

Verbundprojekt
Collaborative Research Project



**„Innovationsforschung zum Futterwert von Getreide
und seiner Verbesserung“**
**“Innovation research on the feeding value of cereal grains
and its improvement”**

Zusammenstellung der Projektergebnisse
Compilation of results

Zusammengestellt von / **compiled by**

Wolfgang Siegert, Markus Rodehutschord

E-Mail: inst450@uni-hohenheim.de

November 2020



Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung. Zusätzlich wurde das Verbundprojekt von Unternehmen der privaten Wirtschaft finanziell wie auch durch Sachmittel und Analysen unterstützt.

The project was supported by funds of the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) based on a decision of the Parliament of the Federal Republic of Germany via the Federal Office for Agriculture and Food (BLE) under the innovation support programme. The project was additionally supported by private sector companies by financial resources and analyses.

Inhaltsverzeichnis / Table of content

1 Hintergrund	
Background	5
1.1 Übersicht	
Overview	5
1.2 Datenbasis	
Data pool	6
1.3 Beteiligte wissenschaftliche Einrichtungen	
Participating research institutions	7
1.4 Beteiligte Wirtschaftspartner	
Participating industrial partners	7
1.5 Analytische Charakterisierung der Getreide	
Analytical characterisation of the cereals	8
2 Bewertung der Getreidevarianten bei verschiedenen Tierarten	
Evaluation of cereal grains in different animal species	9
Aminosäurenverdaulichkeit bei Legehennen	
Amino acid digestibility in laying hens	9
Aminosäuren- und Stärkeverdaulichkeit von Weizen bei Broilern und Puten	
Amino acid and starch digestibility of wheat in broiler chickens and turkeys	10
Aminosäurenverdaulichkeit beim Schwein	
Amino acid digestibility in pigs	11
Phosphorverdaulichkeit und Umsetzbare Energie beim Schwein	
Phosphorus digestibility and metabolisable energy in pigs	13
Phosphorverdaulichkeit bei Broilern und Puten	
Phosphorus digestibility in broiler chickens and turkeys	14
Protein- und Energiewert beim Wiederkäuer	
Protein and energy value in ruminants	15
Nährstoffverdaulichkeit und Energie beim Hammel	
Nutrient digestibility and energy in whether sheep	16
Aminosäuren und Stärke beim Pferd	
Amino acids and starch in horses	17
Ergebnistabellen	
Results tables	19
3 Einflüsse von Verarbeitung und Klimawandel auf den Futterwert von Getreide	
Processing and climate change on the nutritive value of cereal grains	35
3.1 Proteinwert von Trockenschlempen für Wiederkäuer	
Protein value of distillers dried grains with solubles in ruminants	35
3.2 Getreidevermahlung und Mischfutterkonfektionierung bei Schweinen und Geflügel	
Grain grinding and feed compacting in pigs and poultry	39
3.3 Klimawandel	
Climate change	45

4 Abkürzungen	
Abbreviations	49
5 Anhang	
Annex	51

1 Hintergrund

1.1 Übersicht

Das Projekt GrainUp startete im Februar 2011 und endete mit dem Jahr 2016. Wissenschaftler aus den Bereichen der Tierernährung und Pflanzenzüchtung charakterisierten gemeinsam den Futterwert von Getreide. Unter Verwendung spezifischer Methoden wurde die Energie-, Protein- und Phosphorverdaulichkeit bei verschiedenen Tierarten ermittelt. Das übergreifende Ziel war es, die Effizienz des Einsatzes heimischen Getreides und von Verarbeitungsprodukten zu erhöhen und Ausscheidungen umweltrelevanter Verbindungen zu reduzieren. Das Projekt untersuchte zudem, welche Effekte die Aufbereitung des Futters auf die Tiergesundheit haben kann, und wie sich Klimaveränderungen auf die Getreidequalität auswirken können.

Die Gliederung dieser Zusammenstellung ist so gewählt, dass zunächst alle Projekte, die sich mit den Futterwertdaten befassten, gebündelt dargestellt werden. Hieran sind die Projekte angeschlossen, in denen es um den Futterwert von Getreidetrockenschlempen, die Futteraufbereitung und die Einflüsse der Klimaveränderung ging. Nach einer Kurzbeschreibung der Vorgehensweisen werden die Ergebnisse tabellarisch zusammengefasst und zudem in Form von Anlagen ausführlich präsentiert.

1 Background

1.1 Overview

In the project GrainUp, animal nutritionists and plant breeders worked together on characterising the feeding value of cereal grains and its improvement. The project started in February 2011 and was completed by the end of 2016. The objectives were to characterise the nutritive value of contemporary cereal grains and by-products with innovative methods in animal experiments. Effects of feed processing on animal health and impacts of climate change on the quality of grains were also investigated. The studies contribute to a more efficient use of energy, protein and phosphorus from cereal grains and their processing byproducts and a reduced excretion of relevant substances into the environment.

This compilation is structured as follows. First, all projects are presented that worked on digestibility and using the same grain samples in different animal species. Second, projects are presented that worked with distillers dried grains, feed processing, and climate change. Following brief descriptions of the methods, results are presented in table form, summarized by projects and with an annex containing more data.

1.2 Datenbasis

Im Rahmen des Projektes wurden die Kulturarten Wintergerste, Hafer, Mais, Winterroggen, Wintertriticale und Winterweizen untersucht.

Hierzu wurden insgesamt 134 Genotypen der verschiedenen Kulturarten (21 Wintergerste, 14 Hafer, 27 Mais, 22 Winterroggen, 21 Wintertriticale und 29 Winterweizen) ausgewählt. Die Kulturarten Wintergerste, Hafer, Winterroggen, Wintertriticale und Winterweizen wurden von der Landessaatzuchtanstalt auf der Versuchstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim angebaut. Acht Maisgenotypen wurden in der Oberen Rheinebene um Eckartsweier angebaut; alle weiteren Maisgenotypen wurden von Saatzuchtunternehmen zur Verfügung gestellt. Standort-, Umwelt-, Anbau- und Erntebedingungen wurden somit, mit Ausnahme von Mais, weitgehend standardisiert.

Aus diesem Anbau stammte das Material für die meisten der im GrainUp-Verbund durchgeführten Versuche. Die übrigen Projekte arbeiteten mit anderen Materialien und sind in diesem Bericht mit separaten Abschnitten enthalten.

1.2 Data basis

The grain types winter barley, oats, maize, winter rye, winter triticale, and winter wheat were investigated in this project.

For this purpose, 134 genotypes of the grain types (21 winter barley, 14 oats, 27 maize, 22 winter rye, 21 winter triticale, and 29 winter wheat) were selected in collaboration with plant breeders. Winter barley, oats, winter rye, winter triticale, and winter wheat were cultivated by the State Plant Breeding Institute at the Agricultural Experiment Station of the University of Hohenheim. Eight maize genotypes were cultivated in the area of Obere Rheinebene near Eckartsweier; all other maize genotypes were provided by breeding companies. Hence, environmental, harvest, and storage conditions were standardized across all genotypes of one grain species, except maize.

All cereal grains used in the animal experiments of most of the subprojects were taken from this grain pool. The other subprojects worked with feeds of different origin and are reported in separate chapters.

1.3 Beteiligte wissenschaftliche Einrichtungen

Es waren neun wissenschaftliche Einrichtungen am Verbundprojekt GrainUp beteiligt. In alphabetischer Reihenfolge sind dies:

- Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit (Institut für Tierernährung)
- Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (Institut für Tierproduktion)
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften)
- Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Institut für Tierwissenschaften)
- Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (Institut für Tierernährung)
- Universität Hohenheim (Institut für Nutztierwissenschaften, Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie, Landessaatzuchtanstalt)
- Universität Rostock (Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie)

1.4 Beteiligte Wirtschaftspartner

Das Verbundprojekt wurde von Unternehmen und Vereinigungen der privaten Wirtschaft finanziell, durch Bereitstellung von Untersuchungsmaterial und Analyseergebnissen und mit Sachverstand unterstützt. Diese waren in alphabetischer Reihenfolge:

- AB Enzymes GmbH
- Amandus Kahl GmbH & Co. KG
- Bühler GmbH, Feed & Biomass
- CropEnergies AG
- Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V. (DLG)
- Deutscher Verband Tiernahrung e.V. (DVT)
- Evonik Industries AG
- Firma Steffen Quellmalz
- Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V. (GfP)
- Heidemark Mästerkreis GmbH & Co. KG
- H. Wolking Mühlen- und Maschinenbau GmbH & Co. KG
- Scharnebecker Mühle Dienstleistungs- und Handelsgesellschaft mbH
- Velisco Geflügel GmbH & Co. KG

1.3 Participating scientific institutions

Nine research institutions collaborated in the GrainUp project. Those are (in alphabetical order):

1.4 Participating industrial partners

The project was supported by companies and associations by providing financial funds, materials, analytical results, and know how. Those were (in alphabetical order):

1.5 Analytische Charakterisierung der Getreide

Alle verwendeten Getreide wurden hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung und der physikalischen Merkmale umfassend charakterisiert. Die Publikation hierzu enthält Übersichtstabellen zu allen analysierten Merkmalen, aber auch alle Daten für jeden einzelnen Genotyp, sodass auf eine Wiederholung in diesem Bericht verzichtet wird. Die Codierung der Genotypen ist identisch mit der in diesem Bericht verwendeten, sodass Beziehungen zwischen den Daten hergestellt werden können. Gegenstand des Projektes war auch die Frage, ob *in vitro*-Verfahren zur Schätzung der Rohprotein-verdaulichkeit herangezogen werden können.

1.5 Analytical characterisation of the cereals

The cereal genotypes used in the GrainUp project were assayed for their chemical composition and physical characteristics. Results are part of the following publication that contains both summary tables for characteristic and supplementary tables with individual values for each genotype. The sample code used in this publication and in this report is identical. The project also studied whether *in vitro* approaches are suitable to predict protein digestibility of cereal grains.

- Rodehutschord M., Rückert C., Maurer H.P., Schenkel H., Schipprack W., Bach Knudsen K.E., Schollenberger M., Laux M., Eklund M., Siegert W., Mosenthin R. 2016. Variation in chemical composition and physical characteristics of cereal grains from different genotypes. *Archives of Animal Nutrition* 70: 87-107, doi 10.1080/1745039X.2015.1133111.
- Rosenfelder-Kuon P., Krieg J., Sauer N., Eklund M., Spindler H.K., Strang E.J.P., Siegert W., Rodehutschord M., Schenkel H., Mosenthin R. 2020. Evaluation of analytical and statistical approaches for predicting *in vitro* nitrogen solubility and *in vivo* pre-caecal crude protein digestibility of cereal grains in growing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 104: 965-976, doi 10.1111/jpn.13320.

2 Bewertung der Getreide bei verschiedenen Tierarten

Aminosäurenverdaulichkeit bei Legehennen

Projektleitung: Prof. Dr. M. Rodehutsord

Die Aminosäurenverdaulichkeit von jeweils 20 Genotypen der Kulturarten Weizen, Mais, Roggen und Triticale wurde mit caeectomierten Legehennen ermittelt. Alle Versuche wurden als 6×6-Lateinische Quadrate angelegt. Somit wurde jede Futtermischung in 6 Wiederholungen geprüft. Nach einer 4-tägigen Vorfütterung wurden die Exkremate tierindividuell über einen Zeitraum von 4 Tagen zweimal täglich quantitativ gesammelt.

Es kam eine Grundmischung zum Einsatz, die eine bedarfsdeckende Versorgung der Hennen mit Nährstoffen sicherstellte und 50 % Maisstärke enthielt. In allen weiteren Futtermischungen wurde Maisstärke gegen jeweils einen Getreidegenotyp ausgetauscht. Die Aminosäurenverdaulichkeit wurde für jede Futtermischung bestimmt und für den jeweiligen Getreidegenotyp mittels Regressionsrechnung ermittelt.

Die Ergebnisse sind in der [Tabelle 1](#) zusammengefasst. Weitere Informationen zur Vorgehensweise und den Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

Zuber T., Maurer H.P., Möhring J., Nautscher N., Siegert W., Rosenfelder P., Rodehutsord M. 2016.

Variability in amino acid digestibility of triticale grain from diverse genotypes as studied in cecectomized laying hens. *Poultry Science* 95: 2861-2870, doi 10.3382/ps/pew174.

Zuber T., Miedaner T., Rosenfelder P., Rodehutsord M. 2016. Amino acid digestibility of different rye genotypes in caeectomised laying hens. *Archives of Animal Nutrition* 70: 470-487, doi 10.1080/1745039X.2016.1226035.

Zuber T., Rodehutsord M. 2017. Variability in amino acid digestibility of wheat grains from diverse genotypes examined in caeectomised laying hens. *European Poultry Science* 80, doi 10.1399/eps.2016.156.

Zuber T., Rodehutsord M. 2017. Variability in amino acid digestibility and metabolizable energy of corn studied in cecectomized laying hens. *Poultry Science* 96: 1696-1706, doi 10.3382/ps/pew429.

2 Evaluation of cereal grains in different animal species

Amino acid digestibility in laying hens

PI: Prof. Dr. M. Rodehutsord

Caecetomised laying hens were used to determine the amino acid digestibility of 20 genotypes each of wheat, maize, rye, and triticale. The experimental set-up consisted of 6×6 Latin square designs and each experimental diet was tested with 6 replications. Excreta were sampled twice daily for 4 days after 4 days of feeding the respective experimental diet.

A basal diet containing 50% maize starch was used. This basal diet was formulated to meet or exceed the nutrient requirement of the hens. The other experimental diets were prepared by substituting the maize starch with one grain genotype. The amino acid digestibility was determined for every experimental diet. The linear regression approach was used to determine the amino acid digestibility of the respective grain.

Results are summarised in [Table 1](#). Further methodological aspects and results are part of the following publications:

Aminosäuren- und Stärkeverdaulichkeit von Weizen bei Broilern und Puten

Projektleitung: PD Dr. H. Kluth

Die Aminosäuren- und Stärkeverdaulichkeit von Weizen wurde mit 12 Genotypen bei Broilern und 11 Genotypen bei Puten bestimmt. Bei den Versuchen erhielten die Broiler und Puten während der ersten 14 Tage ein handelsübliches Starterfutter. Danach erfolgte die Umstellung auf die Versuchsfuttermischungen, die den Tieren über 5 Tage *ad libitum* angeboten wurden. Jede Futtermischung wurde mit 6 Wiederholungen zu jeweils 10 Tieren untersucht. Zur Bestimmung der praecaecalen Aminosäuren- und Stärkeverdaulichkeit wurde Chymus aus dem hinteren Teil des Dünndarms entnommen.

Es kam eine Grundmischung zum Einsatz, die eine bedarfsdeckende Versorgung der Tiere mit Nährstoffen sicherstellte und 70 % Maisstärke enthielt. In allen weiteren Futtermischungen wurde die Maisstärke teilweise oder vollständig gegen jeweils einen Genotyp ausgetauscht. Als unverdaulicher Marker wurde Titandioxid eingesetzt. Die Aminosäuren- und Stärkeverdaulichkeit wurde für jede Futtermischung bestimmt und für den jeweiligen Weizen-genotyp mittels Regressionsrechnung ermittelt.

Die Ergebnisse sind in den [Tabellen 2 und 3](#) zusammengefasst. Weitere Informationen zur Vorgehensweise und den Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

Kluth H., Bormann T. 2014. Herausforderung in der Geflügelfütterung: Aktuelle Erkenntnisse zur Verdaulichkeit von Stärke und Aminosäuren. Invited plenary lecture at 13th Boku-Symposium Tierernährung, 29. April 2014, Vienna, Austria, 26-31.

Bormann, T. 2019. Untersuchungen zur praecaecalen Aminosäurenverdaulichkeit von Weizen beim Broiler unter Berücksichtigung methodischer Aspekte. Diss. agr., Martin-Luther-Universität Halle Wittenberg

Amino acid and starch digestibility of wheat in broiler chickens and turkeys

Principal investigator: PD Dr. H. Kluth

The amino acid and starch digestibility of wheat was determined for 12 genotypes in broiler chickens and for 11 genotypes in turkeys. A commercial starter diet was provided to the birds until day 14 of age. Then, birds received the experimental diets for *ad libitum* consumption until the end of the experiments on day 19. Each diet was tested in 6 replicates of 10 birds each. Digesta samples were collected from the terminal small intestine and pooled on a pen basis.

A basal diet containing 70% maize starch was used. This basal diet was formulated to meet or exceed the nutrient requirement of the birds. In the other diets, maize starch was partly or completely replaced with one wheat genotype. Titanium dioxide was used as an ingestible marker. The amino acid and starch digestibility was determined for every experimental diet. The linear regression approach was used to determine the amino acid and starch digestibility of the respective wheat genotypes.

Results are summarised in [Tables 2 and 3](#). Further methodological aspects and results are part of the following publications:

Aminosäurenverdaulichkeit beim Schwein

Projektleitung: Prof. Dr. R. Mosenthin

Die Aminosäuren- und Stärkeverdaulichkeit wurde von jeweils 8 Genotypen der Kulturarten Gerste, Roggen, Triticale und Weizen ermittelt. Die Versuche wurden mit ileumfistulierten Mastschweinen im Gewichtsabschnitt von 30 bis 80 kg durchgeführt. Sie wurden als 8×8-Lateinische Quadrate oder als 6×9 Reihen-Spalten-Anlagen durchgeführt. Somit wurde jede Futtermischung mit 8 oder 9 Wiederholungen geprüft. Nach einer 4-tägigen Anfütterung wurde Chymus aus dem Ileum tierindividuell über einen Zeitraum von 2 Tagen entnommen. Die Futtermischungen enthielten jeweils einen Getreidegenotyp als alleinige Aminosäurenquelle. Als unverdaulicher Marker wurde Titandioxid eingesetzt. Eine stickstofffreie Futtermischung wurde zur Ermittlung der basalen endogenen Aminosäurenverluste zusätzlich verwendet.

Die Ergebnisse sind in der [Tabelle 4](#) zusammengefasst. Weitere Informationen zur Vorgehensweise und den Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

- Eklund M., Strang E.J.P., Rosenfelder P., Sauer N., Htoo J.K., Mosenthin R. 2016. Ileal endogenous loss and standardized ileal digestibility of amino acids in rye genotypes for pigs. *Journal of Animal Science* 94: 310-312, doi 10.2527/jas2015-9757.
- Rosenfelder P., Eklund M., Spindler H.K., Jørgensen H., Bach Knudsen K.E., Sauer N., Htoo J.K., Mosenthin R. 2016. Determination of basal ileal endogenous loss and standardized ileal digestibility of amino acids in wheat genotypes by regression analysis for grower pigs. *Journal of Animal Science* 94: 313-315, doi 10.1186/s40104-016-0115-7.
- Rosenfelder P., Mosenthin R., Spindler H.K., Jørgensen H., Bach Knudsen K.E., Sauer N., Htoo J.K., Eklund M. 2015. Standardized ileal digestibility of amino acids in eight genotypes of soft winter wheat fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 93: 1133-1144, doi 10.2527/jas.2014-8079.
- Rosenfelder-Kuon P., Strang E.J.P., Spindler H.K., Eklund M., Mosenthin R. 2017. Ileal starch digestibility of different cereal grains fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 95: 2711-2717, doi: 10.2527/jas.2017.1450.
- Spindler H.K., Mosenthin M., Rosenfelder P., Jørgensen H., Bach Knudsen K.E., Eklund M. 2016. Determination of basal ileal endogenous losses and standardized ileal digestibility of amino acids in barley fed to growing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 7: 56, doi 10.1186/s40104-016-0115-7.

Amino acid digestibility in pigs

Principal investigator: Prof. Dr. R. Mosenthin

The amino acid and starch digestibility of ileum-fistulated growing pigs was determined in 8 genotypes of barley, rye, triticale, and wheat, respectively. The pigs weighed 30 to 80 kg during the experiments. The experimental set-up consisted of 8×8 Latin square designs or 6×9 row-column designs so that each experimental diet was tested in 8 or 9 replicates. Digesta samples from the terminal ileum were collected individually for each pig for 2 days after 4 days of prefeeding the respective experimental diet. The experimental diets contained the respective cereal genotype as the sole source of amino acids. Titanium dioxide was used as the indigestible marker. A nitrogen-free diet was additionally tested to estimate the basal endogenous amino acid losses.

Results are summarised in [Table 4](#). Further methodological aspects and results are part of the following publications:

- Spindler H.K., Mosenthin R., Eklund M. 2014. Evaluation through literature data on standardized ileal digestibility and basal ileal endogenous loss of amino acids associated with barley in pigs. *Animal* 8: 1603-1611, doi 10.1017/S1751731114001438.
- Spindler H.K., Mosenthin R., Rosenfelder P., Jørgensen H., Bach Knudsen K.E., Sauer N., Htoo J.K., Eklund M. 2016. Standardized ileal digestibility of amino acids in eight genotypes of barley fed to growing pigs. *Animal* 10: 1931-1940, doi 10.1017/S175173111600104X.
- Strang E.J.P., Eklund M., Rosenfelder P., Sauer N., Htoo J.K., Mosenthin R. 2016. Chemical composition and standardized ileal amino acid digestibility of eight genotypes of rye fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 94: 3805-3816, doi 10.2527/jas.2016-0599.
- Strang E.J.P., Eklund M., Rosenfelder P., Sauer N., Htoo J.K., Mosenthin R. 2016. Standardized ileal digestibility and basal ileal endogenous loss of amino acids associated with triticale genotypes in growing pigs. *Journal of Animal Science* 94: 316-319, doi 10.2527/jas2015-9756.
- Strang E.J.P., Eklund M., Rosenfelder P., Htoo J.K., Mosenthin R. 2017. Variations in the chemical composition and standardized ileal digestibility of amino acids in eight genotypes of triticale fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 95: 1614-1625, doi 10.2527/jas2016.1238.

Phosphorverdaulichkeit und Umsetzbare Energie beim Schwein

Projektleitung: Prof. Dr. K.-H. Südekum

Die Verdaulichkeit des Phosphors und der Organischen Masse sowie der Gehalt an Umsetzbarer Energie bei Schweinen wurde von jeweils 8 Genotypen der Kulturarten Gerste, Roggen, Triticale und Weizen ermittelt. Die Versuche wurden mit Mastschweinen durchgeführt. Die Daten wurden mit mehreren 3×3 Lateinischen Quadraten mit 3 Schweinen und 3 Futtermischungen erhoben. Jede Futtermischung wurde mit 6 Wiederholungen geprüft. Nach einer 7-tägigen Vorfütterung wurden Kot und Harn tierindividuell über einen Zeitraum von 7 Tagen täglich quantitativ gesammelt.

Es kam eine Grundmischung zum Einsatz, die hauptsächlich aus Weizenquellstärke und Trockenschnitzeln bestand. An die Tiere wurden Mischungen verfüttert, die zu 40 % die Grundmischung sowie zu jeweils 60 % einen Getreidegenotyp enthielten.

Ergebnisse sind in [Tabelle 5](#) zusammengefasst. Weitere Informationen zur Vorgehensweise und den Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

- Schemmer, R. 2020. Phosphorus digestibility and metabolizable energy concentrations of contemporary cereal grain varieties fed to growing pigs. Diss. agr., Universität Bonn
- Schemmer, R., Spillner, C., Südekum, K.-H. 2020. Phosphorus digestibility and metabolisable energy concentrations of contemporary wheat, barley, rye and triticale genotypes fed to growing pigs. Archives of Animal Nutrition 74: 429-444

Phosphorus digestibility and metabolisable energy in pigs

PI: Prof. Dr. K.-H. Südekum

The digestibility of phosphorus and organic matter as well as the concentration of metabolisable energy of 8 genotypes of barley, rye, triticale, and wheat was determined in pigs. The experimental set-up consisted of several 3×3 Latin square designs with 3 pigs and 3 experimental diets. Each experimental diet was tested in 6 replicates. Faeces and urine were collected quantitatively for each pig for 7 days after 7 days of feeding the respective experimental diet.

The diets consisted of 60% of the respective grain genotype and 40% of a basal mixture. This basal mixture was based on gelatinised wheat starch and dried beet pulp as main feed ingredients.

