



Bundesministerium
für Landwirtschaft, Ernährung
und Heimat



Schlussbericht zum Thema

Charakterisierung funktionaler Merkmale für eine nachhaltige und ökologische Nutzung des Haushuhns

FKZ: 2819OE048F; 2819OE164; 2819OE167; 2819OE170

Projektnehmer/Projektnehmerin:

Hochschule Osnabrück
Friedrich-Loeffler-Institut
Georg-August-Universität Göttingen
Universität Kassel

Gefördert durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat auf Grund eines Beschlusses des deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL) hat sich zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen für die ökologische Landwirtschaft in Deutschland zu verbessern. Es wird vom Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) finanziert und in der BÖL-Geschäftsstelle in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in die Praxis umgesetzt. Das Programm gliedert sich in zwei ineinandergreifende Aktionsfelder - das Forschungs- und das Informationsmanagement.

Detaillierte Informationen und aktuelle Entwicklungen finden Sie unter:

www.bundesprogramm.de
www.oekolandbau.de/forschung

Wenn Sie weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Bundesprogramm Ökologischer Landbau
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel.: 0228-6845-3280
E-Mail: boel-forschung@ble.de

Charakterisierung funktionaler Merkmale für eine nachhaltige und ökologische Nutzung des Haushuhns (ÖkoGen)¹

Abschlussbericht

Projektdauer: 01.10.2022 – 31.03.2026

Berichtszeitraum: 01.10.2022 – 31.03.2026

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektkoordinatorin²

Von 01.10.2022 bis 31.12.2024

seit 01.01.2025



Josefine Stuff, M.Sc. Animal Sciences

Prof. Dr. Inga Tiemann

Precision Livestock Farming

Fakultät Agrarwissenschaft und Landschaftsarchitektur

Emsweg 3, 49090 Osnabrück

i.tiemann@hs-osnabrueck.de

¹ Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Bundesprogramm Ökologischer Landbau.

² Hiermit versichere ich in meiner Rolle als Projektkoordinatorin, dass der Inhalt des fachlichen Berichtsteils mit den Verbundpartnern einvernehmlich abgestimmt wurde.

Projektpartner



Dr. Ulrike Blohm

Institut für Immunologie

Südufer 10, 17493 Greifswald-Insel Riems

ulrike.blohm@fli.de

Förderkennzeichen: 2819OE164

Prof. Dr. Steffen Weigend

FB Züchtung und Genetische Ressourcen Institut
für Nutztiergenetik Mariensee

Höltysstraße 10, 31535 Neustadt

steffen.weigend@fli.de

Förderkennzeichen: 2819OE164

**U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T**

Prof. Dr. Dirk Hinrichs

Fachgebiet Tierzucht

Fachbereich Ökologische
Agrarwissenschaften

Nordbahnhofstr. 1 a, 37213 Witzenhausen

dhinrichs@agrar.uni-kassel.de

Förderkennzeichen: 2819OE170

Dr. Margret Krieger

Fachgebiet Nutztierethologie und Tierhaltung,

Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften

Nordbahnhofstr. 1 a, 37213 Witzenhausen

margret.krieger@uni-kassel.de

Förderkennzeichen: 2819OE170



Prof. Dr. Daniel Mörlein
Department für Nutztierwissenschaften
Kellnerweg 6, 37077 Göttingen
daniel.moerlein@uni-goettingen.de
Förderkennzeichen: 2819OE167

Prof. Dr. Jens Tetens
Department für Nutztierwissenschaften
Burckhardtweg 2, 37077 Göttingen
jens.tetens@uni-goettingen.de
Förderkennzeichen: 2819OE167

Prof. Dr. Antje Risius
Department für Agrarökonomie und Rurale
Entwicklung
Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen
a.risius@uni-goettingen.de
Förderkennzeichen: 2819OE167

I. **Kurzfassung (in deutscher und englischer Sprache)**

Das Verbundprojekt „ÖkoGen“ widmet sich der nachhaltigen Geflügelhaltung im ökologischen Landbau. Vor dem Hintergrund steigender Anforderungen an Tierwohl, Tiergesundheit, Ressourceneffizienz und gesellschaftliche Akzeptanz untersucht das Projekt die Eignung und Potenziale lokaler Hühnerrassen sowie deren Kreuzungen mit kommerziellen Linien. Ziel ist es, wissenschaftlich fundierte Grundlagen für eine nachhaltige Geflügelproduktion zu schaffen und genetische Ressourcen zu bewerten. Im Rahmen des Projekts wurden drei lokale Hühnerrassen und deren Kreuzungen mit Mast- und Legehybriden umfassend charakterisiert. Die Untersuchungen umfassten zentrale Merkmale wie Tiergesundheit (u.a. Parasitenresistenz, Immunität, Knochenstabilität), Tierwohl und Verhalten (z.B. Auslaufnutzung, Angstverhalten), Tierernährung, Produktqualität (Eier und Fleisch) sowie Verbraucherakzeptanz und Vermarktung. Ein besonderer Fokus lag auf der Entwicklung von Zuchtstrategien, die sowohl die genetische Vielfalt erhalten als auch Leistungsmerkmale verbessern.

Die Ergebnisse zeigen, dass lokale Rassen und Kreuzungen unter ökologischen Bedingungen eine hohe Resilienz gegenüber Parasiteninfektionen sowie stabile Leistungsparameter aufweisen. Unterschiede bestehen in den Strategien der Tiere: Während einige Genotypen eine hohe Toleranz gegenüber Infektionen zeigen und Leistung trotz Parasitenbelastung aufrechterhalten, reagieren andere mit ausgeprägter Resistenz. Kreuzungen mit kommerziellen Linien profitieren von Heterosis-Effekten, die eine höhere Stabilität bei Leistungsmerkmalen gewährleisten. Die Immunkompetenz variiert bereits direkt nach dem Schlupf zwischen den Rassen und ist sowohl bei der Resilienz gegenüber Influenzainfektionen zu beobachten als auch bei der Art und Dauer der schützenden Immunität nach Impfung. Im Bereich der Knochenstabilität zeigte sich, dass Kreuzungen zwar höhere Legeleistungen erbringen, jedoch auch ein erhöhtes Risiko für Brustbeinfrakturen mit sich bringen. Die Genetik der Mutterlinie spielt eine entscheidende Rolle für die Mastleistung und die Futtereffizienz. Im Bereich Tierwohl zeigten morphologische und Verhaltensuntersuchungen ein insgesamt hohes Niveau, wobei individuelle Unterschiede und Persönlichkeitsmerkmale der Tiere deutlich hervorgingen. Technologische Innovationen wie RFID- und KI-gestützte Systeme ermöglichen eine differenzierte Bewertung von Verhalten und Tierwohl. Sensorische Analysen und Marktstudien ergaben, dass sich lokale Rassen und Kreuzungen hinsichtlich Geschmacks und Produktqualität nur geringfügig von Standardprodukten unterscheiden. Die Vermarktungspotenziale liegen daher weniger im sensorischen

Bereich als vielmehr in Aspekten wie Biodiversitätserhalt, Regionalität, Tierwohl und Transparenz. Informationsvermittlung und Storytelling sind entscheidend für die Akzeptanz und die Zahlungsbereitschaft der Verbrauchenden. Im Bereich der Tierernährung erwiesen sich die Genetik und die Anpassungsfähigkeit als die wichtigsten Faktoren für Leistung und Effizienz. Beispielsweise kann Luzerne als regionales Futtermittel eingesetzt werden, auch wenn die Anpassungsfähigkeit an verschiedene Fütterungs- und Haltungsbedingungen unter Praxisbedingungen besonders wichtig ist. Das Projekt entwickelte zudem digitale Anwendungen zur Datenerfassung und Zuchtplanung, die insbesondere für lokale Rassen wertvolle Werkzeuge darstellen. Simulationen zeigen, dass gezielte Zucht- und Kreuzungsprogramme mit genomischer Unterstützung zur nachhaltigen Nutzung und Erhaltung genetischer Ressourcen beitragen können.

Das Projekt ÖkoGen zeigt, dass lokale Hühnerrassen und deren Kreuzungen bedeutende genetische Ressourcen für den ökologischen Landbau darstellen. Sie ermöglichen leistungsfähige und nachhaltige Produktionssysteme, vorausgesetzt, dass Genetik, Haltung, Fütterung und Vermarktung systematisch und ganzheitlich abgestimmt sind. Die Integration digitaler und genomischer Werkzeuge eröffnet zusätzliche Potenziale für die Zukunft der ökologischen Geflügelhaltung.

Insgesamt liefert das Projekt praxisorientierte Empfehlungen für ökologische Geflügelsysteme, die auf eine Balance zwischen Leistung, Tierwohl, genetischer Vielfalt und ökologischer Nachhaltigkeit abzielen.

The “ÖkoGen” collaborative project focuses on sustainable poultry farming within organic agriculture. Against the backdrop of increasing demands for animal welfare, animal health, resource efficiency, and social acceptance, the project investigates the suitability and potential of local chicken breeds and their crossbreeds with commercial lines. The aim is to provide scientifically sound foundations for sustainable poultry production and to evaluate genetic resources.

The project comprehensively characterizes three local chicken breeds and their crossbreeds with broiler and layer hybrids. Key areas of investigation include animal health (e.g., parasite resistance, immunity, bone stability), animal welfare and behavior (e.g., range use, fear behavior), nutrition, product quality (e.g., eggs and meat), and consumer acceptance and marketing. Particular attention is given to breeding strategies that maintain genetic diversity while improving performance traits.

