

## Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry

### 3b. Broilers. Modelling using official statistical data

Hans-Dieter Haenel\* and Ulrich Dämmgen\*\*

#### Summary

Calculation and reporting of emissions of greenhouse gasses and air pollutants from broiler breeding require the knowledge of the nitrogen and carbon excretions.

Emission reporting for ammonia requires an assessment of excretions with an adequate resolution in space and time. In principle, this is possible. However, in Germany, the data needed for this purpose are neither available on a regular basis nor complete.

The paper presented here provides an alternative method to derive the data required to construct time series of excretions using animal place numbers and the cumulative weight of slaughtered broilers as provided by official statistics, as well as feed properties (i.e. their contents of metabolizable energy and crude protein). The latter have to be estimated on the basis of feed and breeding line contests.

The calculation procedure developed allows for an assessment of national means of performance parameters and excretions. It takes into account the progress in animal breeding, i.e. a steady increase of slaughter weights even at constant fattening times.

The calculated excretions per place and year decreased in the middle of the 1990s; they have increased since 2001. This correlates with the time series of final animal weights.

*Keywords: broiler, VS excretion, N excretion*

#### Zusammenfassung

**Konsistente Zeitreihen von Daten zur Modellierung der Ausscheidungen von „volatile solids“ und Stickstoff bei Geflügel**

**3b. Masthähnchen und -hühnchen, Modellierung mit Daten der amtlichen Statistik**

Berechnung und Berichterstattung von Treibhausgas- und Schadstoffemissionen aus der Haltung von Masthähnchen und -hühnchen erfordern die Kenntnis der Stickstoff- und Kohlenstoff-Ausscheidungen.

Die für die Ammoniak-Emissionsberechnung wünschenswerte räumlich und zeitlich differenzierte Ausscheidungsberechnung ist im Prinzip zwar möglich; die benötigten Daten stehen in Deutschland jedoch weder regelmäßig noch vollständig zur Verfügung.

Die vorliegende Arbeit beschreibt einen alternativen Ansatz zur Berechnung von Zeitreihen der Ausscheidungen. Als Eingangsdaten werden lediglich die Tierplatzzahl und die jährliche Masthähnchen-Schlachtfleischmenge (beides aus der amtlichen Statistik) sowie effektive Futtereigenschaften (Gehalt an umsetzbarer Energie und Rohprotein) benötigt. Letztere werden auf Grundlage von Daten aus Futtermittel- und Herkunftsprüfungen geschätzt.

Das Verfahren erlaubt unter Verzicht auf räumliche und mastverfahrenbezogene Differenzierung die Ableitung nationaler Mittelwerte von Leistungsparametern und Ausscheidungen. Der züchterische Fortschritt, d. h. von Jahr zu Jahr steigendes Tierendgewicht bei gleicher Mastdauer, wird berücksichtigt.

Die berechneten Ausscheidungen pro Platz und Jahr nahmen Mitte der 1990er Jahre zeitweise ab, steigen seit 2001 aber wieder deutlich an. Dies korreliert mit dem zeitlichen Verlauf der Tierendgewichte.

*Schlüsselwörter: Masthähnchen, Masthühnchen, Broiler, VS-Ausscheidung, N-Ausscheidung*

\* Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries, Institute of Agricultural Climate Research, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

\*\* University of Veterinary Medicine Hannover, Institute for Animal Breeding and Genetics, Buenteweg 17p, 30559 Hannover, Germany

## 1 Introduction

Agricultural animal production remarkably contributes to the emissions of greenhouse gases (Steinfeld et al., 2006). In addition, the contribution to the emission of gaseous and particulate air pollutants is so important that this sector has to be included in any measures to reduce emissions (BMU, 2006; Dämmgen and Haenel, 2008). The development of reduction measures requires adequate knowledge and description of the emitting processes as well as an assessment of the frequency with which they occur. National emission inventories are to serve these objectives. They comply with the reporting obligations within the Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, 1997) and the Geneva Protocol on Long Range Transport of Atmospheric Pollutants (UNECE, 2006). The annual reports describe not only the emissions themselves and the respective process models, but also the emission explaining variables, if possible, as a continuous time series from 1990 onwards.

For so-called key sources, emissions should be assessed with an adequate resolution in time and space. Poultry as a whole is considered a key source with respect to the amount of ammonia emitted. Ammonia has a comparatively short atmospheric lifetime. This again should be reflected by a high resolution of the emission calculations in time and space. In addition, broiler production in Germany has been increasing over time and therefore has to be regarded as a key source with respect to its trend.

The adequate assessment of the excretions of carbon and nitrogen compounds is a major prerequisite for the calculation of emissions from animal production (Webb et al., 2005). In the past, the emissions from German broiler production were reported using a comparatively simple method and national means reported in the literature (Dämmgen et al., 2007). This was due to lack of suitable data and calculation procedures.

The present paper, which is in line with earlier publications on pullets and laying hens (Haenel and Dämmgen, 2007a, 2007b), describes an improved method to assess excretions for the German broiler production including derivation procedures to obtain the time series of the relevant parameters, reflecting the information provided by both husbandry and animal nutrition.

In order to simplify notation, equations quoted from Haenel and Dämmgen (2009) are denoted by the abbreviation HD put in front of the original equation number.

## 1 Einleitung

Die landwirtschaftliche Tierproduktion ist zu einem nennenswerten Anteil an der Emission von Treibhausgasen beteiligt (Steinfeld et al., 2006), und trägt darüber hinaus in erheblichem Maße zur Emission von Luft verschmutzenden Stoffen bei. Der Einbezug der Landwirtschaft in Minderungsmaßnahmen ist daher unumgänglich (BMU, 2006; Dämmgen und Haenel, 2008). Voraussetzung für Minderungsmaßnahmen ist eine hinreichend gute Kenntnis und Beschreibung der emittierenden Prozesse und ihrer Häufigkeit. Diesen Zielen dient die Erstellung von nationalen Emissionsinventaren, die gleichzeitig die Erfüllung der internationalen Berichtspflichten im Rahmen der Klimarahmen-Konvention (UNFCCC, 1997) und des Genfer Luftreinhalteabkommens (UNECE, 2006) ermöglichen. Die jährlich zu erstellenden Berichte beschreiben neben den Emissionen auch die die Emissionen bestimmenden Variablen als möglichst lückenlose Zeitreihen ab 1990.

Für sogenannte Hauptquellgruppen sind die Emissionen mit einer angemessenen zeitlichen und räumlichen Auflösung zu bestimmen. Hinsichtlich der Höhe der Emissionen von Ammoniak ist Geflügel insgesamt eine Hauptquellgruppe. Bei Ammoniak spricht insbesondere die geringe atmosphärische Verweildauer für die feine Auflösung von Emissionsberechnungen. In der Geflügelhaltung in Deutschland stellt die Produktion von Masthähnchen und -hühnchen (Broiler) eine Emissionsquelle mit zunehmender Tendenz dar.

Die adäquate Quantifizierung der Ausscheidungen von Kohlenstoff- und Stickstoff-Verbindungen ist eine wichtige Voraussetzung für die Berechnung von Emissionen aus der Nutztierhaltung (Webb et al., 2005). Bisher wurden mangels geeigneter Datensätze und Rechenverfahren die Emissionen aus der Masthähnchen-Produktion nur mit nationalen Mittelwerten (Literaturdaten) nach einem vergleichsweise einfachen Verfahren gerechnet (Dämmgen et al., 2007).

Die vorliegende Arbeit, der entsprechende Publikationen zu Junghennen und Legehennen vorausgingen (Haenel und Dämmgen, 2007a, 2007b), beschreibt ein verbessertes Verfahren zur Berechnung der Ausscheidungen bei Masthähnchen und -hühnchen in Deutschland einschließlich der Zeitreihen der relevanten Parameter. Die Grundlagen für dieses Verfahren wurden in einer vorausgegangenen Arbeit (Haenel und Dämmgen, 2009) erstellt.

Zur Vereinfachung der Schreibweise werden Gleichungen aus Haenel und Dämmgen (2009) zitiert, indem der Gleichungsnummer das Kürzel HD vorangestellt wird.

## 2 Calculation of a mean fattening duration based on data from official statistics

The application of the set of equations derived in Haenel and Dämmgen (2009) presupposes an extensive and detailed data base. The following sections give an survey of data available from the German official statistics and discuss how to proceed in case of lacking data in order to permit the construction of time series of the excretion data relevant for emission calculations as well as of other emission explaining variables (such as energy requirements and feed intake).

### 2.1 Data availability

German official statistics do not report animal numbers for broilers. Instead they provide cumulative animal numbers for "male and female chicken for slaughtering including the chicks in this production process" (destatis, FS3 R4.2.1). The error originating from the use of these data to describe the broiler population cannot be quantified. However, it is considered small in comparison with the overall number, as the number of broilers outweighs all other relevant subcategories. Another potential problem is the fact that animal numbers from 2005 onwards are not based on a total census but on sample surveys. ZMP (2006, pg. 57) states that these are only partly comparable to the previous total census data. The differences originating from this change in methods cannot be quantified; at present they cannot be taken into account.

The relative fractions of hens and cocks are not reported. It is common practice to assume a one to one ratio of cocks and hens in any production process apart from the long term fattening procedure. Here, cocks and hens are separated (Table 1). This is relevant for the assessment of the ME requirements. However, N excretion rates as calculated using Equation (HD29) are independent of gender distributions.

The frequency distributions of the various fattening procedures and their variation with time and space have not been reported. This applies also to the number of animal rounds per year or the duration of the respective fattening periods and to the service times. The share of the various breeds and lines in the number of animals produced is unknown (or not reported). Thus, a differentiated treatment of fattening procedures or single races is impossible.

These problems can be resolved by using the fact that the final weights obtained are an almost linear function of the duration of the fattening process, cf. Equation (HD11). In addition, Equation (HD3) allows the expression of the duration of the service period as a function of the duration of the fattening period. As a consequence, a procedure to deduce the duration of the fattening period is given in

## 2 Berechnung einer mittleren Mastdauer mit Hilfe amtlicher Statistikdaten

Der in Haenel and Dämmgen (2009) abgeleitete Gleichungssatz erfordert eine umfangreiche und detaillierte Datenbasis. Im Folgenden wird beschrieben, welche Daten durch die deutsche amtliche Statistik bereitgestellt werden, und wie im Falle von fehlenden Daten zu verfahren sein wird, um dennoch die Erstellung von Zeitreihen der emissionsrelevanten Ausscheidungen einschließlich der damit verbundenen emissionserklärenden Größen wie z. B. Energiebedarf und Futtermittelaufnahme zu ermöglichen.