Results are summarised in [Table 5](#). Further methodological aspects and results are part of the following publications:

Phosphorverdaulichkeit bei Broilern und Puten

Projektleitung: Prof. Dr. M. Rodehutsord

Die Phosphorverdaulichkeit wurde von jeweils 8 Triticale- und Weizengenotypen sowie von 4 Maisgenotypen bei Broilern ermittelt. Zudem wurde bei Puten die Phosphorverdaulichkeit mit Rationen ermittelt, die hohe Anteile von Weizen- oder Maisgenotypen enthielten. Die Futtermischungen wurden für 5 bis 8 Tage *ad libitum* jeweils an Tiere aus 6 Abteilen (15 Tiere/Abteil) verfüttert. Zur Bestimmung der praecaecalen Phosphorverdaulichkeit wurde Chymus aus dem hinteren Ileum entnommen.

Die Grundmischung enthielt niedrige Gehalte an Phosphor und Calcium sowie Maisstärke als eine Hauptkomponente. In allen weiteren Futtermischungen wurde die Maisstärke gegen einen Getreidegenotyp ausgetauscht. Als unverdaulicher Marker wurde Titandioxid eingesetzt.

Die Phosphorverdaulichkeit wurde für jede Futtermischung bestimmt. Für Broiler wurde die Phosphorverdaulichkeit aus den Getreidegenotypen berechnet. Ergänzend erfolgten Untersuchungen zur Wirkung von Enzymen auf den gastrointestinalen Abbau von Phytat.

Ergebnisse sind in [Tabelle 6](#) zusammengefasst. Weitere Informationen zur Vorgehensweise und den Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

- Ingelmann C.-J., Witzig M., Möhring J., Schollenberger M., Kühn I., Rodehutsord M. 2018. Effect of supplemental phytase and xylanase in wheat-based diets on prececal phosphorus digestibility and phytate degradation in young turkeys. *Poultry Science* 97: 2011-2020, doi 10.3382/ps/pey030.
- Ingelmann C.-J., Witzig M., Möhring J., Schollenberger M., Kühn I., Rodehutsord M. 2018. Phytate degradation and phosphorus digestibility in broilers and turkeys fed different corn sources with or without added phytase. *Poultry Science* 98: 912-922, doi 10.3382/ps/pey438.
- Witzig M., Ingelmann C.-J., Möhring J., Rodehutsord M. 2018. Variability of prececal phosphorus digestibility of triticale and wheat in broiler chickens. *Poultry Science* 97: 910-919, doi 10.3382/ps/pex387.

Phosphorus digestibility in broiler chickens and turkeys

PI: Prof. Dr. M. Rodehutsord

The phosphorus digestibility of 8 genotypes each of triticale and wheat, and 4 genotypes of maize was determined in broiler chickens. The phosphorus digestibility in turkeys was determined with diets containing high proportions of wheat or maize genotypes. Experimental diets were provided for 5 or 8 days for *ad libitum* consumption. Each experimental diet was tested in 6 replicates of 15 birds each. Digesta samples were collected from the terminal small intestine.

The basal diet contained low phosphorus and calcium, and maize starch as a major ingredient. The other diets were prepared by partial or complete substitution of the maize starch with one genotype. Titanium dioxide was used as an ingestible marker.

The phosphorus digestibility was determined for every experimental diet. In the broiler studies, the digestibility was calculated for each genotype. In addition, effects of enzyme supplementation on gastrointestinal phytate degradation were studied.

Results are summarised in [Table 6](#). Further methodological aspects and results are part of the following publications:

Protein- und Energiewert beim Wiederkäuer

Projektleitung: Prof. Dr. M. Rodehutschord

Bei jeweils 20 Weizen-, Gerste-, Mais-, Triticale- und Roggengenotypen wurden der ruminale Abbau der Stärke und des Rohproteins *in situ* sowie die Gasbildungskinetik und das nutzbare Rohprotein *in vitro* bestimmt. Für die *in situ* Untersuchungen wurde jeder Genotyp für 1, 2, 4, 8, 16, 24 und 48 h (bei Mais zusätzlich 72 h) in Beuteln (50 µm Porenweite) im Pansen von 3 pansenfistulierten Kühen inkubiert. Jede Probe wurde mit mindestens 2 Wiederholungen pro Kuh und Zeitpunkt untersucht. Für ergänzende *in vitro* Untersuchungen im Hohenheimer Futterwerttest (HFT) wurden die gemahlten Proben mit mindestens 4 Wiederholungen inkubiert und das Gasvolumen nach 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48 und 72 h abgelesen. Die Inkubationen wurden mit Pansensaft von pansenfistulierten Kühen durchgeführt.

Die Ergebnisse sind in den [Tabellen 7 und 8](#) zusammengefasst. Weitere Informationen zur Vorgehensweise und den Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

Krieg J., Koenzen E., Seifried N., Steingäß H., Schenkel H., Rodehutschord M. 2018. Prediction of CP and starch concentrations in ruminal *in situ* studies and ruminal degradation of cereal grains using NIRS. *Animal* 12: 472-480, doi 10.1017/S1751731117001926.

Krieg J., Seifried N., Steingäß H., Rodehutschord M. 2017. *In situ* and *in vitro* ruminal starch degradation of grains from different rye, triticale and barley genotypes. *Animal* 11: 1745-1753, doi 10.1017/S1751731117000337.

Krieg J., Seifried N., Steingäß H., Rodehutschord M. 2018. *In situ* and *in vitro* evaluation of crude protein degradation and utilisable crude protein content of barley, rye, and triticale grains for ruminants. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 102: 452-461, doi 10.1111/jpn.12767.

Seifried N., Steingäß H., Hoffmann N., Rodehutschord M. 2017. *In situ* starch and crude protein degradation in the rumen and *in vitro* gas production kinetics of wheat genotypes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 101: 779-790, doi 10.1111/jpn.12529.

Seifried N., Steingäß H., Rodehutschord M. 2015. *In vitro* and *in situ* evaluation of secondary starch particle losses from nylon bags during the incubation of different cereal grains. Rodehutschord M.; *Animal Feed Science and Technology* 210: 26-36, doi 10.1016/j.anifeedsci.2015.09.011.

Protein and energy value in ruminants

PI: Prof. Dr. M. Rodehutschord

The *in situ* ruminal degradation of starch and crude protein as well as the *in vitro* utilisable crude protein were investigated in 20 genotypes each of wheat, barley, maize, triticale, and rye. Ruminal *in situ* degradation was determined in the rumen of 3 ruminal fistulated lactating cows using grain samples that were incubated in bags (50 µm pore size) for 1, 2, 4, 8, 16, 24, and 48 h (in maize additionally 72 h). Each sample was tested with at least 2 replicates per cow and point in time. The *in vitro* gas production in the Hohenheim gas test (HGT) was determined using ground grain samples incubated in buffered rumen fluid of 2 ruminal fistulated cows. The gas production was recorded after 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, and 72 h. Each sample was tested with at least 4 replicates.

Results are summarised in [Tables 7 and 8](#). Further methodological aspects and results are part of the following scientific publications:

Seifried N., Steingaß H., Schipprack W., Rodehutschord M. 2016. Variation in ruminal *in situ* degradation of crude protein and starch from maize grains compared to *in vitro* gas production kinetics and physical and chemical characteristics. Archives of Animal Nutrition 70: 333-349, doi 10.1080/1745039X.2016.1215028.

Nährstoffverdaulichkeit und Energiewert beim Hammel

Projektleitung: Dr. A. Priepe

Die Nährstoffverdaulichkeit und Energiekonzentration wurde von jeweils 8 Genotypen der Kulturarten Gerste, Roggen, Triticale und Weizen, von 10 Hafergenotypen, von 6 Maisgenotypen sowie von 6 Trockenschlempen geprüft. Die Versuche wurden mit Hammeln der Rasse Schwarzköpfiges Fleischschaf im Gewichtsabschnitt von 42 bis 100 kg Lebendmasse durchgeführt. Die Nährstoffverdaulichkeit und der Energiegehalt der Getreidegenotypen bzw. Trockenschlempen wurde im Differenzversuch ermittelt. Den Tieren wurde neben den zu prüfenden Genotypen oder Trockenschlempen eine Gras-Anwelksilage verfüttert, die zuvor hinsichtlich der Verdaulichkeit untersucht worden war. Dabei enthielten die Gesamtrationen einen Anteil der zu prüfenden Genotypen oder Trockenschlempen von 41 bis 56 % der Trockenmasse. Nach einer 14-tägigen Vorfütterung wurde der Kot tierindividuell über einen Zeitraum von 7 Tagen zweimal täglich quantitativ gesammelt.

Die Ergebnisse sind in der [Tabelle 9](#) zusammengefasst. Weitere Informationen zur Vorgehensweise und den Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

Priepe A., Losand B. 2018. Verdaulichkeit der Organischen Substanz, der Roh Nährstoffe und der Energie aus Getreide beim Hammel (Wiederkäuer). Teilprojekt 10 des Verbundprojektes über die Innovationsforschung zum Futterwert von Getreide und seine Verwertung (GrainUp). Forschungsbericht der LFA MV.

Priepe A., Losand B. 2017. Neubewertung des energetischen Futterwertes von Getreide für Wiederkäuer. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, 59: 61-66.

Nutrient digestibility and energy value in wether sheep

Principal investigator: Dr. A. Priepe

The nutrient digestibility and energy concentration were investigated in 8 genotypes each of barley, rye, triticale, and wheat, 10 genotypes of oats, 6 genotypes of maize, and in 6 samples of distillers dried grains with solubles (DDGS). Wether sheep with a body weight of 42 to 100 kg were used in the experiments. The digestibility of nutrients and the energy concentration of the cereal genotypes and DDGS samples were determined using the difference method. Cereal genotypes or DDGS samples were fed in combination with grass silage. The grass silage had been tested separately for digestibility. The dry matter proportion of the cereal genotypes or DDGS samples in the provided feed was between 41 and 56%. Faeces of each animal were collected quantitatively twice daily for 7 days after 14 days of adjustment to the respective diet.

Results are summarised in [Table 9](#). Further methodological aspects and results are part of the following publications:

Aminosäuren und Stärke beim Pferd

Projektleitung: Prof. Dr. A. Zeyner

Ergebnisse zur praecaecalen Verdaulichkeit sind beim Pferd nur bedingt aussagekräftig, da es aufgrund der mikrobiellen Besiedlung des Magens bereits dort zu erheblichen Abbauprozessen kommt. Daher wurde der Futterwert einer Auswahl an Genotypen von Hafer, Gerste und Mais an adulten, warmblütigen Pferden anhand der postprandialen Reaktion von Glucose, Insulin und Aminosäuren im Blut charakterisiert. Zusätzlich wurden Einflüsse der pro Kilogramm Lebendmasse und Mahlzeit gefütterten Stärkemenge, der Mahlzeitennummer (Hafer: zwei Mahlzeiten) und der Verarbeitung von Haferkörnern (unverarbeitet, gequetscht, pelletiert) untersucht. Die Akzeptanz extrudierter Gerste- und Maiskörner als alleiniges Konzentrat war so gering, dass die betreffenden Versuche abgebrochen werden mussten. Die oben erwähnte Methode wurde für künftige vergleichende Untersuchungen standardisiert (Pferdetyp; Stärkemenge pro kg Lebendmasse und Mahlzeit; Mahlzeitennummer; Grobfuttergabe vorab; Blutentnahme in definiertem Intervall). Begleitend wurden Stärkegranula und deren Verbundstrukturen elektronenmikroskopisch charakterisiert sowie Verzehrduer und Merkmale des Kauprozesses gemessen.

Die Ergebnisse sind in der [Tabelle 10](#) zusammengefasst. Weitere Informationen zur Vorgehensweise und zu Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

- Bachmann M., Czetö A., Romanwski K., Vernunft A., Wensch-Dorendorf M., Wolf P., Metges C.C., Zeyner A. 2018. Effects of grain species, genotype and starch quantity on the postprandial plasma amino acid response in horses. *Research in Veterinary Science* 118: 295-303, doi 10.1016/j.rvsc.2018.02.008.
- Bochnia M., Czeto A., Glatter M., Schuerer C., Bachmann M., Gottschalk J., Einspanier A., Koeller G., Wensch-Dorendorf M., Zeyner A. 2019. Feeding two separate meals of crushed or pelleted oat grains from different varieties and the effect on postprandial blood concentrations of amylase, glucose, GLP-1 and insulin in adult healthy horses. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 28: 104.

Amino acids and starch in horses

Principal investigator: Prof. Dr. A. Zeyner

Data on precaecal digestibility are of limited significance for horses because microbes inhabiting the stomach may cause notable nutrient degradation. Hence, the feeding value of selected genotypes of oat, barley and maize grains was characterized by means of postprandial responses of glucose, insulin and amino acids in blood. In addition, impacts of starch intake per kilogram of body weight and meal, the number of meals per day (with two oat-meal times per day) and processing of oat grains (whole, crushed, pelleted) were investigated. The acceptance of extruded barley and maize grains as sole concentrate was too low so that the respective trials were not continued. The method mentioned above was standardised for future comparative studies (horse type; amount of starch per kilogram of body weight and meal; meal number; roughage supply prior to the test concentrate; interval of blood sampling). In addition, starch granules and their surrounding structures were characterised by electron microscopy and the duration of feed intake and traits of the chewing process were measured.

Results are summarised in [Table 10](#). Further methodological aspects and results are part of the following scientific publications:

- Bochnia M., Walther S., Schenkel H., Romanowski K., Zeyner A. 2015. Comparison of scanning microscopic examination of oats, barley and maize grains with the analyzed degree of starch breakdown and glycaemic responses in horses. *International Journal of Scientific Research in Science Technology* 1: 81-84, doi IJSRST151233.
- Bochnia M., Walther S., Schenkel H., Romanowski K., Zeyner A. 2015. Scanning electron microscopic examination of different varieties of oat grains in comparison with the analyzed degree of starch breakdown and glycaemic responses in horses. *International Journal of Scientific Research in Science Technology* 1: 110-113, doi IJSRST151232.
- Zeyner A., Czetö A., Bachmann M., Romanowski K., Gottschalk J., Einspanier A., Köller G., Vernunft A., Wensch-Dorendorf M., Bochnia M. 2018. Neubewertung von Getreide verschiedener Arten und Sorten als Stärketräger in der Pferdefütterung. *Leipziger Blaue Hefte (LBH)*, Bd. 2, 190-193.
- Zeyner A., Kirchof S., Susenbeth A., Südekum K.-H., Kienzle E. 2015. A new protein evaluation system for horse feed from literature data. *Journal of Nutritional Science* 4 (e4): 3, doi 10.1017/jns.2014.66.
- Zeyner A., Romanowski K., Orgis A., Vernunft A., Gottschalk J., Einspanier A., Koeller G., Wensch-Dorendorf M. 2017. Feed intake patterns and immediate glycaemic and insulinaemic responses of horses following ingestion of different quantities of starch from oat, barley and grains. *The Open Nutritional Journal* 11: 39-51, doi 10.2174/1874288201711010039.

2.2 Ergebnisse / Results

 Tabelle 1. Aminosäurenverdaulichkeit bei caeectomierten Legehennen (%)¹

 Table 1. Amino acid digestibility in caeectomised laying hens (%)¹

	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Tyr	Val
Mais / Maize (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																	
\bar{x}	90	90	83	89	91	87	88	94	79	91	91	94	88	83	69	90	89
Min	83	85	72	80	85	80	78	89	64	86	85	86	80	72	21	83	80
Max	94	94	90	93	95	92	93	96	85	94	95	97	93	89	88	94	94
s	2.0	1.9	3.5	3.0	2.6	2.9	3.6	1.4	4.5	1.9	1.9	2.2	3.2	4.2	14.3	2.2	3.0
CV [%]	2.2	2.1	4.3	3.4	2.8	3.3	4.1	1.5	5.7	2.1	2.1	2.3	3.6	5.0	20.6	2.4	3.4
Roggen / Rye (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																	
\bar{x}	57	73	75	69	81	61	63	68	49	67	76	86	63	45	56	61	67
Min	47	69	47	61	77	50	56	62	35	57	73	84	56	34	36	54	62
Max	65	77	63	76	85	69	70	73	59	75	81	90	72	54	71	68	73
s	4.6	2.4	4.4	4.1	2.6	4.8	4.3	3.1	6.3	5.0	2.5	1.9	4.5	5.9	7.5	4.1	3.4
CV [%]	8.2	3.3	7.8	5.9	3.3	7.9	6.8	4.6	12.8	7.5	3.3	2.2	7.2	13.1	13.5	6.6	5.0
Triticale / Triticale (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																	
\bar{x}	70	84	73	82	90	80	82	83	74	83	85	92	81	73	79	81	79
Min	64	82	67	78	86	75	68	79	68	77	82	91	77	68	74	77	69
Max	67	89	77	86	92	84	87	87	80	86	89	94	85	78	83	86	84
s	4.3	1.7	2.7	2.0	1.3	2.4	4.2	2.4	3.3	2.5	2.1	0.8	2.0	3.0	2.8	2.6	3.5
CV [%]	4.7	2.0	3.7	2.5	1.4	3.0	5.1	2.9	4.5	3.0	2.4	0.8	2.5	4.0	3.6	3.2	4.4
Weizen / Wheat (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																	
\bar{x}	80	87	78	88	94	85	86	89	80	84	90	95	88	82	84	87	85
Min	76	82	70	78	91	77	78	83	69	70	84	91	80	71	78	80	76
Max	85	90	83	95	97	91	92	93	87	93	94	89	93	88	90	91	91
s	2.5	1.8	3.3	6.1	1.6	3.9	3.2	2.6	5.8	7.9	2.6	1.9	3.7	4.8	3.7	2.7	3.6
CV [%]	3.1	2.1	4.3	6.9	1.6	4.6	3.7	2.9	7.2	9.4	2.9	2.0	4.2	5.9	4.4	3.1	4.2

¹ Gly aus methodischen Gründen nicht bestimmt / Gly not measured for methodological constraints.

² Asp+Asn; ³ Glu+Gln

Tabelle 2. Verdaulichkeit von Stärke ohne und mit Zugabe von Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)-spaltenden Enzymen bei Broilern und Puten (%)

Table 2. Starch digestibility without or with supplementation of non-starch-polysaccharide (NSP) degrading enzymes in broiler chickens and turkeys (%)

	Broiler Broiler chickens (n=12 Genotypen)		Puten Turkeys (n=11 genotypes)	
	ohne Enzym- zugabe without enzyme supplementation	mit Enzym- zugabe with enzyme supplementation	ohne Enzym- zugabe without enzyme supplementation	mit Enzym- zugabe with enzyme supplementation
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]				
\bar{x}	95	96	98	98
Min	89	94	95	97
Max	98	98	99	99
s	2.8	1.4	1.2	0.9
CV [%]	3.0	1.5	1.2	0.9

Tabelle 3. Aminosäurenverdaulichkeit von Weizen ohne und mit Zugabe von Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)-spaltenden Enzymen bei Broilern und Puten (%)¹

 Table 3. Amino acid digestibility without or with supplementation of non-starch-polysaccharide (NSP) degrading enzymes in broiler chickens and turkeys (%)¹

	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	Gly	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Val
Broiler ohne Enzymzugabe / Broiler chickens without enzyme supplementation (n=12)																
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																
\bar{x}	80	90	78	84	94	81	90	89	92	92	89	93	87	86	82	89
Min	75	87	71	78	93	76	85	85	87	88	86	91	83	81	76	85
Max	88	93	85	88	96	87	94	93	96	96	93	95	91	91	86	94
s	4.2	2.1	4.6	2.6	1.1	3.4	2.7	2.7	2.8	2.3	2.2	1.3	2.6	2.9	3.4	2.9
CV [%]	5.2	2.3	5.8	3.1	1.1	4.2	3.0	3.1	3.1	2.5	2.4	1.4	3.0	3.4	4.2	3.2
Broiler mit Enzymzugabe / Broiler chickens with enzyme supplementation (n=12)																
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																
\bar{x}	81	91	79	85	94	82	90	90	91	92	90	94	88	85	83	89
Min	71	88	69	81	86	75	86	82	86	90	84	90	79	79	77	85
Max	87	94	84	90	97	86	93	93	94	95	93	96	91	90	86	92
s	5.2	1.7	5.4	3.0	2.8	3.6	2.5	3.8	2.9	1.6	2.9	1.7	4.0	3.8	3.0	2.6
CV [%]	6.4	1.9	6.8	3.5	3.0	4.4	2.8	4.2	3.1	1.8	3.2	1.8	4.5	4.5	3.6	2.9
Puten ohne Enzymzugabe / Turkeys without enzyme supplementation (n=11)																
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																
\bar{x}	84	92	81	82	95	83	91	92	94	95	92	94	87	87	86	89
Min	78	89	71	74	93	76	86	88	87	92	88	91	64	81	81	85
Max	90	94	87	88	97	88	94	95	98	97	94	96	93	91	89	93
s	4.1	1.9	5.3	4.6	1.3	4.1	2.6	2.2	3.0	2.0	2.0	1.9	8.2	3.7	3.5	2.7
CV [%]	4.8	2.1	6.6	5.6	1.4	4.9	2.8	2.4	3.2	2.1	2.1	2.0	9.4	4.2	4.0	3.0
Puten mit Enzymzugabe / Turkeys with enzyme supplementation (n=11)																
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																
\bar{x}	85	92	81	83	96	84	91	93	94	95	92	94	87	87	86	90
Min	78	90	73	77	94	78	89	90	92	93	89	92	67	83	80	87
Max	92	95	90	87	97	89	95	96	99	97	95	97	94	93	90	95
s	3.6	1.4	4.3	2.7	0.8	2.9	1.7	1.6	2.2	1.4	1.7	1.4	7.2	2.8	3.1	2.3
CV [%]	4.3	1.5	5.3	3.3	0.9	3.5	1.9	1.7	2.3	1.5	1.8	1.5	8.2	3.2	3.6	2.6

¹ His und Tyr aus methodischen Gründen nicht bestimmt / His and Tyr not measured for methodological constraints.

² Asp+Asn; ³ Glu+Gln.

Tabelle 4. Praecaecale Verdaulichkeit von Rohprotein, Aminosäuren und Stärke beim Schwein (%)¹
 Table 4. Precaecal digestibility of crude protein, amino acids and starch in pigs (%)¹

	XP CP	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Val	Stärke Starch
Gerste / Barley (n=8) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																			
\bar{x}	74	67	81	70	81	87	68	80	77	79	67	79	79	84	80	73	74	79	92
Min	70	65	79	68	79	84	64	78	73	76	64	76	75	80	79	71	72	76	90
Max	75	69	83	72	83	88	71	81	80	80	69	81	80	85	81	74	76	81	95
s	1.9	1.5	1.4	1.5	1.4	1.7	2.4	1.5	2.4	1.7	1.7	1.9	1.9	1.7	0.9	1.1	1.5	1.9	1.7
CV [%]	2.6	2.2	1.7	2.1	1.7	1.9	3.5	1.9	3.1	2.2	2.5	2.4	2.5	2.0	1.1	1.5	2.0	2.3	1.8
Roggen / Rye (n=8) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																			
\bar{x}	73	63	77	69	78	86	60	75	72	74	62	75	78	100	73	64	65	72	95
Min	70 ⁵	61	75	66	76	85	57	73	70	73	60	74	76	93	72	62	63	71	94
Max	74	66	79	71	79	87	65	77	74	76	65	78	80	104	75	66	67	74	96
s	1.2	1.6	1.4	1.5	1.4	0.8	2.5	1.4	1.5	1.1	1.8	1.2	1.2	4.3	1.2	1.4	1.4	1.1	0.8
CV [%]	1.6	2.5	1.8	2.2	1.8	0.9	4.1	1.9	2.0	1.5	2.9	1.6	1.5	4.3	1.6	2.2	2.1	1.6	0.8
Triticale / Triticale (n=8) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																			
\bar{x}	83	77	85	79	86	93	77	84	83	85	74	85	84	105	84	75	81	82	97
Min	81	75	83	78	85	92	72	83	81	83	72	84	82	103	82	73	79	80	96
Max	85	79	88	81	87	94	81	86	85	86	76	87	86	106	85	77	83	84	89
s	1.2	1.3	1.5	1.1	0.9	0.9	2.9	1.2	1.3	0.9	1.4	1.0	1.3	1.1	1.0	1.4	1.3	1.2	0.7
CV [%]	1.4	1.7	1.8	1.3	1.1	1.0	3.8	1.4	1.6	1.1	1.8	1.2	1.5	1.0	1.2	1.8	1.6	1.5	0.7
Weizen / Wheat (n=8) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]																			
\bar{x}	84	76	86	77	88	95	79	87	86	86	71	86	78	97	90	79	82	85	92
Min	83	74	84	75	88	94	77	86	84	85	69	84	85	96	89	78	80	84	90
Max	87	78	88	79	90	96	84	88	88	88	74	88	89	98	91	82	85	88	93
s	1.3	1.6	1.2	1.8	0.7	0.5	2.3	0.8	1.3	1.0	2.0	1.3	1.2	0.7	0.8	1.6	1.6	1.3	1.0
CV [%]	1.5	2.0	1.4	2.4	0.8	0.6	2.8	0.9	1.5	1.2	2.9	1.5	1.4	0.8	0.8	2.0	2.0	1.5	1.1

¹ Tyr aus methodischen Gründen nicht bestimmt / Tyr not determined because of methodological constraints.