Results indicate that local breeds and crossbreeds exhibit high resilience against parasite infections and stable performance parameters under organic conditions. Differences exist in the animals’ strategies: while some genotypes show high tolerance to infections and maintain performance despite parasite burdens, others display pronounced resistance. Crossbreeding with commercial lines benefits from heterosis, ensuring greater stability of performance traits. Immune competence varies among breeds immediately after hatching and is evident both in terms of resistance to influenza infections and in the nature and duration of protective immunity following vaccination. Regarding bone stability, crossbreeds exhibit higher laying performance but also a higher risk of keel bone fractures. The genetics of the maternal line are crucial for fattening performance and feed efficiency. In terms of animal welfare, morphological and behavioral assessments revealed an overall high level, with notable individual differences and personality traits among the animals. Technological innovations such as RFID and AI-based systems enable differentiated assessment of behavior and well-being. Sensory analyses and market studies show that local breeds and crossbreeds differ only slightly from standard products in taste and quality. Thus, the marketing potential lies less in sensory differentiation and more in aspects such as biodiversity conservation, regionality, animal welfare, and transparency. Information dissemination and storytelling are key to consumer acceptance and willingness to pay. In animal nutrition, genetics and adaptability are the most important factors for performance and efficiency. E.g., Alfalfa can be used as a regional feed. The project also developed digital applications for data collection and breeding planning, providing valuable tools especially for local breeds. Simulations demonstrate that targeted breeding and crossbreeding programs with genomic support can contribute to the sustainable use and conservation of genetic resources.

The ÖkoGen project demonstrates that local chicken breeds and their crosses represent significant genetic resources for organic farming. They enable high-performing and sustainable production systems, provided that genetics, husbandry, feeding, and marketing are systematically and holistically coordinated. The integration of digital and genomic tools opens up additional potential for the future of organic poultry farming.

Overall, the project delivers practice-oriented recommendations for organic poultry systems, aiming to balance performance, animal welfare, genetic diversity, and ecological sustainability.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|------|--|----|
| I. | Kurzfassung (in deutscher und englischer Sprache)..... | 3 |
| II. | Einführung..... | 10 |
| III. | Gegenstand des Vorhabens..... | 10 |
| IV. | Ziele und Aufgabenstellung des Projekts..... | 10 |
| V. | Planung und Ablauf des Projektes..... | 10 |
| VI. | Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde..... | 12 |
| | AP 1 Endoparasiten-Resistenz (Universität Göttingen)..... | 12 |
| | AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz (Friedrich-Loeffler-Institut)..... | 13 |
| | AP 3 Knochenstabilität (Friedrich-Loeffler-Institut)..... | 14 |
| | AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & Hochschule Osnabrück)..... | 15 |
| | AP 5 Qualität & Vermarktung (Universität Göttingen)..... | 16 |
| | AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)..... | 17 |
| | AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)..... | 19 |
| VII. | Material & Methoden..... | 20 |
| | AP 1 Endoparasiten-Resistenz (Universität Göttingen)..... | 20 |
| | Tierhaltung und -Management..... | 20 |
| | Versuchsaufbau..... | 20 |
| | Infektionsprozedur..... | 21 |
| | Erfasste Merkmale und Parameter..... | 21 |
| | Statistische Auswertung..... | 23 |
| | AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz (Friedrich-Loeffler-Institut)..... | 24 |
| | AP 3 Knochenstabilität (Friedrich-Loeffler-Institut)..... | 25 |
| | Reinzuchten..... | 25 |
| | Kreuzungen..... | 28 |
| | Merkmalerfassung..... | 29 |
| | Statistische Auswertung..... | 32 |
| | AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & Hochschule Osnabrück)..... | 34 |
| | 2.1 Haltung..... | 34 |
| | 2.2 Morphologische Tierwohlindikatoren..... | 34 |
| | 2.3 Ethologische Tierwohlindikatoren..... | 35 |
| | 2.4 Videoaufzeichnung und Auswertung..... | 37 |

| | |
|--|-----|
| AP 5 Qualität & Vermarktung (Universität Göttingen) | 38 |
| Objektive Beschreibung der Produktqualität (Fleisch), Chemische Analysen: | 40 |
| Objektive Beschreibung der Produktqualität (Fleisch), sensorische Analysen: | 40 |
| Analyse von Vermarktungschancen: | 43 |
| AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)..... | 48 |
| Hahnenversuch (Experimentell) | 48 |
| Hahnenversuch (Praxis)..... | 52 |
| Hennenversuch (Experimentell)..... | 54 |
| AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)..... | 58 |
| Entwicklung der Datenerfassungs- und Boniturapplikation..... | 58 |
| Die Datenbank für die Applikation ist auf einem von der Universität Kassel bereitgestellten virtuellen Server eingerichtet, der mit Ubuntu 20.04.1 LTS (Canonical Ltd. 2022) vom IT-Servicezentrum (Universität Kassel 2022) installiert wurde. | 58 |
| Auswertung der genomischen Information | 60 |
| VIII. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse | 62 |
| AP 1 Endoparasiten-Resistenz (Universität Göttingen)..... | 62 |
| Versuch 1: Reinrassige Bruder-Hähnchen | 62 |
| Versuch 2: Reinrassige Legehennen | 63 |
| Versuch 3: Kreuzungs-Bruder-Hähnchen | 67 |
| Versuch 4: Kreuzungs-Legehennen | 68 |
| AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz (Friedrich-Loeffler-Institut)..... | 72 |
| AP 3 Knochenstabilität (Friedrich-Loeffler-Institut) | 77 |
| Legeleistung..... | 77 |
| Körpergewichte | 78 |
| Knochenmerkmale | 79 |
| Blutparameter | 85 |
| AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & #hochschule Osnabrück)..... | 96 |
| Morphologische Tierwohlindikatoren..... | 96 |
| Ethologische Tierwohlindikatoren..... | 101 |
| Methodische Limitationen | 106 |
| Methodische Fortschritte..... | 106 |
| AP 5 Qualität & Vermarktung (Universität Göttingen) | 107 |
| Objektive Beschreibung der Produktqualität (Fleisch), Schlachtkörper- und Fleischqualität:.... | 107 |
| Fleischbeschaffenheit und -zusammensetzung | 109 |

| | |
|--|-----|
| Chemische Analysen:..... | 110 |
| Objektive Beschreibung der Produktqualität (Fleisch), Deskriptive sensorische Analysen: | 111 |
| Zusammenfassung zur Beschreibung der Produktqualität (Fleisch):..... | 115 |
| Analyse von Vermarktungschancen: | 115 |
| AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)..... | 123 |
| Hahnenversuch (Experimentell)..... | 123 |
| Hahnenversuch (Praxis)..... | 126 |
| Hennenversuch (Experimentell)..... | 129 |
| AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)..... | 137 |
| Entwicklung der Datenerfassungs- und Boniturapplikation..... | 137 |
| IX. Diskussion der Ergebnisse..... | 150 |
| AP 1 Endoparasiten-Resistenz (Universität Göttingen)..... | 150 |
| AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz (Friedrich-Loeffler-Institut)..... | 153 |
| AP 3 Knochenstabilität (Friedrich-Loeffler-Institut) | 155 |
| Häufigkeit und Schweregrad von Verletzungen des Brustbeins | 155 |
| Potenzielle Zusammenhänge zwischen physiologische Parameter und der Knochenmineralisierung..... | 156 |
| AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & Hochschule Osnabrück) | 160 |
| 4.1 Morphologische Tierwohlintikatoren und genetische Faktoren | 160 |
| 4.2 Brustbeingesundheit und Bewertungsmethodik | 160 |
| 4.3 Verhaltenstests und individuelle Variabilität | 161 |
| 4.4 Positive Tierwohlintikatoren..... | 161 |
| 4.5 Methodische Reflexion und technologische Innovationen..... | 162 |
| 4.6 Implikationen für die Praxis des ökologischen Landbaus..... | 163 |
| 4.7 Offene Fragen und Forschungsbedarf | 163 |
| 4.8 Beitrag zur Erhaltung genetischer Ressourcen..... | 163 |
| AP 5 Qualität & Vermarktung (Universität Göttingen) | 165 |
| Physiko-chemische Produktbeschaffenheit und deskriptive sensorische Analysen (Fleisch): ... | 165 |
| AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)..... | 169 |
| AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)..... | 174 |
| X. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse..... | 177 |
| AP 1 Endoparasiten-Resistenz & AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz & AP 3 Knochenstabilität | 177 |
| AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & Hochschule Osnabrück) | 178 |

| | |
|--|-----|
| AP 5 Qualität & Vermarktung (Universität Göttingen) | 179 |
| AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)..... | 180 |
| AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)..... | 181 |
| XI. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellung..... | 182 |
| AP 1 Endoparasiten-Resistenz (Universität Göttingen)..... | 182 |
| AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz (Friedrich-Loeffler-Institut)..... | 184 |
| AP 3 Knochenstabilität (Friedrich-Loeffler-Institut) | 185 |
| AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & Hochschule Osnabrück) | 187 |
| Was erreicht wurde:..... | 187 |
| Bewertung der Abweichungen..... | 187 |
| Weiterführende Fragestellungen für Anschlussprojekte | 187 |
| AP 5 Qualität & Vermarktung (Universität Göttingen) | 189 |
| AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)..... | 190 |
| AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)..... | 193 |
| XII. Zusammenfassung | 194 |
| XIII. Literaturverzeichnis | 196 |
| XIV. Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt (Printmedien, Newsletter usw.), bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse | 205 |
| XV. Anhangstabellen | 209 |
| Anhangstabellen AP 3 Knochenstabilität | 209 |
| Anhangstabellen AP 5 Qualität..... | 211 |

Im vorliegenden Dokument wurde auf eine einheitliche geschlechtergerechte Sprache verzichtet. Einzelne Beiträge der Projektpartner:innen können unterschiedliche Formen der sprachlichen Gleichstellung aufweisen. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht auf alle Geschlechter

Jeder Projektpartner ist für die Durchführung sowie das Berichtswesen seines jeweiligen Arbeitspakets eigenverantwortlich.

