucht.

2. Material und Methoden

2.1 Haltung der Versuchstiere

Zwei einseitig flügelamputierte, adulte Ringelgänse beiderlei Geschlechts wurden voneinander getrennt, aber mit Sichtkontakt, welcher für diese in enger Partnerschaft lebenden Gänse unerlässlich ist, in einer Stoffwechselbox gehalten. Die Tiere bewegten sich auf einem Drahtgitter mit der Grundfläche von 1 x 1 m und einer Maschengröße von 1 x 1 cm, so daß ein Abnehmen des Kotes mit möglichst geringer Störung der Gänse möglich war. Als Nahrung wurde im Handel erhältliches Futter mit relativ hohem Rohfasergehalt angeboten, welches in diesem Punkt den natürlichen Bedingungen nahe kam. Verwendet wurde Zegenoz Kaninchenfutter mit folgenden vom Hersteller angegebenen Inhaltsstoffen: Rohprotein 16%, Rohfaser 16%, Rohasche 9%, Rohfett 2,2%, Mineralien und Vitamine (Raiffeisengenossenschaft, Osnabrück). Als Lieferant von Untersuchungsmaterial zur mikrobiologischen Analytik wurde nur das weibliche Tier ausgewählt, da dieses in größeren Mengen und in klarer definierten Einheiten Caecalkot abgab als das männliche Tier, so daß eine Probeaufnahme zu den vorgesehenen Terminen gewährleistet war.

2.2 Untersuchungszeitraum, Bestimmung von Futteraufnahme und Körpergewichtsdaten

Der Untersuchungszeitraum betrug 1 Kalenderjahr, wobei die Tiere sich in den Monaten Januar, Februar und November für je 3 Wochen und von März bis August ununterbrochen in der Stoffwechselbox aufhielten. In den dazwischenliegenden Intervallen befanden sich die Tiere gemeinsam mit 6 Artgenossen in einem Freigehege. Während des Aufenthaltes in der Stoffwechselbox wurden täglich das Gewicht der aufgenommenen Nahrung und wöchentlich das der Tiere bestimmt. Eine Datenerhebung bzw. Probenahme erfolgte stets erst nach einer Eingewöhnungszeit von mindestens 1 Woche.

2.3 Bestimmung der Dauer der Nahrungspassage durch den Verdauungstrakt der Versuchstiere

Hierzu wurde dem Tierfutter einmalig für die Dauer von 2 Stunden der Fluoreszenzfarbstoff Uranin (Merck AG, Darmstadt) zugesetzt. Während dieser Zeit und zusätzlich 2 Stunden im Anschluß erfolgte eine zeitliche Markierung des abgegebenen Kotes. Die so gewonnenen Koteinheiten wurden getrocknet und in einer Verdünnung von 10^{-1} der Trockenmasse in A. dest zur Messung der Fluoreszenz aufgeschwemmt. Die Messung erfolgte mit einem Fluoreszenzspektrofotometer (SPF-500, American Instrument Co., Silver Springs, USA) bei 25°C, einer festen Anregungswellenlänge von 490 nm und einer Emissionswellenlänge von 513 nm.

2.4 Mikrobiologische Analytik der Caecalkotproben

Die Probenahme für die mikrobiologische Analytik erfolgte frühestens 2 Wochen nach Einsetzen der Tiere in die Stoffwechselbox. Der Kot wurde i.a. unmittelbar nach Absetzen in ein steriles Röhrchen überführt, welches gleichzeitig mit sauerstofffreiem CO₂ durchspült und schließlich luftdicht verschlossen wurde. Auf das Bestimmen der Einwaage erfolgte die Zugabe von sterilem, sauerstofffreien Thioglykolatmedium (Merck AG, Darmstadt) zur Herstellung einer Ausgangsverdünnung von 10^{-1} . Die Isolierung, Quantifizierung und Differenzierung der anaeroben bakteriellen Darmflora erfolgte anhand üblicher Anaerobiermethoden wie sie bei BRYANT & BURKEY (1953), BARNES (1972), MITSUOKA et al. (1973), SALANITRO et al. (1974), BERGEY's Manual (KRIEG & HOLT 1984) und LENETTE et al. (1985) beschrieben sind.