² Asp+Asn; ⁴ Glu+Gln.

⁵ Dieser Wert war fälschlicherweise in einer früheren Version dieser Tabelle mit 80 angegeben / This value was falsely stated to be 80 in a previous version of this table.

Tabelle 5. Verdaulichkeit von Phosphor, Trockenmasse und Organischer Masse sowie Konzentration an Umsetzbarer Energie (ME) beim Schwein

Table 5. Digestibility of phosphorus, dry matter, and organic matter and metabolisable energy (ME) concentration in pigs

	Verdaulichkeit Digestibility [%]			ME
	Phosphor Phosphorus	Trockenmasse Dry matter	Organische Masse Organic matter	[MJ/kg TM ¹ MJ/kg DM ¹]
Gerste / Barley (n=8)				
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]				
\bar{x}	44	82	83	14.9
Min	39	81	82	14.3
Max	51	83	84	15.2
s	4.4	0.8	0.7	0.3
CV [%]	9.9	1.0	0.9	2.3
Roggen / Rye (n=8)				
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]				
\bar{x}	45	87	88	14.8
Min	41	86	87	14.5
Max	49	89	90	15.1
s	2.1	1.3	1.4	0.2
CV [%]	4.7	1.4	1.6	1.6
Triticale / Triticale (n=8)				
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]				
\bar{x}	50	90	91	16.1
Min	43	88	89	15.4
Max	56	91	92	16.4
s	3.8	0.9	0.9	0.4
CV [%]	7.6	1.0	1.0	2.3
Weizen / Wheat (n=8)				
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]				
\bar{x}	59	91	91	16.2
Min	56	89	90	15.7
Max	63	92	93	16.6
s	2.7	1.1	1.1	0.3
CV [%]	4.6	1.2	1.2	1.6

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle 6. Praecaecale Phosphorverdaulichkeit bei Broilern
 Table 6. Praececal phosphorus digestibility in broiler chickens

	Praecaecale Phosphorverdaulichkeit Praececal phosphorus digestibility [%]
Triticale / Triticale (n=8)	
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]	
\bar{x}	70
Min	53
Max	78
s	8.0
CV [%]	11.5
Weizen (20% des jeweiligen Genotyps in der Mischung) Wheat (20% of the respective genotype in the mixtures) (n=8)	
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]	
\bar{x}	49
Min	38
Max	67
s	10.9
CV [%]	22.2
Mais / Maize (n=4)	
[Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]	
\bar{x}	49
Min	40
Max	59
s	10.3
CV [%]	20.9

Tabelle 7a. *In situ*-Abbau von Trockenmasse, Rohprotein und Stärke bei Gerste, Roggen und Triticale
 Table 7a. *In situ* degradation of dry matter, crude protein and starch of barley, rye, and triticale

	Trockenmasse Dry matter					Rohprotein Crude protein					Stärke Starch				
	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴
Gerste / Barley (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]															
\bar{x}	23	66	29	79	75	26	72	20	83	77	24	75	36	90	85
Min	19	63	22	76	70	20	67	14	77	69	17	70	28	88	82
Max	28	70	37	82	78	30	78	25	86	80	30	83	48	92	88
s	2.0	1.7	3.5	1.9	2.5	2.7	2.7	2.8	2.1	2.6	3.5	3.6	5.2	1.4	2.0
CV [%]	8.4	2.6	12.0	2.4	3.3	10.5	3.8	14.2	2.5	3.4	14.4	4.9	14.4	1.5	2.3
Roggen / Rye (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]															
\bar{x}	29	63	80	88	86	32	63	43	88	85	31	68	116	96	95
Min	26	60	57	88	85	28	59	39	87	83	23	64	77	95	92
Max	32	68	103	90	88	35	68	50	89	86	35	77	177	97	96
s	1.7	1.7	10.1	0.7	0.9	2.3	2.4	3.5	0.6	0.7	2.7	2.8	19.9	0.5	0.7
CV [%]	5.6	2.7	12.7	0.8	1.1	7.2	3.8	8.2	0.6	0.8	8.6	4.1	17.1	0.5	0.8
Triticale / Triticale (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]															
\bar{x}	34	59	54	87	84	31	66	27	86	82	35	64	85	95	93
Min	26	53	39	85	80	23	60	21	85	79	26	57	54	93	90
Max	40	68	74	89	87	37	74	32	88	84	42	73	137	96	95
s	3.4	3.4	9.0	1.2	1.6	3.8	3.8	2.6	0.9	1.3	4.8	4.8	19.1	0.8	1.2
CV [%]	10.3	5.8	16.7	1.4	1.9	12.4	5.8	9.8	1.0	1.6	13.9	7.6	22.5	0.9	1.3

¹ Auswaschbare Fraktion / Washout fraction [%].

² Potentiell abbaubare Fraktion / Potentially degradable fraction [%].

³ Abbaurrate / Degradation rate [%/h]

⁴ Effektiver Abbau bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / Effective degradation at a passage rate of 5%/h or 8%/h [%].

Tabelle 7b. *In situ* Abbau von Trockenmasse, Rohprotein und Stärke bei Weizen und Mais
 Table 7b. *In situ* degradation of dry matter, crude protein and starch of wheat and maize

	Trockenmasse Dry matter					Rohprotein Crude protein					Stärke Starch				
	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴
Weizen / <i>Wheat</i> (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]															
\bar{x}	31	62	40	85	82	17	81	21	82	76	36	62	65	94	91
Min	21	53	29	82	77	11	75	18	80	72	25	51	38	91	87
Max	40	71	54	88	85	22	89	27	85	80	49	74	99	96	94
s	5.1	4.9	6.3	1.6	2.1	3.8	4.2	2.4	1.5	2.1	6.6	6.6	15.9	1.4	2.0
CV [%]	16.4	7.9	16.0	1.9	2.6	22.1	5.2	11.1	1.8	2.8	18.2	10.6	24.4	1.4	2.2
Mais / <i>Maize</i> (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]															
\bar{x}	23	77	6.0	64	55	23	77	5.1	62	53	18	82	6.8	65	55
Min	16	67	4.8	58	48	17	65	4.1	54	45	8	68	5.3	58	48
Max	33	84	7.4	73	65	35	83	6.5	70	62	32	92	8.9	76	68
s	5.2	5.3	0.7	4.2	4.7	4.3	4.4	0.6	4.1	4.5	7.2	7.2	1.0	5.2	6.0
CV [%]	23.3	6.8	12.0	6.5	8.5	19.3	5.6	12.5	6.7	8.5	39.3	8.8	14.2	8.0	10.8

¹ Auswaschbare Fraktion / [Washout fraction](#) [%].

² Potentiell abbaubare Fraktion / [Potentially degradable fraction](#) [%].

³ Abbaurate / [Degradation rate](#) [%/h]

⁴ Effektiver Abbau bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / [Effective degradation at a passage rate of 5%/h or 8%/h](#) [%].

Tabelle 8a. Gasbildung nach 24 h und Gasbildungskinetik im Hohenheimer Futterwerttest sowie daraus abgeleitete Futterwerteigenschaften von Gerste, Roggen und Triticale
 Table 8a. Gas production after 24 h and gas production kinetics of barley, rye, and triticale determined with the Hohenheim Gas Test and related feed characteristics

	Gasbildungskinetik Gas production kinetics				Nutzbares Rohprotein bei Utilisable crude protein at		
	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Plateau (b) [ml/200 mg TM ¹] Potential gas production [ml/200 mg DM ¹]	Gasbildungsrate (c) [%/h] Gas production rate	Umsetzbare Energie [MJ/kg TM] Metabolisable energy [MJ/kg DM]	Verdaulichkeit der Organischen Masse Organic matter digestibility [%]	5%/h [g/kg TM g/kg DM]	8%/h [g/kg TM g/kg DM]
Gerste / Barley (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]							
\bar{x}	74.6	77.8	11.1	13.5	91	165	189
Min	71.0	73.5	10.2	12.9	87	152	178
Max	77.6	80.4	11.9	14.0	94	177	199
s	1.9	1.8	0.5	0.3	1.8	6.4	5.9
CV [%]	2.5	2.3	4.7	2.0	2.0	3.9	3.1
Roggen / Rye (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]							
\bar{x}	79.1	81.1	12.5	13.9	95	169	193
Min	76.6	78.4	10.1	13.6	92	160	179
Max	81.8	85.1	14.1	14.3	98	183	208
s	1.4	1.5	1.2	0.2	1.5	6.6	7.9
CV [%]	1.8	1.9	9.3	1.5	1.6	3.9	4.1
Triticale / Triticale (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]							
\bar{x}	79.2	81.8	11.5	14.0	96	169	193
Min	74.2	78.6	9.7	13.4	91	149	180
Max	82.2	84.4	13.2	14.4	99	188	208
s	2.2	1.4	1.0	0.3	2.2	9.2	7.5
CV [%]	2.8	1.8	8.6	2.2	2.3	5.5	3.9

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle 8b. Gasbildung nach 24 h und Gasbildungskinetik im Hohenheimer Futterwerttest sowie daraus abgeleitete Futtereigenschaften von Weizen und Mais

Table 8b. Gas production after 24 h and gas production kinetics of wheat and maize determined with the Hohenheim Gas Test and related feed characteristics

	Gasbildungskinetik Gas production kinetics			Umsetzbare Energie [MJ/kg TM] Metabolisable energy [MJ/kg DM]	Verdaulichkeit der Organischen Masse Organic matter digestibility [%]	Nutzbares Rohprotein bei Utilisable crude protein	
	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Plateau(b) [ml/200 mg TM ¹] Potential gas production [ml/200 mg DM ¹]	Gasbildungsrate (c) [%/h] Gas production rate			5%/h [g/kg TM g/kg DM]	8%/h [g/kg TM g/kg DM]
Weizen / Wheat (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]							
\bar{x}	78.5	81.6	11.4	14.0	96	174	198
Min	76.0	78.2	10.5	13.7	93	169	191
Max	80.2	83.9	12.3	14.3	98	182	203
s	1.5	1.2	0.6	0.2	1.4	3.7	3.6
CV [%]	1.9	1.5	5.0	1.4	1.4	2.1	1.8
Mais / Maize (n=20) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]							
\bar{x}	74.1	85.7	7.1	13.8	94	156	174
Min	63.1	74.8	6.0	13.5	85	147	163
Max	78.6	88.7	8.3	14.2	98	166	190
s	4.0	3.1	0.6	0.2	3.2	5.7	7.2
CV [%]	5.5	3.7	8.4	1.5	3.4	3.7	4.1

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle 9a. Verdaulichkeiten und Energiegehalte von Gerste, Hafer und Roggen bei Hammeln
 Table 9a. Digestibilities and energy concentrations of barley, oats, and rye in wether sheep

	Verdaulichkeit Digestibility [%]						Energie [MJ/kg TM ¹] Energy [MJ kg DM ¹]			
	Organische Masse Organic matter	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	aNDFom ¹	ADFom ¹	Organischer Rest Organic residue	Bruttoenergie Gross energy (GE)	Umsetzbare Energie Metabolisabl e energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)
Gerste / Barley (n=8) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]										
\bar{x}	88	76	86	31	68	44	90	18.6	13.3	8.4
Min	85	69	77	11	47	27	88	18.5	13.0	8.2
Max	91	85	95	53	85	66	93	18.8	13.7	8.8
s	2.1	5.0	6.3	14.6	11.7	13.5	1.6	0.1	0.3	0.2
CV [%]	2.4	6.6	7.3	46.6	17.3	30.5	1.7	0.5	2.3	2.9
Hafer / Oats (n=10) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]										
\bar{x}	77	69	84	41	49	43	81	19.3	12.0	7.4
Min	71	61	72	24	37	24	76	19.1	11.5	6.9
Max	84	76	91	70	77	75	86	19.8	13.1	8.2
s	3.8	4.3	5.9	14.1	13.6	14.8	2.9	0.3	0.5	0.4
CV [%]	5.0	6.2	7.1	34.2	27.9	34.3	3.6	1.4	4.6	5.6
Roggen / Rye (n=8) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]										
\bar{x}	88	74	75	kA ²	62	kA	90	18.4	13.2	8.4
Min	85	69	63		48		88	18.4	12.8	8.1
Max	90	79	82		74		92	18.5	13.5	8.6
s	1.6	3.5	6.2		9.7		1.5	0.0	0.2	0.2
CV [%]	1.8	4.7	8.2		15.6		1.6	0.3	1.8	2.3

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter. aNDFom Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung / neutral detergent fibre after amylase treatment and without residual ash. ADFom Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung / acid detergent fibre without residual ash. ² kA: keine Angabe wegen methodisch bedingten nicht plausiblen Werten, die vermutlich mit der geringen Konzentration des Nährstoffs im Getreide zusammenhängen / not stated due to unreasonable results that may be related to low nutrient concentrations of the grains.

Tabelle 9b. Verdaulichkeiten und Energiegehalte von Triticale, Weizen und Mais bei Hammeln
 Table 9b. Digestibilities and energy concentrations of triticale, wheat, and maize in wether sheep

	Verdaulichkeit Digestibility [%]						Energie [MJ/kg TM ¹] Energy [MJ kg DM ¹]			
	Organische Masse Organic matter	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	NDFom ¹	ADFom ¹	Organischer Rest Organic residue	Bruttoenergie Gross energy (GE)	Umsetzbare Energie Metabolisabl e energy (ME)	Nettoenergie Laktation / Net energy lactation (NEL)
Triticale / Triticale (n=8) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]										
\bar{x}	89	74	74	kA ²	63	kA ²	91	18.5	13.4	8.5
Min	87	64	50		51		88	18.4	13.1	8.3
Max	92	81	89		76		94	18.5	13.7	8.8
s	1.7	5.1	12.8		9.2		1.6	0.0	0.2	0.2
CV [%]	1.9	6.8	17.4		14.6		1.7	0.3	1.7	2.1
Weizen / Wheat (n=8) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]										
\bar{x}	91	79	82	kA ²	65	43	92	18.6	13.7	8.8
Min	87	68	68		41	5	89	18.5	13.2	8.3
Max	93	87	96		80	68	94	18.8	14.1	9.1
s	2.1	7.0	8.3		12.0	20.1	1.6	0.1	0.3	0.2
CV [%]	2.3	8.9	10.1		18.5	46.8	1.8	0.4	2.1	2.8
Mais / Maize (n=4) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to the results of single genotypes]										
\bar{x}	85	45	84	kA ²	66	kA ²	86	19.5	13.5	8.5
Min	78	29	81		58		80	18.8	12.2	7.5
Max	88	58	86		70		89	20.6	14.4	9.1
s	4.7	12.9	2.4		5.7		4.2	0.8	1.0	0.7
CV [%]	5.6	28.8	2.9		8.7		4.8	4.3	7.1	8.1

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter. NDFom Neutral-Detergenzien-Faser nach Veraschung / neutral detergent fibre without residual ash. ADFom Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung / acid detergent fibre without residual ash. ² kA: keine Angabe wegen methodisch bedingten nicht plausiblen Werten, die vermutlich mit der geringen Konzentration des Nährstoffs im Getreide zusammenhängen / not stated due to unreasonable results that may be explained by low nutrient concentrations of the grain samples.

Tabelle 9c. Verdaulichkeiten und Energiegehalte von Trockenschlempen bei Hammeln
 Table 9c. Digestibilities and energy concentrations of distillers dried grains with solubles in wether sheep

	Verdaulichkeit Digestibility [%]								Energie [MJ/kg TM ¹] Energy [MJ kg DM ¹]		
	Organische Masse Organic matter	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	NDFom ¹	ADFom ¹	Organi- scher Rest Organic residue	Zucker Sugar	Brutto- energie Gross energy (GE)	Umsetzbare Energie Metaboli- sable energy (ME)	Netto- energie Laktation / Net energy lactation (NEL)
Trockenschlempe / Distillers dried grains with solubles (n=6) [Link zu den Ergebnissen einzelner Herkünfte / Link to the results of single origins]											
\bar{x}	79	77	90	62	78	54	79	81	21.2	13.2	8.1
Min	73	70	84	34	72	18	74	74	20.6	12.0	7.2
Max	88	85	95	95	90	94	87	89	22.5	14.9	9.4
s	4.8	5.6	4.6	23.1	6.7	26.7	4.6	4.7	0.7	0.9	0.7
CV [%]	6.0	7.3	5.2	37.4	8.6	49.8	5.9	5.8	3.3	7.0	8.3

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter. NDFom Neutral-Detergenzien-Faser nach Veraschung / neutral detergent fibre without residual ash. ADFom Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung / acid detergent fibre without residual ash.

Tabelle 10a: Postprandiale Reaktion von Glucose und Insulin im Blutplasma nach der Fütterung verschiedener Genotypen von Hafer, Gerste und Mais (Hafer und Gerste gequetscht, Mais grob gebrochen; eine Getreidemahlzeit pro Tag; Blutprobenahme bis 300 min postprandial; least square means (LSM) über 1,0, 1,5 und 2,0 g Stärke/kg Lebendmasse)

Table 10a: Postprandial plasma response of glucose and insulin following supply of different genotypes of oat, barley and maize grains (oats and barley crushed, maize roughly broken; one meal per day; blood sampling until 300 min postprandial; least square means 8 (LSM) over 1.0, 1.5, and 2.0 g starch/kg body weight)

	Glucose			Insulin		
	Mittel / Mean [mmol/l]	Maximum [mmol/l]	AUC [mmol/l min ⁻¹]	Mittel / Mean [mmol/l]	Maximum [mmol/l]	AUC [mmol/l min ⁻¹]
Hafer / Oats (n=4 genotypes) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to results of single genotypes]						
LSM	5.82	6.69	205	0.14	0.24	26.4
Min	5.47	5.67	78.6	0.12	0.19	15.6
Max	6.29	7.70	401	0.19	0.30	36.0
Gerste / Barley (n=4 genotypes) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to results of single genotypes]						
LSM	5.36	5.91	117	0.08	0.13	11.6
Min	5.20	5.71	99.4	0.07	0.11	8.16
Max	5.59	6.31	153	0.08	0.14	14.7
Mais / Maize (n=4 genotypes) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to results of single genotypes]						
LSM	5.45	5.96	86.9	0.08	0.14	8.40
Min	5.35	5.76	33.4	0.06	0.11	5.00
Max	5.49	5.98	152	0.10	0.17	13.0

AUC Fläche unter der Kurve; [Area under the curve](#)

Tabelle 10b. Postprandiale Reaktion von Glucose im Blutplasma nach Fütterung verschiedener Genotypen von unterschiedlich behandelten Haferkörnern in zwei Mahlzeiten pro Tag (1 g Stärke/kg Lebendmasse und Mahlzeit; Blutprobenahme bis 300 min postprandial)

Table 10b. Postprandial plasma response of glucose following supply of various genotypes of oat from differently treated grains in two meals per day (1 g of starch/kg body weight and meal; blood sampling until 300 min postprandial)

	Erste Mahlzeit / First meal			Zweite Mahlzeit / Second meal		
	Mittel / Mean [mmol/l]	Maximum [mmol/l]	AUC [mmol/l min ⁻¹]	Mittel / Mean [mmol/l]	Maximum [mmol/l]	AUC [mmol/l min ⁻¹]
Unverarbeitet / whole grains (n=3 genotypes) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to results of single genotypes]						
LSM	6.09	7.28	288	5.42	6.18	9.90
Min	5.90	6.84	202	5.38	6.12	- 28.0
Max	6.41	7.97	381	5.50	6.27	74.8
Gequetscht / crushed grains (n=3 genotypes) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to results of single genotypes]						
LSM	6.02	7.17	278	5.51	6.12	67.1
Min	5.93	6.97	257	5.49	6.02	31.3
Max	6.10	7.28	298	5.52	6.23	97.5
Pelletiert / pelleted (n=3 genotypes) [Link zu den Ergebnissen d einzelner Genotypen / Link to results of single genotypes]						
LSM	6.21	7.33	319	5.63	6.23	91.3
Min	5.91	6.74	219	5.46	6.09	65.0
Max	6.39	7.68	384	5.78	6.37	130

AUC Fläche unter der Kurve; Area under the curve; LSM least square mean.

Tabelle 10c: Maximale postprandiale Konzentration an essentiellen Aminosäuren [$\mu\text{mol/l}$] im Blutplasma nach stärkeäquivalenter Fütterung verschiedener Genotypen von Hafer, Gerste und Mais (Hafer und Gerste gequetscht, Mais grob gebrochen; eine Getreidemahlzeit pro Tag; Blutprobenahme bis 300 min postprandial; LSM über 1,0, 1,5 und 2,0 g Stärke/kg Lebendmasse)

Table 10c: Maximum postprandial plasma concentration of indispensable amino acids [$\mu\text{mol/l}$] following starch-balanced supply of oats, barley and maize genotypes (oats and barley crushed, maize roughly broken; one meal per day; blood sampling until 300 min postprandial; LSM over 1.0, 1.5, and 2.0 g starch/kg body weight)

	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Trp	Val
Hafer / Oats (n=4 genotypes) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to results of single genotypes]									
LSM	103	83	149	126	44	74	500	57	267
Min	97	79	144	114	43	72	443	53	250
Max	110	85	156	146	44	76	546	56	273
Gerste / Barley (n=4 genotypes) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to results of single genotypes]									
LSM	109	76	128	139	35	70	468	54	208
Min	103	66	106	121	31	66	406	47	180
Max	119	84	140	149	37	74	503	59	233
Mais / Maize (n=4 genotypes) [Link zu den Ergebnissen einzelner Genotypen / Link to results of single genotypes]									
LSM	110	72	127	100	¹	71	446	64	236
Min	103	62	116	64	¹	67	325	53	191
Max	117	78	137	128	¹	78	544	69	257

¹ keine Messwerte vorhanden / no readings available; LSM least square mean

3 Einflüsse von Verarbeitung und Klimawandel auf den Futterwert von Getreide

3.1 Proteinwert von Trockenschlempen für Wiederkäuer

Projektleitung: Prof. Dr. K.-H. Südekum

Der Futterwertwert von 36 Getreideschlempen von 11 Herstellern in Europa sowie von 28 Beprobungen einer Anlage über 420 Tage hinweg wurde geprüft. Die chemische Zusammensetzung aller Proben wurde untersucht. Der Energiewert wurde aus der *in vitro*-Gasproduktion im Hohenheimer Futterwerttest (HFT), der ruminale Abbau des Rohproteins aus der chemischen Fraktionierung des Rohproteins und der Gehalt an nutzbarem Rohprotein am Duodenum aus der Freisetzung von Ammoniak im HFT ermittelt. Zudem wurde die Dünndarmverdaulichkeit des ruminal unabgebauten Futterrohproteins enzymatisch *in vitro* bestimmt.

Die Ergebnisse sind auf den folgenden Seiten in den [Tabellen 11 a-c](#) zusammengefasst. Weitere Informationen zur Vorgehensweise und den Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

Böttger C., Südekum K.-H. 2017. European distillers dried grains with solubles (DDGS): Chemical composition and *in vitro* evaluation of feeding value for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 224: 66-77, doi 10.1016/j.anifeedsci.2016.12.012.