II. Einführung

Die Anforderungen an eine nachhaltige und tiergerechte Geflügelhaltung haben in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Insbesondere im ökologischen Landbau stehen Aspekte wie Tierwohl, Tiergesundheit, Ressourceneffizienz sowie die gesellschaftliche Akzeptanz der Produktionssysteme im Vordergrund. Gleichzeitig wächst die Nachfrage nach Geflügelprodukten kontinuierlich, wodurch innovative und nachhaltige Lösungsansätze erforderlich werden.

Vor diesem Hintergrund rücken alternative Geflügelkonzepte, insbesondere die Nutzung von Zweinutzungshühnern und lokalen Rassen, zunehmend in den Fokus von Forschung und Praxis. Diese genetischen Ressourcen versprechen eine bessere Anpassung an ökologische Haltungsbedingungen, sind jedoch bislang nur unzureichend wissenschaftlich charakterisiert. Insbesondere fehlen belastbare Erkenntnisse zu funktionalen Merkmalen wie Robustheit, Infektionsabwehr, Knochenstabilität, Immunität, Verhalten, Produktqualität sowie zur wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Akzeptanz.

Das Verbundprojekt „ÖkoGen“ setzt genau an dieser Stelle an und verfolgt einen integrativen Ansatz zur Untersuchung und Bewertung dieser genetischen Ressourcen im Kontext einer nachhaltigen Geflügelwirtschaft.

III. Gegenstand des Vorhabens

Gegenstand des Vorhabens ist die umfassende Charakterisierung funktionaler Merkmale von drei lokalen Hühnerrassen sowie deren Kreuzungen mit kommerziellen Mast- und Legehybriden. Ziel ist es, deren Eignung für den ökologischen Landbau systematisch zu untersuchen und wissenschaftlich fundierte Grundlagen für deren nachhaltige Nutzung zu schaffen.

Im Mittelpunkt stehen dabei zentrale Merkmalskomplexe wie: Tiergesundheit (z. B. Parasitenresistenz, Immunität, Knochenstabilität), Tierwohl und Verhalten (z. B. Auslaufnutzung, Angstverhalten, Mensch-Tier-Beziehung), Tierernährung und Fütterungseffizienz, Produktqualität (Eier und Fleisch) sowie Verbraucherakzeptanz und Vermarktungspotenziale.

Darüber hinaus umfasst das Vorhaben die Entwicklung geeigneter Zuchtstrategien, um die genetische Vielfalt langfristig zu erhalten und zugleich Leistungsmerkmale gezielt zu verbessern. Durch die Kombination aus experimentellen Untersuchungen, genetischen Analysen und sozioökonomischen Bewertungen verfolgt das Projekt einen gesamtsystemischen Ansatz.

IV. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Das Projekt beschäftigt sich mit der Charakterisierung von drei lokalen Hühnerrassen und deren Kreuzungen mit Elternlinien der Mast- und Legerichtung. Ziel des Projekts ist die Erforschung der Eignung diverser Gebrauchskreuzungen zwischen lokalen Rassen und kommerziellen F1-Kreuzungen (angelehnt an das Projekt RegioHuhn) für den ökologischen Landbau. Dafür stehen Merkmale und deren Optimierung im Hinblick auf Tiergesundheit, Tierwohl, Tierernährung, Produktqualität und Verbraucherakzeptanz sowie die Erhaltung und Verbesserung der Genetik durch Selektion im Fokus.

V. Planung und Ablauf des Projektes

Das Projekt ist auf eine Laufzeit von drei Jahren ausgelegt und gliedert sich in mehrere eng miteinander vernetzte Arbeitspakete. Diese decken die zentralen Forschungsbereiche Tiergesundheit, Tierverhalten, Tierernährung, Produktqualität sowie Zuchtplanung ab.

Zu Beginn des Projekts erfolgen die Bereitstellung und Aufzucht der untersuchten Genotypen. Darauf aufbauend werden in parallelen Versuchsreihen spezifische Untersuchungen durchgeführt, beispielsweise zur Parasitenresistenz, zur Immunkompetenz, zur Knochenstabilität sowie zum Verhalten der Tiere unter verschiedenen Haltungsbedingungen.

Die Datenerhebung erfolgt kontinuierlich über die gesamte Projektlaufzeit und umfasst sowohl phänotypische als auch genetische Analysen. Ergänzend werden Untersuchungen zur Produktqualität sowie Studien zur Verbraucherwahrnehmung und Marktakzeptanz durchgeführt.

Die einzelnen Arbeitspakete sind durch einen intensiven Austausch von Daten, Tieren und Ergebnissen miteinander verknüpft, um Synergieeffekte optimal zu nutzen. Meilensteine strukturieren den Projektfortschritt und ermöglichen eine kontinuierliche Evaluation der Ergebnisse.

Abschließend werden die gewonnenen Erkenntnisse zusammengeführt, um praxisorientierte Handlungsempfehlungen für die ökologische Geflügelhaltung sowie für Zucht- und Vermarktungsstrategien abzuleiten.

vi. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

AP 1 Endoparasiten-Resistenz (Universität Göttingen)

Helminthen stellen eines der bedeutendsten Gesundheits- und Wirtschaftsprobleme in der Freiland- und ökologischen Geflügelhaltung dar. Insbesondere *Ascaridia galli* (*A. galli*) und *Heterakis gallinarum* (*H. gallinarum*) zählen zu den häufigsten Endoparasiten bei Freilandhühnern und erreichen in ökologischen Haltungssystemen sehr hohe Prävalenzen von bis zu 88 % bzw. 98 % (Kaufmann et al., 2011). Infektionen mit *A. galli* sind mit klinischen Symptomen wie Kümmeren, Enteritis und intestinaler Obstruktion assoziiert, wobei die Schwere der Erkrankung eng mit der Infektionsintensität korreliert. Hohe Parasitenlasten führen zu erheblichen Leistungseinbußen, gesteigertem Futterverbrauch und erhöhter Mortalität (Bauer, 2006).

Die Bedeutung von Helminthosen wird zusätzlich durch ihre Auswirkungen auf die Darmgesundheit unterstrichen. Parasitäre Infektionen beeinträchtigen die Struktur und Funktion des Gastrointestinaltraktes (Petkevicius et al., 2003), was sich negativ auf die Nährstoffverwertung und physiologische Parameter des Wirts auswirken kann (Daş et al., 2010) und mit ausgeprägten Immunreaktionen einhergeht (Stehr et al., 2018).

Genetisch bedingte Unterschiede in der Empfänglichkeit gegenüber *A. galli* und *H. gallinarum* sind gut belegt (Gauly et al., 2008). Für die Parasiteneizahl pro Gramm Kot wurden hohe Heritabilitäten von bis zu 0,74 geschätzt (Gauly et al., 2001), was auf ein erhebliches Potenzial für züchterische Verbesserungen der Endoparasitenresistenz hinweist. Gleichzeitig ist bekannt, dass eine intensive Selektion auf Produktionsmerkmale mit einer Reduktion immunologischer Eigenschaften einhergehen kann (Liu et al., 1995), wodurch die Anfälligkeit gegenüber Parasiten steigen kann.

Ein zentraler genetischer Faktor für die Krankheitsresistenz ist der Major Histocompatibility Complex (MHC), der eine Schlüsselrolle in der Immunantwort gegenüber viralen, bakteriellen und parasitären Pathogenen spielt (Owens et al., 2008). Fortschritte in der DNA-basierten Typisierung haben gezeigt, dass insbesondere außerhalb kommerzieller Linien eine hohe genetische Diversität in dieser Region vorliegt (Fulton et al., 2016a, 2016b). Allerdings ist die Variabilität des MHC in lokalen Hühnerrassen bislang nur unzureichend charakterisiert.

Lokalen Hühnerrassen wird häufig eine erhöhte Robustheit und Widerstandsfähigkeit gegenüber Parasiteninfektionen zugeschrieben, jedoch fehlten bislang belastbare wissenschaftliche Nachweise. Vor diesem Hintergrund knüpft das Arbeitspaket AP 1 gezielt an diese Wissenslücke an. Ziel ist die experimentelle und datenbasierte Charakterisierung der Endoparasitenresistenz sowohl bei lokalen Reinzuchtstrassen als auch bei deren Gebrauchskreuzungen mit einer kommerziellen Linie (White Rock-Linie).

Durch die Kombination aus phänotypischer Erfassung (z. B. Parasiteneiausscheidung) und genetischer Analyse (insbesondere MHC-Typisierung in Verbindung mit AP 2) folgt das Projekt einem modernen, integrativen Forschungsansatz. Dieser entspricht dem aktuellen wissenschaftlichen Stand und schafft die Grundlage für die Identifikation genetisch robuster Genotypen, die für den Einsatz im ökologischen Landbau geeignet sind.

AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz (Friedrich-Loeffler-Institut)

In der Geflügelzucht ist in den letzten Jahrzehnten ein deutlicher Rückgang der genetischen Diversität zu beobachten, da wenige Hochleistungsrasen die Produktion dominieren. Zahlreiche Arbeiten betonen, dass lokale und traditionelle Hühnerrassen wertvolle genetische Ressourcen darstellen, insbesondere im Hinblick auf Krankheitsresistenz und Anpassungsfähigkeit unter praxisnahen Haltungsbedingungen (Gul et al., 2022). Lokale Rassen werden häufig als robuster und anpassungsfähiger eingeschätzt, es lagen jedoch bislang nur begrenzte Daten zur tatsächlichen Immunkompetenz und Impfantwort dieser Tiere vor (Ameer et al., 2026). Bisherige Arbeiten konzentrierten sich überwiegend auf kommerzielle Linien; systematische Vergleiche der Krankheitsverläufe und der T-Zell-Antwort in verschiedenen lokalen Rassen fehlten.