### 2.1 Datenverfügbarkeit

Offizielle Tierplatzzahlen für Broiler sind nicht erhältlich. Es sind nur zusammengefasste Tierplatzzahlen für die Kategorie „Schlacht- und Masthähne und -hühner sowie sonstige Hähne einschließlich der hierfür bestimmten Küken“ verfügbar (destatis, FS3 R4.2.1). Der Fehler, der mit der Verwendung dieser Tierplatzzahlen anstelle von Broiler-mastplätzen verbunden ist, ist nicht quantifizierbar, dürfte aber sehr gering sein, da der Anteil der Masthähnchen und -hühner bei weitem überwiegt. Ein mögliches weiteres Problem entsteht dadurch, dass ab 2005 nur noch eine repräsentative Geflügelzahlen-Erhebung erfolgt, die nach ZMP (2006, S. 57) nur bedingt vergleichbar mit vorherigen Vollerhebungen ist. Die Unterschiede zwischen beiden Erhebungsverfahren können derzeit nicht geschätzt werden und müssen daher vorläufig unberücksichtigt bleiben.

Angaben über die relativen Tierplatzanteile von Hähnen und Hennen werden nicht erhoben. In der Praxis wird aber offenbar mit Ausnahme der nach Geschlechtern getrennt erfolgenden Langzeitmast (Tabelle 1) immer von einem 1:1-Verhältnis ausgegangen. Dies berührt die geschlechtsabhängig erforderliche Berechnung des ME-Bedarfes (während der N-Haushalt mit Hilfe von Gleichung (HD29) geschlechtsunabhängig berechnet wird).

Es gibt keine zeitlich und räumlich aufgelösten Angaben zu relativen Anteilen der einzelnen Mastverfahren an der Gesamtproduktion. Auch Durchgangszahlen bzw. Mastdauern und Reinigungszeiten werden statistisch nicht erhoben. Des Weiteren ist nicht bekannt (oder wird nicht berichtet), welche Broilerrassen wo zu welchen relativen Anteilen eingesetzt werden. Damit ist keine Differenzierung nach Mastverfahren und Broilerrassen möglich.

Eine Lösung dieses Problems kann darauf aufbauen, dass das erreichte Endgewicht eine hinreichend lineare Funktion der Mastdauer ist, vgl. Gleichung (HD11). Die Reinigungsdauer kann ebenfalls als Funktion der Mastdauer formuliert werden, s. Gleichung (HD3). Hieraus wird in Abschnitt 2.2 ein Ansatz zur Berechnung der Mastdauer aus Schlachtmengen-Daten entwickelt. Die Gesamtschlacht-

Section 2.2. In this case, the cumulative carcass weights for the animals slaughtered in Germany are needed, which are obtained from the carcass weight total and the respective imports and exports reported. These data are derived from ZMP (1990 to 2006), as destatis reports net cumulative slaughter weights only. The slaughter yield used is parameterized using Equation (HD30).

Official statistics do not report any data on feed amounts and feed properties (such as ME and XP contents). For these data, one has to rely on the data provided in breeding line and feed contests. Here, the data are not based on analyses but on the contents declared by the producers. These contents may deviate to some extent from the true contents. In the context of our investigation we use the feed compositions declared. The resulting error cannot be quantified. Again, no differentiation can be made with respect to time and space. Due to the lack of matching data this would not be useful anyhow. In addition, detailed data on the frequency distribution of fattening procedures are not available. Thus, a detailed description of N excretion rates cannot be derived, and we have to restrict ourselves to the use of the gender-independent N excretion assessment as provided in Equation (HD29), using the composition of the fattening feed as the effective feed composition.

## 2.2 Mean duration of the fattening period

Starting point for the calculation of N excretion rates using official statistical data is the relation between the mean final weights achieved per place and year, the total live weight production per year and the number of animal rounds per year (see Section 2 in Haenel and Dämmgen, 2009).

$$w_{br, kfin} = w_{start} + \Delta w_{br, kfin} \frac{TWP}{n_{round}} \quad (1)$$

where

$w_{br, kfin}$	average final live weight of broilers (in kg animal <sup>-1</sup> )
$w_{start}$	animal start weight (in kg animal <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{br, kfin}$	average animal weight gain per place and fattening period (in kg animal <sup>-1</sup> = kg place <sup>-1</sup> round <sup>-1</sup> )
$TWP$	total weight production per place and year (in kg place <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$n_{round}$	number of rounds per year (in animal place <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The overall weight gain  $\Delta w_{br, kfin}$  is given by Equations (HD8) and (HD10) or (HD11) as a function of the share of cocks in the total population. Here again, a cock to hen ratio of 1 to 1 is used. In order to enable us to find a mathematically closed derivation of the duration of the fattening period, the linearized growth function (HD11) is used.

fleischmenge wird dabei als Brutto-Menge benötigt, d. h. heimische Produktion vor Abzug (Zuschlag) von Exporten (Importen). Diese Schlachtdaten werden aus den ZMP-Berichten (ZMP, 1990 bis 2006) bezogen, da das Statistische Bundesamt nur Netto-Mengen berichtet. Der Schlachtausbeutefaktor wird nach Gleichung (HD30) parameterisiert.

Amtliche Statistiken enthalten keine Angaben zu Fütterung und Futtereigenschaften. ME- und XP-Gehalte müssen daher Herkunfts- und Futtermittelprüfungen entnommen werden. Dies sind oftmals nicht analysierte, sondern durch die Hersteller deklarierte Futtereigenschaften, die von den tatsächlichen Futtereigenschaften in gewissem Rahmen abweichen können. Der damit verbundene Fehler ist nicht quantifizierbar. Eine räumliche Differenzierung der Futtereigenschaften ist nicht möglich. Sie wäre in Anbetracht der übrigen Datenlage auch nicht nutzbar. Da mangels Informationen über die relativen Anteile von Mastverfahren an der Gesamtproduktion sowie über die Mastverfahren-Details keine detaillierte Berechnung der N-Ausscheidungen möglich ist, muss die geschlechtsübergreifende N-Ausscheidungsgleichung (HD29) genutzt werden. Voraussetzung ist der Ersatz der dafür erforderlichen effektiven Futtereigenschaften durch Mastfuttereigenschaften.

## 2.2 Mittlere Mastdauer

Ausgangspunkt für die Berechnung der N-Ausscheidung auf Basis amtlicher statistischer Daten ist die Relation zwischen dem im Mittel pro Platz und Durchgang erzielten Lebendendgewicht, der Gesamtgewichtproduktion pro Platz und Jahr und der Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr (s. Abschnitt 2 in Haenel und Dämmgen, 2009):

Der Gesamtzuwachs  $\Delta w_{br, kfin}$  ist über die Gleichungen (HD8) sowie (HD10) oder (HD11) als Funktion des Anteils der Hähne an der Population gegeben. Es wird von einem Hähne-Anteil von 50 % ausgegangen. Zur Ableitung einer mathematisch geschlossenen Mastdauer-Formel wird von der linearisierten Wachstumsfunktion (HD11) Gebrauch gemacht.

*TWP* is deduced from the annual cumulative carcass weight (i.e. the German broiler production before correction due to imports and exports) using the number of animal places reported and slaughter weights as described with Equation (HD30).

*TWP* wird mit Hilfe von Tierplatzzahl und Schlachtausbeutefaktor (s. Gleichung (HD30)) aus der jährlichen Brutto-Gesamtschlachtfleischmenge, d. h. der deutschen Hähnchenfleischproduktion vor Anrechnung von Im- und Exporten, abgeleitet:

$$TWP = \frac{\Sigma w_{\text{carcass}}}{c_{w, \text{br}} \cdot n_{\text{br}}} \cdot \beta \tag{2}$$

where

<i>TWP</i>	total weight produced per place and year (in kg place <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Sigma w_{\text{carcass}}$	overall mass of broilers slaughtered (carcass weight) (in Mg a <sup>-1</sup> )
$c_{w, \text{br}}$	ratio of carcass weight to final live weight (in kg kg <sup>-1</sup> )
$n_{\text{br}}$	number of broiler breeding places
$\beta$	mass conversion factor ( $\beta = 10^3$ kg Mg <sup>-1</sup> )

Equation (2) is used to replace *TWP* in (1).  $c_w$  is expressed using (HD30), and the number of rounds,  $n_{\text{round}}$ , by a combination of (HD1), (HD2) and (HD3) described as a function of the number of days of the fattening period,  $k_{\text{fin}}$ . Finally, in the modified Equation (1)  $w_{\text{br, kfin}}$  has to be replaced by  $k_{\text{fin}}$  using Equations (HD8) and (HD11). Thus, for a cock to hen ratio of 1, a third order equation for  $k_{\text{fin}}$  can be derived which only requires the knowledge of the cumulative carcass weight per place and year ( $\Sigma w_{\text{carcass}} \cdot n_{\text{br}}^{-1}$ ) and the weight gain factor  $r_g$  as input variables:

Mit Hilfe von (2) wird *TWP* in (1) ersetzt, wobei  $c_w$  mit Hilfe von (HD30) auszudrücken und die Durchgangszahl  $n_{\text{round}}$  durch Kombination von (HD1), (HD2) und (HD3) als Funktion der Mastdauer-Maßzahl  $k_{\text{fin}}$  darzustellen ist. In der so modifizierte Gleichung (1) ist schließlich noch  $w_{\text{br, kfin}}$  mit Hilfe von (HD8) und (HD11) durch  $k_{\text{fin}}$  zu ersetzen. Bei gleichen Anteilen von Hähnen und Hennen ergibt sich eine kubische Gleichung für  $k_{\text{fin}}$ , die nur die Schlachtfleischmenge pro Platz und Jahr ( $\Sigma w_{\text{carcass}} \cdot n_{\text{br}}^{-1}$ ) und den Zuwachsfaktor  $r_g$  als Eingabegrößen benötigt:

$$k_{\text{fin}}^3 + \Theta \cdot k_{\text{fin}}^2 + \Omega \cdot k_{\text{fin}} + \Psi = 0 \tag{3}$$

where

$k_{\text{fin}}$	dimension-less duration of fattening period, cf. Equation (HD1)
------------------	---

and

$$\Theta = d_s^{-1} \cdot \left[ c_s - \frac{\alpha \cdot r_g^2 \cdot b_c \cdot (b_{g, \text{male}} + b_{g, \text{female}})^2}{4 \cdot (\Sigma w_{\text{carcass}} \cdot n_{\text{br}}^{-1})} \right] \tag{3a}$$

$$\Omega = d_s^{-1} \cdot \left[ \frac{\alpha \cdot r_g \cdot (a_c + 2 \cdot b_c \cdot u) \cdot (b_{g, \text{male}} + b_{g, \text{female}})}{2 \cdot (\Sigma w_{\text{carcass}} \cdot n_{\text{br}}^{-1})} + b_s \right] \tag{3b}$$