Böttger C., Südekum K.-H. 2017. Within plant variation of distillers dried grains with solubles (DDGS) produced from multiple raw materials in varying proportions: chemical composition and *in vitro* evaluation of feeding value for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 229: 79-90, doi 10.1016/j.anifeedsci.2017.05.003.

Böttger C., Südekum K.-H. 2018. Review: protein value of distillers dried grains with solubles (DDGS) in animal nutrition as affected by the ethanol production process. *Animal Feed Science and Technology* 244: 11-17, doi 10.1016/j.anifeedsci.2018.07.018.

3 Processing and climate change on the nutritive value of cereal grains

3.1 Protein value of distillers dried grains with solubles in ruminants

PI: Prof. Dr. K.-H. Südekum

Feed and particularly protein values of 36 DDGS samples from 11 European producers and 28 DDGS samples obtained from one production plant over 420 days were assessed. Chemical composition of all samples was analysed. Energy values were derived from *in vitro* gas production in the Hohenheim gas test (HGT), ruminal crude protein degradability was estimated from chemical crude protein fractionation, and concentration of utilisable crude protein at the duodenum was estimated from ammonia release in the HGT. Small intestinal digestibility of ruminally undegraded crude protein was estimated using an enzymatic *in vitro* method.

Results are summarised in [Table 11 a-c](#) on the following pages. Further methodological aspects and results are part of the following publications:

Tabelle 11a. Chemische Zusammensetzung (g/kg Trockenmasse) von europäischen Trockenschlempen basierend auf Rohstoffgemischen, Mais und Weizen
 Table 11a. Chemical composition (g/kg dry matter) of European blend DDGS, maize DDGS, and wheat DDGS

	Rohasche Ash	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	NDFom ¹	ADFom ¹	Lignin Lignin	Stärke Starch	Zucker Sugar
Trockenschlempen basierend auf Rohstoffgemischen / Blend DDGS (n=13) [Link zu Ergebnissen einzelner Herkünfte / Link to results of single origins]								
LSM ²	50.1	337	86.1	449	210	113	22.7	29.3
Min	24.5	316	67.3	365	155	49.4	9.60	4.80
Max	64.7	354	133	523	294	181	49.3	54.5
Trockenschlempen basierend auf Mais / Maize DDGS (n=14) [Link zu Ergebnissen einzelner Herkünfte / Link to results of single origins]								
LSM	46.7	291	137	398	154	51.4	52.2	13.6
Min	40.0	258	114	322	106	39.7	4.20	6.70
Max	53.0	323	173	445	204	89.0	70.2	26.5
Trockenschlempen basierend auf Weizen / Wheat DDGS (n=8) [Link zu Ergebnissen einzelner Herkünfte / Link to results of single origins]								
LSM	50.7	336	70.4	438	192	101	48.4	40.7
Min	42.1	315	60.9	393	128	58.0	25.8	22.0
Max	61.4	356	91.4	482	244	151	98.8	70.9
Trockenschlempe basierend auf Gerste / Barley DDGS (n=1)								
	43.9	241	73.6	523	187	57.5	48.2	13.0

¹ NDFom Neutral-Detergenzien-Faser nach Veraschung / [neutral detergent fibre without residual ash](#). ADFom Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung / [acid detergent fibre without residual ash](#).

² Least squares means (unter Berücksichtigung der Effekte von Rohstoff und Hersteller / [Considering effects of raw material and company](#)).

Tabelle 11b. Gasbildung nach 24 h und aus dieser sowie aus der Ammoniakfreisetzung abgeleitete Futtereigenschaften von Trockenschlempen
 Table 11b. Gas production after 24 h and feed characteristics derived thereof and from ammonia release in DDGS

	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Energie [MJ/kg TM] Energy [MJ/kg DM]		Nutzbares Rohprotein am Duodenum (nXP) [g/kg TM] Utilisable crude protein at the duodenum (uCP) [g/kg DM]	
		Umsetzbare Energie Metabolisable energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)	5%/h ²	8%/h ²
Trockenschlempen basierend auf Rohstoffgemischen / Blend DDGS (n=13) [Link zu Ergebnissen einzelner Herkünfte / Link to results of single origins]					
LSM ³	42.7	12.1	7.3	258	288
Min	36.9	11.0	6.6	217	244
Max	45.5	12.9	7.8	331	337
Trockenschlempen basierend auf Mais / Maize DDGS (n=14) [Link zu Ergebnissen einzelner Herkünfte / Link to results of single origins]					
LSM	41.5	12.7	7.7	282	291
Min	38.1	12.4	7.4	248	260
Max	45.5	13.4	8.2	286	301
Trockenschlempen basierend auf Weizen / Wheat DDGS (n=8) [Link zu Ergebnissen einzelner Herkünfte / Link to results of single origins]					
LSM	42.8	11.8	7.1	249	282
Min	38.2	11.1	6.6	230	266
Max	48.3	12.3	7.4	283	307
Trockenschlempe basierend auf Gerste / Barley DDGS (n=1)					
	39.7	10.6	6.3	185	201

¹ TM Trockenmasse / DM dry matter.

² nXP bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / uCP at a passage rate of 5%/h or 8%/h.

³ Least squares means (unter Berücksichtigung der Effekte von Rohstoff und Hersteller / Considering effects of raw material and company).

Tabelle 11c. Rohproteinfraktionen und daraus abgeleitete Gehalte an ruminal unabgebautem Rohprotein (UDP) sowie *in vitro* enzymatisch geschätzte Dünndarmverdaulichkeit des UDP von Trockenschlempen

 Table 11c. Crude protein composition and ruminally undegraded crude protein (RUP) derived thereof as well as *in vitro* enzymatically estimated small intestinal digestibility of RUP of DDGS

	Neutraldetergenz-unlöslicher N [g/kg TM ¹] Neutral detergent insoluble N [g/kg DM ¹]	Säuredetergenz-unlöslicher N [g/kg TM] Acid detergent insoluble N [g/kg DM]	Rohproteinfraktionen [g/kg XP ²] Crude protein fractions [g/kg CP ²]					Ruminal unabgebautes Rohprotein (UDP) [g/kg XP] Ruminally undegraded crude protein (RUP) [g/kg CP]	Dünndarmverdaulichkeit des UDP Small intestinal digestibility of RUP	
			A	B ₁	B ₂	B ₃	C	5%/h ³	8%/h ³	
Trockenschlempen basierend auf Rohstoffgemischen / Blend DDGS (n=13) [Link zu Ergebnissen einzelner Herkünfte / Link to results of single origins]										
LSM ⁴	28.0	12.3	153	26.3	306	285	229	396	476	0.70
Min	21	9	54	3	151	193	157	144	197	0.58
Max	38	19	279	45	525	355	337	878	1000	0.81
Trockenschlempen basierend auf Mais / Maize DDGS (n=14) [Link zu Ergebnissen einzelner Herkünfte / Link to results of single origins]										
LSM	14.6	8.02	125	26.4	528	159	172	334	407	0.83
Min	10	4	84	11	441	87	90	224	283	0.78
Max	19	11	165	46	628	268	231	476	571	0.87
Trockenschlempen basierend auf Weizen / Wheat DDGS (n=8) [Link zu Ergebnissen einzelner Herkünfte / Link to results of single origins]										
LSM	27.9	10.4	162	16.6	305	319	192	384	463	0.71
Min	20	6	109	7	189	175	106	213	270	0.63
Max	35	17	201	31	409	458	315	634	742	0.79
Trockenschlempe basierend auf Gerste / Barley DDGS (n=1)										
	15	5	307	44	264	261	125	118	184	0.72

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

² XP Rohprotein; CP crude protein.

³ UDP bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / RUP at a passage rate of 5%/h or 8%/h.

⁴ LSM, least squares means (unter Berücksichtigung der Effekte von Rohstoff und Hersteller / Considering effects of raw material and company).

3.2 Getreidevermahlung und Mischfutterkonfektionierung bei Schweinen und Geflügel

Projektleitung: Prof. Dr. J. Kamphues

In einem Versuch wurde Mastschweinen mit und ohne Ileumfisteln identisch zusammengesetztes Mischfutter mit unterschiedlicher Vermahlung und Konfektionierung verfüttert. Vier Behandlungen wurden getestet. Bei einer Behandlung wurde das im Futter enthaltene Getreide mit einem Walzenstuhl grob zerkleinert und nicht weiter konfektioniert. Bei der zweiten und dritten Behandlung wurde das Futter pelletiert, nachdem das Getreide mit einer Hammermühle fein vermahlen bzw. mit einem Walzenstuhl grob zerkleinert wurde. Bei der vierten Behandlung wurde das Futter extrudiert, nachdem das Getreide mit einem Walzenstuhl grob zerkleinert wurde. Das Futter stand je Behandlung bei der Bestimmung der praecaecalen Verdaulichkeit für 5, bei der Gesamttraktverdaulichkeit für 15 einzeln gehaltene Tiere *ad libitum* zur Verfügung.

Die Ergebnisse der praecaecalen Verdaulichkeit sowie die Gesamttraktverdaulichkeit von Nährstoffen sind in [Tabelle 12](#) zusammengefasst. Weitere Ergebnisse zur Wachstumsleistung, Darmgesundheit, Mikrobiota, Auswirkungen einer experimentellen Infektion mit *Salmonella* oder *Streptococcus suis* sowie weitere Informationen zur Vorgehensweise und den Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

- Arlinghaus M., Sander S., Kamphues J. 2013. Einfluss hydrothermischer Verfahren in der Mischfutterherstellung auf die Nährstoffverdaulichkeit und Leistung bei Schweinen (Impact of hydrothermal treatments in the production of compound feeds on nutrient digestibility and performance in pigs). *Übersichten zur Tierernährung* 41: 1-50.
- Cappai M.G., Arlinghaus M., Sander S.J., Dimauro C., Pinna W., Kamphues J. 2015. Effect of the physical form of the diet on the morphometric traits of terminal ileum and ileocecal valve for potential prevention of small bowel retrograde contamination in the growing pig. *Animal Feed Science and Technology* 210: 184-189, doi 10.1016/j.anifeedsci.2015.09.027.
- Cappai M.G., Dall'Aglio C., Sander S.J., Ratert C., Dimauro C., Pinna W., Kamphues J. 2016. Different physical forms of one diet fed to growing pigs induce morphological changes in mandibular glands

3.2 Grain grinding and feed compacting in pigs and poultry

PI: Prof. Dr. J. Kamphues

An identically composed but differently ground and processed feed was fed to growing pigs with and without ileum-fistulas. Four treatments were investigated. In one treatment, the grains contained in the feed were coarsely ground using a roller mill and the feed was not further processed. In two further treatments, the feed was pelleted after the contained cereal grains were either finely ground using a hammer mill, or coarsely ground using a roller mill. Feed of the fourth treatment was extruded after the contained cereal grains were coarsely ground using a roller mill. Feed was offered for *ad libitum* consumption to 5 and 15 individually housed animals for precaecal and total tract measurements, respectively.

Results of precaecal and total tract digestibility are summarised in [Table 12](#). Further results showing growth performance, gut health, microbiota, consequences of an artificial infection with *Salmonella* or *Streptococcus suis* as well as further methodological aspects and results are described in the following scientific publications:

and local leptin (Ob) production and receptor (ObR) expression. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100: 1067-1072, doi 10.1111/jpn.12478.

Ratert C., Sander S.J., Verspohl J., Beyerbach M., Kamphues, J. 2015. Effects of the physical form of diet on the outcome of an artificial *Salmonella* infection in broilers. *Avian Diseases* 59: 74-78, doi 10.1637/10890-062414-Reg.

Sander S.J., Bullermann J., Arlinghaus M., Verpohl J., Kamphues J. 2012. The influence of grinding intensity and compaction of diets on the microbial community in the gastrointestinal tract of young pigs. *Journal of Animal Science* 90: 16-18, doi 10.2527/jas.52522.

Warneboldt F., Sander S., Beineke A., Valentin-Weigand P., Kamphues J., Baums C. 2016. Clearance of *Streptococcus suis* in stomach contents of differently fed growing pigs. *Pathogens* 56, doi 10.3390/pathogens5030056.

Wolf P., Arlinghaus M., Kamphues J., Sauer N., Mosenthin R. 2012. Einfluss der Partikelgröße im Futter auf die Nährstoffverdaulichkeit und Leistung beim Schwein (Impact of feed particle size on nutrient digestibility and performance in pigs). *Übersichten zur Tierernährung* 40: 21-64.

In zwei Versuchen wurde Mastbroilern identisch zusammengesetztes Mischfutter (64% Weizen, 30% Sojaextraktionsschrot, 6% sonstige Komponenten) mit unterschiedlicher Vermahlung und Konfektionierung verfüttert. Bei zwei Behandlungen wurde der gesamte Weizen der Futtermischung mit einer Hammermühle fein bzw. mit einem Walzenstuhl grob vermahlen und das Futter anschließend pelletiert. Bei einer weiteren Behandlung wurden 22 % des in der Mischung enthaltenen Weizens als ganze Körner vor dem Pelletieren zugemischt; die verbliebenen 42 % Weizen in der Mischung wurden mit einer Hammermühle fein vermahlen. Bei der vierten Behandlung wurde der Weizen mit einem Walzenstuhl grob vermahlen, bevor das Futter extrudiert wurde. Die Behandlungen wurden Broilern in je drei Wiederholungen mit jeweils 26 Tieren zur *ad libitum* Aufnahme angeboten.

Ergebnisse der Versuche sind in [Tabelle 13](#) zusammengefasst. Weitere Ergebnisse zur Wachstumsleistung, Darmgesundheit, Mikrobiota, Auswirkungen einer experimentellen Infektion sowie weitere Informationen zur Vorgehensweise und den Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

Ratert C., Sander S. J., Verspohl J., Beyerbach M., Kamphues, J. 2015. Effects of the physical form of diet on the outcome of an artificial *Salmonella* infection in broilers. *Avian Diseases* 59: 74-78, doi 10.1637/10890-062414-Reg.

In two experiments with broilers, an identically composed feed (64% wheat, 30% soybean meal, 6% other components) was differently ground and processed. Four treatments were investigated. In two treatments, the total wheat contained in the feed was finely ground using a hammer mill or coarsely ground using a roller mill before the feed was pelleted. In another treatment, 22% of whole wheat at the expense of wheat finely ground using a hammer mill was added prior to pelleting. In the fourth treatment, the wheat was coarsely ground using a roller mill and the feed was extruded. The treatments were offered for *ad libitum* consumption in three replicates of 26 birds each.

Results of the trials are summarised in [Table 13](#). Further results showing growth performance, gut health, microbiota, consequences of an artificial infection as well as further methodological aspects and results are described in the following publications:

- Ratert C., Sander S.J., Verspohl J., Beyerbach M., Kamphues J. 2013. Effects of feed structure (grinding intensity/compaction) on shedding and translocation of Salmonella Enteritidis in broilers after experimental infection. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 22: 95.
- Sander S.J., Bormann T., Kluth T., Witte M., Üffing B., Kamphues J. 2014. Influence of particle size distribution in the diet and further compaction on the prececal digestibility of starch, crude protein and amino acids in broilers. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 23: 28.
- Üffing B., Witte M., Tost M., Sander S.J., Verspohl J., Kamphues J. 2012. Effects of different physical forms of the diet on the microflora in the gastrointestinal tract of broiler chickens. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 21: 163.
- Witte M., Üffing B., Sander S.J., Tost M., Kamphues J. 2012. Effects of diets' physical form and preparation (grinding type/intensity, processing) on the gastrointestinal tract, digestibility of nutrients and feed conversion ratio (FCR) in broilers. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 21: 140.

Tabelle 12. Partikelgrößenverteilung und Nährstoffverdaulichkeit [$\bar{x} \pm s$] von unterschiedlich vermahlenem und konfektioniertem Futter bei Mäschweinen

 Table 12. Particle size distribution and nutrient digestibility [$\bar{x} \pm s$] of differently ground and compacted feed in growing pigs

Mühle Mill		Hammermühle Hammer mill		Walzenstuhl Roller mill	
Konvektionierung Compacting	n	keine none	keine none	pelletiert pelleted	extrudiert extruded
Partikelgröße / Particle size					
> 1.0 mm [%]		9.0	45.8	41.6	29.4
< 0.2 mm [%]		42.4	27.3	32.7	43.8
Mittlerer geometrischer Durchmesser / Geometric mean diameter [μm]		0.463	0.880	0.836	0.659
Praecaecale Verdaulichkeit / Precaecal digestibility [%]					
Organische Masse / Organic matter	4 or 5	71 \pm 2.3	70 \pm 4.2	70 \pm 1.3	-
Rohprotein / Crude protein	4 or 5	89 \pm 3.7	77 \pm 3.2	75 \pm 2.0	-
Stärke / Starch	4 or 5	97 ^a \pm 0.1	96 ^a \pm 0.3	95 ^b \pm 0.4	-
Gesamtraktverdaulichkeit / Total tract digestibility [%]					
Organische Masse / Organic matter	15	86 \pm 1.7	86 \pm 1.1	86 \pm 1.7	85 \pm 1.2
Rohprotein / Crude protein	15	81 \pm 2.9	82 \pm 2.3	79 \pm 3.1	79 \pm 3.1
Stärke / Starch	15	99 \pm 0.2	99 \pm 0.1	99 \pm 0.2	99 \pm 0.2

^{a,b} Unterschiedlich Hochbuchstaben in einer Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0.050$) / Different superscript letters in a line indicate significant differences ($P < 0.050$).

Tabelle 13a. Partikelgrößen, Organgewichte und Nährstoffverdaulichkeit [$\bar{x} \pm s$] von unterschiedlich vermahlenem und konfektioniertem Futter bei Broilern – Versuch 1

 Table 13a. Particle size, organ weights, and nutrient digestibility [$\bar{x} \pm s$] of differently ground and compacted feed in broilers – trial 1

	Weizen fein vermahlen, Futter pelletiert Wheat finely ground, feed pelleted	Weizen grob vermahlen, Futter pelletiert Wheat coarsely ground, feed pelleted	22% ganze Weizenkörner zugemischt, Futter pelletiert 22% whole wheat added, feed pelleted	Weizen grob vermahlen, Futter extrudiert Wheat coarsely ground, feed extruded
Partikelgröße / Particle size [%]				
> 1.0 mm	17.1	45.5	40.8	14.1
< 0.2 mm	41.3	30.9	30.6	47.2
Organgewichte [g/kg Körpergewicht] / Organ weight [g/kg body weight]				
Muskelmagen / Gizzard	10.9 ^b ± 2.9	14.4 ^a ± 3.7	11.6 ^b ± 2.2	13.6 ^a ± 3.6
Pankreas / Pancreas	1.5 ^b ± 0.2	1.8 ^a ± 0.3	1.5 ^b ± 0.1	1.7 ^a ± 0.3
Gesamtraktverdaulichkeit / Total tract digestibility [%]				
Organische Masse / Organic matter	68 ± 2.8	68 ± 1.9	69 ± 2.3	69 ± 2.2
Stärke / Starch	91 ± 4.7	94 ± 2.5	91 ± 3.1	95 ± 0.6

^{a,b} Unterschiedliche Hochbuchstaben in einer Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0.050$) / Different superscript letters in a line indicate significant differences ($P < 0.050$).

Tabelle 13b. Wachstumsleistungen und Nährstoffverdaulichkeit [$\bar{x} \pm s$] von unterschiedlich vermahlenem und konfektioniertem Futter bei Broilern – Versuch 2

 Table 13b. Growth performance and nutrient digestibility [$\bar{x} \pm s$] of differently ground and compacted feed in broilers – trial 2

	Weizen fein vermahlen, Futter pelletiert Wheat finely ground, feed pelleted	Weizen grob vermahlen, Futter pelletiert Wheat coarsely ground, feed pelleted	22% ganze Weizenkörner zu gemischt, Futter pelletiert 22% whole wheat added, feed pelleted	Weizen grob vermahlen, Futter extrudiert Wheat coarsely ground, feed extruded
Mittlerer geometrischer Durchmesser / Geometric mean diameter [μm]	316	468	480	244
Wachstumsleistung / Growth performance [g/d]				
Tägliche Futterraufnahme / Daily feed intake	151 \pm 7.6	149 \pm 4.9	147 \pm 12.2	135 \pm 8.9
Tägliche Gewichtszunahmen / Daily weight gain	101 ^a \pm 18.2	104 ^a \pm 15.0	97 ^{ab} \pm 20.5	91 ^b \pm 21.2
Praecaecale Verdaulichkeit / Precaecal digestibility [%]				
Stärke / Starch	94 \pm 2.1	96 \pm 2.3	95 \pm 1.4	96 \pm 1.3
Rohprotein / Crude protein	81 ^b \pm 4.1	77 ^c \pm 4.0	77 ^{bc} \pm 4.2	86 ^a \pm 3.1
Methionin / Methionine	91 ^a \pm 2.6	88 ^b \pm 2.3	86 ^b \pm 2.5	92 ^a \pm 1.6
Lysin / Lysine	82 ^b \pm 4.1	80 ^b \pm 4.4	79 ^b \pm 4.2	87 ^a \pm 2.7

^{a,b,c} Unterschiedliche Hochbuchstaben in einer Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0.050$) / Different superscript letters in a line indicate significant differences ($P < 0.050$).

3.3 Klimawandel

Projektleitung: Prof. Dr. S. Dänicke

Um den Einfluss steigender atmosphärischer CO₂-Konzentrationen auf die chemische Zusammensetzung von Getreidekörnern zu untersuchen, wurden die Getreidearten Mais, Wintergerste und Winterweizen aus dem „Braunschweiger Kohlenstoffprojekt“ des Thünen-Institutes unter den CO₂-Konzentrationen 380 ppm (AMBI) und 550 ppm (FACE) angebaut. Mit Mais wurden weitere Untersuchungen zur Roh Nährstoff- und Phosphorverdaulichkeit an Broilern und Schweinen durchgeführt. Die ruminale *in situ*-Abbaubarkeit von Mais wurde an 6 pansenfistulierten nicht laktierenden Kühen der Rasse Deutsche Holstein untersucht.

Ergebnisse der Nährstoffkonzentration sind in [Tabelle 14](#), Ergebnisse zu Broilern und Schweinen in [Tabelle 15](#) und zur ruminale Abbaubarkeit in [Tabelle 16](#) zusammengefasst. Weitere Informationen zur Vorgehensweise und den Ergebnissen sind Gegenstand der folgenden Publikationen:

- Wroblewitz S., Hüther L., Berk A., Lebzien P., Manderscheid R., Weigel H.J., Wätzig H., Dänicke S. 2014. The impact of Free Air Carbon Dioxide Enrichment (FACE) on nutrient digestibility of maize grains in pigs and broiler chickens and on ruminal *in sacco* degradability. *Animal Feed Science and Technology* 196:128-138, doi 10.1016/j.anifeedsci.2014.06.018.
- Wroblewitz S., Hüther L., Manderscheid R., Weigel H.-J., Wätzig H., Dänicke S. 2013. The effect of free air carbon dioxide enrichment and nitrogen fertilization on the chemical composition and nutritional value of wheat and barley grain. *Archive of Animal Nutrition* 67:263-278, doi 10.1080/1745039X.2013.821781.
- Wroblewitz S., Hüther L., Manderscheid R., Weigel H.J., Wätzig H., Dänicke S. 2014. Effect of rising atmospheric carbon dioxide concentration on the protein composition of cereal grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62:6616-6625, doi 10.1021/jf501958a.
- Wroblewitz S., Hüther L., Wätzig H., Dänicke S. 2014. A new method for the separation of the protein fractions prolamin and glutelin in cereal grain by modified SE-HPLC. *Lebensmittelchemie* 68:3-4.

3.3 Climate change

PI: Prof. Dr. S. Dänicke

To investigate effects of atmospheric CO₂ enrichment on the chemical composition of cereal grains, maize, winter barley, and winter wheat from the “Braunschweig Carbon Project” of the Thünen-Institute were grown at atmospheric CO₂ concentrations of 380 ppm (AMBI) and 550 ppm (FACE). Maize grains were further used for determination of proximate nutrient and phosphorus digestibility using broiler chickens and pigs. Ruminant *in situ* degradation of the maize grains was determined with 6 ruminal fistulated non-lactating German Holstein cows.