2.5 Bestimmung der cellulolytischen Aktivität in flüssigen Medien

8 Caecalkotproben wurden entsprechend Abschnitt 3 aufgenommen. Je 0,2 ml der Ausgangsverdünnungen wurde zu 9x50 ml CP-Mediums (CP-Medium, supplementiert mit 0,2% Cellulose, SCOTT & DEHORITY 1964) pipettiert und parallel mit einer unbeimpften Leerprobe bei 41°C bebrütet. Diese so beimpften Minimalmedien wurden in je 2 Parallelansätzen unterschiedlich langen Brütungszeiten ausgesetzt. Davon betrug die kürzeste jeweils 4 Tage, die nächstfolgenden eine Woche und zwei Wochen und die längste einen Monat. Schließlich wurden die Kulturen bei ~~-20~~ 4°C eingefroren, um noch einmal bis zu Raumtemperatur erwärmt und wiederholt eingefroren zu werden. Dieser Vorgang wurde durchgeführt, um zellwandassozierte Cellulasen in Lösung zu bringen (GUILIANO & KHAN 1984).

Zum Nachweis der cellulolytischen Aktivität einzelner cellobioseverwertender Isolate aus den verschiedenen Kotproben wurde entsprechend verfahren.

Je 50 ml CP-Medium wurden hierzu mit je einem Stamm direkt von der Platte beimpft. Die Bebrütungszeit betrug jedoch ausschließlich 4 Wochen bei ebenfalls 41°C.

Paralleluntersuchungen der cellulolytischen Aktivitäten von Einzelisolaten erfolgte im sog. Turkey-Medium (BEDBURY & DUKE 1982).

Der enzymatische Nachweis des Cellulase-Komplexes sowohl der Mischkultur als auch der Einzelisolate erfolgte über die Bestimmung des Ausmaßes der Saccharifizierung, das heißt der Glucosemenge, die durch die enzymatische Spaltung der Cellulose über Cellobiose entsteht. Für diesen Nachweis der cellulolytischen Gesamktivität des Enzyms ist mikrokristalline Cellulose als Substrat erforderlich. Dieser Bestimmung lagen die Methoden von BENEFIELD (1971), GIULIANO & KHAN (1984) und KANAZAWA & MIYASHITA (1986) zugrunde.

Zellfreie Extrakte wurden durch Zentrifugation (Minifuge GL Heraus Christ, Osterode) des Zellmaterials bei 3000 xg (20 min., 4°C) und anschließendem Sterilfiltrieren (Filter 0,2 µm Porendurchmesser, steril, pyrogenfrei, Sartorius Göttingen) hergestellt.

In je 5 ml Citrat-Phosphat-Puffer (pH 7) nach Mc Ilvaine wurde 1 ml des zellfreien Überstandes mit einer Substratmenge von je 50 mg Cellulose bei 50°C für 7 h inkubiert. Diese Bedingungen ergaben sich aus Vorversuchen mit in CP-Medium gewachsenen Mischkulturen und dem positiven Kontrollstamm *Cellulomonas uda* (DSM 20108). Zur Glucosebestimmung wurde die Glucose-DH-Methode (Merck, Darmstadt) zur spektrophotometrischen Bestimmung von Blutzucker (Photometer Eppendorf 1101 M, Hamburg) bei 366 nm angewandt.

2.6 Bestimmung der Cellulase Aktivität auf festen Nährböden

Die zum Nachweis celluloseverwertender anaerober Keime verwendeten Nährböden waren jeweils mit 0,5% mikrokristalliner Cellulose supplementiert und enthielten nur 0,5% Agar. Diese weiche Konsistenz der Nährböden sollte das Entstehen klarer Höfe in der am Plattenboden abgesetzten dünnen Celluloseschicht ermöglichen (MACY et al. 1982).

Verwendung fanden zu diesem Zweck der sog. Rat-Agar (MACY et al. 1982) und CP-Agar (SCOTT & DEHORITY 1964).