Aviäre Inflenzaviren stellen eine erhebliche Bedrohung für Haus- und Wildvögel dar, insbesondere für Freiland- und Öko-Hühner mit engem Kontakt zu Wildvögeln. In der Geflügelimpfstoffforschung war bekannt, dass genetischer Hintergrund und Grundimmunstatus die Qualität und Dauer der Impfantwort beeinflussen, spezifische zelluläre Marker waren aber nur unzureichend beschrieben. Vor diesem Hintergrund knüpft das Projekt an die Hypothese an, dass rassespezifische Unterschiede in T-Zell-Profilen und Impfgedächtnis wesentlich zur Resilienz gegenüber Infektionen wie Newcastle Disease und aviärer Influenza beitragen.

Für die ökologische und extensive Geflügelhaltung besteht daher ein besonderes Interesse daran, rassespezifische Resilienzmerkmale zu identifizieren, um robuste Populationen aufzubauen und Biosicherheitskonzepte an den genetischen Hintergrund anzupassen.

AP 3 Knochenstabilität (Friedrich-Loeffler-Institut)

Die Knochenstabilität bei Legehennen ist in allen Produktionssystemen aus Sicht des Tierschutzes und der Ökonomie von zentraler Bedeutung (Riber u. a. 2018). Über Dekaden zielte in der Wirtschaftsgeflügelzucht die genetische Selektion vorrangig darauf ab, die Legeleistung und die Persistenz der Legeperiode zu steigern, um möglichst viele verkaufsfähige Eier zu erhalten und gleichzeitig die Kosteneffizienz zu maximieren (Icken u. a. 2012). Moderne Legeherkünfte erreichen bereits im Alter von 18 Lebenswochen Geschlechtsreife und behalten eine hohe Legepersistenz bis zu einem Alter von 100 Lebenswochen (Hanlon u. a. 2021). Die Eierschalenbildung stellt dabei hohe Anforderungen an den Mineralstoffwechsel der Hühner, da für ihre Bildung etwa 2,2 g Kalzium benötigt werden (Bain u. a. 2016). Dabei werden nur etwa 50 % des Kalziums durch eine intestinale Resorption aus der Nahrung gedeckt (Kerschnitzki u. a. 2014), so dass die Bildung der Eischale eine massive Mobilisierung von Kalzium aus dem Skelett erfordert und einen permanenten Zustand metabolischer Belastung darstellt. Dies führt häufig zu pathologischen Zuständen wie Osteoporose und schmerzhaften Knochenbrüchen (Alfonso-Carrillo u. a. 2021). Knochenbrüche führen zu Schmerzen und Leiden für das Tier mit negativen Effekten für Tierwohl und Tiergesundheit (Nasr u. a. 2012). In verschiedenen Erhebungen variierte die Prävalenz von Frakturen und Deformationen der Brustbeine zwischen 25 % und 90 % bei Tieren kommerzieller Herkünfte (Stratmann u. a. 2015). In Voliersystemen wurden Brustbeinschäden bei bis zu 97 % der Hennen in einer Herde dokumentiert (Duenk u. a. 2025). Hierbei spielt, neben dem Alter und der Fütterung der Tiere, die Genetik eine Rolle, wobei häufig ein negativer Zusammenhang zwischen hoher Legeleistung und verminderter Knochenstabilität postuliert wird. Es wurde jedoch auch gezeigt, dass innerhalb von Zuchtlinien nur eine schwache Korrelation zwischen der Anzahl der gelegten Eier bzw. der Menge der produzierten Eierschale und der Knochenstabilität besteht (Raymond u. a. 2018); (Dunn u. a. 2021; Jansen u. a. 2020). Forschungsarbeiten deuten darauf hin, dass auch lokale Rassen mit deutlich geringerer Legeleistung nicht immun gegen Brustbeinschäden sind und mit hoher Prävalenz auftreten kann, was darauf hindeutet, dass das Problem nicht allein durch eine hohe Legeleistung erklärt werden kann (Hocking u. a. 2009; Jung u. a. 2024). Eigene Arbeiten haben gezeigt, dass die Phylogenie ein entscheidender Faktor für die Knochenstabilität und Brustbeingesundheit ist (Jansen u. a. 2020; Habig u. a. 2021).

Die Skelettintegrität der Legehenne ist ein multidimensionaler Parameter, der weit verzweigt in der Physiologie, der Genetik und der Umwelt der Tiere verwurzelt ist. Verglichen mit der Frage nach den Produktivitätseffekten besteht jedoch noch eine große Wissenslücke bezüglich der phylogenetischen Einflüsse auf die Knochengesundheit. Diese funktionalen Merkmale zur Tiergesundheit haben in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen, insbesondere im Hinblick auf die Anforderungen an die Tiere im ökologischen Landbau.

AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & Hochschule Osnabrück)

Der ökologische Landbau steht vor der Herausforderung, Haltungssysteme zu entwickeln, die sowohl den Anforderungen an Tierwohl als auch an wirtschaftliche Tragfähigkeit gerecht werden. Dabei gewinnt die Frage nach geeigneten genetischen Ressourcen zunehmend an Bedeutung. Während kommerzielle Hybridlinien auf Hochleistung in konventionellen Systemen selektiert wurden, bieten alte Hühnerrassen und deren Kreuzungen potenziell eine höhere Anpassungsfähigkeit an extensive Haltungsbedingungen.

Die Wissenschaft hat in Bezug auf das Tierwohl in den vergangenen Jahren einen Paradigmenwechsel vollzogen: Tierwohl wird nicht mehr ausschließlich als Abwesenheit negativer Zustände definiert, sondern umfasst explizit auch positive Aspekte wie Exploration, Spiel und affektive Zustände. Etablierte Bewertungsprotokolle wie Welfare Quality® Assessment Protocol for Poultry und das MTool© bieten standardisierte Ansätze zur Erfassung morphologischer und verhaltensbezogener Indikatoren. Allerdings fehlen bislang validierte Methoden zur systematischen Erfassung positiver Tierwohlindikatoren im Praxisbetrieb.

Systematische Erhebungen zu Verhalten und Tierwohl unter Berücksichtigung der genetischen Herkunft liegen kaum vor. Das Projekt RegioHuhn liefert wichtige Vorarbeiten zur Bewertung morphologischer Tierwohlindikatoren bei alternativen Hühnerrassen und bildet die Grundlage für die in diesem Projekt verwendeten Boniturprotokolle.

Technologische Entwicklungen im Bereich der Sensorik und automatisierten Verhaltenserfassung eröffnen neue Möglichkeiten für kontinuierliche, individuelle Tierbeobachtungen. RFID-basierte Systeme zur Erfassung von Bewegungsmustern sowie bildgestützte Verfahren zur Verhaltensanalyse wurden in der Geflügelhaltung bislang überwiegend im experimentellen Kontext eingesetzt. Beispielsweise ermöglichte die Kooperation mit dem Friedrich-Löffler-Institut Celle den Zugang zu RFID-Antennentechnologie für tierindividuelle Aktivitätsmessungen.

Das vorliegende Arbeitspaket knüpfte an diese wissenschaftlichen und methodischen Grundlagen an, mit dem Ziel, Verhalten und Tierwohl verschiedener Kreuzungen im ökologischen Haltungssystem multimodal zu evaluieren und dabei sowohl negative als auch positive Tierwohlindikatoren systematisch zu erfassen.

AP 5 Qualität & Vermarktung (Universität Göttingen)

Der ökologische Landbau verfolgt neben hohen Standards im Tierwohl und in der Tiergesundheit das Ziel einer hohen Produktqualität, die sowohl gesellschaftlichen Mehrwert als auch ökonomische Potenziale für landwirtschaftliche Betriebe bietet. Insbesondere bei Geflügelprodukten besteht ein wachsendes Interesse an Fleisch- und Eierqualitäten, die sich sensorisch, ernährungsphysiologisch sowie über glaubwürdige Informationen wie Regionalität, Herkunft der Ausgangsrassen oder besondere Produktionsmerkmale differenzieren lassen. Vor diesem Hintergrund ist eine fundierte Charakterisierung der Produktqualität sowie der Verbraucherwahrnehmung und -akzeptanz erforderlich, um belastbare Grundlagen für Vermarktungs- und Produktionsstrategien im ökologischen Landbau zu schaffen.

Die intensive züchterische Selektion kommerzieller Broilerlinien hat in den vergangenen Jahrzehnten zu stark verkürzten Mastdauern und hohen Wachstumsraten geführt, die insbesondere unter ökologischen Haltungsbedingungen mit Tiergesundheits- und Verhaltensproblemen assoziiert sein können. Für den ökologischen Geflügelbereich wird daher eine langsamere Aufzucht als fachlich sinnvoll angesehen. Studien zeigen, dass Fleisch aus ökologischer Erzeugung im Vergleich zu konventionellen Produkten häufig geringere Zartheitswerte, jedoch stärker ausgeprägte Aromaeigenschaften aufweist, was sowohl sensorisch als auch chemisch nachgewiesen wurde. Gleichzeitig existieren bislang nur wenige deskriptive sensorische Analysen zur objektiven Charakterisierung einheimischer Geflügelrassen und entsprechender Kreuzungen unter ökologischen Bedingungen. Auch zur Produktqualität von Eiern liegen nur begrenzte Daten vor. Vorhandene Untersuchungen deuten darauf hin, dass Eier lokaler Hühnerrassen häufig einen höheren Dotteranteil aufweisen.