Results of nutrient concentrations, broiler chickens and pigs, and ruminal degradation are summarised in [Table 14](#), [Table 15](#), and [Table 16](#), respectively. Further methodological aspects and results are described in the following scientific publications:

Tabelle 14. Chemische Zusammensetzung [g/kg Trockenmasse sofern nicht anders angegeben] von unter 380 oder 550 ppm atmosphärischem CO₂ angebauten Maiskörnern (n=3)

 Table 14. Chemical composition [g/kg dry matter unless otherwise stated] of maize grains grown under 380 or 550 ppm atmospheric CO₂ (n=3)

	Trocken- masse Dry matter [g/kg]	Rohasche Crude ash	Roh- protein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	Stärke Starch	Zucker Sugar	Phosphor Phosphorus	NDFom ¹	Lignin
380 ppm										
\bar{x}	882	16.0	83.1	53.6	25.3	706	19.9 ^b	3.6	189	14.7
s	0.7	0.30	0.31	2.90	2.34	0.9	0.48	0.15	28.4	2.08
550 ppm										
\bar{x}	880	15.6	84.4	54.0	28.9	703	24.8 ^a	3.5	221	14.7
s	0.5	0.36	0.62	4.82	1.75	5.2	0.64	0.11	25.7	0.50

¹ NDFom Neutral-Detergenzien-Faser nach Veraschung / neutral detergent fibre without residual ash.

^{a,b} Unterschiedliche Hochbuchstaben in einer Spalte kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0.050$) / Different superscript letters in a column indicate significant differences ($P < 0.050$).

Tabelle 15. Nährstoffverdaulichkeit [%] und Umsetzbare Energie [MJ/kg TM] bei von unter 380 und 550 ppm atmosphärischem CO₂ angebautem Körnermais

 Table 15. Nutrient digestibility [%] and Metabolisable Energy [MJ/kg DM] of maize grains grown under 380 or 550 ppm atmospheric CO₂

	Organische Masse Organic matter	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	N-freie Extraktstoffe N-free extracts	Phosphor Phosphorus	Umsetzbare Energie Metabolisable Energy
Broiler (n=14)							
380 ppm							
\bar{x}	82	91 ^b	91	19	78	60	n.b. ¹
s	2.2	1.5	2.1	11	2.6	5.9	
550 ppm							
\bar{x}	83	93 ^a	92	23	79	64	n.b.
s	1.9	1.1	1.1	9	2.3	4.2	
Schweine / Pigs (n=12)							
380 ppm							
\bar{x}	89	71	62 ^b	56	94	61	16.0 ^b
s	3.6	1.3	9.4	48	4.0	57	0.62
550 ppm							
\bar{x}	92	78	73 ^a	58	96	40	16.5 ^a
s	3.0	1.5	1.3	52	2.7	43	0.55

¹ n.b. nicht bestimmt / not determined.

^{a,b} Unterschiedliche Hochbuchstaben bei einem Merkmal kennzeichnen signifikante Unterschiede bei einer Tierart ($P < 0.050$) / Different superscript letters for a trait in a line indicate significant differences within an animal species ($P < 0.050$).

Tabelle 16. *In situ*-Abbau von Trockenmasse, Rohprotein, Neutraler Detergentienfaser und Stärke von unter 380 und 550 ppm atmosphärischem CO₂ angebautem Körnermais (n=6)

 Table 16. *In situ* degradation of dry matter, crude protein, neutral detergent fibre, and starch of maize grains grown under 380 or 550 ppm atmospheric CO₂ (n=6)

	a ¹	b ²	c ³	2%/h ⁴	5%/h ⁴	8%/h ⁴
Trockenmasse / Dry matter						
380 ppm	211 ± 46	770 ± 59	0.08 ± 0.03	822 ± 32	680 ± 58	593 ± 66
550 ppm	214 ± 46	772 ± 56	0.08 ± 0.02	825 ± 30	682 ± 54	594 ± 61
Rohprotein / Crude protein						
380 ppm	329 ± 41	655 ± 63	0.08 ^a ± 0.03	850 ^a ± 25	730 ^a ± 46	655 ^a ± 54
550 ppm	318 ± 58	687 ± 77	0.04 ^b ± 0.02	768 ^b ± 41	619 ^b ± 64	545 ^b ± 67
Neutrale Detergentienfaser / Neutral detergent fibre						
380 ppm	326 ± 5.1	588 ^b ± 21	0.58 ^a ± 0.17	893 ^a ± 19	865 ^a ± 18	840 ^a ± 19
550 ppm	311 ± 58	694 ^a ± 77	0.04 ^b ± 0.02	767 ^b ± 41	617 ^b ± 64	542 ^b ± 68
Stärke / Starch						
380 ppm	587 ± 29	420 ± 34	0.08 ± 0.02	923 ± 14	847 ± 24	799 ± 28
550 ppm	585 ± 26	419 ± 28	0.09 ± 0.02	923 ± 12	848 ± 22	800 ± 25

¹ Auswaschbare Fraktion / Washout fraction [g/kg].

² Potentiell abbaubare Fraktion / Potentially degradable fraction [g/kg].

³ Abbaurrate / Degradation rate.

⁴ Effektiver Abbau bei einer Passagerate von 2%/h, 5%/h bzw. 8%/h / Effective degradation at a passage rate of 2%/h, 5%/h or 8%/h [g/kg]

^{a,b} Unterschiedliche Hochbuchstaben bei einem Merkmal kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen atmosphärischen CO₂-Niveaus ($P < 0.050$) / Different superscript letters for a trait indicate significant differences between atmospheric CO₂ levels ($P < 0.050$).

4 Abkürzungen / Abbreviations

Deutsch		English	
ADFom	Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung	ADFom	acid detergent fibre without residual ash
Ala	Alanin	Ala	alanine
Arg	Arginin	Arg	arginine
Asn	Asparagin	Asn	asparagine
Asp	Asparaginsäure	Asp	aspartic acid
AUC	Areal unter der Kurve	AUC	area under the curve
CV	Variationskoeffizient	CF	crude fibre
Cys	Cystein	CL	crude fat
GE	Bruttoenergie	CP	crude protein
Gln	Glutamin	CV	coefficient of variation
Glu	Glutaminsäure	Cys	cysteine
Gly	Glycin	DM	dry matter
HFT	Hohenheimer Futterwerttest	GE	gross energy
His	Histidin	Gln	glutamine
Ile	Isoleucin	Glu	glutamic acid
kA	keine Angabe	Gly	glycine
Leu	Leucin	HGT	Hohenheim Gas Test
LSM	Least square means	His	histidine
Lys	Lysin	Ile	isoleucine
Max	Maximum	kA	not stated
ME	Umsetzbare Energie	Leu	leucine
Met	Methionin	LSM	Least square means
Min	Minimum	Lys	lysine
MJ	Megajoule	Max	maximum
NDFom	Neutral-Detergenzien-Faser nach Veraschung	ME	metabolisable energy
NEL	Nettoenergie Laktation	Met	methionine
Nr.	Nummer	Min	minimum
NSP	Nicht-Stärke-Polysaccharide	MJ	megajoule
nXP	nutzbares Rohprotein am Duodenum	NDFom	neutral detergent fibre without residual ash
Phe	Phenylalanin	NEL	net energy lactation
Pro	Prolin	No.	number
s	Standardabweichung	NSP	non-starch-polysaccharide
Ser	Serin	Phe	phenylalanine
Thr	Threonin	Pro	proline
TM	Trockenmasse	RUP	ruminal undegraded crude protein
Trp	Tryptophan	s	standard deviation
Tyr	Tyrosin	Ser	serine
UDP	ruminal unabgebautes Rohprotein	Thr	threonine
Val	Valin	Trp	tryptophan
\bar{x}	arithmetischer Mittelwert	Tyr	tyrosine
XF	Rohfaser	uCP	utilisable crude protein at the duodenum
XL	Rohfett	Val	valine
XP	Rohprotein	\bar{x}	arithmetic mean

Weitere Informationen zum Verbundprojekt GrainUp sind auf der Projekthomepage www.grain-up.de verfügbar.

More information about the GrainUp project is available at www.grain-up.de.

5 Anhang / Annex

1	Aminosäurenverdaulichkeit bei Legehennen Amino acid digestibility in laying hens	52
2	Aminosäuren- und Stärkeverdaulichkeit von Weizen ohne und mit Zusatz von Nicht-Stärke-Polysaccharide spaltenden Enzymen bei Broilern und Puten Amino acid and starch digestibility of wheat without and with supplementa- tion of non-starch-polysaccharide degrading enzymes in broilers and turkeys	56
3	Aminosäurenverdaulichkeit beim Schwein Amino acid digestibility in pigs	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4	Phosphorverdaulichkeit und Umsetzbare Energie beim Schwein Phosphorus digestibility and metabolisable energy in pigs	63
5	Phosphorverdaulichkeit bei Broilern und Puten Phosphorus digestibility in broiler chickens and turkeys	65
6	Protein- und Energiewert beim Wiederkäuer Protein and energy value in ruminants	66
7	Nährstoffverdaulichkeit und Energie beim Hammel Nutrient digestibility and energy in wethers	76
8	Aminosäuren und Stärke beim Pferd Amino acid and starch in horses	83
9	Proteinwert von Trockenschlempen für Wiederkäuer Protein value of distillers dried grains with solubles (DDGS) in ruminants	86

Tabelle A1a. Aminosäurenverdaulichkeit bei caeectomierten Legehennen – Mais (%)¹
 Table A1a. Amino acid digestibility in caeectomised laying hens – maize (%)¹

Nr. Genotyp No. Genotype	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Tyr	Val
01 ÖI 3	90	92	84	93	90	85	91	94	78	93	91	93	87	82	80	90	92
02 ÖI 4	89	92	83	90	85	84	89	93	80	91	90	93	84	80	78	88	89
03 PR37Y12	90	89	82	87	91	86	83	94	78	90	91	93	88	80	68	90	85
04 MAS37V	90	89	81	87	90	86	89	93	75	90	91	93	86	82	21	89	89
05 ÖI 1	88	89	78	86	91	85	83	92	76	93	90	93	86	76	66	88	85
06 ÖI 2	91	92	85	91	92	90	89	94	82	93	93	95	90	86	80	91	91
07 P9400	83	85	72	80	85	80	78	89	64	86	85	86	80	72	61	83	80
09 NK Ravello	92	92	86	92	93	90	91	95	83	92	94	95	91	86	78	92	92
11 SY Quartz	89	90	82	88	91	88	86	93	78	90	91	93	88	82	65	90	87
12 NX 10329	90	90	82	90	91	89	83	94	77	90	91	95	90	85	74	90	86
13 LG 30.222	94	94	90	93	95	91	93	96	85	94	95	97	93	89	85	94	94
14 LG 3258	90	90	83	89	92	87	88	94	76	90	92	94	87	82	61	91	88
17 DKC 2960	89	90	82	88	93	85	88	93	80	92	91	93	88	80	71	90	88
18 DKC 3016	91	92	87	92	94	90	91	95	81	92	93	96	92	88	88	92	91
19 DKC 3398	89	90	82	88	92	84	90	93	75	91	91	92	86	80	52	90	89
20 DKC 3399	90	90	83	92	92	89	88	94	79	92	91	93	90	85	65	91	89
21 DKC 3411	90	90	85	90	92	90	89	94	81	92	92	95	91	86	77	91	89
24 Surezzo	91	91	84	91	92	89	89	94	79	91	92	95	91	86	72	91	89
26 Surreal	90	91	83	90	93	89	88	93	83	93	91	95	90	86	64	90	89
27 Subito	92	93	86	91	95	92	90	95	84	94	93	95	92	88	75	92	90

¹ Gly aus methodischen Gründen nicht bestimmt / Gly not measured for methodological constraints.

² Asp+Asn.

³ Glu+Gln.

Tabelle A1b. Aminosäurenverdaulichkeit bei caeectomierten Legehennen – Roggen (%)¹
 Table A1b. Amino acid digestibility in caeectomised laying hens – rye (%)¹

Nr. Genotyp No. Genotype	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Tyr	Val
01 Conduct	59	74	55	74	82	61	67	69	51	70	77	87	65	49	65	62	69
02 Visello	58	73	55	70	81	60	64	67	46	68	75	84	62	47	51	60	66
03 Helltop	63	76	58	76	85	69	57	72	53	70	79	89	72	54	62	67	64
04 Bellami	59	75	56	70	82	63	63	68	53	68	76	86	65	47	54	62	68
05 Palazzo	59	73	55	69	81	61	60	67	55	70	76	85	65	47	50	61	63
06 Dukato	65	77	63	75	85	69	69	73	59	75	81	90	69	52	61	68	72
07 Guttino	58	71	51	67	79	59	58	65	44	68	74	86	59	37	49	56	63
08 Dankowski Diament	62	76	59	73	84	63	69	71	59	73	81	88	67	50	63	65	72
09 Fugato	56	73	57	68	81	62	66	69	52	71	77	86	62	44	56	64	67
10 Single I ⁴	55	71	51	66	79	55	59	64	45	68	74	85	57	37	56	57	62
11 Single II ⁵	54	72	55	65	80	62	64	67	55	68	74	86	62	44	53	61	69
12 Amilo	54	73	56	71	82	65	63	68	52	67	76	86	65	48	71	62	67
13 Single III ⁶	47	69	48	61	77	56	59	62	47	64	73	84	56	34	48	54	62
14 Cantor	52	71	52	69	78	57	63	64	41	66	74	85	56	40	55	56	67
15 Danko	59	77	62	74	84	68	70	72	55	74	79	89	68	52	54	68	72
16 Askari	52	71	55	64	78	57	62	66	47	60	73	85	60	39	50	59	66
17 Kapitän	58	76	60	71	77	59	69	70	49	61	77	85	63	49	56	63	73
18 Hellvus	57	74	56	69	80	59	65	69	40	59	76	87	63	47	61	64	70
19 Herakles	48	70	47	63	78	50	60	64	35	57	74	84	57	36	36	57	65
20 Boresto	58	75	62	68	83	65	56	70	47	66	79	88	68	49	61	64	65

¹ Gly aus methodischen Gründen nicht bestimmt / Gly not measured for methodological constraints.

² Asp+Asn.

³ Glu+Gln.

⁴ Lo115-PxLo170-N.

⁵ Lo172-PxLo190-N.

⁶ Lo173-PxLo193-N.

Tabelle A1c. Aminosäurenverdaulichkeit bei caeectomierten Legehennen – Triticale (%)¹
 Table A1c. Amino acid digestibility in caeectomised laying hens – triticale (%)¹

Nr. Genotyp No. Genotype	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Tyr	Val
01 Grenado	67	82	70	83	89	79	81	82	73	83	84	91	80	68	77	80	78
02 Tarzan	70	83	71	84	91	84	68	81	71	80	85	93	83	71	79	79	69
03 HYT Prime (EAW 6042)	71	85	72	84	91	81	86	85	76	85	87	93	80	73	82	83	84
04 Massimo	76	86	76	86	92	84	83	86	76	86	88	93	85	78	82	85	82
05 Cultivo	71	85	73	85	91	81	86	87	74	86	87	94	81	74	77	84	83
06 SW Talentro	70	83	70	78	90	80	83	83	72	85	85	92	79	70	79	82	81
07 Cando	64	82	67	83	86	76	83	80	70	82	82	91	77	69	81	77	80
08 Agostino	69	82	70	82	89	79	81	81	72	81	84	92	81	74	76	80	79
09 Ticino	71	84	72	82	90	81	82	83	76	84	84	93	83	77	82	80	81
10 Cosinus	68	83	69	82	89	80	79	80	71	82	82	92	80	72	78	80	77
11 Benetto	64	82	71	80	88	75	78	79	68	77	82	91	79	69	78	78	76
12 Tulus	67	84	73	83	89	76	80	80	70	79	83	93	79	69	74	78	78
13 Lasko	71	84	74	83	90	82	80	83	77	83	85	92	82	77	82	83	78
14 Vuka	68	82	71	82	89	80	83	82	74	82	84	92	81	75	76	81	81
15 Dinaro	68	84	75	83	89	82	79	82	75	81	84	92	83	75	81	81	75
16 Agrano	75	89	77	82	91	82	87	87	80	86	88	93	83	76	77	86	83
17 Sequenz	72	85	75	82	89	81	83	84	76	82	86	93	81	73	83	82	79
18 Vitalis	74	85	76	80	91	81	84	85	78	84	87	93	84	76	78	84	81
19 Amarillo 105	71	84	73	79	90	77	84	83	78	81	85	91	81	74	75	82	80
20 Modus	75	86	76	83	91	82	87	86	80	86	89	93	83	77	82	84	84

¹ Gly aus methodischen Gründen nicht bestimmt / Gly not measured for methodological constraints.

² Asp+Asn.

³ Glu+Gln.

Tabelle A1d. Aminosäurenverdaulichkeit bei caeectomierten Legehennen – Weizen (%)¹
 Table A1d. Amino acid digestibility in caeectomised laying hens – wheat (%)¹

Nr. Genotyp No. Genotype	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Tyr	Val
01 Skalmeje	82	89	83	94	96	90	86	91	85	90	92	96	92	87	84	89	86
02 Tommi	79	88	80	95	95	87	89	91	83	91	92	96	92	86	90	89	87
03 St. Tobak	78	87	78	93	95	87	88	90	83	89	92	95	91	85	87	87	87
04 Event	81	88	80	94	96	89	90	91	85	91	92	96	92	87	88	89	89
05 Mulan	81	89	82	95	96	89	89	92	87	92	93	97	93	88	86	90	88
06 Tabasco	81	88	77	94	95	87	89	91	85	91	92	95	90	84	84	87	88
07 Adler	81	87	79	93	96	88	88	91	83	92	92	97	92	85	88	88	88
08 KWS Erasmus	83	89	82	94	96	87	89	92	84	92	93	96	91	85	87	90	88
09 Akteur	85	90	83	95	97	91	92	93	87	93	94	98	93	88	88	91	91
10 JB Asano	82	89	78	94	96	90	90	92	85	93	93	97	92	85	88	90	89
11 Brilliant	78	87	77	86	93	86	86	88	78	79	89	93	87	80	83	86	83
12 Cubus	78	85	75	83	93	82	84	87	69	78	89	94	85	76	80	84	83
13 Dekan	78	86	78	86	94	83	85	88	75	77	89	93	86	78	81	85	83
14 Hermann	76	86	76	83	93	83	84	86	76	78	87	93	86	78	81	84	82
15 Inspiration	78	88	75	84	93	82	85	88	78	80	89	94	85	77	80	86	85
16 Julius	82	87	77	83	94	83	86	89	76	79	90	94	88	81	82	87	86
17 Manager	79	85	74	80	93	79	83	87	75	75	88	91	85	77	78	83	81
18 Winnetou	76	82	70	78	91	77	78	83	69	70	84	91	80	71	78	80	76
19 Pamier	81	86	77	82	93	81	85	88	77	75	89	94	85	78	82	87	84
20 Potenzial	82	87	76	83	93	81	84	88	75	76	89	94	86	79	82	86	84

¹ Gly aus methodischen Gründen nicht bestimmt / Gly not measured for methodological constraints.

² Asp+Asn.

³ Glu+Gln.

Tabelle A2. Stärkeverdaulichkeit ohne und mit Zugabe von Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)-spaltenden Enzymen bei Broilern und Puten (%)

Table A2. Starch digestibility without or with supplementation of non-starch-polysaccharide (NSP) degrading enzymes in broiler chickens and turkeys (%)

Nr. Genotyp No. Genotype	Broiler / Broiler chickens		Puten / Turkeys	
	ohne Enzym- zugabe without enzyme supplementation	mit Enzymzugabe with enzyme supplementation	ohne Enzym- zugabe without enzyme supplementation	mit Enzymzugabe with enzyme supplementation
01 Skalmeye	93	95	nb	nb
02 Tommi	95	98	nb	nb
04 Event	96	97	nb	nb
05 Mulan	nb	nb	99	98
06 Tabasco	98	98	nb	nb
07 Adler	94	95	nb	nb
08 KWS Erasmus	93	97	nb	nb
09 Akteur	96	97	nb	nb
10 JB Asano	89	94	nb	nb
11 Brilliant	90	94	nb	nb
12 Cubus	nb	nb	99	98
13 Dekan	nb	nb	99	98
14 Hermann	96	97	nb	nb
15 Inspiration	nb	nb	97	96
16 Julius	nb	nb	99	99
17 Manager	nb	nb	99	99
19 Pamier	97	97	nb	nb
20 Potenzial	nb	nb	97	95
21 Toras	nb	nb	99	98
22 Türkis	nb	nb	97	97
23 Capo	nb	nb	99	98
24 Chevalier	nb	nb	99	98
27 Frument	97	97	nb	nb

nb = nicht bestimmt / not determined.

Tabelle A3a. Aminosäurenverdaulichkeit von Weizen – Broiler ohne Supplementation von Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)-spaltenden Enzymen (%)¹
Table A3a. Amino acid digestibility of wheat – broiler chickens without supplementation of non-starch-polysaccharide (NSP) degrading enzymes (%)¹

Nr. Genotyp No. Genotype	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	Gly	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Val
01 Skalmeye	86	93	84	86	96	84	94	93	96	96	92	94	90	91	86	94
02 Tommi	76	93	83	86	94	79	90	88	92	92	89	93	85	88	82	92
04 Event	76	88	75	84	93	78	85	85	87	91	86	91	84	82	80	85
06 Tabasco	82	92	80	84	95	83	91	91	93	94	92	94	90	88	84	90
07 Adler	80	91	77	85	94	80	90	89	95	92	89	92	87	86	78	90
08 KWS Erasmus	79	88	76	84	93	77	89	85	91	92	86	91	84	85	76	89
09 Akteur	79	87	76	85	94	81	87	88	91	88	89	92	88	84	79	86
10 JB Asano	82	90	78	82	94	81	91	90	91	94	90	93	87	86	82	90
11 Brilliant	88	92	85	86	96	87	94	93	94	95	93	95	91	89	86	93
14 Hermann	76	89	71	82	94	77	88	87	88	91	89	95	86	84	82	87
19 Pamier	75	89	73	78	93	76	87	86	88	90	88	93	83	81	78	86
27 Frument	83	91	83	88	95	84	90	88	92	94	89	93	86	87	86	90

¹ His und Tyr aus methodischen Gründen nicht bestimmt / His and Tyr not measured for methodological constraints.

² Asp+Asn.

³ Glu+Gln.

Tabelle A3b. Aminosäurenverdaulichkeit von Weizen – Broiler mit Supplementation von Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)-spaltenden Enzymen (%)¹
 Table A3b. Amino acid digestibility of wheat – broiler chickens with supplementation of non-starch-polysaccharide (NSP) degrading enzymes (%)¹

Nr. Genotyp No. Genotype	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	Gly	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Val
01 Skalmeje	84	92	83	82	95	83	91	93	93	94	91	93	89	87	84	91
02 Tommi	74	89	73	86	94	77	86	84	87	90	86	92	83	81	77	86
04 Event	75	90	73	86	94	78	87	85	89	92	86	92	83	81	81	86
06 Tabasco	78	92	74	83	95	81	90	89	89	92	90	95	87	82	80	89
07 Adler	85	93	83	90	97	86	93	92	94	94	92	96	91	89	86	92
08 KWS Erasmus	87	93	84	89	96	86	92	92	93	93	92	94	91	90	86	92
09 Akteur	84	91	82	88	96	84	90	92	93	92	91	95	91	89	85	90
10 JB Asano	83	91	81	81	95	82	90	90	90	91	90	93	89	85	83	89
11 Brilliant	85	92	83	84	86	85	92	93	94	95	92	94	91	89	85	92
14 Hermann	85	94	84	86	96	85	93	92	94	94	93	95	90	88	84	92
19 Pamier	81	91	76	82	95	82	90	90	90	92	91	94	87	84	80	88
27 Frument	71	88	69	83	93	75	86	82	86	90	84	90	79	79	79	85

¹ His und Tyr aus methodischen Gründen nicht bestimmt / His and Tyr not measured for methodological constraints.

² Asp+Asn.

³ Glu+Gln.