Ebenfalls wurde zur Identifizierung cellulose-abbauender Stämme die konventionelle Methode mittels aufgelegten Filterpapiers (Whatman no 1, Whatman LTD, Maidstone, UK.) auf dem Nähragar für cellulolytische Keime angewandt. Die Platten wurden bei 41°C bebrütet. Die erste Kontrolle auf klare Höfe in der Celluloseschicht erfolgte nach 3 Wochen und noch einige weitere Male im gesamten Bebrütungszeitraum von 4 Monaten.

2.7 Danksagung

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. H. H. BERGMANN für die Bereitstellung der Ringelgänse und stetes Interesse beim Fortgang der Arbeit.

3. Ergebnisse

3.1 Jahresperiodische Veränderung von Nahrungsbedarf und Körpergewicht

Die Abb. 1 stellt den Gewichtsverlauf und die von den Tieren aufgenommene Nahrungsmenge über den Untersuchungszeitraum dar. Körpergewicht und Futteraufnahme stiegen innerhalb von 2 Monaten gleichzeitig an, wobei jedoch das maximale Gewicht um etwa 3 Wochen später erreicht wurde, verglichen mit dem Maximum der Nahrungsaufnahme. Hieraus ergibt sich eine Phase der Frühjahrshyperphagie von Mitte April bis Ende Mai. Der Gewichtsanstieg innerhalb dieser Phase betrug bei Festsetzung von Durchschnittskörpergewichten aus gemittelten Daten der Monate Juli bis Februar etwa 31%.

Ab Mitte Juni nahm die Gans in reduzierten Mengen Nahrung auf bis das Körpergewicht wieder im Bereich des Normalgewichtes von ca. 1100 g lag.

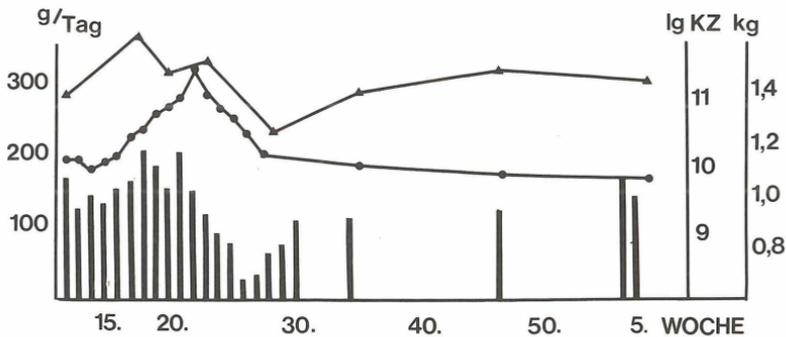
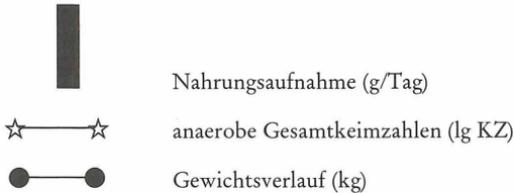


Abb. 1. Nahrungsaufnahme und Gewichtsverlauf der Ringelgans im wöchentlichen Mittel innerhalb des Untersuchungszeitraumes sowie anaerobe Gesamtkeimzahlen im Caecalkot.



3.2 Verweildauer der Nahrung im Darmtrakt der Gans

Nach Fütterung der Gans mit dem Fluoreszenzfarbstoff Uranin zeigte sich nach etwa 40 Minuten in den Rectalkotproben eine erhöhte Emission (Abb. 2). Die Emissionswerte stiegen beinahe kontinuierlich bis zu einem Höchstwert nach 160 Minuten nach Versuchsbeginn an. Danach fielen die Emissionswerte wieder bis zum Wert der ersten Rectalkotprobe ab. Hieraus ergibt sich eine durchschnittliche Verweildauer von ungefähr 2,5 Stunden. Da die Caecalkotproben in nur geringer Häufigkeit abgegeben werden, konnte keine kontinuierliche Bestimmung der Emission erfolgen. Etwa 18 Stunden nach der Fütterung mit uraninhaltigem Futter wurde der erste Caecalkot abgesetzt. Die gemessene Fluoreszenz lag nur wenig unter dem Maximalwert der Rectalkotprobe. Eine zweite Caecalkotprobe nach ca. 24 Stunden dagegen wies kaum noch Fluoreszenz auf. Nach 48 Stunden konnte kein Uranin mehr nachgewiesen werden.