$$\Psi = d_s^{-1} \cdot \left[ \frac{\alpha \cdot (a_c \cdot u + b_c \cdot u^2)}{\Sigma w_{\text{carcass}} \cdot n_{\text{br}}^{-1}} + a_s \right] \tag{3c}$$

$$u = w_{\text{start}} + 0.5 \cdot r_g \cdot (a_{g, \text{male}} + a_{g, \text{female}}) \tag{3d}$$

with

$r_g$	growth relative to reference (in kg kg <sup>-1</sup> )
$\Sigma w_{\text{carcass}}$	overall mass of broilers slaughtered (carcass weights) (in Mg a <sup>-1</sup> )
$n_{\text{br}}$	number of broiler breeding places
$w_{\text{start}}$	animal start weight (in kg animal <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time unit conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$a_c$	constant ( $a_c = 0.617494 \text{ kg animal}^{-1}$ )
$b_c$	constant ( $b_c = 0.039585 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$a_{g, \text{male}}$	constant ( $a_{g, \text{male}} = -1010.7 \cdot 10^{-3} \text{ kg animal}^{-1}$ )
$a_{g, \text{female}}$	constant ( $a_{g, \text{female}} = -645.3 \cdot 10^{-3} \text{ kg animal}^{-1}$ )
$b_{g, \text{male}}$	constant ( $b_{g, \text{male}} = 78.343 \cdot 10^{-3} \text{ kg animal}^{-1}$ )
$b_{g, \text{female}}$	constant ( $b_{g, \text{female}} = 61.586 \cdot 10^{-3} \text{ kg animal}^{-1}$ )
$a_s$	constant ( $a_s = -60.914475 \text{ d round}^{-1}$ )
$b_s$	constant ( $b_s = 4.2491700 \text{ d round}^{-1}$ )
$c_s$	constant ( $c_s = -0.0764686 \text{ d round}^{-1}$ )
$d_s$	constant ( $d_s = 0.000458 \text{ d round}^{-1}$ )

Equation (3) can be solved analytically (see e.g. Bartsch, 1974):

Die mathematisch geschlossene Lösung von Gleichung (3) lautet (siehe z. B. Bartsch, 1974):

$$k_{\text{fin}} = \left[ \cos\left(\frac{\varphi + \pi}{3}\right) \right] \cdot \left(\frac{|p|}{3}\right)^{1/2} - \frac{\theta}{3} \quad (4)$$

where

$k_{\text{fin}}$	dimension-less duration of fattening period, cf. Equation (HD1)
$\pi$	3.14159265358979...

and

$$\varphi = \arccos\left[\left(\frac{q}{2}\right) \cdot \left(\frac{|p|}{3}\right)^{-3/2}\right] \quad (4a)$$

$$p = \Omega - \frac{\theta^2}{3} \quad (4b)$$

$$q = \frac{2}{27} \theta^3 - \frac{1}{3} \theta \cdot \Omega + \psi \quad (4c)$$

In contrast to Equation (HD1),  $k_{\text{fin}}$  in Equation (4) is no longer an integer as these equation describes a mean duration of the fattening period. Figure 1 illustrates the lifespans  $\tau_{\text{lifespan}} = k_{\text{fin}} \cdot \tau_{\text{day}}$  (see Equation (HD1)).

The duration of the fattening period can then be used to calculate the mean ME requirements for cocks and hens as well as the mean N excretion according to Haenel and Dämmgen (2009). The emission explaining variables to be calculated in addition are the duration of the service period and the slaughter yield.

Da mit Gleichung (4) eine mittlere Mastdauer ermittelt wird, ist  $k_{\text{fin}}$  im Gegensatz zu Gleichung (HD1) im Allgemeinen keine ganze Zahl. Abbildung 1 zeigt die mit Hilfe von (4) berechnete Mastdauer  $\tau_{\text{lifespan}} = k_{\text{fin}} \cdot \tau_{\text{day}}$  (vgl. Gleichung (HD1)).

Mit Hilfe der so berechneten Mastdauer kann der über Hähne und Hennen gemittelte ME-Bedarf sowie die mittlere N-Ausscheidung nach Haenel and Dämmgen (2009) berechnet werden. Als Emissionen erklärende Größen sind die mittlere Service-Dauer und Schlachtausbeute zu berechnen.

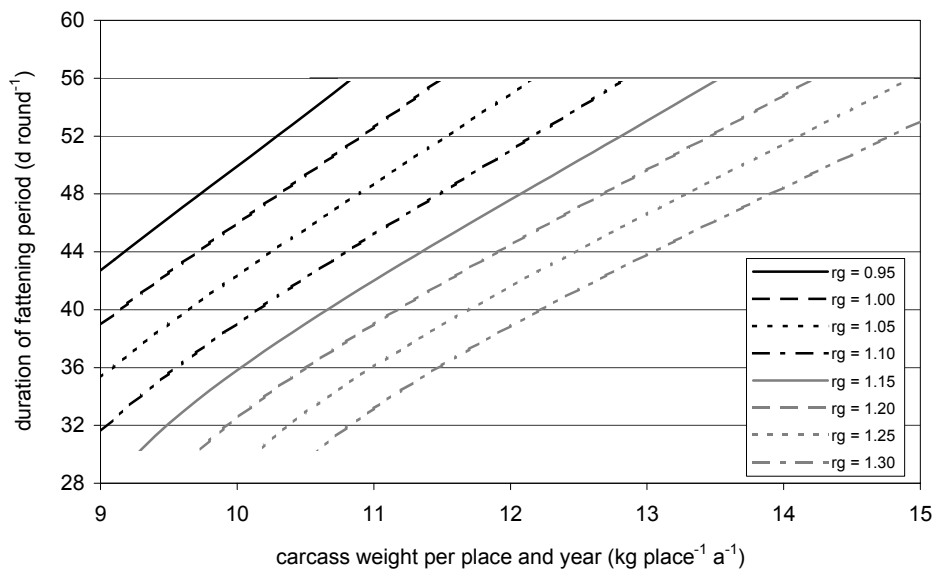


Figure 1:

Duration of fattening period  $\tau_{\text{lifespan}} = k_{\text{fin}} \cdot \tau_{\text{day}}$  with  $k_{\text{fin}}$  according to equation (4) as a function of the cumulative carcass weight per place per year ( $\sum W_{\text{carcass}} \cdot n_{\text{br}}^{-1}$ ) and the growth relative to reference  $r_g$  (curve family parameter, in  $\text{kg kg}^{-1}$ ).

Abbildung 1:

Mastdauer  $\tau_{\text{lifespan}} = k_{\text{fin}} \cdot \tau_{\text{day}}$  mit  $k_{\text{fin}}$  nach Gleichung (4) als Funktion von Schlachtfleischmenge pro Platz und Jahr ( $\sum W_{\text{carcass}} \cdot n_{\text{br}}^{-1}$ ) und Zuwachsfaktor  $r_g$  (Scharparameter, in  $\text{kg kg}^{-1}$ ).

### 2.3 Discussion of the model results

The calculation procedure described above is based on slaughter data and does not reflect the variety of fattening procedures potentially involved. Its correctness is therefore checked using calculations that take these types of fattening procedures into account, in particular the ME requirements and the N excretion rate according to Haenel and Dämmgen (2009). Criteria for this comparison are the duration of the fattening period, the number of animal rounds and N excretion rates. A number of fattening procedure type mixes were generated with animal weights that may well have described the situation in 2005, see Table 1. For each of these mixes an average number of animal rounds was calculated. Additionally, *TWP* was derived and converted into carcass weight per place and year as required as input to Equation (4), see Table 1. This conversion was done by using the slaughter factor according to Equation (HD30).

The calculation of a mean fattening period duration by Equation (4) does not account for different subsequent feeding phases. Therefore all calculations were done using constant feeding properties, i. e. the properties of the fattening-phase feeding, see Table 4. This simplification is of minor influence on N excretion results (cf. Haenel and Dämmgen, 2009, Section 4.2) and of no concern for the following comparison of results.

### 2.3 Diskussion der Modellergebnisse

Der oben beschriebene Berechnungsansatz auf Basis von Schlachtdaten beinhaltet keine Differenzierung nach Mastverfahren. Er wurde deshalb anhand von Berechnungen überprüft, die unter Berücksichtigung von Mastkennwerten mit Hilfe des in Haenel und Dämmgen (2009) entwickelten Gleichungssatzes durchgeführt wurden (ME-Bedarf, mittlere N-Ausscheidung). Als Vergleichskriterien wurden Mastdauer, Durchgangszahl und N-Ausscheidung gewählt. Die Berechnungen erfolgten für eine Auswahl an Mastverfahren-Kombinationen mit Tiergewichtsdaten, die als typisch für das Jahr 2005 angesehen werden können, siehe Tabelle 1. Die sich daraus ergebende Durchgangszahl sowie die Größe *TWP* führten mit Hilfe von Gleichung (HD30) zur Schlachtmenge pro Platz und Jahr, die wiederum als Eingangsgröße für die Modellrechnung mit Gleichung (4) diente, siehe Tabelle 1.

Die Mastdauer-Berechnung mit Gleichung (4) kennt mangels Berücksichtigung von Mastverfahrendetails auch keine phasengestaffelten Futtereigenschaften, weshalb alle Berechnungen mit konstanten Futtereigenschaften durchgeführt wurden (Mastfutterkennwerte für 2005 nach Tabelle 4). Der Einfluss dieser Vereinfachung auf die N-Ausscheidung ist gering (vgl. Haenel und Dämmgen, 2009, Abschnitt 4.2) und für den hier anstehenden Ergebnisvergleich unerheblich.

The parameterisation of the slaughter yield according to Equation (HD30) is common to both calculation approaches. Thus the comparison given in Table 1 does not allow judgement of the validity of (HD30). However, this will be possible in Section 4.1 in the context of the calculation of time series.

The calculations, the results of which are displayed in Table 1, are based on the following conditions:

- relation of animal places of cocks and hens always 1 to 1;
- rapid fattening: fattening period 33 d round<sup>-1</sup>, service period 12.5 d round<sup>-1</sup>;
- split fattening: mean fattening period 38.3 d round<sup>-1</sup>, effective service period 15.4 d round<sup>-1</sup> (see context to Equation (HD30));
- extended fattening: fattening period 56 d round<sup>-1</sup> for cocks, 42 d round<sup>-1</sup> for hens, service period 17.6 d round<sup>-1</sup> for cocks and hens;
- growth relative to reference  $r_g = 1.244$ ;
- feed: ME content 13.0 MJ kg<sup>-1</sup> ME, XP content 0.21 kg kg<sup>-1</sup> XP.