Tabelle A3c. Aminosäurenverdaulichkeit von Weizen – Puten ohne Supplementation von Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)-spaltenden Enzymen (%)¹
 Table A3c. Amino acid digestibility of wheat – turkeys without supplementation of non-starch-polysaccharide (NSP) degrading enzymes (%)¹

Nr. Genotyp No. Genotype	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	Gly	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Val
05 Mulan	84	90	82	82	95	84	90	92	93	94	91	94	89	87	88	89
12 Cubus	88	94	86	84	96	86	94	95	98	97	93	95	93	91	89	92
13 Dekan	88	93	86	87	96	87	93	94	95	97	93	96	91	90	89	91
15 Inspiration	80	90	76	77	94	79	88	90	92	92	90	92	87	82	83	85
16 Julius	87	93	85	84	96	86	93	94	95	97	93	95	91	89	89	91
17 Manager	84	91	80	79	95	82	91	92	96	95	90	93	87	86	85	90
20 Potenzial	79	90	74	74	93	76	89	91	93	94	90	91	64	84	81	86
21 Toras	78	89	71	79	93	79	86	88	87	92	88	92	85	81	81	86
22 Türkis	82	91	79	79	94	80	90	91	94	94	91	92	89	85	82	88
23 Capo	87	94	83	88	96	87	92	94	94	97	94	96	93	91	88	91
24 Chevalier	90	94	87	87	97	88	94	95	98	97	94	96	93	91	89	93

¹ His und Tyr aus methodischen Gründen nicht bestimmt / His and Tyr not measured for methodological constraints.

² Asp+Asn.

³ Glu+Gln.

Tabelle A3d. Aminosäurenverdaulichkeit von Weizen – Puten mit Supplementation von Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)-spaltenden Enzymen (%)¹
 Table A3d. Amino acid digestibility of wheat – turkeys with supplementation of non-starch-polysaccharide (NSP) degrading enzymes (%)¹

Nr. Genotyp No. Genotype	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	Gly	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Val
05 Mulan	87	93	84	83	96	86	91	93	96	97	93	95	90	88	88	90
12 Cubus	86	93	83	85	96	85	92	93	96	95	91	94	90	88	87	91
13 Dekan	83	91	82	83	95	83	90	92	94	94	91	94	88	86	89	88
15 Inspiration	78	90	73	77	94	78	89	90	92	93	89	92	84	83	80	87
16 Julius	84	91	81	84	96	83	91	92	94	95	91	94	88	85	89	89
17 Manager	85	92	81	83	96	84	91	93	95	95	91	95	89	87	84	91
20 Potenzial	82	91	77	83	95	82	90	92	92	93	91	94	67	86	84	88
21 Toras	84	93	79	83	95	84	91	91	93	94	92	93	89	87	85	90
22 Türkis	83	92	81	80	95	82	91	93	92	94	92	93	89	86	84	89
23 Capo	88	95	84	86	96	87	94	94	95	97	94	97	92	91	89	93
24 Chevalier	92	92	90	87	97	89	95	96	99	93	95	96	94	93	90	95

¹ His und Tyr aus methodischen Gründen nicht bestimmt / His and Tyr not measured for methodological constraints.

² Asp+Asn.

³ Glu+Gln.

Tabelle A4a. Praecaecale Verdaulichkeit von Rohprotein, Aminosäuren und Stärke beim Schwein – Gerste (%)¹

 Table A4a. Precaecal digestibility of crude protein, amino acids and starch in pigs – barley (%)¹

Nr. No.	Genotyp Genotype	XP ² CP ²	Ala	Arg	Asx ³	Cys	Glx ⁴	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Val	Stärke Starch
01	Yool	72	65	79	69	79	84	70	78	75	76	65	77	76	82	79	71	73	77	91
02	ACK 2927	75	69	81	72	81	88	67	81	80	80	68	81	79	84	81	73	74	81	94
03	Lomerit	75	68	81	70	82	88	68	81	79	79	66	81	79	84	81	73	74	81	93
04	Campanile	70	66	79	69	80	84	66	78	73	76	66	76	75	80	79	71	72	76	93
05	Canberra	73	66	80	68	80	87	64	78	77	78	64	79	79	85	80	72	74	78	90
06	Anisette	75	69	83	72	83	87	70	81	79	80	69	81	80	84	81	74	76	80	92
07	Metaxa	75	68	82	70	82	87	69	80	77	79	67	79	80	84	81	73	76	79	92
08	Fridericus	75	68	81	71	82	88	71	81	79	80	68	80	80	85	81	73	76	80	95

¹ Tyr aus methodischen Gründen nicht bestimmt / Tyr not measured for methodological constraints.

² XP Rohprotein; CP Crude protein.

³ Asp+Asn.

⁴ Glu+Gln.

 Tabelle A4b. Praecaecale Verdaulichkeit von Rohprotein, Aminosäuren und Stärke beim Schwein – Roggen (%)¹

 Table A4b. Precaecal digestibility of crude protein, amino acids and starch in pigs – rye (%)¹

Nr. No.	Genotyp Genotype	XP ² CP ²	Ala	Arg	Asx ²	Cys	Glx ³	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Val	Stärke Starch
01	Conduct	74	66	79	71	79	87	65	77	74	76	65	78	80	104	75	66	67	74	95
02	Visello	73	63	78	69	77	86	61	75	72	74	64	75	78	103	74	64	65	72	95
03	Helltop	73	64	78	69	79	87	60	76	74	75	63	76	77	94	74	65	66	73	96
04	Bellami	70	62	75	68	76	86	57	74	70	73	61	75	76	93	72	62	63	71	94
05	Palazzo	72	64	76	69	79	85	58	73	72	73	62	74	77	100	72	64	65	72	94
06	Dukato	73	64	76	70	76	86	61	74	73	74	63	75	78	102	72	63	65	71	95
07	Guttino	72	62	76	68	78	85	62	74	71	73	60	75	78	104	73	64	65	71	95
08	Dankowski Diament	73	61	76	66	76	86	59	73	71	73	60	75	78	101	72	62	63	71	95

¹ Tyr aus methodischen Gründen nicht bestimmt / Tyr not measured for methodological constraints.

² XP Rohprotein; CP Crude protein.

³ Asp+Asn.

⁴ Glu+Gln.

Tabelle A4c. Praecaecale Verdaulichkeit von Rohprotein, Aminosäuren und Stärke beim Schwein – Triticale (%)¹

 Table A4c. Precaecal digestibility of crude protein, amino acids and starch in pigs – triticale (%)¹

Nr. No.	Genotyp Genotype	XP ² CP ²	Ala	Arg	Asx ³	Cys	Glx ⁴	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Val	Stärke Starch
01	Grenado	81	75	84	78	85	92	72	83	81	83	72	84	82	103	82	73	80	80	97
02	Tarzan	85	79	88	81	87	94	81	86	85	86	76	87	86	105	85	77	82	84	98
03	HYT Prime (EAW 6042)	83	76	85	78	85	92	75	83	83	84	74	85	85	103	84	75	81	81	98
04	Massimo	84	78	86	79	87	94	79	85	85	85	75	86	86	105	85	77	83	83	97
05	Cultivo	84	76	86	78	86	94	78	84	84	85	73	85	84	104	84	75	80	82	98
06	SW Talentro	83	77	86	79	86	93	80	85	83	84	75	85	84	105	84	74	80	82	98
07	Cando	83	76	85	78	87	93	76	85	83	85	73	85	84	106	84	75	81	82	96
08	Agostino	83	76	83	78	85	92	78	83	83	84	73	84	84	105	83	75	79	81	97

¹ Tyr aus methodischen Gründen nicht bestimmt / Tyr not measured for methodological constraints.

² XP Rohprotein; CP Crude protein.

³ Asp+Asn. ⁴ Glu+Gln.

 Tabelle A4d. Praecaecale Verdaulichkeit von Rohprotein, Aminosäuren und Stärke beim Schwein – Weizen (%)¹

 Table A4d. Precaecal digestibility of crude protein, amino acids and starch in pigs – wheat (%)¹

Nr. No.	Genotyp Genotype	XP ² CP ²	Ala	Arg	Asx ³	Cys	Glx ⁴	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Val	Stärke Starch
01	Skalmeje	84	75	85	77	88	95	79	86	86	86	71	85	86	97	90	80	81	85	93
02	Tommi	84	75	84	75	88	95	79	86	86	86	69	84	87	97	89	78	80	84	92
03	St. Tobak	84	75	86	75	88	95	80	87	86	86	69	85	87	96	89	78	83	85	93
04	Event	87	78	88	79	90	96	84	88	88	88	73	87	89	98	91	82	85	88	93
05	Mulan	83	74	85	75	88	94	77	86	84	85	69	85	85	96	89	78	81	84	93
06	Tabasco	83	75	86	75	88	95	77	86	86	85	71	86	86	96	89	78	81	85	93
07	Adler	85	78	86	78	89	95	80	87	88	87	73	88	87	96	90	81	83	86	90
08	KWS Erasmus	85	77	85	79	88	95	78	86	87	86	74	86	86	97	89	79	82	85	91

¹ Tyr aus methodischen Gründen nicht bestimmt / Tyr not measured for methodological constraints.

² XP Rohprotein; CP Crude protein.

³ Asp+Asn. ⁴ Glu+Gln.

Tabelle A5a. Verdaulichkeit von Phosphor, Trockenmasse und Organischer Masse sowie Umsetzbare Energie beim Schwein – Gerste

Table A5a. Digestibility of phosphorus, dry matter and organic matter as well as metabolisable energy concentrations of cereal grains in pigs – barley

Nr. Genotyp No. Genotype	Verdaulichkeit Digestibility [%]			Umsetzbare Energie Metabolisable energy
	Phosphor Phosphorus	Trockenmasse Dry matter	Organische Masse Organic matter	[MJ/kg TM ¹ MJ/kg DM ¹]
01 Yool	39	82	84	14.8
02 ACK 2927	39	81	82	14.3
03 Lomerit	46	82	83	15.1
04 Campanile	51	83	84	15.2
05 Canberra	46	81	83	15.1
06 Anisette	48	82	84	15.2
07 Metaxa	46	82	84	15.1
08 Fridericus	41	81	82	14.5

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle A5b. Verdaulichkeit von Phosphor, Trockenmasse und Organischer Masse sowie Umsetzbare Energie beim Schwein – Roggen

Table A5b. Digestibility of phosphorus, dry matter and organic matter as well as metabolisable energy concentrations of cereal grains in pigs – rye

Nr. Genotyp No. Genotype	Verdaulichkeit Digestibility [%]			Umsetzbare Energie Metabolisable energy
	Phosphor Phosphorus	Trockenmasse Dry matter	Organische Masse Organic matter	[MJ/kg TM ¹ MJ/kg DM ¹]
01 Conduct	44	87	87	14.5
02 Visello	44	86	87	14.5
03 Helltop	46	86	87	15.0
04 Bellami	41	86	87	14.8
05 Palazzo	46	86	87	14.6
06 Dukato	49	89	90	14.9
07 Guttino	45	88	90	15.1
08 Dankowski Diament	45	88	89	14.9

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle A5c. Verdaulichkeit von Phosphor, Trockenmasse und Organischer Masse sowie Umsetzbare Energie beim Schwein – Triticale

Table A5c. Digestibility of phosphorus, dry matter and organic matter as well as metabolisable energy concentrations of cereal grains in pigs – triticale

Nr. Genotyp No. Genotype	Verdaulichkeit Digestibility [%]			Umsetzbare Energie Metabolisable energy
	Phosphor Phosphorus	Trockenmasse Dry matter	Organische Masse Organic matter	[MJ/kg TM ¹ MJ/kg DM ¹]
01 Grenado	51	90	91	16.2
02 Tarzan	56	91	92	16.4
03 HYT Prime (EAW6042)	51	90	91	16.4
04 Massimo	48	89	90	16.1
05 Cultivo	52	90	91	16.3
06 SW Talentro	51	89	90	16.2
07 Cando	51	91	92	15.6
08 Agostino	43	88	89	15.4

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle A5d. Verdaulichkeit von Phosphor, Trockenmasse und Organischer Masse sowie Umsetzbare Energie beim Schwein – Weizen

Table A5d. Digestibility of phosphorus, dry matter and organic matter as well as metabolisable energy concentrations of cereal grains in pigs – wheat

Nr. Genotyp No. Genotype	Verdaulichkeit Digestibility [%]			Umsetzbare Energie Metabolisable energy
	Phosphor Phosphorus	Trockenmasse Dry matter	Organische Masse Organic matter	[MJ/kg TM ¹ MJ/kg DM ¹]
01 Skalmje	58	90	91	16.2
02 Tommi	59	92	93	16.6
03 St.Tobak	63	90	91	16.2
04 Event	61	90	90	16.1
05 Mulan	60	89	90	15.7
06 Tabasco	56	91	92	16.2
07 Adler	63	91	93	16.4
08 KWS Erasmus	56	91	92	16.3

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle A6. Praecaecale Phosphorverdaulichkeit von Broilern – Ergebnisse der einzelnen Genotypen
Table A6. Precaecal phosphorus digestibility in broiler chickens – results of individual genotypes

Nr. No.	Genotyp Genotype	Praecaecale Phosphorverdaulichkeit Precaecal phosphorus digestibility [%]
Triticale / Triticale		
01	Grenado	64
02	Tarzan	72
03	HYT Prime (EAW6042)	75
04	Massimo	53
05	Cultivo	74
06	SW Talentro	73
07	Cando	71
08	Agostino	78
Weizen (20% des jeweiligen Genotyps in der Mischung) Wheat (20% of the respective genotypes in the mixtures)		
01	Skalmeje	59
02	Tommi	52
03	St. Tobak	38
04	Event	40
05	Mulan	67
06	Tabasco	43
07	Adler	56
08	KWS Erasmus	39
Mais / Maize		
01	Ö1 3	57
02	Ö1 4	40
04	MAS37V	59
06	Ö1 2	41

Tabelle A7a. *In situ* Abbau von Trockenmasse, Rohprotein und Stärke – Gerste
 Table A7a. *In situ* degradation of dry matter, crude protein and starch – barley

Nr. Genotyp No. Genotype	Trockenmasse / Dry matter					Rohprotein / Crude protein					Stärke / Starch				
	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴
01 Yool	23	68	27	80	76	27	70	21	83	78	21	79	34	89	84
02 ACK 2927	23	67	31	81	76	24	73	20	82	76	21	79	38	90	86
03 Lomerit	22	67	27	78	74	21	76	22	83	77	17	83	31	88	83
04 Campanile	25	65	30	81	77	30	67	22	84	79	28	71	37	91	87
05 Canberra	21	70	25	79	73	24	72	22	83	77	18	82	29	88	82
06 Anisette	24	66	26	77	71	27	70	17	80	74	23	76	31	88	83
07 Metaxa	24	67	27	79	74	23	74	16	79	72	30	70	34	90	86
08 Fridericus	25	66	22	76	70	28	71	15	81	74	22	78	28	88	82
09 MH Firenze	23	68	27	78	73	25	73	19	83	76	25	75	31	89	84
10 Finesse	22	67	26	76	70	23	75	14	77	69	22	78	33	89	84
11 Sandra	23	67	32	81	77	25	72	21	84	78	27	72	40	91	87
12 Christelle	19	68	30	76	72	20	78	19	82	75	25	74	40	91	87
13 Highlight	23	65	37	79	75	27	71	22	85	79	26	73	48	92	88
14 Souleyka	21	67	28	78	73	27	72	19	84	78	24	76	34	90	85
15 Semper	26	63	33	80	76	29	70	19	84	78	28	71	44	92	88
17 Leibniz	24	65	32	82	78	29	69	23	85	80	25	74	40	91	87
18 Zzoom	21	68	34	80	76	26	71	25	86	80	26	74	40	92	87
19 Famosa	24	66	31	81	77	25	72	22	84	78	28	72	38	91	87
20 Malwinta	28	63	31	82	78	29	69	17	82	75	28	71	40	91	87
21 Precosa	23	66	29	80	76	24	74	20	83	77	24	76	36	90	86

¹ Auswaschbare Fraktion / Washout fraction [%].

² Potentiell abbaubare Fraktion / Potentially degradable fraction [%].

³ Abbaurate / Degradation rate [%/h].

⁴ Effektiver Abbau bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / Effective degradation at a passage rate of 5%/h or 8%/h [%].

Tabelle A7b. *In situ* Abbau von Trockenmasse, Rohprotein und Stärke – Roggen
 Table A7b. *In situ* degradation of dry matter, crude protein and starch – rye

Nr. Genotyp No. Genotype	Trockenmasse / Dry matter					Rohprotein / Crude protein					Stärke / Starch				
	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴
01 Conduct	26	68	57	88	76	28	68	39	88	84	23	77	77	95	92
02 Visello	30	62	73	88	76	34	61	39	88	84	31	68	104	96	94
03 Helltop	32	62	67	89	74	32	64	39	89	85	32	67	100	96	94
04 Bellami	29	64	75	88	77	28	67	41	88	84	30	70	112	96	95
05 Palazzo	28	64	77	88	73	30	65	43	88	84	30	70	108	96	95
06 Dukato	30	63	82	89	71	32	63	44	88	85	31	68	117	96	95
07 Guttino	28	65	78	88	74	28	66	41	87	83	31	69	108	96	95
08 Dankowski Diamant	28	65	78	88	70	33	63	39	89	85	29	70	118	96	94
09 Fugato	31	62	85	89	73	34	60	48	88	85	34	65	121	97	95
10 Single I ⁵	30	61	88	88	70	34	60	48	89	86	31	68	124	97	95
11 Single II ⁶	29	62	88	88	77	31	63	42	87	84	34	65	126	97	95
12 Amilo	28	64	74	88	72	30	65	39	87	84	32	67	106	96	94
13 Single III ⁷	29	64	78	88	75	33	62	39	88	85	31	69	113	96	95
14 Cantor	30	63	74	88	73	33	62	40	88	84	32	67	106	96	94
15 Danko	31	62	76	89	76	35	60	39	88	85	34	65	107	96	94
16 Askari	27	65	83	88	78	31	62	46	87	84	29	70	118	96	94
17 Kapitän	29	63	82	89	76	30	64	45	88	85	32	67	125	96	94
18 Hellvus	31	62	77	90	77	34	62	45	89	86	32	67	112	96	94
19 Herakles	31	60	103	89	78	35	59	43	88	85	33	66	177	97	96
20 Boresto	31	61	98	90	76	32	62	50	89	86	35	64	150	97	96

¹ Auswaschbare Fraktion / Washout fraction [%].

² Potentiell abbaubare Fraktion / Potentially degradable fraction [%].

³ Abbaurate / Degradation rate [%/h].

⁴ Effektiver Abbau bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / Effective degradation at a passage rate of 5%/h or 8%/h [%].

⁵ Lo115-PxLo170-N.

⁶ Lo172-PxLo190-N.

⁷ Lo173-PxLo193-N.

Tabelle A7c. *In situ* Abbau von Trockenmasse, Rohprotein und Stärke – Triticale
 Table A7c. *In situ* degradation of dry matter, crude protein and starch – triticale

Nr. No.	Genotyp Genotype	Trockenmasse / Dry matter					Rohprotein / Crude protein					Stärke / Starch				
		a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴
01	Grenado	37	57	48	87	84	37	60	27	87	83	32	67	73	94	92
02	Tarzan	40	53	60	88	85	36	61	24	86	81	40	58	107	95	94
03	HYT Prime (EAW 6042)	32	60	48	86	82	28	68	28	86	81	29	70	74	94	92
04	Massimo	34	58	60	87	84	32	65	28	87	82	34	64	97	95	94
05	Cultivo	30	61	63	86	82	30	66	29	86	82	29	70	100	95	93
06	SW Talentro	33	58	47	86	83	31	67	21	85	79	34	64	79	94	92
07	Cando	35	59	57	88	85	34	63	28	87	83	33	65	89	94	92
08	Agostino	31	61	58	87	84	29	67	27	86	81	32	66	92	95	93
09	Ticino	32	60	68	87	84	30	66	28	86	82	37	61	108	95	94
10	Cosinus	37	56	74	89	87	35	63	22	86	81	41	58	137	96	95
11	Benetto	32	60	64	88	85	32	65	32	88	84	36	64	97	96	95
12	Tulus	35	59	48	87	84	32	65	28	87	82	40	59	68	95	93
13	Lasko	34	60	57	88	86	31	65	31	88	83	38	62	82	96	94
14	Vuka	29	64	54	86	82	23	73	27	85	80	27	72	85	95	93
15	Dinaro	34	61	42	86	82	30	67	25	86	81	36	63	59	94	92
16	Agrano	26	68	39	85	80	24	74	25	85	79	26	73	54	93	90
17	Sequenz	37	55	48	86	83	35	62	27	87	83	41	58	76	95	94
18	Vitalis	34	59	46	86	83	28	70	24	85	80	39	60	71	95	93
19	Amarillo 105	39	54	53	87	84	34	63	26	87	82	42	57	85	96	94
20	Modus	30	63	46	85	82	25	72	29	86	81	33	66	70	94	92

¹ Auswaschbare Fraktion / Washout fraction [%].

² Potentiell abbaubare Fraktion / Potentially degradable fraction [%].

³ Abbaurate / Degradation rate [%/h].

⁴ Effektiver Abbau bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / Effective degradation at a passage rate of 5%/h or 8%/h [%].

Tabelle A7d. *In situ* Abbau von Trockenmasse, Rohprotein und Stärke – Weizen
 Table A7d. *In situ* degradation of dry matter, crude protein and starch – wheat

Nr. No.	Genotyp Genotype	Trockenmasse / Dry matter					Rohprotein / Crude protein					Stärke / Starch				
		a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴
01	Skalmeje	34	60	45	88	85	18	80	23	84	77	37	61	80	95	93
02	Tommi	28	65	42	86	83	14	85	22	82	75	32	67	69	94	92
03	St,Tobak	32	60	54	87	84	15	83	25	83	77	39	59	99	96	94
04	Event	36	56	42	86	83	13	86	19	80	73	46	53	87	96	94
05	Mulan	28	64	48	86	83	19	79	23	83	77	36	63	72	95	93
06	Tabasco	39	54	34	86	83	19	79	22	83	77	49	51	51	95	92
07	Adler	40	53	36	86	83	22	77	19	83	76	44	55	78	95	93
08	KWS Erasmus	30	64	41	87	83	17	81	23	84	78	38	62	57	94	91
09	Akteur	30	63	31	84	79	11	89	18	81	73	43	56	47	93	90
10	JB Asano	30	63	36	85	81	12	87	19	81	73	34	64	67	94	91
11	Brilliant	31	60	35	84	80	22	75	21	82	76	35	63	60	92	90
12	Cubus	28	64	45	85	82	22	76	22	83	77	29	69	77	93	91
13	Dekan	26	66	37	84	80	14	84	19	80	73	29	68	63	92	89
14	Hermann	31	60	45	86	82	21	76	23	83	77	32	66	78	94	92
15	Inspiration	35	57	42	86	83	20	77	21	83	76	43	55	71	94	92
16	Julius	21	71	32	82	77	12	84	21	80	73	25	74	43	91	87
17	Manager	26	67	33	84	80	15	83	22	82	75	31	68	43	93	89
18	Winnetou	37	56	43	87	84	21	76	27	85	80	45	55	61	95	93
19	Pamier	28	65	42	86	82	19	79	21	82	76	32	67	64	94	91
20	Potenzial	24	69	29	83	78	14	84	18	80	72	29	70	38	91	87

¹ Auswaschbare Fraktion / Washout fraction [%].

² Potentiell abbaubare Fraktion / Potentially degradable fraction [%].

³ Abbaurate / Degradation rate [%/h].

⁴ Effektiver Abbau bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / Effective degradation at a passage rate of 5%/h or 8%/h [%].