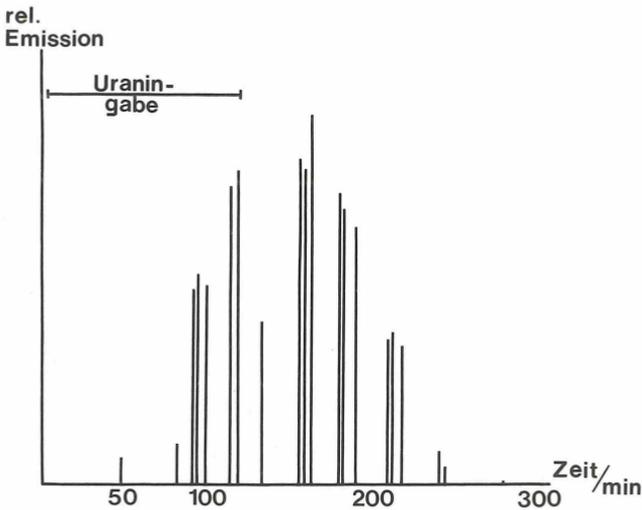


Abb. 2. Dauer der Darmpassage der Nahrung bei Ringelgänsen, gemessen als relative Emission bei der Fluoreszenzmessung von Uranin im Caecalkot.

3.3 Celluloseabbau durch Mikroorganismen

Eine Dynamik der cellulolytischen Aktivitäten innerhalb der Mischkulturen, die unterschiedlich langen Bebrütungszeiten ausgesetzt waren, wurde nicht deutlich. In Tab.1 sind deswegen nur die Glucosemengen aufgeführt, die nach 3-tägiger und 1-monatiger Bebrütung von Caecalkotproben und anschließender 7-tägiger Inkubation mit Cellulose im zellfreien Überstand dieser Kulturen entstanden sind. Die Glucosemenge entspricht der Menge der abgebauten Cellulose.

28 cellobiose-abbauende Isolate wurden auf ihre cellulolytische Aktivität hin getestet. Bei den im CP-Medium kultivierten Stämmen konnten nach 1-monatiger Kultur und anschließender Inkubation des zellfreien Überstandes mit Cellulose kein Celluloseabbau festgestellt werden im Gegensatz zum Kontrollstamm *Cellulomonas uda* (DSM 20108).

Nach Kultur dieser Isolate in Turkey-Medium konnte bei 5 Isolaten, die den Gattungen *Clostridium*, *Bacteroides* und *Lactobacillus* zuzurechnen waren, eine geringfügige Cellulosespaltung beobachtet werden.

Bei der Verwendung von festen Nährböden, die mit Cellulose supplementiert wurden, sowie bei der Anwendung der konventionellen Methode mittels aufgelegten Filterpapiers konnte kein Celluloseabbau nachgewiesen werden.

Tab. 1. Glucosemenge (mg/100 ml CP-Medium) nach 7-stündiger Inkubation mit Cellulose im zellfreien Überstand von Caecalkot-Mischproben, die 3 Tage bzw. 1 Monat bebrütet wurden.

Caecalkot- probe	Glucosegehalt mg/100 ml Medium	
	nach 3-tägiger Bebrütung	nach 1-monatiger Bebrütung
1	1.93	1.28
2	0.48	0.96
3	1.92	0.96
4	1.92	2.04
5	0.00	0.96
6	1.92	3.84
7	0.32	1.92
8	0.32	1.28

3.4 Charakterisierung anaerober Bakterienisolate aus Caecalkot

Die Differenzierung von 160 Isolaten aus den über den Untersuchungszeitraum verteilten Kotproben sowie ihre Quantifizierung sind in Tab. 2 dargestellt.

Der überwiegende Anteil entfällt dabei auf gram-negative Isolate, bei denen die Species der Gattungen *Fusobacterium* und *Bacteroides* dominierten. Unter den gram-positiven Isolaten stellten die Species der Gattungen *Lactobacillus* und *Eubacterium* den Hauptanteil.

Neben den Species dieser Gattungen konnten eine Reihe der Isolate zu den Gattungen *Clostridium* und *Peptostreptococcus* gerechnet werden.