Die Schlachtausbeute-Parametrisierung (HD30) ist bei den Berechnungsansätzen gemeinsam, weshalb der hier beschriebene Vergleich keine Aussage über die Güte dieser Parametrisierung zulässt. Dies ist erst in Abschnitt 3.1 im Rahmen der Zeitreihenerstellung möglich.

Zusammengefasst lauten die Rahmenbedingungen für die Vergleichsberechnungen, deren Ergebnisse in Tabelle 1 gezeigt werden:

- Tierplatzverhältnis von Hähnen zu Hennen generell 1:1;
- Kurzmast: Mastdauer 33 d Durchgang<sup>-1</sup>, Reinigungsdauer 12,5 d Durchgang<sup>-1</sup>;
- Splittingmast: mittlere Mastdauer 38,3 d Durchgang<sup>-1</sup>, effektive Reinigungsdauer 15,4 d Durchgang<sup>-1</sup> (siehe dazu Kontext zu Gleichung (HD30));
- Langmast: Mastdauer 56 d Durchgang<sup>-1</sup> für Hähne, 42 d Durchgang<sup>-1</sup> für Hennen, Reinigungsdauer einheitlich 17,6 d Durchgang<sup>-1</sup>;
- Zuwachsfaktor  $r_g = 1,244$ ;
- Futter: ME-Gehalt 13,0 MJ kg<sup>-1</sup> ME, XP-Gehalt 0,21 kg kg<sup>-1</sup> XP.

Table 1:

Comparison of mean duration of fattening period, mean number of animal rounds and mean N excretion obtained with two different calculation procedures. All data are based on the animal weight level of 2005. For details see text.

Tabelle 1:

Vergleich der Mittelwerte von Mastdauer, Durchgangszahl und N-Ausscheidung für zwei verschiedene Berechnungsansätze. Alle Daten beruhen auf dem Tiergewichtsniveau von 2005. Details siehe Text.

share of animal places %			total live weight produced <i>TWP</i> kg place <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	total carcass weight $\sum w_{\text{carcass}}$ kg place <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	mean duration of fattening period d round <sup>-1</sup>		mean number of animal rounds per year a <sup>-1</sup>		mean N excretion per place per year g place <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
rapid fattening	split fattening	extended fattening			combined results	derived with eq. (4)	combined results	derived with eq. (4)	combined results	derived with eq. (4)
100.0	0.0	0.0	15.078	10.432	33.00	32.80	8.02	8.08	419	419
75.0	25.0	0.0	15.297	10.667	34.33	34.37	7.68	7.64	436	436
50.0	50.0	0.0	15.516	10.901	35.65	35.83	7.36	7.29	452	452
25.0	75.0	0.0	15.736	11.136	36.98	37.22	7.07	7.00	468	469
0.0	100.0	0.0	15.955	11.370	38.30	38.55	6.80	6.75	484	485
50.0	0.0	50.0	16.489	11.964	41.00	41.74	6.51	6.26	516	524
0.0	50.0	50.0	16.927	12.433	43.65	44.14	6.07	5.96	548	555
0.0	0.0	100.0	17.900	13.496	49.00	49.37	5.48	5.45	613	623

Table 1 illustrates that Equation (4) slightly overestimates the duration of the fattening period, except for the short fattening. As a consequence, the number of animal rounds is marginally underestimated. The first five lines in Table 1 describe fattening procedure combinations realistic for Germany. For these scenarios, the calculation based on equation (4) provides a very good tool to estimate N excretion rates. If the share of extended fattening increases, an overestimation of the N excretion rate of up to 2 % is observed. This just reflects that Equation (4) has been

Tabelle 1 zeigt, dass, außer für die Kurzmast, Gleichung (4) die Mastdauer leicht über- und die Durchgangszahl entsprechend unterschätzt. Die ersten fünf Zeilen in Tabelle 1 sind wegen der in Deutschland vorherrschenden Kurz- und Splittingmast von besonderer Bedeutung. Für diese Szenarios liefert die Berechnung unter Verwendung von (4) sehr gute Ergebnisse bei den N-Ausscheidungen. Bei größeren Langmast-Anteilen wird die N-Ausscheidung bis zu 2 % überschätzt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Gleichung (4) auf der linearisierten Wachstumsfor-



derived using the linear growth function (HD11) which, strictly, is not valid for extended fattening. However, keeping in mind the other uncertainties mentioned above, the deviations seem tolerable.

Similar results can be found for all years since 1990. The parameterisation of the ratio of carcass weight to final live weight, Equation (HD30), will be checked in Section 3.1.

### 3 Time series

#### 3.1 Fattening period, animal weight and ratio of carcass weight to final live weight

Final live weight and therefore also the cumulative metabolic weight are functions of the fattening-period duration, cf. Haenel and Dämmgen (2009). The duration of the fattening period is not reported by official statistics. Hence, as described in section 2.2, it has to be derived from the carcass weight total per place and year. For this purpose, the ratio of cocks to hens is assumed to be 1.

Table 2 displays the calculated data for the time series of input data as well as calculated duration of fattening period, final live weight and cumulative metabolic weight. In addition, Table 2 shows results obtained from Equation (HD30) for the ratio of carcass weight to final live weight.

For the years where input data required are not available, the time series have been completed as follows (set in italics in Table 2):

- Data for 1990 and 1991 as for 1992,
- in all other years with data gaps the respective value of the previous year is used.

The remarkably heavy final weights in 2005 and 2006 are not due to the use of the linearised weight gain Equation (HD11) in the derivation of the fattening period Equation (4). The fattening period duration calculated for 2005/2006 is 46.1 days and therefore still in the range of the validity of the linearised weight gain Equation (HD11). However, 46.1 days per round is very long, bearing in mind that short and split fattening predominate in Germany. A potential explanation for the unexpectedly long fattening period and the resulting high animal weights could be that the number of animal places used for 2005 were obtained from a sample survey and thus potentially underestimated in relation to animal numbers in former years (ZMP 2006, pg. 57). Such an error cannot be quantified and cannot be corrected.

Table 2 illustrates the marked decrease in both the duration of the fattening period and the mean final weights between the mid-nineties and about 2000. This trend is also observed for the calculated slaughter yields.

Figure 2 displays those calculated yields, which are not based on data gap closure (1992, 1994, 1996, 1999, 2001

mel (HD11) aufbaut, die für die Langmast im strengen Sinne nicht gültig ist. In Anbetracht der übrigen Unsicherheiten im Datengefüge erscheinen die Abweichung aber tolerierbar.

Vergleichbare Ergebnisse findet man für alle Jahre seit 1990. Zur Überprüfung der Schlachtausbeute-Parameterisierung, Gleichung (HD30), siehe Abschnitt 3.1.

### 3 Zeitreihen

#### 3.1 Mastdauer, Tiergewicht und Schlachtausbeute

Lebendendgewicht und damit auch kumuliertes metabolisches Gewicht sind eine Funktion der Mastdauer, siehe Haenel und Dämmgen (2009). Die Mastdauer wird durch die amtliche Statistik nicht erhoben, und muss daher wie in Abschnitt 2.2 beschrieben aus der Schlachtmenge pro Platz und Jahr abgeleitet werden. Das Geschlechterverhältnis wird dabei praxiskonform mit 1:1 angenommen.

Tabelle 2 zeigt die Zeitreihen von Eingangsdaten sowie Berechnungsergebnissen zu Mastdauer, Lebendendgewicht und kumulativem metabolischem Gewicht. Ergänzend finden sich in Tabelle 2 Ergebnisse für den Schlachtausbeutefaktor, wie er sich über Gleichung (HD30) aus dem Lebendendgewicht ergibt.

Für die Jahre, in denen die erforderlichen Inputdaten nicht vorlagen, wurden die Ergebnisdaten wie folgt ergänzt (in Tabelle 2 kursiv gesetzt):

- Werte von 1990 und 1991 wie Wert für 1992,
- Werte in allen übrigen Lückenjahren wie der Wert des jeweiligen Vorjahres.

Das bemerkenswert hohe Tierendgewicht für 2005/2006 ist nicht auf die Verwendung der linearisierten Wachstums-Gleichung (HD11) bei der Ableitung der Mastdauer-Gleichung (4) zurückzuführen, da die für 2005/2006 errechnete Mastdauer mit 46,1 Tagen noch im Gültigkeitsbereich der linearisierten Wachstums Gleichung (HD11) liegt. Gemessen daran, dass in Deutschland Kurz- und Splittingmast vorherrschen, stellen 46,1 Tage eine sehr lange Mastdauer dar. Eine mögliche Erklärung für die unerwartet hohen Werte von Mastdauer und Endgewicht könnte darin liegen, dass 2005 die Zahl der Tierplätze 2005 abweichend von den Jahren zuvor lediglich in einer repräsentativen Umfrage erhoben und dabei unterschätzt wurde (ZMP 2006, S. 57). Ein solcher Fehler ist nicht quantifizierbar und kann daher nicht korrigiert werden.

Tabelle 2 zeigt einen starken Rückgang in Mastdauer und Endgewicht ab etwa Mitte der 1990er Jahre bis ca. 2000. Dieser Trend findet sich auch bei den berechneten Schlachtausbeute-Faktoren wieder.

Abbildung 2 zeigt alle nicht durch Datenlückenschließung entstandene Faktoren (1992, 1994, 1996, 1999,

Table 2:

Calculated values of the duration of the fattening period, live weight und ratio of carcass weight to final live weight. For details see text. Data obtained from gap closing procedures are set in italics.

Tabelle 2:

Berechnete Werte von Mastdauer, Lebendendgewicht, kumulativem metabolischem Gewicht sowie Schlachtausbeute (Details s. Text). Auf Lückenschluss zurückgehende Daten sind kursiv gesetzt.