Tabelle A7e. *In situ* Abbau von Trockenmasse, Rohprotein und Stärke – Mais
 Table A7e. *In situ* degradation of dry matter, crude protein and starch – maize

Nr. Genotyp No. Genotype	Trockenmasse / Dry matter					Rohprotein / Crude protein					Stärke / Starch					
	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	a ¹	b ²	c ³	5%/h ⁴	8%/h ⁴	
01	Öl 3	20	80	5.8	63	53	24	76	5.4	63	54	13	87	6.4	62	52
02	Öl 4	33	67	6.2	70	62	35	65	5.7	70	62	28	72	6.9	69	61
03	PR37Y12	23	77	6.3	66	57	20	80	5.5	62	53	21	79	7.2	67	58
04	MAS37V	22	78	6.3	65	56	22	78	5.5	63	54	20	80	6.9	66	57
05	Öl 1	24	76	5.5	64	55	25	75	4.9	62	54	15	85	5.7	60	51
06	Öl 2	24	76	5.2	63	54	26	74	4.6	62	53	18	82	5.7	62	52
07	P9400	33	67	7.4	73	65	27	72	6.5	68	60	32	68	8.9	76	68
08	P9494	31	68	7.3	72	64	26	74	6.4	68	59	32	68	8.6	75	67
09	NK Ravello	17	83	4.8	58	48	18	82	4.1	55	46	12	88	5.4	58	48
10	NK Falkone	18	82	5.1	59	50	20	80	4.5	58	49	10	90	5.8	58	48
11	SY Quartz	20	80	6.4	65	56	20	80	5.2	61	51	17	83	7.4	66	57
12	NX 10329	17	83	6.7	64	54	19	81	5.1	60	50	11	89	7.7	65	54
13	LG 30,222	16	84	5.6	61	51	17	83	4.6	56	47	8	92	6.3	59	48
14	LG 3258	21	79	5.9	64	54	20	80	4.7	59	50	18	82	6.8	65	55
15	Tokala	19	81	6.1	63	54	22	78	5.0	61	52	13	87	7.3	64	54
16	Lindsey	17	83	4.8	58	48	17	83	4.1	54	45	14	86	5.3	58	48
17	DKC 2960	26	74	6.5	68	59	25	75	5.6	65	56	23	77	7.4	69	60
18	DKC 3016	19	81	5.6	62	52	20	80	4.9	60	50	13	87	6.4	61	51
19	DKC 3398	25	75	6.2	66	58	23	77	5.2	62	53	25	75	6.9	69	60
20	DKC 3399	25	75	6.1	67	58	25	75	5.2	63	54	25	75	6.7	68	59

¹ Auswaschbare Fraktion / Washout fraction [%].

² Potentiell abbaubare Fraktion / Potentially degradable fraction [%].

³ Abbaurate / Degradation rate [%/h].

⁴ Effektiver Abbau bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / Effective degradation at a passage rate of 5%/h or 8%/h [%].

Tabelle A8a. Gasbildung nach 24 h und Gasbildungskinetik des Hohenheimer Futterwerttests sowie daraus abgeleitete Futtereigenschaften – Gerste
 Table A8a. Gas production after 24 h and gas production kinetics determined with the Hohenheim Gas Test and feed characteristics derived thereof – barley

Nr. No.	Genotyp Genotype	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Gasbildungskinetik Gas production kinetics		Umsetzbare Energie [MJ/kg TM] Metabolisable energy [MJ/kg DM]	Verdaulichkeit Organische Masse Organic matter digestibility [%]	Nutzbares Rohprotein bei Utilisable crude protein at	
			Plateau (b) Potential gas production [ml/200 mg DM]	Gasbildungs- rate (c) Gas production rate [ml/h]			5%/h [g/kg TM g/kg DM]	8%/h [g/kg TM g/kg DM]
01	Yool	74.5	78.6	10.6	13.4	91	168	190
02	ACK 2927	71.8	75.9	11.1	13.0	88	167	189
03	Lomerit	71.0	75.8	10.6	12.9	87	163	185
04	Campanile	73.8	78.3	10.6	13.3	90	166	187
05	Canberra	74.2	78.3	10.7	13.5	91	168	190
06	Anisette	74.5	78.9	10.5	13.5	91	175	198
07	Metaxa	75.2	79.7	10.4	13.6	92	177	199
08	Fridericus	72.4	77.1	10.2	13.3	89	174	196
09	MH Firenze	77.6	79.4	11.5	13.9	94	176	196
10	Finesse	75.0	77.2	10.6	13.5	92	161	182
11	Sandra	77.4	78.8	11.8	14.0	94	166	190
12	Christelle	71.8	73.5	11.3	13.1	89	152	178
13	Highlight	73.8	75.3	11.9	13.4	91	164	188
14	Souleyka	74.7	76.3	11.5	13.5	91	163	188
15	Semper	74.0	76.4	10.9	13.4	91	159	184
17	Leibniz	77.0	79.0	11.3	13.6	93	160	182
18	Zzoom	77.0	80.4	11.6	13.7	93	159	187
19	Famosa	75.8	79.3	11.7	13.6	92	165	192
20	Malwinta	75.7	79.0	11.4	13.8	93	164	198
21	Precosa	74.8	78.0	11.3	13.5	92	162	189

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle A8b. Gasbildung nach 24 h und Gasbildungskinetik des Hohenheimer Futterwerttests sowie daraus abgeleitete Futtereigenschaften – Roggen
 Table A8b. Gas production after 24 h and gas production kinetics determined with the Hohenheim Gas Test and feed characteristics derived thereof – rye

Nr. No.	Genotyp Genotype	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Gasbildungskinetik Gas production kinetics		Umsetzbare Energie [MJ/kg TM] Metabolisable energy [MJ/kg DM]	Verdaulichkeit Organische Masse Organic matter digestibility [%]	Nutzbares Rohprotein bei Utilisable crude protein at	
			Plateau (b) Potential gas production [ml/200 mg DM]	Gasbildungs- rate (c) Gas production rate [ml/h]			5%/h [g/kg TM g/kg DM]	8%/h [g/kg TM g/kg DM]
01	Conduct	77.8	81.6	10.8	13.7	94	164	181
02	Visello	77.0	80.5	11.7	13.6	93	171	191
03	Helltop	79.6	85.1	10.1	14.1	96	162	179
04	Bellami	77.9	80.4	11.6	13.7	94	167	186
05	Palazzo	76.6	79.9	11.4	13.6	92	164	189
06	Dukato	79.4	83.0	11.2	14.0	96	169	191
07	Guttino	77.8	81.6	10.7	13.7	93	163	183
08	Dankowski Diament	78.0	80.6	12.1	13.8	95	168	193
09	Fugato	79.3	80.1	12.4	13.9	95	169	190
10	Single I ²	79.2	79.0	14.1	13.9	95	175	197
11	Single II ³	77.9	78.4	13.3	13.8	94	174	195
12	Amilo	80.6	81.3	13.2	14.2	97	177	202
13	Single III ⁴	79.4	79.1	13.8	13.9	95	172	198
14	Cantor	81.8	83.1	13.0	14.3	98	183	208
15	Danko	80.7	81.1	13.6	14.2	97	175	201
16	Askari	81.0	81.3	13.3	14.1	97	182	207
17	Kapitän	78.9	81.0	12.9	13.9	95	160	188
18	Hellvus	80.6	82.1	13.7	14.2	97	164	195
19	Herakles	80.0	81.9	13.3	14.1	96	165	196
20	Boresto	78.7	80.9	13.0	13.9	95	162	194

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

² Lo115-PxLo170-N.

³ Lo172-PxLo190-N.

⁴ Lo173-PxLo193-N.

Tabelle A8c. Gasbildung nach 24 h und Gasbildungskinetik des Hohenheimer Futterwerttests sowie daraus abgeleitete Futtereigenschaften – Triticale
 Table A8c. Gas production after 24 h and gas production kinetics determined with the Hohenheim Gas Test and feed characteristics derived thereof – triticale

Nr. No.	Genotyp Genotype	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Gasbildungskinetik Gas production kinetics		Umsetzbare Energie [MJ/kg TM] Metabolisable energy [MJ/kg DM]	Verdaulichkeit Organische Masse Organic matter digestibility [%]	Nutzbares Rohprotein bei Utilisable crude protein at	
			Plateau (b) Potential gas production [ml/200 mg DM]	Gasbildungs- rate (c) Gas production rate [ml/h]			5%/h [g/kg TM g/kg DM]	8%/h [g/kg TM g/kg DM]
01	Grenado	80.2	84.4	11.2	14.1	96	188	208
02	Tarzan	79.4	80.7	13.2	14.0	96	162	194
03	HYT Prime (EAW6042)	74.2	78.6	10.8	13.4	91	175	195
04	Massimo	76.5	80.7	10.4	13.6	93	176	194
05	Cultivo	79.9	81.0	12.1	14.2	97	175	200
06	SW Talentro	76.6	82.1	9.7	13.7	94	168	185
07	Cando	79.5	83.7	10.5	14.0	96	171	192
08	Agostino	75.6	80.0	10.2	13.5	92	165	183
09	Ticino	81.6	82.9	11.7	14.4	98	171	197
10	Cosinus	82.2	83.2	12.3	14.4	99	176	199
11	Benetto	80.9	82.0	12.1	14.2	98	173	199
12	Tulus	76.6	80.7	10.4	13.5	93	170	191
13	Lasko	79.4	80.4	12.3	14.0	96	172	199
14	Vuka	79.8	82.7	12.0	14.1	96	150	180
15	Dinaro	81.1	81.9	12.5	14.2	98	179	205
16	Agrano	80.8	81.9	11.7	14.3	98	160	193
17	Sequenz	80.4	83.2	12.3	14.1	97	162	192
18	Vitalis	80.4	81.5	12.0	14.1	97	149	181
19	Amarillo 105	81.3	83.5	12.7	14.3	97	164	193
20	Modus	77.2	81.9	10.3	13.7	94	167	186

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle A8d. Gasbildung nach 24 h und Gasbildungskinetik des Hohenheimer Futterwerttests sowie daraus abgeleitete Futtereigenschaften – Weizen
 Table A8d. Gas production after 24 h and gas production kinetics determined with the Hohenheim Gas Test and feed characteristics derived thereof – wheat

Nr. No.	Genotyp Genotype	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Gasbildungskinetik Gas production kinetics		Umsetzbare Energie [MJ/kg TM] Metabolisable energy [MJ/kg DM]	Verdaulichkeit Organische Masse Organic matter digestibility [%]	Nutzbares Rohprotein bei Utilisable crude protein at	
			Plateau (b) Potential gas production [ml/200 mg DM]	Gasbildungs- rate (c) Gas production rate [ml/h]			5%/h [g/kg TM g/kg DM]	8%/h [g/kg TM g/kg DM]
01	Skalmeje	79.4	83.9	10.7	14.1	96	176	198
02	Tommi	76.1	80.2	11.3	13.7	94	173	196
03	St. Tobak	76.6	81.5	10.9	13.8	94	175	198
04	Event	76.7	81.7	10.5	13.8	94	170	192
05	Mulan	76.4	80.7	11.0	13.8	93	176	202
06	Tabasco	77.4	81.8	10.6	13.8	94	173	191
07	Adler	76.8	81.5	10.9	14.0	95	172	194
08	KWS Erasmus	78.9	83.6	10.9	14.0	96	174	198
09	Akteur	76.0	78.2	11.8	13.9	95	174	203
10	JB Asano	78.6	80.8	11.8	14.1	96	170	198
11	Brilliant	79.3	81.7	11.8	14.2	97	170	199
12	Cubus	80.2	81.9	12.3	14.3	97	169	199
13	Dekan	79.5	81.4	12.1	14.2	97	174	203
14	Hermann	79.9	81.2	12.0	14.3	97	169	198
15	Inspiration	79.8	81.2	12.1	14.2	97	171	201
16	Julius	79.4	81.6	11.7	14.2	97	170	198
17	Manager	80.2	82.8	11.7	14.3	98	182	202
18	Winnetou	79.6	82.7	11.5	14.1	97	179	200
19	Pamier	79.4	82.0	12.0	14.2	97	179	200
20	Potenzial	79.0	82.5	10.9	14.2	96	176	193

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle A8e. Gasbildung nach 24 h und Gasbildungskinetik des Hohenheimer Futterwerttests sowie daraus abgeleitete Futtereigenschaften – Mais

Table A8e. Gas production after 24 h and gas production kinetics determined with the Hohenheim Gas Test and feed characteristics derived thereof – maize

Nr. No.	Genotyp Genotype	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Gasbildungskinetik Gas production kinetics		Umsetzbare Energie [MJ/kg TM] Metabolisable energy [MJ/kg DM]	Verdaulichkeit Organische Masse Organic matter digestibility [%]	Nutzbares Rohprotein bei Utilisable crude protein at	
			Plateau (b) Potential gas production [ml/200 mg DM]	Gasbildungs- rate (c) Gas production rate [ml/h]			5%/h [g/kg TM g/kg DM]	8%/h [g/kg TM g/kg DM]
01	Öl 3	70.3	85.2	6.2	13.5	91	154	175
02	Öl 4	63.1	74.8	7.7	13.6	85	157	171
03	PR37Y12	75.4	87.0	7.3	13.8	94	160	188
04	MAS37V	76.0	86.8	7.5	13.8	96	166	190
05	Öl 1	68.3	82.2	6.7	13.8	91	163	176
06	Öl 2	68.1	86.1	6.0	13.9	93	163	178
07	P9400	77.5	88.7	7.9	13.9	98	162	184
08	P9494	78.6	87.1	8.3	14.1	97	150	167
09	NK Ravello	72.4	86.9	6.8	13.7	96	161	175
10	NK Falkone	75.0	88.7	7.0	13.8	97	152	165
11	SY Quartz	78.3	88.0	7.4	14.2	97	154	169
12	NX 10329	74.0	85.8	7.2	13.7	95	158	171
13	LG 30.222	74.7	88.0	6.8	13.9	97	164	178
14	LG 3258	77.9	88.5	6.8	14.2	97	151	165
15	Tokala	72.3	87.7	7.3	13.5	96	147	163
16	Lindsey	74.3	84.5	6.4	13.7	92	156	177
17	DKC 2960	78.5	85.9	7.6	14.2	94	149	172
18	DKC 3016	75.6	84.0	6.7	13.9	91	150	172
19	DKC 3398	75.8	84.4	7.5	13.8	92	152	174
20	DKC 3399	76.4	84.1	7.8	13.9	93	153	176

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle A9a. Verdaulichkeit von Organischer Masse und Nährstoffen sowie Energiegehalte bei Hammeln – Gerste
 Table A9a. Digestibility of organic matter and nutrients as well as energy concentrations in wethers – barley

Nr. No.	Genotyp Genotype	Verdaulichkeit / Digestibility [%]						Energie [MJ/kg TM ¹] Energy [MJ kg DM ¹]			
		Organische Masse Organic matter	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	aNDFom	ADFom	Organischer Rest Organic residue	Bruttoenergie Gross energy (GE)	Umsetzbare Energie Metabolisabl e energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)
01	Yool	87	70	77	29	69	43	89	18.5	13.0	8.3
02	ACK 2927	87	78	79	11	59	27	90	18.5	13.0	8.2
03	Lomerit	86	69	87	43	63	41	88	18.6	13.0	8.2
04	Campanile	88	79	90	32	76	42	91	18.6	13.4	8.5
05	Canberra	87	77	81	21	66	41	90	18.7	13.2	8.4
06	Anisette	91	85	88	53	76	66	93	18.6	13.7	8.8
07	Metaxa	90	76	95	45	85	62	92	18.6	13.7	8.8
08	Fridericus	85	78	91	18	47	32	88	18.8	13.0	8.2

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter. aNDFom Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung / neutral detergent fibre after amylase treatment and without residual ash. ADFom Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung / acid detergent fibre without residual ash.

Tabelle A9b. Verdaulichkeit Organischer Masse und Nährstoffen sowie Energiegehalte bei Hammeln – Hafer
 Table A9b. Digestibility of organic matter and nutrients as well as energy concentrations in wethers – oats

Nr. Genotyp No. Genotype	Verdaulichkeit / Digestibility [%]						Energie [MJ/kg TM ¹] Energy [MJ kg DM ¹]			
	Organische Masse Organic matter	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	aNDFom	ADFom	Organischer Rest Organic residue	Bruttoenergie Gross energy (GE)	Umsetzbare Energie Metabolizable energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)
03 Flämingsgold	75	70	82	35	40	36	80	19.2	11.7	7.1
04 Ivory	74	67	87	24	37	24	79	19.2	11.6	7.0
07 Energie (EU)	78	69	75	38	44	42	82	19.1	12.0	7.4
09 NORD 08/318 ("Melody")	71	76	89	34	40	35	76	19.8	11.5	6.9
10 NORD 08/1419	75	75	88	30	40	36	80	19.2	11.7	7.2
11 Nord 08/1420	84	68	86	62	69	63	86	19.1	12.9	8.0
12 Max	83	67	91	70	77	75	84	19.8	13.1	8.2
13 Moritz	78	69	83	39	47	43	82	19.1	12.0	7.4
14 Flocke	76	66	72	42	43	40	81	19.3	11.8	7.2

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter. aNDFom Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung / neutral detergent fibre after amylase treatment and without residual ash. ADFom Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung / acid detergent fibre without residual ash.

Tabelle A9c. Verdaulichkeit von Organischer Masse und Nährstoffen sowie Energiegehalte bei Hammeln – Roggen
 Table A9c. Digestibility of organic matter and nutrients as well as energy concentrations in wethers – rye

Nr.	Genotyp No. Genotype	Verdaulichkeit / Digestibility [%]						Energie [MJ/kg TM ¹] Energy [MJ kg DM ¹]			
		Organische Masse Organic matter	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	aNDFom	ADFom	Organischer Rest Organic residue	Bruttoenergie Gross energy (GE)	Umsetzbare Energie Metabolisable energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)
01	Conduct	87	73	63	-68	56	-17	91	18.4	13.1	8.3
02	Visello	89	70	79	51	74	76	90	18.5	13.3	8.5
03	Helltop	88	78	77	-88	65	-31	91	18.5	13.3	8.5
04	Bellami	86	72	74	-41	56	13	89	18.4	12.9	8.2
05	Palazzo	89	69	82	50	70	23	90	18.4	13.4	8.6
06	Dukato	90	77	72	-30	74	-24	92	18.4	13.5	8.6
07	Guttino	85	72	77	-51	48	-18	88	18.4	12.8	8.1
08	Dankowski Diament	89	79	80	-40	56	7	91	18.5	13.4	8.5

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter. aNDFom Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung / neutral detergent fibre after amylase treatment and without residual ash. ADFom Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung / acid detergent fibre without residual ash.

Tabelle A9d. Verdaulichkeit von Organischer Masse und Nährstoffen sowie Energiegehalte bei Hammeln – Triticale
 Table A9d. Digestibility of organic matter and nutrients as well as energy concentrations in wethers – triticales

Nr. No.	Genotyp Genotype	Verdaulichkeit / Digestibility [%]						Energie [MJ/kg TM ¹] Energy [MJ kg DM ¹]			
		Organische Masse Organic matter	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	aNDFom	ADFom	Organischer Rest Organic residue	Bruttoenergie Gross energy (GE)	Umsetzbare Energie Metabolisable energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)
01	Grenado	88	71	50	-7	51	4	91	18.4	13.2	8.4
02	Tarzan	91	76	68	72	67	41	92	18.4	13.7	8.8
03	HYT Prime (EAW6042)	89	81	89	5	62	42	91	18.5	13.5	8.6
04	Massimo	89	77	72	-26	67	25	92	18.5	13.3	8.5
05	Cultivo	89	73	80	53	72	51	90	18.5	13.4	8.6
06	SW Talentro	88	76	80	5	76	-8	90	18.5	13.3	8.4
07	Cando	92	77	64	16	51	30	94	18.4	13.7	8.8
08	Agostino	87	64	86	20	57	35	88	18.5	13.1	8.3

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter. aNDFom Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung / neutral detergent fibre after amylase treatment and without residual ash. ADFom Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung / acid detergent fibre without residual ash.

Tabelle A9e. Verdaulichkeit von Organischer Masse und Nährstoffen sowie Energiegehalte bei Hammeln – Weizen
 Table A9e. Digestibility of organic matter and nutrients as well as energy concentrations in wethers – wheat

Nr. No.	Genotyp Genotype	Verdaulichkeit / Digestibility [%]						Energie [MJ/kg TM ¹] Energy [MJ kg DM ¹]			
		Organische Masse Organic matter	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	aNDFom	ADFom	Organischer Rest Organic residue	Bruttoenergie Gross energy (GE)	Umsetzbare Energie Metabolisabl e energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)
01	Skalmeje	91	77	68	47	69	68	93	18.6	13.7	8.8
02	Tommi	92	86	83	32	66	50	91	18.6	13.9	9.0
03	St. Tobak	89	71	84	20	41	42	91	18.6	13.5	8.6
04	Event	91	78	85	50	55	29	93	18.6	13.8	8.9
05	Mulan	93	87	96	45	80	55	94	18.7	14.1	9.1
06	Tabasco	90	85	85	13	71	34	92	18.6	13.6	8.7
07	Adler	87	68	75	-6	65	5	89	18.8	13.2	8.3
08	KWS	92	83	80	33	74	59	94	18.5	13.9	9.0
	Erasmus										

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter. aNDFom Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung / neutral detergent fibre after amylase treatment and without residual ash. ADFom Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung / acid detergent fibre without residual ash.

Tabelle A9f. Verdaulichkeit von Organischer Masse und Nährstoffen sowie Energiegehalte bei Hammeln – Mais
 Table A9f. Digestibility of organic matter and nutrients as well as energy concentrations in wethers – maize

Nr. Genotyp No. Genotype	Verdaulichkeit / Digestibility [%]						Energie [MJ/kg TM ¹] Energy [MJ kg DM ¹]			
	Organische Masse Organic matter	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	aNDFom	ADFom	Organischer Rest Organic residue	Bruttoenergie Gross energy (GE)	Umsetzbare Energie Metabolisable energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)
01 Öl 3	87	51	84	71	66	66	87	19.5	13.8	8.7
02 Öl 4	86	58	86	16	58	-31	88	20.6	14.4	9.1
03 PR37Y12	78	29	83	-24	70	12	80	19.0	12.2	7.5
08 P9494	89	40	81	96	69	55	89	18.8	13.6	8.6
Pr39D35 (öko) ²	86	64	84	39	25	-33	87	19.2	13.4	8.5
PR39R10 (öko) ²	82	52	78	80	85	110	82	19.2	12.8	7.9

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter. aNDFom Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung / neutral detergent fibre after amylase treatment and without residual ash. ADFom Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung / acid detergent fibre without residual ash.

² Nicht im Rahmen von GrainUp angebaute Genotypen; Werte sind nicht in der Zusammenfassung in Tabelle 9b berücksichtigt / genotypes not produced in the framework of GrainUp; values are not part of the summary in Table 9b.