Tab. 2. Häufigkeit einiger anaerober Bakteriengruppen im Caecalkot.

<i>Bacteroides</i> ssp.	$1,6 \cdot 10^{10*}$
<i>Eubacterium</i> ssp.	$1,2 \cdot 10^{10}$
<i>Lactobacillus</i> ssp.	$1,7 \cdot 10^{10}$
<i>Fusobacterium</i> ssp.	$2,8 \cdot 10^9$
<i>Clostridium</i> ssp.	$5,1 \cdot 10^9$
<i>Peptostreptococcus</i> ssp.	$1,0 \cdot 10^8$

* Angabe in Gramm Caecalkot

4. Diskussion

Die kurzzeitige enorme Gewichtszunahme der Ringelgänse vor dem Rückzug in ihre Brutgebiete läßt eine intensive Beteiligung von Darmbakterien an dieser Gewichtszunahme vermuten, da der Anteil von Rohfasern, hauptsächlich Cellulose, der nur über symbiontische Mikroorganismen aufgeschlossen werden kann, einen großen Anteil an der Nahrung ausmacht.

Bei Gänsen anderer Gattungen, zum Beispiel *Anser*, liegen bezüglich der Cellulose-zersetzung durch intestinale Bakterien widersprüchliche Hinweise vor, wobei aber möglicherweise methodische Schwierigkeiten den Nachweis des Celluloseabbaues erschwerten (MATTOCKS 1971, BUCHSBAUM et al. 1986, HERD & DAWSON 1984).

Ferner stellten auch die beiden in der Konsistenz und in den Inhaltstoffen unter-

schiedlichen Kotarten methodische Fehlerquellen dar. Der dünnflüssige, ein- bis zweimal täglich abgesetzte Blinddarmkot ist reich an anaeroben Bakterien, der geformte Rectalkot ist dagegen arm an anaeroben aber reich an aeroben Bakterien besonders der Gattungen *Pseudomonas*, *Bacillus* und *Micrococcus* (HOLLÄNDER 1982). Die in der vorliegenden Arbeit nachgewiesenen anaeroben Isolate gehören eine Vielzahl von Bakterien-Species an, von denen einige nach Literaturangaben Cellulose- oder Cellobiose-Verwerter sind.

Die Grundvoraussetzung dieser Arbeit war durch die Tatsache gegeben, daß das prä migratorische Fettwerden auch bei den beiden Versuchstieren, die auf sehr beengtem Raum gehalten wurden, in vollem Ausmaß erfolgte. Diese Gewichtszunahme scheint also ausschließlich endokrin gesteuert zu sein, wobei vermutlich die Tageslänge als alleiniger induzierender Faktor wirkt. Bei freilebenden Ringelgänsen deutet hierauf das besonders deutliche Maximum in der Nahrungsaufnahme im Frühjahr, das im Zusammenhang mit dem nachfolgenden Brutgeschäft steht, im Gegensatz zu dem weniger ausgeprägten Maximum im Herbst. Bei in Gefangenschaft gehaltenen Tieren existiert im Herbst nur noch eine angedeutete Erhöhung der Werte (BRUNS & TEN THOREN 1988), so daß diese zweite Gewichtszunahme innerhalb der hier bearbeiteten Fragestellung vernachlässigbar war.

Folgende mechanische und physiologische Faktoren, die zu dieser starken Gewichtszunahme führen, sind denkbar:

1. Größere Kapazität des Gastrointestinaltraktes, um Resorptionsstellen zu vermehren.
2. Verlangsamte Passage durch den gesamten Verdauungstrakt oder durch kleinere Regionen, um schwerer aufschließbare Nahrungsinhaltsstoffe durch symbiontische Mikroorganismen weitgehender zu nutzen.
3. Schnellere Nahrungspassage, um leicht verfügbare Stoffe vermehrt aufzunehmen.
4. Aktivitätsverschiebungen kataboler Enzyme.
5. Sekretionsveränderungen von Enzymen.
6. Hormonelle Begünstigung der zellulären Fettspeicherung.