Year	cumulative carcass weight <sup>a</sup> Gg a <sup>-1</sup>	animal places <sup>a</sup> 1000 places	lifespan d round <sup>-1</sup>	number of rounds per year place <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	$w_{kfin}$ (average cocks and hens) kg animal <sup>-1</sup>	$w_{kfin}$ (cocks) kg animal <sup>-1</sup>	$w_{kfin}$ (hens) kg animal <sup>-1</sup>	cumulative metabolic weight (cocks) kg d animal <sup>-1</sup>	cumulative metabolic weight (hens) kg d animal <sup>-1</sup>	ratio of carcass weight to $w_{kfin}$ kg kg <sup>-1</sup>
1990		35393	41.7	6.27	2.134	2.301	1.967	36.53	33.41	0.702
1991	322.7		41.7	6.27	2.134	2.301	1.967	36.53	33.41	0.702
1992	344.3	36666	41.7	6.27	2.134	2.301	1.967	36.53	33.41	0.702
1993	348.7		41.7	6.27	2.134	2.301	1.967	36.53	33.41	0.702
1994	364.5	40686	35.8	7.29	1.787	1.909	1.664	27.09	24.94	0.688
1995	360.8		35.8	7.29	1.787	1.909	1.664	27.09	24.94	0.688
1996	387.9	43366	33.0	8.03	1.633	1.733	1.532	23.15	21.43	0.682
1997	402.8		33.0	8.03	1.633	1.733	1.532	23.15	21.43	0.682
1998	444.4		33.0	8.03	1.633	1.733	1.532	23.15	21.43	0.682
1999	460.2	49334	32.0	8.34	1.640	1.737	1.543	22.47	20.85	0.682
2000	533.9		32.0	8.34	1.640	1.737	1.543	22.47	20.85	0.682
2001	560.6	51386	40.3	6.47	2.371	2.552	2.190	37.82	34.60	0.711
2002	571.4		40.3	6.47	2.371	2.552	2.190	37.82	34.60	0.711
2003	618.5	54611	40.4	6.45	2.458	2.646	2.269	38.96	35.64	0.715
2004	705.7		40.4	6.45	2.458	2.646	2.269	38.96	35.64	0.715
2005	728.4	56763	46.1	5.75	3.027	3.281	2.773	52.72	48.09	0.737
2006			46.1	5.75	3.027	3.281	2.773	52.72	48.09	0.737

<sup>a</sup> Source: ZMP (1990 – 2006)

and 2003), along with reported data (Culioli et al., 1990, see Grashorn, 2000; Damme, 2001; Damme et al., 2005; Grashorn und Brose, 1997, see Grashorn, 2000; Hadorn und Wiedmer, 1998; Soliman et al., 1990; Tiller, 1990; Tüller et al., 1990; Tüller und Velten, 1991). Note that some of the reported slaughter yields were used to derive the yield parameterisation used above (Equation (HD30)). However, as the parameterisation has been derived without relation to time, the time series presentation in Figure 2 may serve as a test for the quality of the parameterisation. Obviously the calculated yield results fit reasonably well with the data reported from practice. This means that the slaughter yield parameterisation can be judged a useful contribution to the calculation method for broiler excretions.

2001, 2003 und 2005) sowie Faktoren aus einer Auswahl von Schlachtuntersuchungen (Culioli et al., 1990, zitiert in Grashorn, 2000; Damme, 2001; Damme et al., 2005; Grashorn und Brose, 1997, zitiert in Grashorn, 2000; Hadorn und Wiedmer, 1998; Soliman et al., 1990; Tiller, 1990; Tüller et al., 1990; Tüller und Velten, 1991). Einige dieser Faktoren aus Schlachtuntersuchungen wurden in Haenel und Dämmgen (2009) zwar zur Parameterisierung des Schlachtausbeutefaktors herangezogen (Gleichung (HD30)), allerdings ohne Zeitbezug, so dass die Zeitreihendarstellung in Abbildung 2 als ein Test für die Güte der Parameterisierung gelten kann. Die berechneten Werte fügen sich hinreichend gut in das Gesamtbild der aus der Praxis stammenden Daten ein, womit die Parameterisierung als sinnvoller Bestandteil der Ausscheidungsberechnung gelten kann.

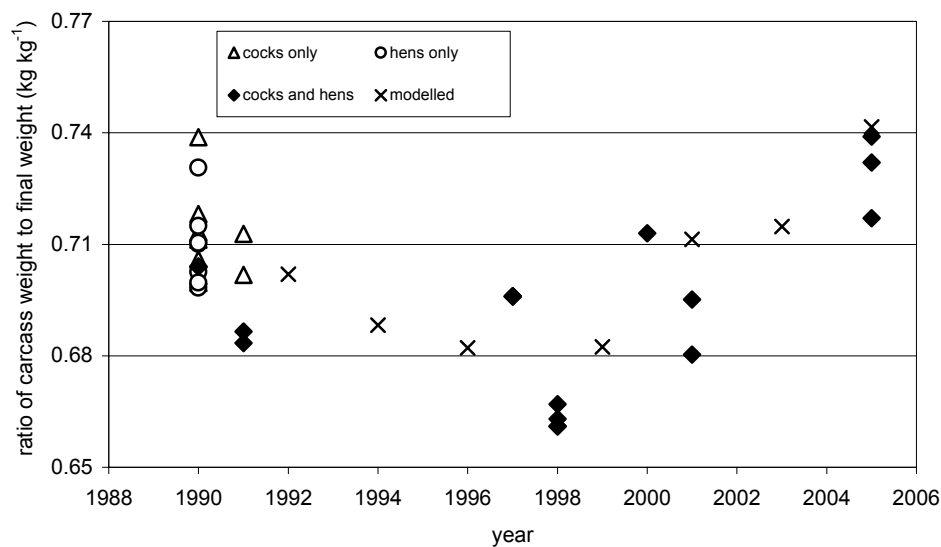


Figure 2:

Time series of the ratios of carcass weight to final live weight combined with calculated data (no data from gap filling procedures). For details see text.

Abbildung 2:

Zeitreihendarstellung der berechneten Schlachtausbeute-Faktoren (ohne Daten aus Lückenschluss-verfahren) im Vergleich mit Faktoren aus einer Auswahl von Schlachtuntersuchungen. Zu Details siehe Text.

### 3.2 Feed contents of ME and XP

To establish times series on base of carcass weight data there is a need to determine effective feed properties, cf. Section 2.2. These can be approximated according to Haenel and Dämmgen (2009). In practice, the estimation of effective feed properties has to rely on data declared by the feed producers. Analysed feed properties are not readily available in general. Figure 3 shows the fattening feed properties reported from breeding line and feed contests, see Anonymus (1997), Anonymus (2001), Damme (1994, 1995, 1997), Damme and Rychlik (2001), Klein (1991a, 1991b), Lüke et al., (2004), Poteracki (1991, 1994, 1995, 1996), Poteracki and Adam (1993a, 1993b), Poteracki et al. (1994), Simon (2001), and Simon and Stegemann (2005).

The dashed regression lines in Figure 3 roughly indicate the respective trend over the years. However, the lean data base does not permit the use of this trend for the N excretion rate calculations. This is confirmed by low coefficients of determination. In order not to underestimate N excretions, subsequent calculations are based on the minimum feed contents of ME and the maximum feed content of XP. These data are displayed in Table 3 in Section 3.3. It is assumed that the data missing for 2006 can be approximated by the 2005 data.

### 3.2 ME- und XP-Gehalte im Futter

Für die Erstellung von Zeitreihen auf Basis von Schlacht-daten bedarf es der Ermittlung von effektiven Futtereigenschaften, vgl. Abschnitt 2.2. Nach Haenel and Dämmgen (2009) können diese durch die Eigenschaften des Mastfutters approximiert werden. Dafür stehen in der Praxis statt analysierter Futtereigenschaften nur die Herstellerdeklarationen zur Verfügung. Abbildung 3 zeigt die von Herkunfts- und Futtermittelprüfungen berichteten deklarierten Futtereigenschaften, siehe Anonymus (1997), Anonymus (2001), Damme (1994, 1995, 1997), Damme und Rychlik (2001), Klein (1991a, 1991b), Lüke et al., (2004), Poteracki (1991, 1994, 1995, 1996), Poteracki und Adam (1993a, 1993b), Poteracki et al. (1994), Simon (2001) und Simon und Stegemann (2005).

Die gestrichelten Regressionsgeraden deuten den zeitlichen Trend an. Allerdings erlaubt die Datenbasis nicht, den Trend zur Berechnung der N-Ausscheidungen zu verwenden. Auch die (nicht dargestellten) niedrigen Bestimmtheitsmaße sprechen dagegen. Zur Vermeidung einer Unterschätzung der N-Ausscheidungen wird daher im Folgenden mit dem minimal angegebenen ME- und dem maximal angegebenen XP-Gehalt gerechnet. Diese Werte zeigt Tabelle 3 in Abschnitt 3.3. Die fehlenden Angaben für 2006 können vermutlich durch die Daten von 2005 approximiert werden.

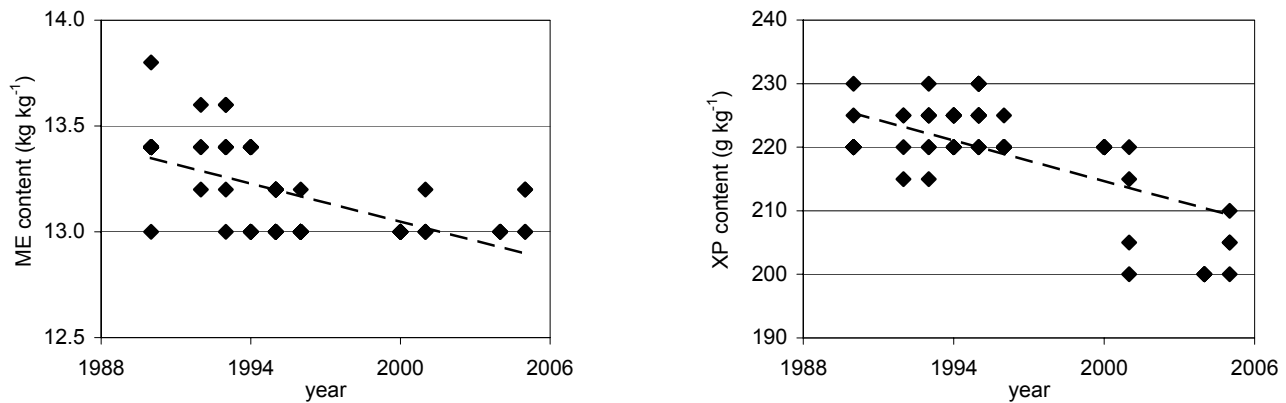


Figure 3:

ME (left) and XP (right) contents of feeds (fattening period) as declared by producers according to breeding line and feed performance contests. Trends are tentatively indicated by dashed lines.

Abbildung 3:

ME-Gehalte (links) und XP-Gehalte (rechts) (Herstellerangaben) im Mastfutter der Herkunfts- und Futterwertleistungsprüfungen. Andeutung der Trends durch gestrichelte Regressionsgeraden.

### 3.3 ME requirements and feed intake

The calculation method based on carcass weight data requires phase-independent constant feed property data as well as a gender-independent N retention data. Hence, the total requirement of ME as averaged over one round for both cocks and hens can be used as input data. The daily feed intake per place averaged over one round is then given by the following equation (see also Table 3):

$$m_{F, \text{day}} = \frac{ME_{br}}{\eta_{ME, \text{feed}}} \quad (5)$$

where

$m_{F, \text{day}}$  daily feed intake per place (in kg d<sup>-1</sup> place<sup>-1</sup>)  
 $ME_{br}$  daily metabolizable energy averaged over one round (in MJ place<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ME)  
 $\eta_{ME, \text{feed}}$  phase-independent content of metabolizable energy in feed (in MJ kg<sup>-1</sup> ME)

### 3.3 ME-Bedarf und Futteraufnahme

Im Berechnungsverfahren auf Basis von Schlachtdaten werden phasenunabhängige konstante Futterkennwerte und eine geschlechtsunabhängige N-Retention vorausgesetzt. Daher kann der über einen Durchgang und beide Geschlechter gemittelte Gesamt-ME-Bedarf  $ME_{br}$  als Eingangsgröße verwendet werden. Daraus folgt für die über einen Durchgang gemittelte tägliche Futteraufnahme pro Platz, siehe auch Tabelle 3:

Table 3:

Feed contents of ME and XP as used for the calculation of the time series. In addition, data of daily ME requirements and feed intake are given (averaged over one round) Data generated by data gap closure are set in italics. For details see text.