Auf Verbraucherseite bestehen hohe Erwartungen an Geschmack und Qualität ökologischer Produkte. Internationale Beispiele, wie das französische Fleischqualitätsprogramm „Label Rouge“ zeigen, dass verlängerte Mastzeiten erfolgreich zur qualitativen Produktdifferenzierung genutzt werden können. Werden die höheren Konsumierenden-Erwartungen an ökologisch produzierte Produkte nicht erfüllt, kann dies die Kaufbereitschaft deutlich mindern. Gleichzeitig zeigen Studien, dass Aspekte wie Regionalität, Rückverfolgbarkeit, Tierschutz und der Erhalt der Biodiversität für Verbraucherinnen und Verbraucher von hoher Bedeutung sind. Daraus ergibt sich das Potenzial einer systematischen Erhebung sensorischer, physikalischer und chemischer Qualitätsparameter der drei lokalen Hühnerrassen und deren Gebrauchskreuzungen sowie der begleitenden Analyse von Konsum- und Nutzungsmustern in unterschiedlichen Anwendungskontexten, etwa in privaten Haushalten, der Gemeinschaftsverpflegung oder bei Großverbrauchern, als Grundlage für die Konzeption regionaler Vermarktungsstrategien, die ökologische Tierproduktion und den Erhalt alter einheimischer Hühnerrassen wechselseitig stärken können.

AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)

Die Fütterung von Geflügel im ökologischen Landbau unterliegt spezifischen rechtlichen und praktischen Einschränkungen, die sich unmittelbar auf die Wahl geeigneter Genotypen und Fütterungsstrategien auswirken. Zu den zentralen Vorgaben zählen die Verwendung ökologisch erzeugter und möglichst heimischer Futtermittel, der Verzicht auf den Einsatz freier synthetischer Aminosäuren, die Gewährung von Auslauf sowie die tägliche Gabe von Raufutter (Anhang II, Teil II, Abschnitt 1.9.4.2 der Verordnung (EU) 2018/848). Diese Rahmenbedingungen erschweren eine bedarfsgerechte Versorgung hochleistender Genotypen, insbesondere in Phasen mit hohem Nährstoffbedarf wie dem frühen Wachstum.

Aus diesem Grund fordert die EU-Öko-Verordnung den bevorzugten Einsatz von Herkünften, die als robust gelten und an die spezifischen Haltungsbedingungen angepasst sind. Zur Vermeidung einer intensiven Aufzucht sind entweder langsam wachsende Rassen bzw. Linien einzusetzen oder Mindestschlachtetalter einzuhalten (Anhang II, Teil II, Abschnitt 1.9.4.1 der Verordnung (EU) 2018/848). In der Praxis werden daher zunehmend alternative Genotypen diskutiert, die unter den gegebenen ökologischen Bedingungen ausreichend hohe Leistungen erbringen und zugleich Anforderungen hinsichtlich Tierwohl und Ressourceneffizienz erfüllen (Bayer et al., 2023).

Eine mögliche Option stellen traditionelle Zweinutzungsrasen sowie Zweinutzungskreuzungen dar. Diese Tiere weisen im Vergleich zu spezialisierten Masthähnchen oder Legehennen ein geringeres Leistungsniveau auf, können dafür aber sowohl zur Eier- als auch zur Fleischerzeugung genutzt werden (Lambertz et al., 2018; Mueller et al., 2018; Siekmann et al., 2018). Obwohl Zweinutzungshühner bereits zuvor vereinzelt gehalten wurden, hat ihre Bedeutung insbesondere infolge des seit 1. Januar 2022 geltenden Verbots des Kükentötens (§ 4c Absatz 1 TierSchG) sowie des Verzichts der Öko-Verbände auf die Nutzung der In-ovo-Geschlechtsbestimmung (Bioland, 2020) deutlich zugenommen. Trotz des wachsenden praktischen Interesses an Zweinutzungshühnern bestehen erhebliche Wissenslücken hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit und ihres Fütterungsbedarfs unter ökologischen Bedingungen. Insbesondere ist bislang unklar, in welchem Umfang unterschiedliche Zweinutzungskreuzungen nährstoffreduzierte Rationen kompensieren können und wie stark genetische Effekte die Anpassungsfähigkeit an alternative Fütterungsstrategien beeinflussen. Diese Fragen sind sowohl aus ökonomischer Sicht als auch im Hinblick auf Tierwohl und Umweltwirkungen von zentraler Bedeutung für die Bewertung von Zweinutzungssystemen.

Zum Zeitpunkt des Projektbeginns war der Forschungsstand zu lokalen Rassen und Zweinutzungskreuzungen in Deutschland insgesamt begrenzt. Zwar existierten zahlreiche internationale Studien, diese stammten jedoch überwiegend aus dem afrikanischen und asiatischen Raum und waren aufgrund stark abweichender Herkünfte, Futtermittelzusammensetzungen und Haltungsbedingungen nicht auf mitteleuropäische Produktionssysteme übertragbar (Alabi et al., 2017; Haunshi et al., 2012; Ibrahim et al., 2019; Kingori et al., 2014; Liu et al., 2015; Maliwan et al., 2019; Olushola John, 2011). Untersuchungen aus Ländern mit vergleichbaren Produktionssystemen befassten sich häufig mit dem Vergleich schnell und langsam wachsender Masthybriden im ökologischen Landbau (Carrasco et al., 2014; Rezaei et al., 2018; Sosnowka-Czajka et al., 2017), während lokale Zweinutzungsrasen und deren Kreuzungen nur vereinzelt untersucht worden waren (Baldinger & Bussemas, 2021a; Lambertz et al., 2018; Nolte et al., 2020; Tiemann et al., 2020).

Darüber hinaus betrachteten die meisten vorliegenden Studien entweder Mast- oder Legeleistungen isoliert. Nach damaligem Kenntnisstand existierten lediglich zwei Untersuchungen, in denen sowohl Hähne als auch Hennen derselben Genetik analysiert wurden, wobei in beiden Fällen keine unterschiedlichen Fütterungsstrategien geprüft wurden (Baldinger & Günther, 2018; Hörning et al.,

2020). Entsprechend fehlten systematische Erkenntnisse darüber, wie unterschiedliche Zweinutzungskreuzungen unter variierenden Fütterungsstrategien reagieren und in welchem Umfang genetische Effekte die Anpassungsfähigkeit an nährstoffreduzierte Rationen bestimmen.

Im Kontext ökologischer Fütterungsstrategien werden energiereduzierte Rationen sowie der Einsatz alternativer Komponenten wie Luzerne diskutiert. Luzerne zeichnet sich durch einen hohen Rohproteingehalt, regionale Verfügbarkeit und agronomische Vorteile in der Fruchtfolge aus. Gleichzeitig ist ihr Einsatz aufgrund des hohen Rohfasergehalts und des Gehalts an antinutritiven Substanzen (u. a. Saponinen) mit potenziellen Leistungseinbußen verbunden, deren Ausmaß stark von Qualität, Aufbereitung und Einsatzniveau abhängt (Blume et al., 2021a). Eine Möglichkeit, das Potenzial der Luzerne besser zu nutzen, besteht in der Siebung der getrockneten Ganzpflanze. Auch hier lagen zum Zeitpunkt des Projektbeginns nur wenige belastbare Daten für Zweinutzungskreuzungen unter ökologischen Praxisbedingungen vor (Blume et al., 2021b).

Zusammenfassend bestand zu Projektbeginn ein erheblicher Forschungsbedarf hinsichtlich der Leistungsfähigkeit, Futteraufnahme, Effizienz und Anpassungsfähigkeit lokaler Zweinutzungsrasen und deren Kreuzungen unter ökologischen Fütterungsbedingungen. Insbesondere fehlten integrierte Untersuchungen, die sowohl Hähne als auch Hennen derselben Genotypen einbeziehen und unterschiedliche Fütterungsstrategien systematisch miteinander vergleichen.

Vor diesem Hintergrund wurden im Projekt ÖkoGen Gebrauchskreuzungen zwischen lokalen Hühnerrassen und Elterntieren aus der Wirtschaftsgeflügelzucht untersucht, für die bislang keine spezifischen Fütterungsempfehlungen vorliegen. Grundsätzlich zielt eine bedarfsgerechte Fütterung darauf ab, das genetische Leistungspotenzial der jeweiligen Genotypen unter den gegebenen Rahmenbedingungen möglichst effizient zu nutzen, Über- und Unterversorgungen zu vermeiden und gleichzeitig Stoffwechsel und Umwelt zu entlasten. Aufbauend auf diesen Überlegungen wurden energiereduzierte Rationen mit erhöhtem Anteil gesiebter Luzerne eingesetzt, um deren Auswirkungen auf Leistung, Futtereffizienz und Produktqualität systematisch zu analysieren.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Untersuchung altersabhängiger Veränderungen in Wachstum und Futtermittelverwertung, um für die Hähne der unterschiedlichen Kreuzungen ökonomisch sinnvolle Schlachtzeitpunkte ableiten zu können. Die Versuche mit Hähnen wurden sowohl unter kontrollierten experimentellen Bedingungen als auch unter praxisnahen Haltungsbedingungen durchgeführt, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die landwirtschaftliche Praxis zu gewährleisten.

Ziel der Untersuchungen war es, auf Grundlage der erhobenen Ergebnisse praxisnahe Empfehlungen für eine bedarfsgerechte und zugleich effiziente Fütterung von Hähnen und Hennen aus Zweinutzungskreuzungen im ökologischen Landbau abzuleiten und damit einen Beitrag zur Weiterentwicklung nachhaltiger Geflügelsysteme zu leisten.

AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)

Tiergenetische Ressourcen sind ein unersetzliches Erbe unserer Vorfahren, welches für zukünftige Generationen erhalten werden sollte. Lokale Rassen sind an eine Vielzahl unterschiedlicher Umweltbedingungen, unter denen sie entwickelt worden sind, angepasst. Des Weiteren sind lokale Rassen der Schlüssel für eine zukünftige Anpassung der Zuchtprogramme an zukünftige Produktionsbedingungen, welche heute nicht vorhersagbar sind. Nach Meuwissen (2009) ist die beste Strategie zur Erhaltung einer bedrohten Rasse ihre Nutzung, inklusive der genetischen Verbesserung der Rasse und der Weiterentwicklung der mit ihnen erzeugten Produkten. Angesichts des wachsenden Interesses an einer nachhaltigen Landwirtschaft und der Erhaltung der biologischen Vielfalt können lokale Rassen von größter Bedeutung sein. Um die oftmals subjektiv aufgestellten Vorteile der lokalen Rassen objektiv und wissenschaftlich belegen zu können, ist eine genaue und effiziente Datenerfassung unerlässlich. Bestehende digitale Hilfsmittel zur Verwaltung und Erfassung von Daten sind jedoch häufig nicht verfügbar oder in kostspielige Herdenmanagementprogramme eingebettet, was eine systematische Datenerfassung in der Praxis erschwert, oder aber die verfügbaren digitalen Hilfsmittel für eine Anwendung bei lokalen Rassen stehen nicht zur Verfügung. Im Arbeitspaket Zuchtplanung wurde die Entwicklung einer digitalen Applikation zur Datenerfassung bei lokalen Rassen durchgeführt. Zusätzlich wurde eine Applikation zur digitalen Erfassung von Tierwohlbonituredaten bei lokalen Hühnerrassen entwickelt, welche auch bei der Bonitur von konventionell gehaltenen Geflügelbeständen angewendet werden kann.

In den vergangenen Jahren kam es bedingt durch die Entwicklung und Etablierung der genomischen Selektion (Meuwissen et al., 2001; Schaeffer, 2006) zu umfassenden Veränderungen in den Zuchtprogrammen von allen landwirtschaftlich genutzten Nutztieren. Auch wenn es bei lokalen Rassen noch keine genomischen Zuchtprogramme gibt, so liegt doch in der Verwendung von genomischer Information eine große Chance. Das Management der genetischen Diversität hat verschiedene Ziele. Zum einen soll die Heterozygotie erhalten werden, wodurch der Inzuchtdepression und dem Verlust von genetischer Varianz, welche in Zukunft von Bedeutung sein könnte, entgegengewirkt wird. Zum anderen, soll verhindert werden das rezessive Allele, zum Beispiel Allele seltener Krankheiten eine hohe Häufigkeit erreichen. Im Zeitalter der Genomik ermöglichen genomische Informationen die Schätzung von alternativen Kennzahlen für genomische Inzucht und genomische Verwandtschaft (Meuwissen et al., 2020). In der AP-Zuchtplanung soll versucht werden, einige dieser Kennzahlen für die im Projekt verwendeten Hühnerrassen zu schätzen.

In der heutigen Zuchtplanung spielen Simulationsstudien eine große Rolle und im Rahmen der AP-Zuchtplanung wurde unterschieden zwischen einer Zuchtplanung für Praxisfeldbestände und einer Zuchtplanung für Nukleusherden lokaler Hühnerrassen. In der Literatur gibt es nur wenige Arbeiten zur Zuchtplanung bei lokalen Rassen oder zur Etablierung von Nukleusherden aus Feldbeständen. Ein etwas anderes Bild ergibt sich bei konventionellen Zuchtprogrammen. So untersuchten Sitenstock et al. (2013) die Effizienz der genomischen Selektion in einem laufenden kommerziellen Legehennenzuchtprogramm. Verschiedene Selektions- und Genotypisierungsstrategien würden in der Arbeit von Bütgen et al. (2025) untersucht. Im Gegensatz zu allen in der Literatur zu finden Zuchtplanungsrechnungen spielt bei lokalen Rassen die Verfügbarkeit von Zuchttieren eine zentrale Rolle.

VII. Material & Methoden

AP 1 Endoparasiten-Resistenz (Universität Göttingen)

Tierhaltung und -Management

Die Bruder-Hähnchen wurden nach Genotyp aufgeteilt und zur Vermeidung von Kreuzkontaminationen am Department für Nutztierwissenschaften der Universität Göttingen (DNTW, Göttingen, Deutschland) in separaten Ställen untergebracht, wobei Versuchsgruppen und Kontrollgruppen strikt voneinander getrennt wurden. Als Einstreumaterial dienen wöchentlich erneuerte Holzspäne. Die klimatischen Bedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Belüftung) wurden zentral gesteuert, um in allen Ställen einheitliche Bedingungen zu gewährleisten: durchschnittlich 20,7 °C bei 55,5 % relativer Luftfeuchtigkeit. Das Lichtprogramm (*Abbildung 1*) wurde ebenfalls standardisiert.

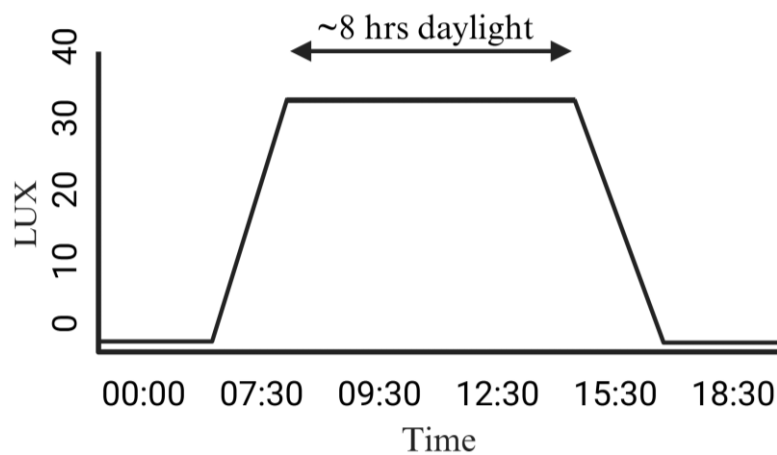


Abbildung 1.1: Beleuchtungsprogramm für die Haltung der Legehennen (erstellt mit BioRender.com).

Die Tiere erhielten ad libitum das Futtermittel „Curo Allein DUO“ (Curo Spezialfutter GmbH & Co. KG, Ennigerlohe, Deutschland), das den altersgerechten Nährstoffbedarf deckte. Die folgenden Futtermittelinhaltsstoffe wurden dokumentiert: 15,8 % Rohprotein, 4,5 % Rohfett, 6,4 % Rohfaser, 11,2 % Rohasche, 3,0 % Kalzium und ein Energiegehalt von 10,5 MJ ME/kg. Das Futter erfüllte die Richtlinien der ökologischen Verbände Bioland, Naturland und Biokreis und war für Freilandhaltungssysteme in der ökologischen Geflügelproduktion zugelassen.

Versuchsaufbau

Der Versuch umfasste vier Durchgänge, in denen sowohl juvenile Bruder-Hähnchen als auch adulte Legehennen untersucht wurden. Dabei wurden Reinzuchtlinien und Kreuzungen berücksichtigt:

Tabelle 1.1: Übersicht über die vier Versuchsreihen, einschließlich Geschlecht, Rasse und untersuchter Parameter

| Versuch | Tierkategorie | Genotypen | Untersuchte Parameter |
|-------------------------------|---|---------------|--|
| Versuch 1 (Durchgang 2023) | Reinrassige Männchen (Bruder-Hähnchen) | ALT, BIE, RAM | Wachstum, Infektionsrate, Antikörperreaktion |
| Versuch 2 (Durchgang 2023) | Reinrassige Weibchen (Legehennen) | ALT, BIE, RAM | Legeleistung, Eiqualität, Infektionsrate, Antikörperreaktion |

| | | | |
|------------------------------------|---|------------------------------|--|
| Versuch 3 (Durchgang 2024) | Kreuzungs-Männchen (Bruder-Hähnchen) | ALTxWR, BIExWR, RAMxWR | Wachstum, Infektionsrate, Antikörperreaktion |
| Versuch 4 (Durchgang 2024/2025) | Kreuzungs-Weibchen (Legehennen) | ALTxWR, BIExWR, RAMxWR | Legeleistung, Eiqualität, Infektionsrate, Antikörperreaktion |

In den Versuchen mit Bruder-Hähnchen (Versuch 1 und 3) wurden pro Genotyp $n = 60$ Tiere eingesetzt, während in den Legehennenversuchen (Versuch 2 und 4) pro Genotyp $n = 25$ Tiere untersucht wurden. Innerhalb jedes Versuchsdurchgangs erfolgte eine Aufteilung in eine Infektions- und eine Kontrollgruppe. Die Tiere für die Versuche 1 und 2 stammten aus der Versuchstierhaltung der Universität Bonn, AP 4 (Bonn, Deutschland). Die Tiere für die Versuche 3 und 4 wurden von AP3, dem Friedrich-Löffler-Institut (FLI, Mariensee, Deutschland), bereitgestellt.

Infektionsprozedur

Adulte *A. galli* wurden post mortem aus Legehennen ökologischer Freilandhaltung isoliert. Die adulten Würmer wurden nach Geschlecht getrennt, und aus den weiblichen Tieren wurden Eier isoliert. Die Eier wurden anschließend für 6–8 Wochen in 0,1%iger Kaliumdichromat-Lösung ($K_2Cr_2O_7$) inkubiert, bis sich infektiöse Larvenstadien entwickelt hatten. Dieses Verfahren entspricht etablierten Methoden zur Kultivierung infektiöser *A. galli*-Eier (Stehr et al., 2018)

Den Tieren der Infektionsgruppe wurden jeweils 1.000 embryonierte Eier mittels Schlundsonde direkt in den Kropf appliziert. Anschließend erfolgte eine Spülung mit physiologischer Kochsalzlösung. Kontrolltiere erhielten ausschließlich Kochsalzlösung. Dieses standardisierte Infektionsmodell entspricht gängigen experimentellen Ansätzen zur Untersuchung der Wirt-Parasit-Interaktion bei *A. galli* (Gauly et al., 2008; Stehr et al., 2018).