Tabelle A9g. Verdaulichkeit von Organischer Masse und Nährstoffen sowie Energiegehalte bei Hammeln – Trockenschlempe
 Table A9g. Digestibility of organic matter and nutrients as well as energy concentrations in wethers – distillers dried grains with solubles

Nr. Produkt No. Product	Ausgangsmaterial Source material	Produzent Producer	Verdaulichkeit / Digestibility [%]							Energie [MJ/kg TM ¹] Energy [MJ kg DM ¹]		
			Organische Masse Organic matter	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Rohfaser Crude fibre	aNDFom	ADFom	Organischer Rest Organic residue	Bruttoenergie Gross energy (GE)	Umsetzbare Energie Metabolizable energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)
01 Pannonia Gold	Mais Maize	Südtreber GmbH, Stuttgart	88	85	90	92	90	94	87	21.8	14.9	9.4
02 Protefem S	Weizen, Triticale Wheat, triticale	Novel ferm, Dettmannsdorf	80	79	91	57	82	70	81	20.6	13.0	8.0
03 Tschechische Ware / Czech product	Mais, Weizen Maize, wheat	Ethanol Energy, Evien Group, Vrды	77	70	84	95	83	73	74	22.5	13.7	8.3
04 ProtiGrain	Weizen, Mais, Gerste Wheat, maize, barley	Crop Energies AG, Zeitz	79	78	94	51	73	37	80	20.6	12.9	7.9
05 Actiprot	Weizen, Mais Wheat, maize	Agrana Stärke GmbH, Pischelsdorf	80	84	92	54	76	33	81	20.9	13.2	8.1
06 Kornbrennerei i Lüdinghausen	Weizen Wheat	Gut Forstmanshof, Lüdinghausen	73	76	84	49	72	18	75	20.7	12.0	7.2
07 ENSUS DDGS	Weizen, Mais Wheat, maize	Crop Energies AG (UK)	75	71	95	34	72	50	76	21.1	12.7	7.7

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

Tabelle A10a: Postprandiale Reaktion von Glucose und Insulin im Blutplasma nach der Fütterung verschiedener Genotypen von Hafer, Gerste und Mais (Hafer und Gerste gequetscht, Mais grob gebrochen; eine Getreidemahlzeit pro Tag; Blutprobenahme bis 300 min postprandial; least square means (LSM) über 1,0, 1,5 und 2,0 g Stärke/kg Lebendmasse)

Table A10a: Postprandial plasma response of glucose and insulin following supply of different genotypes of oat, barley and maize grains (oats and barley crushed, maize roughly broken; one meal per day; blood sampling until 300 min postprandial; least square mean (LSM) over 1.0, 1.5, and 2.0 g starch/kg body weight)

	Glucose			Insulin		
	Mittel / Mean [mmol/l]	Maximum [mmol/l]	AUC ¹ [mmol/l min ⁻¹]	Mittel / Mean [mmol/l]	Maximum [mmol/l]	AUC ¹ [mmol/l min ⁻¹]
Hafer (3 Stärkemengen × 6 Pferde × 8 Messwerte pro Mahlzeit) / Oats (3 amounts of starch × 6 horses × 8 readings per meal)						
Scorpion	6.29	7.70	401	0.13	0.23	36.0
Energie	5.53	6.04	78.6	0.12	0.19	15.6
Melody	5.47	6.28	196	0.13	0.23	26.6
Sandokan ²	5.99	5.67	145	0.19	0.30	27.4
Gerste (3 Stärkemengen × 6 Pferde × 8 Messwerte pro Mahlzeit) / Barley (3 amounts of starch × 6 horses × 8 readings per meal)						
Yoole	5.20	5.71	104	0.07	0.11	8.16
ACK 2927	5.59	6.31	153	0.08	0.13	14.7
Lomerit	5.30	5.83	113	0.08	0.12	10.8
Campanile	5.34	5.78	99.4	0.08	0.14	12.7
Mais (3 Stärkemengen × 6 Pferde × 8 Messwerte pro Mahlzeit) / Maize (3 amounts of starch × 6 horses × 8 readings per meal)						
P9494	5.49	5.98	74,3	0.08	0.14	7.87
PR37Y12	5.46	6.26	152	0.10	0.17	13.0
Öl 3	5.48	5.85	33,4	0.09	0.14	5.00
Öl 4	5.35	5.76	87,3	0.06	0.11	7.78

¹ AUC Fläche unter der Kurve / Area under the curve.

² Nackthafersorte / naked oats genotype.

Tabelle A10b: Postprandiale Reaktion von Glucose im Blutplasma nach Fütterung verschiedener Genotypen von unterschiedlich behandelten Haferkörnern in zwei Mahlzeiten pro Tag (1 g Stärke/kg Lebendmasse und Mahlzeit; Blutprobenahme bis 300 min postprandial)

Table A10b: Postprandial plasma response of glucose following supply of various genotypes of oat from differently treated grains in two meals per day (1 g starch/kg body weight and meal; blood sampling until 300 min postprandial)

	Erste Mahlzeit / First meal			Zweite Mahlzeit / Second meal		
	Mittel / Mean [mmol/l]	Maximum [mmol/l]	AUC ¹ [mmol/l min ⁻¹]	Mittel / Mean [mmol/l]	Maximum [mmol/l]	AUC ¹ [mmol/l min ⁻¹]
Genotyp Scorpion (6 Pferde × 9 Messwerte pro Mahlzeit) / Genotype Scorpion (6 horses × 9 readings per meal)						
unverarbeitet / whole	5.90	6.84	202	5.39	6.15	- 28.0
gequetscht / crushed	5.93	6.97	257	5.52	6.12	72.5
pelletiert / peletted	6.39	7.56	384	5.78	6.22	65.0
Genotyp Yukon (6 Pferde × 9 Messwerte pro Mahlzeit) / Genotype Yukon (6 horses × 9 readings per meal)						
unverarbeitet / whole	5.97	7.03	280	5.38	6.12	-17.1
gequetscht / crushed	6.10	7.27	298	5.52	6.02	31.3
pelletiert / peletted	5.91	6.74	219	5.46	6.09	78.7
Genotyp Bison (6 Pferde × 9 Messwerte pro Mahlzeit) / Genotype Bison (6 horses × 9 readings per meal)						
unverarbeitet / whole	6.41	7.97	381	5.50	6.27	74.8
gequetscht / crushed	6.04	7.28	278	5.49	6.23	97.5
pelletiert / peletted	6.33	7.68	353	5.64	6.37	130

¹ AUC Fläche unter der Kurve / AUC Area under the curve.

Tabelle A10c: Maximale postprandiale Konzentration an essentiellen Aminosäuren [$\mu\text{mol/l}$] im Blutplasma nach stärkeäquivalenter Fütterung verschiedener Genotypen von Hafer, Gerste und Mais (Hafer und Gerste gequetscht, Mais grob gebrochen; eine Getreidemahlzeit pro Tag; Blutprobenahme bis 300 min postprandial; least square means (LSM) über 1,0, 1,5 und 2,0 g Stärke/kg Lebendmasse)

Table A10c: Maximum postprandial plasma concentration of essential amino acids [$\mu\text{mol/l}$] following starch-balanced supply of different genotypes of oats, barley and maize grains (oats and barley crushed, maize roughly broken; one meal per day; blood sampling until 300 min postprandial; least square means (LSM) over 1.0, 1.5, and 2.0 g starch/kg body weight)

	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Trp	Val
Hafer (3 Stärkemengen \times 6 Pferde \times 8 Messwerte pro Mahlzeit) / Oats (3 amounts of starch \times 6 horses \times 8 readings per meal)									
Scorpion	110	85	156	146	43	76	496	63	271
Energie	104	83	145	117	44	74	516	53	272
Melody	97	79	144	114	44	73	443	56	250
Sandokan ¹	99	83	150	126	43	72	546	54 ^b	273
Gerste (3 Stärkemengen \times 6 Pferde \times 8 Messwerte pro Mahlzeit) / Barley (3 amounts of starch \times 6 horses \times 8 readings per meal)									
Yoole	103	66	106	121	31	66	406	47	180
ACK 2927	110	84	140	149	36	72	503	57	233
Lomerit	103	80	134	138	35	74	472	59	218
Campanile	119	75	133	146	37	68	492	54	202
Mais (3 Stärkemengen \times 6 Pferde \times 8 Messwerte pro Mahlzeit) / Maize (3 amounts of starch \times 6 horses \times 8 readings per meal)									
P9494	117	78	131	128	²	71	544	69	257
PR37Y12	103	74	137	64	²	78	456	68	247
Öl 3	113	72	123	102	²	66	459	66	248
Öl 4	106	62	116	105	²	67	325	53	191

¹ Nackthaferart; naked oats genotype.

² keine Messwerte vorhanden / no readings available.

Tabelle A11a. Chemische Zusammensetzung (g/kg Trockenmasse) von europäischen Trockenschlempen basierend auf Rohstoffgemischen
Table A11a. Chemical composition (g/kg dry matter) of European blend DDGS

Nr. No.	Rohasche Ash	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Neutral-Deter- gentien-Faser ^{1,2} Neutral detergent fibre ^{1,2}	Säure-Deter- gentien-Faser ² Acid detergent fibre ²	Lignin Lignin	Stärke Starch	Zucker Sugar
01	49.1	335	71.1	426	168	95.1	28.7	45.5
02	24.5	316	133	523	235	118	49.3	4.80
03	46.2	354	67.3	454	294	128	15.2	31.6
04	55.4	352	108	435	194	53.1	48.6	23.6
05	63.4	320	82.0	401	157	70.3	26.7	30.2
06	42.4	334	74.5	514	286	173	20.3	33.8
07	58.2	345	96.6	465	198	81.6	22.9	27.9
08	51.3	333	84.6	398	155	49.4	21.6	34.8
09	61.8	317	69.9	365	211	96.0	25.9	54.5
10	51.3	349	86.8	440	207	124	16.5	41.1
11	64.7	326	71.9	411	161	64.7	16.0	31.3
12	51.1	344	91.7	479	245	181	9.60	31.0
13	53.6	350	90.9	510	263	166	11.7	29.4

¹ Nach Amylasebehandlung / Analysed with heat stable amylase.

² Nach Veraschung / Expressed exclusive residual ash.

Tabelle A11b. Chemische Zusammensetzung (g/kg Trockenmasse) von europäischen Trockenschlempen basierend Mais
Table A11b. Chemical composition (g/kg dry matter) of European maize DDGS

Nr. No.	Rohasche Ash	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Neutral-Deter- gentien-Faser ^{1,2} Neutral detergent fibre ^{1,2}	Säure-Deter- gentien-Faser ² Acid detergent fibre ²	Lignin Lignin	Stärke Starch	Zucker Sugar
01	49.5	282	136	370	174	76.9	45.8	6.70
02	50.3	258	138	365	147	60.0	46.0	26.5
03	49.0	301	142	399	150	60.1	35.2	9.80
04	49.9	318	147	436	189	64.8	17.1	6.80
05	44.6	293	147	437	204	48.1	60.4	14.9
06	48.6	293	123	403	171	59.0	70.2	7.30
07	44.4	300	150	429	176	89.0	67.4	7.80
08	44.5	289	123	407	131	79.5	60.7	22.1
09	53.0	296	158	407	139	61.8	4.20	8.80
10	40.6	285	132	357	106	39.9	36.8	10.0
11	48.0	297	143	365	111	39.7	30.6	8.60
12	48.1	323	141	350	141	53.3	8.70	7.50
13	40.0	296	173	322	111	52.6	19.9	9.50
14	46.3	305	114	445	161	61.6	26.7	13.0

¹ Nach Amylasebehandlung / Analysed with heat stable amylase.

² Nach Veraschung / Expressed exclusive residual ash.

Tabelle A11c. Chemische Zusammensetzung (g/kg Trockenmasse) von europäischen Trockenschlempen basierend auf Weizen
 Table A11c. Chemical composition (g/kg dry matter) of European wheat DDGS

Nr. No.	Rohasche Ash	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Neutral-Deter- gentien-Faser ^{1,2} Neutral detergent fibre ^{1,2}	Säure-Deter- gentien-Faser ² Acid detergent fibre ²	Lignin Lignin	Stärke Starch	Zucker Sugar
01	51.8	355	74.6	436	199	122	33.3	22.0
02	47.5	356	70.3	393	169	91.4	25.8	32.9
03	46.2	337	91.4	482	228	117	26.0	43.7
04	55.0	331	68.1	440	142	74.7	33.1	26.4
05	53.2	318	61.1	402	128	62.7	98.8	44.4
06	61.4	315	60.9	403	145	58.0	92.9	46.0
07	42.1	346	72.6	409	155	110	42.4	29.4
08	53.1	343	72.0	466	244	151	42.3	70.9

¹ Nach Amylasebehandlung / Analysed with heat stable amylase.

² Nach Veraschung / Expressed exclusive residual ash.

Tabelle A11d. Gasbildung nach 24 h und aus dieser sowie aus Ammoniakfreisetzung abgeleitete Futtereigenschaften von Trockenschlempen basierend auf Rohstoffgemischen

Table A11d. Gas production after 24 h and feed characteristics derived thereof and from ammonia release of European blend DDGS

Nr. No.	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Energie [MJ/kg TM] Energy [MJ/kg DM]	Nutzbares Rohprotein am Duodenum (nXP) [g/kg TM] Utilisable crude protein at the duodenum (uCP) [g/kg DM]		
		Umsetzbare Energie Metabolisable energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)	5%/h ²	8%/h ²
01	42.5	11.7	7.1	255	290
02	36.9	12.2	7.3	331	337
03	41.7	11.7	7.0	254	288
04	44.2	12.9	7.8	250	289
05	45.4	12.2	7.4	242	269
06	37.5	11.0	6.6	276	298
07	44.9	12.7	7.7	237	276
08	43.5	12.1	7.3	217	244
09	44.3	11.7	7.1	246	272
10	45.5	12.6	7.7	239	276
11	43.9	11.8	7.1	229	259
12	41.5	12.1	7.3	297	323
13	40.6	11.9	7.2	301	325

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

² nXP bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / uCP at a passage rate of 5%/h or 8%/h.

Tabelle A11e. Gasbildung nach 24 h und aus dieser sowie aus Ammoniakfreisetzung abgeleitete Futtereigenschaften von Trockenschlempen basierend auf Mais

Table A11e. Gas production after 24 h and feed characteristics derived thereof and from ammonia release of European maize DDGS

Nr. No.	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Energie [MJ/kg TM] Energy [MJ/kg DM]	Nutzbares Rohprotein am Duodenum (nXP) [g/kg TM] Utilisable crude protein at the duodenum (uCP) [g/kg DM]		
		Umsetzbare Energie Metabolisable energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)	5%/h ²	8%/h ²
01	41.5	12.5	7.6	273	286
02	41.4	12.4	7.4	270	280
03	39.7	12.5	7.5	266	286
04	38.8	12.7	7.6	286	298
05	38.1	12.4	7.4	281	296
06	43.4	12.7	7.7	283	301
07	41.0	13.0	7.8	283	295
08	45.5	13.0	7.9	272	285
09	38.5	12.6	7.6	273	283
10	44.5	13.0	7.9	248	264
11	45.1	13.4	8.2	265	279
12	39.6	12.7	7.6	273	287
13	40.5	13.4	8.1	250	260
14	42.4	12.4	7.5	273	291

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

² nXP bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / uCP at a passage rate of 5%/h or 8%/h.

Tabelle A11f. Gasbildung nach 24 h und aus dieser sowie aus Ammoniakfreisetzung abgeleitete Futtereigenschaften von Trockenschlempen basierend auf Weizen

Table A11f. Gas production after 24 h and feed characteristics derived thereof and from ammonia release of European wheat DDGS

Nr. No.	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Energie [MJ/kg TM] Energy [MJ/kg DM]	Nutzbares Rohprotein am Duodenum (nXP) [g/kg TM] Utilisable crude protein at the duodenum (uCP) [g/kg DM]		
		Umsetzbare Energie Metabolisable energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)	5%/h ²	8%/h ²
01	40.7	11.6	7.0	230	270
02	39.1	11.4	6.8	269	291
03	43.0	12.3	7.4	254	296
04	44.0	11.8	7.1	232	266
05	47.7	12.1	7.4	244	278
06	48.3	12.1	7.4	238	272
07	44.1	12.2	7.4	243	274
08	38.2	11.1	6.6	283	307

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

² nXP bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / uCP at a passage rate of 5%/h or 8%/h.

Tabelle A11g. Rohproteinfraktionen und daraus abgeleitete Gehalte an ruminal unabgebautem Rohprotein (UDP) sowie *in vitro* enzymatisch geschätzte Dünndarmverdaulichkeit des UDP von Trockenschlempen basierend auf Rohstoffgemischen

 Table A11g. Crude protein composition and ruminally undegraded crude protein (RUP) derived thereof as well as *in vitro* enzymatically estimated small intestinal digestibility of RUP of blend DDGS

Nr. No.	Neutraldeterge nz-unlöslicher N [g/kg TM ¹]	Säuredetergenz -unlöslicher N Acid detergent insoluble N [g/kg DM]	Rohproteinfraktionen [g/kg XP ²] Crude protein fractions [g/kg CP ²]					Ruminal unabgebautes Rohprotein (UDP) [g/kg XP] Ruminally undegraded crude protein (RUP) [g/kg CP]		Dünndarm- verdaulichkeit des UDP Small intestinal digestibility of RUP [rel.]
	Neutral detergent insoluble N [g/kg DM ¹]		A	B ₁	B ₂	B ₃	C	5%/h ³	8%/h ³	
01	29	11	122	24	317	330	207	443	527	0.68
02	21	11	54	3	525	193	224	878	1000	0.66
03	35	15	177	20	183	355	265	346	422	0.74
04	27	9	150	30	342	321	157	325	394	0.81
05	25	12	168	39	301	258	234	288	358	0.75
06	36	17	165	15	151	352	317	408	493	0.59
07	26	9	173	29	322	315	162	286	352	0.76
08	21	11	279	33	296	195	197	144	197	0.74
09	23	13	225	28	293	200	254	208	271	0.58
10	28	12	144	43	312	282	219	328	398	0.74
11	24	12	183	45	308	225	238	249	314	0.73
12	38	18	104	25	188	352	331	610	715	0.70
13	37	19	159	8	171	326	337	438	524	0.69

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

² XP Rohprotein; CP crude protein.

³ UDP bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / RUP at a passage rate of 5%/h or 8%/h.

Tabelle A11h. Rohproteinfraktionen und daraus abgeleitete Gehalte an ruminal unabgebautem Rohprotein (UDP) sowie *in vitro* enzymatisch geschätzte Dünndarmverdaulichkeit des UDP von Trockenschlempen basierend auf Mais

Table A11h. Crude protein composition and ruminally undegraded crude protein (RUP) derived thereof as well as *in vitro* enzymatically estimated small intestinal digestibility of RUP of European maize DDGS

Nr. No.	Neutraldeterge nz-unlöslicher N [g/kg TM ¹]	Säuredetergenz -unlöslicher N Acid detergent insoluble N [g/kg DM]	Rohproteinfraktionen [g/kg XP ²] Crude protein fractions [g/kg CP ²]					Ruminal unabgebautes Rohprotein (UDP) [g/kg XP] Ruminally undegraded crude protein (RUP) [g/kg CP]		Dünndarm- verdaulichkeit des UDP Small intestinal digestibility of RUP [rel.]
	Neutral detergent insoluble N [g/kg DM ¹]		A	B ₁	B ₂	B ₃	C	5%/h ³	8%/h ³	
01	18	10	130	11	456	190	213	378	459	0.78
02	18	6	103	15	463	268	151	476	571	0.81
03	13	4	89	42	596	183	90	317	385	0.82
04	19	10	165	16	441	176	202	277	343	0.81
05	19	11	123	13	451	182	231	396	477	0.83
06	16	8	84	26	540	177	173	435	518	0.82
07	17	9	133	17	499	159	192	323	394	0.82
08	14	7	120	25	557	156	142	306	376	0.86
09	17	10	123	27	492	153	205	332	405	0.83
10	10	5	115	42	628	112	103	245	306	0.85
11	13	7	128	44	562	123	142	252	313	0.86
12	17	8	125	46	498	167	164	280	343	0.83
13	11	7	149	31	587	87	147	224	283	0.85
14	15	6	123	21	544	186	126	311	380	0.87

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

² XP Rohprotein; CP crude protein.

³ UDP bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / RUP at a passage rate of 5%/h or 8%/h.

Tabelle A11i. Rohproteinfraktionen und daraus abgeleitete Gehalte an ruminal unabgebautem Rohprotein (UDP) sowie *in vitro* enzymatisch geschätzte Dünndarmverdaulichkeit des UDP von Trockenschlempen basierend auf Weizen
 Table A11i. Crude protein composition and ruminally undegraded crude protein (RUP) derived thereof as well as *in vitro* enzymatically estimated small intestinal digestibility of RUP of European wheat DDGS

Nr. No.	Neutraldeterge nz-unlöslicher N [g/kg TM ¹]	Säuredetergenz -unlöslicher N Acid detergent insoluble N [g/kg DM]	Rohproteinfraktionen [g/kg XP ²] Crude protein fractions [g/kg CP ²]					Ruminal unabgebautes Rohprotein (UDP) [g/kg XP] Ruminally undegraded crude protein (RUP) [g/kg CP]		Dünndarm- verdaulichkeit des UDP Small intestinal digestibility of RUP [rel.]
	Neutral detergent insoluble N [g/kg DM ¹]		A	B ₁	B ₂	B ₃	C	5%/h ³	8%/h ³	
01	30	12	184	17	276	311	212	299	368	0.67
02	24	12	201	20	360	214	205	232	292	0.63
03	35	10	109	8	238	458	187	634	742	0.79
04	22	6	180	21	384	309	106	261	325	0.66
05	27	10	124	7	343	325	201	481	572	0.74
06	26	9	135	14	335	341	175	420	504	0.77
07	20	10	196	31	409	175	188	213	270	0.70
08	34	17	176	15	189	305	315	358	436	0.69

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

² XP Rohprotein; CP crude protein.

³ UDP bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / RUP at a passage rate of 5%/h or 8%/h.

Tabelle A11j. Chemische Zusammensetzung (g/kg Trockenmasse) von Trockenschlempen basierend auf Rohstoffgemischen aus einer Anlage (n=28)
 Table A11j. Chemical composition (g/kg dry matter) of blend DDGS from one production plant (n=28)

	Rohasche Ash	Rohprotein Crude protein	Rohfett Crude fat	Neutral-Deter- gentien-Faser ^{1,2} Neutral detergent fibre ^{1,2}	Säure-Deter- gentien-Faser ² Acid detergent fibre ²	Lignin Lignin	Stärke Starch	Zucker Sugar
\bar{x}	60.8	311	77.6	390	151	68.7	27.3	40.5
Min	53.2	294	53.9	336	128	39.7	13.4	22.2
Max	72.7	326	86.2	433	190	92.2	49.0	67.6
s	5.38	9.9	7.64	27.5	16.1	11.45	7.58	11.0
CV [%]	8.8	3.2	9.9	7.0	10.7	16.7	27.8	27.2

¹ Nach Amylasebehandlung / Analysed with heat stable amylase.

² Nach Veraschung / Expressed exclusive residual ash.

Tabelle A11k. Gasbildung nach 24 h und aus dieser sowie aus Ammoniakfreisetzung abgeleitete Futtereigenschaften von Trockenschlempen basierend auf Rohstoffgemischen aus einer Anlage (n=28)

Table A11k. Gas production after 24 h and feed characteristics derived thereof and from ammonia release in blend DDGS from one production plant (n=28)

	Gasbildung nach 24 h [ml/200 mg TM ¹] Gas production after 24 h [ml/200 mg DM ¹]	Energie [MJ/kg TM] Energy [MJ/kg DM]	Nutzbares Rohprotein am Duodenum (nXP) [g/kg TM] Utilisable crude protein at the duodenum (uCP) [g/kg DM]		
		Umsetzbare Energie Metabolisable energy (ME)	Nettoenergie Laktation Net energy lactation (NEL)		
			5%/h ²		
			8%/h ²		
\bar{x}	45.2	12.0	7.3	241	268
Min	42.4	11.3	6.8	217	253
Max	48.8	12.6	7.7	260	282
s	1.95	0.32	0.24	10.8	7.1
CV [%]	4.3	2.7	3.3	4.5	2.7

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

² nXP bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / uCP at a passage rate of 5%/h or 8%/h.

Tabelle A111. Rohproteinfraktionen und daraus abgeleitete Gehalte an ruminal unabgebautem Rohprotein (UDP) sowie *in vitro* enzymatisch geschätzte Dünndarmverdaulichkeit des UDP von Trockenschlempen basierend auf Rohstoffgemischen aus einer Anlage (n=28)

Table A111. Crude protein composition and ruminally undegraded crude protein (RUP) derived thereof as well as *in vitro* enzymatically estimated small intestinal digestibility of RUP of blend DDGS from one production plant (n=28)

	Neutraldeterge nz-unlöslicher N [g/kg TM ¹]	Säuredetergenz -unlöslicher N Acid detergent insoluble N [g/kg DM]	Rohproteinfraktionen [g/kg XP ²] Crude protein fractions [g/kg CP ²]					Ruminal unabgebautes Rohprotein (UDP) [g/kg XP] Ruminally undegraded crude protein (RUP) [g/kg CP]		Dünndarm- verdaulichkeit des UDP Small intestinal digestibility of RUP [rel.]
			A	B ₁	B ₂	B ₃	C	5%/h ³	8%/h ³	
\bar{x}	25	12	174	36	291	254	245	290	361	0.77
Min	22	11	136	22	220	202	224	244	308	0.73
Max	29	14	194	52	342	317	286	424	510	0.82
s	1.6	0.8	14.2	7.2	30.0	37.3	16.3	39.5	44.3	0.027
CV [%]	6.3	6.3	8.2	20.2	10.3	14.7	6.7	13.6	12.3	3.5

¹ TM Trockenmasse; DM dry matter.

² XP Rohprotein; CP crude protein.

³ UDP bei einer Passagerate von 5%/h bzw. 8%/h / RUP at a passage rate of 5%/h or 8%/h.