Tabelle 3:

Für die Zeitreihenberechnung verwendete XP- und ME-Gehalte. Zusätzlich angegeben ist das auf die Durchgangsdauer bezogene Tagesmittel des Bedarfs an umsetzbarer Energie und Futteraufnahme. Durch Lückenschluss in den Inputdaten entstandene Ergebnisse sind kursiv gesetzt. Details siehe Text.

Year	XP content kg kg <sup>-1</sup>	ME content MJ kg <sup>-1</sup>	ME requirements MJ place <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	feed intake g place <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
1990	0.23	13.0	<i>0.893</i>	<i>68.7</i>
1991	0.23	13.0	<i>0.893</i>	<i>68.7</i>
1992	0.23	13.0	<i>0.893</i>	<i>68.7</i>
1993	0.23	13.0	<i>0.893</i>	<i>68.7</i>
1994	0.23	13.0	<i>0.821</i>	<i>63.2</i>
1995	0.23	13.0	<i>0.821</i>	<i>63.2</i>
1996	0.23	13.0	<i>0.802</i>	<i>61.7</i>
1997	0.23	13.0	<i>0.802</i>	<i>61.7</i>
1998	0.23	13.0	<i>0.802</i>	<i>61.7</i>
1999	0.22	13.0	<i>0.825</i>	<i>63.5</i>
2000	0.22	13.0	<i>0.825</i>	<i>63.5</i>
2001	0.22	13.0	<i>0.999</i>	<i>76.8</i>
2002	0.22	13.0	<i>0.999</i>	<i>76.8</i>
2003	0.21	13.0	<i>1.031</i>	<i>79.3</i>
2004	0.21	13.0	<i>1.031</i>	<i>79.3</i>
2005	0.21	13.0	<i>1.183</i>	<i>91.0</i>
2006	<i>0.21</i>	<i>13.0</i>	<i>1.183</i>	<i>91.0</i>

### 3.4 VS and N excretions

Excretions of volatile solids (VS) are considered a measure for the excretion of carbon compounds. VS is determined from the total mass of dried excretions (as loss due to incineration at 800 °C).

VS excretions are determined according to the following IPCC (1996) equation which is gender-independent:

$$VS_{br} = GE_{br} \cdot \frac{1}{\eta_{E, br}} \cdot (1 - X_{DE, br}) - x_{ash, br} \quad (6)$$

where

$VS_{br}$	volatile solids (readily digestible carbon) (in kg d <sup>-1</sup> DM)
$GE_{br}$	gross energy intake of broilers (in MJ place <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{E, br}$	energy content of dry matter ( $\eta_{E, br} = 16.18 \text{ MJ kg}^{-1}$ , see Wecke et al., 2006)
$X_{DE, br}$	digestibility of feed ( $X_{DE, br} = 0.78 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see below)
$x_{ash, br}$	ash content of the manure ( $x_{ash, br} = 0.18 \text{ kg kg}^{-1}$ , see below)

Based on a literature study by Hennig and Poppe (1975), the ash content in broiler excreta is assumed to be  $x_{ash, br} = 0.18 \text{ kg kg}^{-1}$ . For the digestibility  $X_{DE, br}$  no information was

### 3.4 VS- und N-Ausscheidungen

Als Maß für die Ausscheidung von Kohlenstoff-Verbindungen werden die Ausscheidungen an „volatile solids (VS)“ betrachtet. Sie werden aus der Gesamtmasse der getrockneten Ausscheidungen als Glühverlust bei 800 °C bestimmt.

Die VS-Ausscheidungen werden geschlechtsübergreifend nach der folgenden Gleichung berechnet (IPCC, 1996):

Basierend auf einer Literaturlauswertung in Hennig und Poppe (1975) wird der Aschegehalt im Broiler-Kot mit  $x_{ash, br} = 0,18 \text{ kg kg}^{-1}$  angesetzt. Für die Verdaulichkeit  $X_{DE, br}$  konnten

available. Hence the value used for pullets is adopted (0.78 MJ MJ<sup>-1</sup>, see Haenel and Dämmgen, 2007a). As there is no information to account for variations with time of ash content and digestibility, these data given are taken for constant.

In case the content of gross energy  $GE$  is unknown, it can be derived from the metabolizable energy  $ME$  according to Equation (7).

$$GE_{br} = \frac{ME_{br}}{X_{ME, br}} \quad (7)$$

with

$GE_{br}$	gross energy intake of broilers (in MJ place <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{br}$	daily metabolizable energy averaged over one round (in MJ place <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$X_{ME, br}$	metabolizability (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

The daily mean of the metabolizable energy as averaged for one round,  $ME_{br}$ , can be calculated by Equation (HD22).

According to Wecke et al. (2006)  $X_{ME, br}$  is assumed to be 0.72 MJ MJ<sup>-1</sup>. It is regarded constant with time and space.

Table 3 displays the time series of  $ME_{br}$ , based on animal weight data given in Table 2. Data gap closure was performed analogously to the procedure described in Section 3.1. Data generated for gap closure are set in italics.

The time series of the VS excretions calculated is given in Table 4.

The N excretion averaged over one round for both cocks and hens is given by:

keine Daten ermittelt werden, weshalb der für Junghennen angesetzte Wert 0,78 MJ MJ<sup>-1</sup> (Haenel und Dämmgen, 2007a) verwendet wird. Mangels besserer Informationen werden  $x_{ash, br}$  und  $X_{DE, br}$  als zeitlich konstant angesehen.

Ist der Bruttoenergie-Gehalt  $GE$  nicht bekannt, kann er mit Hilfe der folgenden Beziehung zwischen  $GE$  und umsetzbarer Energie  $ME$  geschätzt werden:

Das auf den gesamten Durchgang bezogene Tagesmittel der metabolisierbaren Energie,  $ME_{br}$ , ist mit Gleichung (HD22) zu berechnen.

Nach Wecke et al. (2006) wird  $X_{ME, br}$  mit 0,72 MJ MJ<sup>-1</sup> angesetzt. Mangels besserer Informationen wird  $X_{ME, br}$  als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Tabelle 3 zeigt die Zeitreihe für  $ME_{br}$ , die auf den Tiergewichtsdaten in Tabelle 2 beruht. Der Lückenschluss erfolgte analog zur Vorgehensweise in Abschnitt 3.1. Durch Lückenschluss in den Inputdaten entstandene Ergebnisse sind kursiv gesetzt.

Die Zeitreihe der berechneten VS-Ausscheidungen wird in Tabelle 4 wiedergegeben.

Für die über einen Durchgang und beide Geschlechter gemittelte N-Ausscheidung gilt:

$$m_{excreted, day} = \frac{\tau_{ref}}{\tau_{round}} \cdot \sum_{j=1}^{k_{fin}} m_{excreted, j} \quad (8)$$

where

$m_{excreted, day}$	amount of nitrogen excreted (in kg place <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> N)
$\tau_{day}$	time period of one day ( $\tau_{day} = 1$ d round <sup>-1</sup> )
$\tau_{round}$	duration of production cycle (in d round <sup>-1</sup> )
$j$	index of day of life
$k_{fin}$	number of final day of fattening period
$m_{excreted, j}$	gender -averaged amount of nitrogen excreted (in kg place <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> N)

Equation (HD29) is used to calculate  $m_{excreted, j}$ . The input data on metabolizable energy and daily feed intake can be taken from Table 3. Table 4 shows the resulting time series of daily N intake, N retention, and N excretion, the latter being given per day as well as per year. In addition, Table 4 shows the uric acid N (UAN) content calculated with an

Für  $m_{excreted, j}$  wird auf Gleichung (HD29) verwiesen. Der dazu benötigte Bedarf an metabolisierbarer Energie sowie die Futteraufnahme sind Tabelle 3 zu entnehmen. Tabelle 4 zeigt die Zeitreihen täglicher Werte von N-Aufnahme, N-Retention und N-Ausscheidung, letztere auf den Tag und aufs Jahr bezogen. Ergänzt wird Tabelle 4 durch die An-

assumed crude protein digestibility of 0.78 kg kg<sup>-1</sup>. Data gap closure was performed according to the procedure described in Section 3.1. Data generated for gap closure are set in italics.

The time course of N excretions is not uniform. In the second half of the 1990ies, fattening periods were relatively short leading to lower final live animal weights and lower N excretions. A contrary trend could be found in the years after 2000 where increasing fattening period durations are observed as well as final live weights increasing due to progresses in broiler breeding.

gabe des Harnsäure-N-(UAN)-Gehaltes, der unter der Annahme einer Rohprotein-Verdaulichkeit von 0,78 kg kg<sup>-1</sup> berechnet wurde. Der Zeitreihen-Lückenschluss (kursiv gesetzt) erfolgte analog zu Abschnitt 3.1.

Der zeitliche Verlauf der N-Ausscheidungen ist uneinheitlich. Kürzere Mastdauern in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre (und die damit verbundenen geringeren Tierendgewichte) führen zu vergleichsweise niedrigen Ausscheidungswerten. Ein gegenläufiger Trend ergibt sich nach 2000, hervorgerufen durch eine wieder länger werdende Mastdauer und höhere Tiergewichte aufgrund des züchterischen Fortschrittes.

Table 4:

Resulting VS excretion (dry matter), N intake, N retention and N excretions per animal place per day. Data relate to one round rather than the fattening period. In addition, the N excretion per place and year is reported, as are the percentages of UAN excreted. For details see text. Results based on input data obtained from gap closing procedures are set in italics.

Tabelle 4:

Über beide Geschlechter gemittelte Berechnungsergebnisse zu VS-Ausscheidung (Trockenmasse), N-Aufnahme, N-Retention und N-Ausscheidung pro Platz und Tag. Die Angaben beziehen sich auf einen Durchgang und nicht nur auf die reine Mastzeit. Ergänzt wird die Tabelle durch die Angabe der N-Ausscheidung pro Platz und Jahr sowie des prozentualen UAN-Anteils an der N-Ausscheidung. Details siehe Text. Durch Lückenschluss in den Inputdaten entstandene Ergebnisse sind kursiv gesetzt.