Untersuchungen an einem kleinen Zugvogel, der Gartengrasmücke, ergaben in Input-Output-Analysen zur Zeit des prä migratorischen Fettwerdens eine deutliche Veränderung zugunsten der Fett- und Kohlenhydratverwertung (BAIRLEIN 1985). Im Unterschied zur Gartengrasmücke ist die Ringelgans ein herbivorer Vogel, der nach BUCHSBAUM et al. (1986) mit 31% eine große Menge des Energiebedarfes aus Cellulose und Hemicellulose bezieht.

Input-Output-Analysen ergaben bei den auch in dieser Arbeit verwendeten Versuchstieren, daß die Effizienz der Nahrungsausnutzung in der prä migratorischen Zeit des Fettwerdens wesentlich geringer ist (BRUNS 1988). Dieses betrifft alle untersuchten Nahrungsstoffe, aber in besonderem Maße die Rohfaserverwertung. Diese betrug bei den beiden Versuchstieren in der Zeit außerhalb der Frühjahrsperiode 28% und nur 20% in der Zeit des prä migratorischen Fettwerdens, so daß angenommen werden muß, daß hier die von LANGER (1987), SIBLY (1981) und BUCHSBAUM et al. (1986) beschriebene Strategie zutrifft, nach der durch Hyperphagie

schneller Zugang zu mehr leicht aufschließbarer Nahrung geboten wird. So wird die Energiezufuhr insgesamt erhöht, obgleich die Effizienz der Nahrungsauswertung geringer ist.

Die Rektalkotproben sowie die Caecalkotproben waren zur Zeit der Hyperphagie deutlich größer und wurden vermehrt abgegeben, so daß eine schnellere Nahrungspassage zu vermuten ist.

Die Rolle der Mikroorganismen im Caecum, die in der Hyperphagiephase deutlich erhöhte Gesamtkeimzahlen aufwies, ist nicht eindeutig festzulegen. Die Zunahme der Gesamtkeimzahlen kann sekundär durch ein vermehrtes Angebot an qualitativ hochwertiger Nahrung für die Bakterien bedingt sein, oder es wird hormonell ein stabileres Milieu für die Bakterien geschaffen.

In jedem Fall kommt dem Wirtstier aber größere Nahrungsaufschluß durch das vermehrte Bakterienwachstum zugute.

Da keine besondere Verschiebung von Mehrheitsanteilen der caecalen Bakterienflora durch differenzierte Keimzahlauswertungen festzustellen war, kann auf einen vermehrten Aufschluß eines bestimmten Nahrungsbestandteiles durch die bakterielle Abbautätigkeit nicht geschlossen werden. In jedem Fall bewirkt aber die vermehrte Nahrungsaufnahme keine Verdünnung der bakteriellen Caecalflora aufgrund von Ausschwemmung.

Vorliegende Daten geben keine Auskunft über eine verstärkte Cellulosezersetzung. Celluloseabbau findet zwar statt, ist aber in so geringem Maße vorhanden, daß ihr keine verstärkte Bedeutung bei der Gewichtszunahme zukommt.

Die Gewichtszunahme der Gänse ist sicher ein komplexer Vorgang, der nicht nur eine Komponente zuzuschreiben ist. Endogene Faktoren bewirken die verstärkte Nahrungsaufnahme in der prä migratorischen Zeit, bei gleichzeitiger relativ schlechterer Ausnutzung der Nahrungsstoffe, besserer Nahrungsaufschluß durch möglicherweise Änderung der katabolen Enzyme, sicher aber durch die Mikroorganismen und mögliche hormonelle Begünstigungen der zellulären Fettspeicherung sind dabei neben anderen, die wichtigsten Komponenten.