Die Tiere wurden während des gesamten Versuchszeitraums wöchentlich individuell gewogen. Die Bruder-Hähnchen wurden 10 Wochen post Infektionen (wpi) geschlachtet und anschließend einer vollständigen parasitologischen Untersuchung unterzogen, bei der Wurmmzahl, -länge und -geschlecht bestimmt wurden. Der gewählte Zeitraum entspricht dem Entwicklungszyklus von *A. galli* bis zum adulten Stadium im Wirt (Permin & Hansen, 1997).

Erfasste Merkmale und Parameter

In allen Versuchsdurchgängen wurden folgende Parameter erhoben:

Infektionsstatus und Infektionslast

Anteil infizierter Tiere innerhalb der Infektionsgruppe (Post-mortem-Diagnostik). Der Infektionsnachweis erfolgte über die Eiausscheidung im Kot. Sieben Wochen post Infektionen (wpi.) wurden durchschnittlich weniger als 10 Eier pro Gramm Kot nachgewiesen. Eine visuelle Untersuchung des Darms zum Zeitpunkt der Schlachtung bestätigte die Infektion ebenfalls. Die Infektion wurde zusätzlich durch eine visuelle Darmuntersuchung post mortem bestätigt. Dabei wurde die Gesamtwurmmzahl pro Tier erfasst. Diese wurden anschließend unter dem Mikroskop untersucht, um Art, Größe und Geschlecht zu bestimmen.

Antikörperreaktion

Zwei und sieben wpi wurden von den Tieren Plasmaproben entnommen. Diese Proben wurden von Tecomedical GmbH (Rheinbach, Deutschland) gemäß etablierten immunologischen Nachweismethoden für *A. galli*-Infektionen verarbeitet (Daş et al., 2017).

Körpergewichtsentwicklung

Die Körpermasse wurde wöchentlich durch individuelles Wiegen erfasst, um die Wachstumsentwicklung in Abhängigkeit vom Parasitenbefall zu dokumentieren, über den Versuchszeitraum (Bruder-Hähnchen; Versuch 1 und 3)

Bei den Legehennen wurden die Gewichte, wie bereits erwähnt, alle zwei Wochen erfasst, um die Gewichtserhaltung zu überwachen. Dabei sollten sowohl das Wohlergehen der Tiere als auch mögliche Auswirkungen einer Infektion beobachtet werden.

Wöchentliche Legequote (%)

Jeden Morgen wurden die Eier aus den Nistkästen gesammelt, und für jede Gruppe wurden die Anzahl und das Gewicht der Eier ermittelt. Die in den vorangegangenen 24 Stunden gelegten Eier wurden wöchentlich im Labor auf äußere und innere Qualitätsparameter untersucht.

Eiquantitätsmerkmale

Eigewicht (EW), Dottergewicht (YW), Dotteranteil (%), Dotterfarbe (YC), Haugh-Einheiten (HU), Schalenbruchfestigkeit (BS), Schalenverformung (SD) und Schalendicke (ST), gemäß standardisierten Verfahren der Eiquantitätsanalyse (Rossi & Pompei, 1995; Roberts, 2004)

Die wöchentlichen Analysen erfolgten an frisch gelegten Eiern (≤ 24 h alt) in einem Labor der Universität Göttingen. Die Schalenfestigkeit wurde mit einem TA.XTplus-Texturanalysator (Stable Micro Systems, Surrey, UK) bestimmt, der mit einer 50-kg-Kraftmesszelle ausgestattet war. Dabei wurde die maximale Bruchkraft (N) gemessen. Das Ei wurde aufrecht positioniert, wobei das stumpfe Ende unten und das spitze Ende oben lag. Anschließend bewegte sich der Kopf des TA.XTplus in Richtung des spitzen Endes. Die Kopfgeschwindigkeit während des Experiments betrug 10 mm/s. Das Gewicht der Eier wurde mit einer digitalen Präzisionswaage (Kern & Sohn GmbH, Balingen-Frommern, Deutschland) gemessen. Anschließend wurden die Eier vorsichtig auf einer Glasplatte aufgeschlagen. Vor der Dickenmessung wurden die inneren Membranen von den Schalen entfernt. Die Schalen wurden dann 14 Tage lang bei 4 °C gelagert. Die Schalendicke wurde an drei zufällig ausgewählten Stellen oberhalb des Äquators mit einer mechanischen Dickenmessuhr (Käfer Messuhrenfabrik GmbH & Co. KG, Villingen-Schwenningen, Deutschland) bestimmt. Die Höhe des Eiweißes wurde mit dem Futura 2a-System (Broering Technology GmbH, Lohne, Deutschland) gemessen. Das System umfasst einen Eiweiß-Höhenmesser, der an eine Waage und an einen Computer mit entsprechender Software zur Datenerfassung angeschlossen ist. Die Messungen wurden in einem Abstand von einem Zentimeter zum Eigelb vorgenommen. Die Haugh-Einheiten wurden für jedes Ei automatisch anhand der folgenden Formel berechnet:

$$HU=100 * \log (h - 1.7 * EW^{0.37} + 7.6,$$

wobei h die Höhe des Eiweißes und EW das Gewicht des Eies bezeichnet (Eisen et al., 1962).

Die aufgeschlagenen Eier wurden auf dem Spiegeltisch auf Blutflecken oder morphologische Veränderungen untersucht. Eigelb und Eiweiß wurden mit einem manuellen Eigelbseparator voneinander getrennt. Das Gewicht des Eigelbs wurde mit derselben digitalen Waage gemessen, und

die Eigelbfarbe wurde anhand des Roche-Farbfächers (DSM Nutritional Products GmbH, Grenzach, Deutschland) bestimmt (Legehennen; Versuch 2 und 4)

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte durch eine Varianzanalyse (ANOVA) mit anschließendem Tukey-HSD-Post-hoc-Test zum Vergleich der Gruppenmittelwerte. Signifikante Unterschiede wurden bei $p < 0,05$ angenommen. Für nicht normalverteilte Daten wurde ergänzend der nicht-parametrische Kruskal-Wallis-Test angewendet. Das Signifikanzniveau wurde auf $P < 0,05$ festgelegt. Die statistische Analyse wurde mit R (R Core Team, 2024) entsprechend gängigen biostatistischen Standards durchgeführt.

AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz (Friedrich-Loeffler-Institut)

Im Projekt wurden drei in Deutschland gehaltene lokale Hühnerrassen (Altsteirer (ALT), Bielefelder (BIE), Ramelsloher (RAM) und die Kreuzungen mit Hochleistungslinien) in standardisierten Haltungsbedingungen untersucht, um rassespezifische Effekte von Umweltfaktoren zu trennen. Die Datenerhebung umfasste wiederholte Blutproben zur Charakterisierung von T-Zell-Subpopulationen, serologische Untersuchungen sowie klinische und virologische Parameter nach Impfung und Infektion.

Zur Erfassung der Grundimmunität wurde die Zusammensetzung der T-Zell-Kompartimente über verschiedene Altersstufen hinweg mittels Durchflusszytometrie analysiert, orientiert an etablierten Protokollen zur Charakterisierung aviärer Immunzellpopulationen. Hierbei wurden Blutproben sowohl nach dem Schlupf und in der Aufzucht als auch im Verlauf der Leistungsperiode untersucht.

Die Impfantwort auf eine Standard Newcastle-Disease-Impfung wurde durch Bestimmung humoraler Antikörpertiter und funktioneller zellulärer Reaktionen bewertet. Proliferationsassays und T-Zell-Phänotypisierung dienten der Identifikation rassespezifischer Proliferations- und Toleranzmuster nach viraler Restimulation und damit der Bewertung der Gedächtnisantwort.

Für die Influenzastudie wurden 6-Wochen alte Tiere der drei Rassen mit einem hochpathogenen H7N1-Stamm bzw. einem moderat pathogenen rekombinanten Virus (TG05-HAR65) infiziert, um sowohl hochpathogene als auch moderat pathogene Verläufe abzubilden, in Anlehnung an gängige experimentelle Influenzamodelle im Huhn. Zusätzlich wurden 35-Wochen alte Legehennen zum Zeitpunkt der Leistungsspitze mit TG05-HAR65 infiziert, um den Einfluss der Legetätigkeit auf Resilienz und Immunantwort zu bestimmen. Erfasst wurden klinische Scores, Mortalität, Viruslast in Organen, Virusausscheidung und Transmission auf Kontakt-Tiere.

AP 3 Knochenstabilität (Friedrich-Loeffler-Institut)

Die Versuchsdurchführung zur Knochenstabilität und Brustbeinschäden erfolgte in zwei Durchgängen. Im ersten Durchgang 2022 – 2024 wurden Tiere der drei Reinzuchtrassen Altsteirer (ALT), Bielefelder Kennhuhn (BIE) und Ramelsloher (RAM) untersucht, im zweiten Durchgang 2024 – 2025 die Kreuzungen dieser Rassen mit leistungsstarken Elterntierhennen (White Rock; WR) der Legerichtung (ALT x WR; BIE x WR; RAM x WR).

Reinzuchten

Aufzucht

Die Bruteier wurden von der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn aus den Nukleusherden bereitgestellt. Der Schlupf von insgesamt 969 Tieren der Rassen BIE, RAM und ALT war am 17.11.2022 am Institut für Tierschutz und Tierhaltung des FLI (ITT) in Celle. Die Aufzucht der Tiere erfolgte bis zur 16. LW (Lebenswoche) in Bodenhaltung im Institut für Nutztiergenetik des FLI (ING) in Mariensee. Die Fütterung während der Aufzucht erfolgte mit einem Fütterungsprogramm für Legehennen (1.-2. LW Kükenstarter, 3.-10. LW Kükenfutter, ab 12. LW Junghennenfutter). Es wurde ein übliches Lichtprogramm angewendet, welches in Tabelle 3. dargestellt ist.