Year	VS excretion	N intake	N retention	N excretion		UAN content
	g place <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	g place <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	g place <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	g place <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	g place <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
1990	<i>13.8</i>	<i>2.53</i>	<i>1.11</i>	<i>1.42</i>	<i>518</i>	<i>0.608</i>
1991	<i>13.8</i>	<i>2.53</i>	<i>1.11</i>	<i>1.42</i>	<i>518</i>	<i>0.608</i>
1992	<i>13.8</i>	<i>2.53</i>	<i>1.11</i>	<i>1.42</i>	<i>518</i>	<i>0.608</i>
1993	<i>13.8</i>	<i>2.53</i>	<i>1.11</i>	<i>1.42</i>	<i>518</i>	<i>0.608</i>
1994	<i>12.7</i>	<i>2.33</i>	<i>1.05</i>	<i>1.27</i>	<i>464</i>	<i>0.597</i>
1995	<i>12.7</i>	<i>2.33</i>	<i>1.05</i>	<i>1.27</i>	<i>464</i>	<i>0.597</i>
1996	<i>12.4</i>	<i>2.27</i>	<i>1.05</i>	<i>1.22</i>	<i>446</i>	<i>0.591</i>
1997	<i>12.4</i>	<i>2.27</i>	<i>1.05</i>	<i>1.22</i>	<i>446</i>	<i>0.591</i>
1998	<i>12.4</i>	<i>2.27</i>	<i>1.05</i>	<i>1.22</i>	<i>446</i>	<i>0.591</i>
1999	<i>12.8</i>	<i>2.23</i>	<i>1.09</i>	<i>1.14</i>	<i>418</i>	<i>0.571</i>
2000	<i>12.8</i>	<i>2.23</i>	<i>1.09</i>	<i>1.14</i>	<i>418</i>	<i>0.571</i>
2001	<i>15.5</i>	<i>2.70</i>	<i>1.27</i>	<i>1.44</i>	<i>524</i>	<i>0.586</i>
2002	<i>15.5</i>	<i>2.70</i>	<i>1.27</i>	<i>1.44</i>	<i>524</i>	<i>0.586</i>
2003	<i>16.0</i>	<i>2.66</i>	<i>1.31</i>	<i>1.35</i>	<i>494</i>	<i>0.567</i>
2004	<i>16.0</i>	<i>2.66</i>	<i>1.31</i>	<i>1.35</i>	<i>494</i>	<i>0.567</i>
2005	<i>18.7</i>	<i>3.13</i>	<i>1.49</i>	<i>1.64</i>	<i>597</i>	<i>0.579</i>
2006	<i>18.7</i>	<i>3.13</i>	<i>1.49</i>	<i>1.64</i>	<i>597</i>	<i>0.579</i>

#### 4. Discussion and outlook

The calculation procedures developed in the present paper were used to establish continuous time series of VS and N excretions of broilers for the years 1990 to 2006. The results are national means, because the data base available does not allow for a finer spatial resolution.

The underlying mathematical relations provide the means to relate excretions per place and year to the progress in broiler breeding (i. e. increasing daily growth rates)

#### 4. Diskussion und Ausblick

Mit dem in der vorliegenden Arbeit entwickelten Berechnungsverfahren wurden geschlossene Zeitreihen der nationalen Mittelwerte für VS- und N-Ausscheidungen von Masthähnchen und -hühnchen für 1990 bis 2006 erstellt. Die gegebene Datenlage ließ eine feinere räumliche Differenzierung nicht zu.

Die zugrunde liegenden mathematischen Zusammenhänge erlauben es, den Einfluss züchterischen Fortschritts

as well as to the modifications in broiler rearing (in particular increased fattening periods) and feeding.

In case of a limited data base for the derivation of process descriptions, solutions were selected which make sure that excretions are overestimated rather than underestimated.

The resulting N excretions are between  $446 \text{ g place}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N and  $580 \text{ g place}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N. They are lower than the EMEP/CORINAIR default value of  $0.6 \text{ kg place}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N (EMEP/CORINAIR, 2006, B1090, Table 4A). There is no temporal trend in the calculation results. The N excretions during the second half of the 1990ies were lower than those in the first half of the 1990ies and in the years from 2000 on. Maximum N excretion rates of  $580 \text{ g place}^{-1} \text{ a}^{-1}$  were calculated for the years 2005/2006. Increasing excretion rates after 2000 are due to rearing increasingly heavier animals for broiler meat production.

The comparison of calculated N excretions with data in DLG (2005) is preferably based on the data set calculated for 2001. DLG (2005) states a N excretion of  $469 \text{ g place}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N for a fattening period duration of 40 days,  $2.2 \text{ kg}$  growth per place and round and total growth of  $14.7 \text{ kg place}^{-1} \text{ a}^{-1}$  which implies approximately 6.7 rounds per year. Our calculations for 2001 performed for a fattening period duration of 40.3 days, about 6.5 rounds per year, and a growth of  $2.15 \text{ kg}$  per place and round yielded  $524 \text{ g place}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N, which is about 12 % more than the value reported by DLG (2005). However, the N intake calculated for 2001 is  $987 \text{ g}$  per place and year and therefore in practice identical to the value given in DLG (2005) which is  $987 \text{ g}$  per place and year. Thus, the 12 % difference in N excreted is a direct consequence of the N retention formula applied in the calculations, which yields a retention lower than the standard retention value used in DLG (2005) according to LfL (2006).

Calculated VS excretion rates are about  $13.8 \text{ g place}^{-1} \text{ d}^{-1}$  for the early 1990ies. They decrease to  $12.4 \text{ g place}^{-1} \text{ d}^{-1}$  in the second half of the 1990ies, and remarkably rise again from 2001 on. For 2005/2006 the calculated VS excretion amounts to  $18.3 \text{ g place}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , which is due to an increased feed intake resulting from increased animal weight gain rates.

The present paper is a contribution to the scientifically based analysis of potentials of emission mitigation. The process-based calculation procedure developed permits the separate effects of animal properties and parameters of rearing and feeding on the amount of excretions to be estimated. Using these calculations, excretion data can be normalized with respect to the production of broiler meat to be marketed, see Figure 4.

(d. h. steigender täglicher Gewichtszuwächse) und Veränderungen in der Haltung (insbesondere bei der Mastdauer) und der Fütterung auf die Ausscheidungen pro Platz und Jahr nachzuvollziehen.

In Fällen eingeschränkter Datenverfügbarkeit bei der Ableitung von Prozessbeschreibungen wurden Lösungen gewählt, die eher zu einer Über- als einer Unterschätzung der Ausscheidungen führen.

Die berechneten N-Ausscheidungen liegen zwischen  $446 \text{ g Platz}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N und  $580 \text{ g Platz}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N und damit unter dem EMEP/CORINAIR-Defaultwert von  $0,6 \text{ kg Platz}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N (EMEP/CORINAIR, 2006, B1090, Table 4A). Ein zeitlicher Trend ist nicht festzustellen. Die N-Ausscheidungen waren in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre geringer als in der ersten Hälfte und in den Jahren ab 2000. Die maximale N-Ausscheidung von  $580 \text{ g Platz}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ergab sich für 2005/2006. Hierin kommt zum Ausdruck, dass neuerdings erheblich schwerere Tiere in der Hähnchenfleischproduktion eingesetzt werden.

Der Vergleich der berechneten N-Ausscheidungen mit den Angaben in DLG (2005) ist am ehesten anhand des für 2001 berechneten Datensatzes möglich. DLG (2005) gibt für eine Mastdauer von 40 Tagen bei  $2,2 \text{ kg}$  Zuwachs pro Platz und Durchgang und einem Gesamtzuwachs von  $14,7 \text{ kg Platz}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (d. h. rund 6,7 Durchgängen pro Jahr) eine N-Ausscheidung von  $469 \text{ g Platz}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N an. Unsere Berechnungen für 2001 ergaben mit einer Mastdauer von 40,3 Tagen sowie einem Zuwachs von  $2,15 \text{ kg}$  pro Platz und Durchgang bei rund 6,5 Durchgängen pro Jahr eine Ausscheidung von  $524 \text{ g Platz}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N, d. h. ca. 12 % mehr als von DLG (2005) angegeben. Dieser Unterschied ist, da die berechnete N-Aufnahme von  $987 \text{ g}$  pro Platz und Jahr nahezu identisch mit  $984 \text{ g}$  pro Platz und Jahr nach DLG (2005) ist, direkt auf die in der vorliegenden Arbeit ange-setzte Formulierung für die N-Retention zurückzuführen, die niedriger als der von DLG (2005) verwendete Standardwert nach LfL (2006) ist.

Die berechneten VS-Ausscheidungen lagen Anfang der 1990er Jahre bei  $13,8 \text{ g Platz}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , sanken anschließend bis auf  $12,4 \text{ g Platz}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , um ab 2001 wieder merklich anzusteigen. 2005/2006 liegt die berechnete VS-Ausscheidungsrate bei  $18,3 \text{ g Platz}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , was auf eine erhöhte Fut-teraufnahme infolge von größeren Tiergewichtszunahmen zurückgeht.

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur wissenschaftlich fundierten Analyse von Potenzialen zur Emissionsminderung. Mit dem vorgestellten prozessorientierten Berechnungsverfahren ist direkt nachzuvollziehen, wie Tier-eigenschaften, Mastkennwerte und Fütterungsparameter den Umfang der Ausscheidungen beeinflussen. Aus den Ergebnissen lassen sich produktbezogene, d. h. auf das Kilo an vermarktbarem Fleisch bezogene Ausscheidungs-werte ableiten, wie Abbildung 4 zeigt.



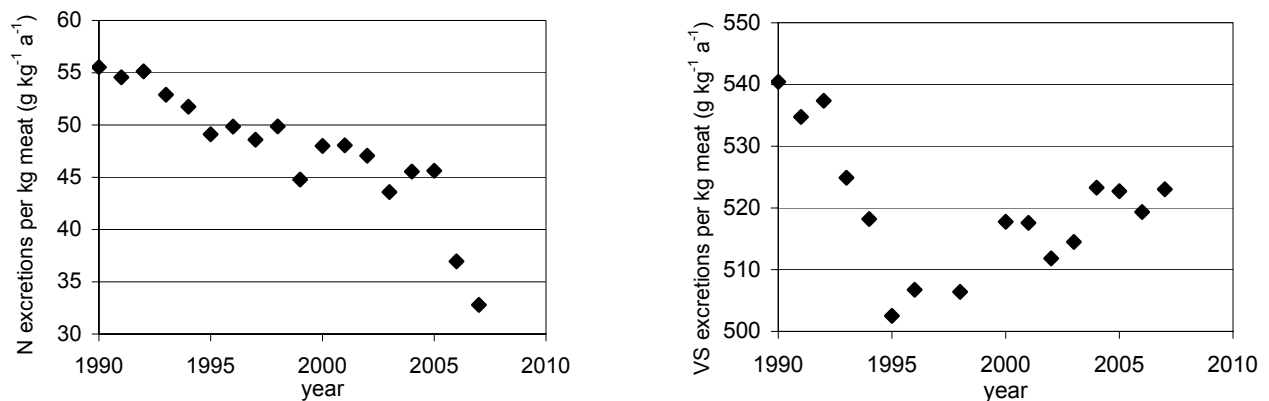


Figure 4:

Time series of calculated N (left) and VS (right) excretions per kg meat produced annually.