Literatur

- BAIRLEIN, F. (1985): Efficiency of food utilization during fat-deposition in the long-distance migratory garden warbler, *Sylvia borin*. *Oecologia* 8: 118-125. — BALKENHOL, B., H.-H. BERGMANN, R. HOLLÄNDER & M. STOCK (1984): Über den Einfluß von Gänsekot auf die Vegetation von Grünflächen. *Ökol. Vögel* 6: 223-247. — BARNES, E. M. (1972): The avian intestinal flora with particular reference to the possible ecological significance of the cecal anaerobic bacteria. *Am. J. Clin. Nutr.* 25: 1475-1479. — BEDBURY, H.-P. & G. E. DUKE (1982): Cecal microflora of Turkey's feed low or high fiber diets. Enumeration, identification and determination of cellulolytic activity. *Poult. Sci.* 62: 675-682. — BENEFIELD, C. B. (1971): A rapid method for measuring cellulose activity in soils. *Soil Biol. Biochem.* 3: 325-329. — BRUNS, K. (1988): Nahrungsverwertung bei Ringelgänsen, Diplomarbeit im Fachbereich Biologie/Chemie der Universität Osnabrück. — BRUNS, K. & B. TEN THOREN (1988): Zugvorbereitung und Zugunruhe bei der Ringelgans *Branta bernicla bernicla*. *Proc. Intern. Centennial Meeting Dtsch. Orn. Ges. Current Tropics Avian Biol.*: 223-229. — BRYANT, M. P. & L. A. BURKEY (1953): Cultural methods and some characteristics of some of the more numerous groups of bacteria in the bovine rumen. *J. Dairy Sci.*: 205-217. — BUCHSBAUM, R., J. WILSON & J. VALIELA (1986): Digestibility of plant constituents by Canada Geese and

Atlantic Brant. Ecology 67: 386-393. — GIULIANO, C. & A. W. KHAN (1984): Cellulase and sugar formation by *Bacteroides cellulosolvens*, a newly isolated cellulolytic anaerobe. Am. J. Microbiol. 48 (2): 446-448. — HERD, R. M. & T. M. DAWSON (1984): Fiber digestion in the Emu, *Dromiceius novaehollandiae*. Physiol. Zool. 57: 70-84. — HOLLÄNDER, R. (1982): Die aerobe bakterielle Darmflora verschiedener überwinternder Gänsearten. Zbl. Bakt. Hyg. Abt. I, Orig. A 252: 394-400. — KANAZAWA, S. & K. MIYASHITA (1986): A modified method for determination of cellulose activity in forest soil. Soil Sci. Plant Nat. 32, 71-79. — KRIEG, N. R. & J. G. HOLT (eds.) (1984): Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Williams & Wilking, Baltimore. — LANGER, P. (1987): Der Verdauungstrakt bei pflanzenfressenden Säugetieren. Beziehung zwischen Nahrung und funktioneller Anatomie. Biol. i. u. Z.: 9-14. — LENNETTE, E. H., A. BALOWS, W. J. HAUSLER & H. J. SHADOMY (1985): Manual of Clinical Microbiology. 4th ed. American Society for Microbiology, Washington. — MACY, J. M., J. R. FARRAND & L. MONTGOMERY (1982): Cellulolytic and non-cellulolytic bacteria in rat gastrointestinal tracts. Apl. Environ. Microbiol. 44: 1428-1434. — MATTOCKS, J. G. (1971): Goose feeding and cellulose digestion. Wildfowl 22: 107-113. — MITSOUKA, T., A. TERADA & Y. MORISHITA (1973): Die Darmflora von Mensch und Tier. Goldschmied informiert 23: 23-41. — PROKOSCH, P. (1984): Dunkelbäuchige Ringelgans im Nordfriesischen Wattenmeer. Ökol. Vögel 6: 5-97. — SALANITRO, J. P., I. G. FAIRCHILD & Y. D. ZGOGNICKI (1974): Isolation, cultur characteristics, and identification of anaerobic bacteria from the chicken cecum. Appl. Microbiol. Bacteriol. 61: 257-262. — SCOTT, H. W. & B. A. DEHORITY (1964): Vitamin requirements of several cellulolytic rumen bacteria. J. Bacteriol. 114: 1169-1175. — SIBLY, R. M. (1981): Strategies of digestion and defecation. In: C. R. THOWNSEND & P. CALOW, eds. Physiological ecology: an evolutionary approach. Sinauer Associates, Sunderland, USA, pp. 109-139.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Ökologie der Vögel. Verhalten Konstitution Umwelt](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [13](#)

Autor(en)/Author(s): Pankoke Sabine, Holländer Reinhard

Artikel/Article: [Der Einfluß von Cellulose und symbiontischen Bakterien bei der prä migratorischen Fettzunahme der Ringelgänse \(*Branta bemica bemica*\) 227-236](#)