Abbildung 4:

Berechnete Zeitreihen der N-Ausscheidungen (links) und VS-Ausscheidungen pro kg jährliche Schlachtausbeute.

As a general rule, increased animal performance (i. e. increased daily growth rates and hence increased meat production per animal) leads to an increased amount of N excretions per place and year, while, however, the amount of N excretions relative to the mass of meat produced decreases. For the VS excretions the decreasing trend is compensated by the effect of strongly increasing animal weight gain rates during the last years.

Results like those obtained by the calculation methods presented in this paper are of great importance for the development of emission mitigation measures.

For the future it would be preferable to obtain the calculation procedure input data in finer spatial resolution. More information on feed properties would also be worthwhile. Experience in establishing emission inventories has shown that an improved data base is likely to lead to "emission mitigation by means of calculation" only.

## 5. Acknowledgements

Barbara Amon and Nicholas Hutchings, co-chairs of the Agriculture and Nature Panel, UNECE Task Force on Emission Inventories and Projections, critically reviewed this text for which the authors wish to express their thanks.

In aller Regel führt die Steigerung der tierischen Leistung, d. h. der täglichen Gewichtszunahme und damit der Fleischproduktion pro Tier, zwar zu einer Zunahme der N-Ausscheidungen pro Platz und Jahr, die N-Ausscheidungen pro Kilogramm Fleisch nehmen dagegen ab. Bei den VS-Ausscheidungen wird deutlich, dass der Abnahmetrend in den letzten Jahren infolge stark zunehmender Zuwachsraten kompensiert wird.

Ergebnisse dieser Art, wie sie mit den in dieser Arbeit vorgestellten Berechnungsmethoden zu erzielen sind, sind von großer Bedeutung für die Entwicklung von Maßnahmen zur Emissionsminderung.

Für die Zukunft wäre eine feinere räumliche Auflösung der in die Berechnungen eingehenden Daten wünschenswert, ebenso wie eine Verdichtung der Futtereigenschaftsdaten. Analog zu anderen Bereichen der Emissionsberechnung könnte eine verbesserte Datenbasis bereits rein rechnerisch zu einer Emissionsminderung führen.

## 5. Danksagungen

Barbara Amon und Nicholas Hutchings, die Vorsitzenden des Agriculture and Nature Panel, UNECE Task Force on Emission Inventories and Projections, haben den Text kritisch durchgelesen, wofür Ihnen herzlich gedankt sei.

## References

- Anonymus (1997) Futterwertleistungsprüfung : Masthühnerküken-Alleinfutter im Test. DGS Intern 14:10-11
- Anonymus (2001) Masthühnerküken-Alleinfutter I: Futterwertleistungsprüfung 2001. DGS-Magazin 40:28-32
- Bartsch H-J (1974) Mathematische Formeln. Köln : Buch- und Zeit-Verlagses, 508 p
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2006) Abschätzung der Folgen der thematischen Strategie zur Verbesserung der Luftqualität für Deutschland : Art der Maßnahmen, deren Wirkung und Kosten ; Hintergrundpapier des BMU, Referat IG I 3 – Gebietsbezogene Luftreinhaltung ; Stand: März 2006 [online]. <[http://www.bmu.de/files/luftreinhaltung/downloads/application/pdf/strategien\\_luftqualitaet.pdf](http://www.bmu.de/files/luftreinhaltung/downloads/application/pdf/strategien_luftqualitaet.pdf)> [date of quotation 2008-10-30]
- Damme K (1994) LVA Kitzingen : Broiler-Herkunftsprüfung 1994. DGS-Magazin 39:8-9
- Damme K (1995) Gemischt oder getrenntgeschlechtlich? DGS Intern 51/52:7-10
- Damme K (1997) Lehr- und Versuchsstation für Kleintierzucht Kitzingen : 12. Mastherkunftsprüfung für Jungmasthühner. DGS Intern 13:3-5
- Damme K (2001) Mastgeflügel in der Ökoproduktion : welche Hybriden eignen sich für die Ökomast. DGS-Magazin 48:25-28
- Damme K, Lemme A, Petri A (2005) Mast von Biohähnchen : über kristalline Aminosäuren sollte diskutiert werden. DGS-Magazin 9:24-29
- Damme K, Rychlik I (2001) 13. Bayerische Herkunftsprüfung für Masthybriden : Rasche Gewichtsentwicklung bei bester Futterverwertung. DGS-Magazin 5:24-29
- Dämmgen U, Haenel H-D (2008) Emissions of greenhouse gases and gaseous air pollutants : a challenge for animal nutrition. Proc Soc Nutr Physiol 17:163-167
- Dämmgen U, Lüttich M, Haenel H-D, Döhler H, Eurich-Menden B, Osterburg B (2007) Calculations of emissions from German agriculture - National Emission Inventory Report (NIR 2007 for 2005 : methods and data (GAS-EM). Landbauforsch Völkenrode SH 304:9-243
- destatis, FS3 R4.2.1 - Statistisches Bundesamt Fachserie 03, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei : Reihe 4.2.1: Schlachtungen und Fleischgewinnung. Wiesbaden : Statistisches Bundesamt
- DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (2005) Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Frankfurt a M : DLG-Verl, 69p, Arbeiten der DLG 199
- EMEP/CORINAIR (2006) Joint EMEP/CORINAIR atmospheric emission inventory guidebook : manure management regarding nitrogen compounds [online]. <<http://reports.eea.europa.eu/EMEP/CORINAIR4/en/B1090vs2.pdf>> [date of quotation 2008-10-30]
- Grashorn M (2000) Bessere Fleischqualität, aber Mehrkosten bei extensiver Haltung. DGS-Magazin 22:27-32
- Hadorn R, Wiedmer H (1998) Welchen Einfluß hat die Besatzdichte auf die Leistung? DGS-Magazin 49:22-26
- Haenel H-D, Dämmgen U (2007a) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry : 1. General considerations and pullets. Landbauforsch Völkenrode 57(4):349-362
- Haenel H-D, Dämmgen U (2007b) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry : 2. Laying hens. Landbauforsch Völkenrode 57(4):363-390
- Haenel H-D, Dämmgen U (2009) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry : 3a. Broilers, fattening procedures and animal properties. Landbauforsch Völkenrode 59(1):61-85
- Hennig A, Poppe S (eds) (1976) Abprodukte tierischer Herkunft als Futtermittel. Berlin : VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 232 p
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1996) Greenhouse gas inventory reference manual : Vol. 3: Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Paris : OECD
- Klein FW (1991a) Jungmasthühner im Test : Ergebnisse aus der LVA Kitzingen. DGS-Magazin 16:452-454
- Klein FW (1991b) 24. Bayerische Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. DGS-Magazin 18:510-512
- Lüke M, Simon I, Poteracki P (2004) Hähnchenherkünfte im Vergleich [online]. <[http://www.duesse.de/tierhaltung/gefluegel/versuche/masthaehnenchen/2004\\_haehnenchen\\_iii.pdf](http://www.duesse.de/tierhaltung/gefluegel/versuche/masthaehnenchen/2004_haehnenchen_iii.pdf)> [date of quotation 2007-01-17]
- Poteracki P (1991) Jungmasthühner im Test : Ergebnisse aus der LVA Haus Düsse. DGS-Magazin 13:365-367
- Poteracki P (1994) LVA Haus Düsse : Broiler-Herkunftsprüfung 1994. DGS-Magazin 39:6-7
- Poteracki P (1995) 60. Futterwertleistungsprüfung für Masthühnerküken-Alleinfutter : Große Unterschiede in Bezug auf Wirtschaftlichkeit. DGS Intern 27:6-8
- Poteracki P (1996) Haus Düsse : Broiler-Herkunftsprüfung 1995. DGS Intern 16: 4-5
- Poteracki P, Adam F (1993a) LVA Haus Düsse : 56. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. DGS-Magazin 1:7-9
- Poteracki P, Adam F (1993b) LVA Haus Düsse : 57. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. DGS-Magazin 5:10-12
- Poteracki P, Sommer W, Stalljohann G (1994) LVA Haus Düsse : 59. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. DGS-Magazin 21:6-8
- Simon I (2001) Herkunftsprüfung 2000 für Masthühner auf Haus Düsse : Sehr gute Mastendgewichte. DGS-Magazin 14:10-13
- Simon I, Stegemann J (2005) Erste Erfahrungen mit der neuen Cobb [online]. <[http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/cobb\\_iii\\_2005.pdf](http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/cobb_iii_2005.pdf)> [date of quotation 2007-01-17]
- Soliman MAH, Tawfik ES, Hebler W, Klein W, Galal AG (1990) Schlachtkörperwert von Broilern : Gibt es Unterschiede zwischen den Herkünften? DGS-Magazin 16:454-457
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C (2006) Livestock's long shadow : Environmental issues and options [online]. <<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.htm>> [date of quotation 2008-10-30]
- Tiller H (1990) Läßt sich die Schlachtkörperqualität des Broilers durch Fütterung beeinflussen? DGS-Magazin 19:307-310
- Tüller R, Velten HJ (1991) Bringt eine Futterrestriktion bei Masthähnchen weniger Fett? DGS-Magazin 10:275-276
- Tüller R, Velten HJ, Poteracki P (1990) Schlachtkörperqualität von Hähnchen : Einfluß verschiedener Futterfabrikate. DGS-Magazin 19:311-313
- Webb J, Misselbrook TH, Sutton MA (2005) Ammonia emission inventories, uncertainty and sensitivity analysis. In: Kuczynski T, Dämmgen U, Webb J, Myczko A (eds) Emissions from European agriculture. Wageningen : Wageningen Academic Publ, pp 113-124
- Wecke C, Sünder A, Liebert F (2006) Untersuchungen zum Futterwert von Sojalezithin : Vorläufige Ergebnisse. In: Rodehurscord M (ed) 9. Tagung Schweine- und Geflügelernährung : 28.-30. November 2006; Halle (Saale) : Tagungsband. Halle/Saale : Univ, 280-282
- ZMP – Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (1990-2006) Marktbilanz : Eier und Geflügel. Bonn : ZMP