Tabelle 3.1: Lichtprogramm in der Aufzucht

| Alter | Temperatur (°C) | Licht (h) | Uhrzeit |
|-------------|-----------------|-----------|---------------|
| Lebenstag 1 | 30 - 32 | 24 | 00:00 - 24:00 |
| Lebenstag 2 | 30 - 32 | 24 | 00:00 - 24:00 |
| 1. LW* | 30 - 32 | 18 | 01:00 – 19:00 |
| 2. LW | 28 - 29 | 17 | 01:00 – 18:00 |
| 3. LW | 26 - 27 | 16 | 02:00 – 18:00 |
| 4. LW | 22 - 24 | 14 | 04:00 – 18:00 |
| 5. LW | 18 - 20 | 12 | 05:00 – 17:00 |
| 6. LW | 18 - 20 | 11 | 06:00 – 17:00 |
| 7. LW | ca. 18 | 11 | 06:00 – 17:00 |
| 8. LW | ca. 18 | 10 | 06:00 – 16:00 |
| 9 - 17. LW | ca. 18 | 9 | 07:00 – 16:00 |

* LW - Lebenswoche

Die Tiere wurden in ein prophylaktisches, zwischen den Partnern abgestimmtes Impfprogramm einbezogen. Die Impfungen und Impfzeitpunkte sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3.2: Impfprogramm

| Alter | Impfung | Name Impfstoff |
|---------|------------------------|-------------------------|
| Schlupf | Marek | Nobilis Rismavac |
| | Kokzidiose | Paracox-8 |
| 1. LW | Salmonella typhimurium | AviPro Salmonella vac T |
| 1. LW | Salmonella enteritidis | Salmovac 440 |
| 3. LW | Gumboro | Nobilis Gumboro D78 |
| 4. LW | Kombi-Impfung IB/ND | Nobilis® Ma5 + Clone 30 |
| 6. LW | ILT Doppelte Dosis | Nobilis® ILT |
| 7. LW | Salmonella enteritidis | Salmovac 440 |

| | | |
|--------|---|--|
| | Salmonella typhimurium | AviPro Salmonella vac T |
| 8. LW | IB H120 | Avishield IBH120 Impfstamm "Massachusetts" |
| | ND | AviPro ND LaSota |
| 10. LW | IB | Nobilis® IB Ma5 + Nobilis® IB 4-91 |
| 11. LW | Aviäre Enzephalomyelitis | Poulvac AE |
| | Mycoplasma synoviae | MS-H Lebendimpfstoff Gallimune |
| 12. LW | ILT | Nobilis® ILT |
| 14. LW | Salmonella enteritidis | Salmovac 440 |
| | Salmonella typhimurium | AviPro Salmonella vac T |
| | Kombi-Impfung IB/ND | Nobilis® Ma5 + Clone 30 |
| 16. LW | Salmonella enteritidis/ typhimurium | Nobilis® Salenvac T |
| | Newcastle Disease / infektiöse Bronchitis / Egg/Drop /syndrom / Aviäre Pneumovirusinfektion | Nobilis® RT + IB multi + ND + EDS |

In der vierten Lebenswoche (KW50/2022) wurden 369 Hähne an den Projektpartner der Georg-August-Universität Göttingen (GAU) übergeben. Zudem wurden zu diesem Zeitpunkt die restlichen Hähne von den Hennen getrennt. Diese insgesamt 86 Hähne sind aus dem Versuch ausgeschieden und wurden in der 16. LW an die Versuchsstation des Instituts für Nutztiergenetik lebend abgegeben.

Legeperiode

Für den Versuch wurden insgesamt 315 Hennen, 105 Tiere je Reinzucht, davon 5 Reservetiere je Reinzucht in Bodenabteile (2 x 4m², 1 x 8m²) à 21 Tiere eingestallt (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Abteile waren mit einem Kotkasten, einem Scharrbereich und mit jeweils vier elektronischen Legenestern (Weihenstephaner Muldennest der Firma Big Dutchman) ausgestattet. Jede Henne trug am rechten Bein einen RFID Chip, welcher bei Betreten des Nestes von der elektronischen Nestbox erfasst wurde (Abbildung).

Tabelle 3.3: Aufteilung der 3 Reinzuchten in den jeweiligen Abteilen

| Abteilnummer | | | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ALT 21 ♀ | BIE 21 ♀ | RAM 21 ♀ | ALT 21 ♀ | BIE 21 ♀ | RAM 21 ♀ | ALT 21 ♀ | BIE 21 ♀ |
| | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 |
| | RAM 21 ♀ | BIE 21 ♀ | ALT 21 ♀ | RAM 21 ♀ | BIE 21 ♀ | ALT 21 ♀ | RAM 21 ♀ |

Ein Ei-Sensor, der im Muldennest installiert ist, erfasst die abrollenden Eier, so dass in der Kombination von Erkennen der Henne im Nest und abrollendes Ei eine Zuordnung der Eier zur Henne möglich war. Die Nester waren mit einem Metallvorhang im Eingangsbereich versehen. Dieser verhindert einerseits eine doppelte Besetzung, andererseits kann die Henne ungehindert das Nest jederzeit verlassen.

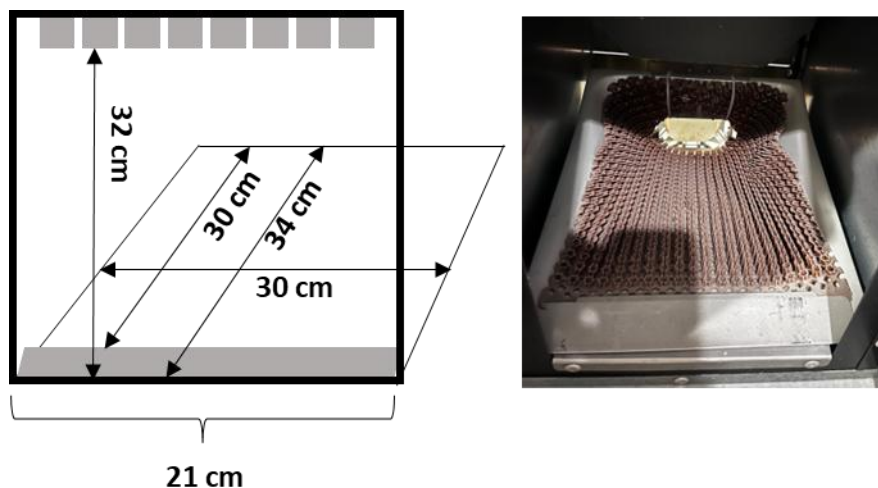


Abbildung 3.1: Weihenstephaner Muldennest: links Maße, rechts Eingang zum Nest ohne Vorhang

Nach einer zweiwöchigen Eingewöhnungsphase startete am 15.03.2023 mit der 18. Lebenswoche der Tiere der Versuch. Die Fütterung erfolgte bis zur 20. LW mit Junghennenfutter. Zwischen der 21. und 24. LW wurde den Tieren Prelay gefüttert und ab der 24. LW bekamen die Tiere Legefutter ÖTZ80 als Alleinfuttermittel. Zusätzlich bekamen sie täglich Hafer zur Konditionierung. Ab der 31. Lebenswoche wurde täglich 5 g Kalkgrit pro Henne zugefüttert. Es wurde ein übliches Lichtprogramm angewendet, welches in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt ist.

Tabelle 3.4: Lichtprogramm im Legebereich.

| Alter | Licht (h)* | Uhrzeit |
|-----------|------------|---------------|
| 18. LW | 10 | 06:00 – 16:00 |
| 21. LW | 10,5 | 05:30 – 16:00 |
| 22. LW | 11 | 05:00 – 16:00 |
| 23. LW | 12 | 04:30 – 16:30 |
| 24. LW | 13 | 04:00 – 17:00 |
| 25. LW | 14 | 04:00 – 18:00 |
| Ab 26. LW | 15 | 04:00 – 19:00 |

* Innerhalb einer Woche wurde die Lichtdauer sukzessive in 30 min Schritten erhöht

Vom Versuchsbeginn bis zum Versuchsende in der 72. Lebenswoche schieden insgesamt 106 Tiere (34%) aus dem Versuch aus. Die hohe Abgangsrate begründete sich einerseits durch das Erreichen eines Abbruchkriteriums nach Tierschutzaufgaben, andererseits durch den Tod der Tiere aus verschiedenen Gründen (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Tabelle 3.5: Tierzahlen und Abgangsursachen

| | ALT | BIE | RAM | Gesamt |
|---|-----|-----|-----|--------|
| Tierzahl (Versuchsbeginn) | 105 | 105 | 105 | 315 |
| Abbruchkriterium „Gewicht“ (Score Sheet vom 15.03.23 – 13.11.23) | 13 | 5 | 8 | 26 |
| Abbruchkriterium „Gewicht“ (Score Sheet vom 14.11.23 – 15.03.24) | 8 | 8 | 3 | 19 |
| Nottötung | 6 | 14 | 1 | 21 |

| | | | | |
|-------------------------|----|----|----|-----|
| Lebendabgabe | 3 | 0 | 2 | 5 |
| Tot aufgefunden | 2 | 28 | 5 | 35 |
| Tierzahl (Versuchsende) | 73 | 50 | 86 | 209 |

Entsprechend der Auflagen in der Tierversuchsgenehmigung durch das LAVES (Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) wurden die Tiere in einem Abstand von 14 Tagen bonitiert und gewogen. Im ursprünglichen Score Sheet für die Gewichtsdaten bekamen Tiere mit einem Gewichtsverlust von 5-9,9% innerhalb von 14 Tagen einen Score von 1. Bei einem erneuten Gewichtsverlust von 5-9,9% bekamen sie einen Score von 3. Trat der Gewichtsverlust innerhalb der nächsten 14 Tage erneut auf erreichten sie einen Score von 10 und schieden damit aus dem Versuch aus. Ebenso erfolgte dies bei einem Gewichtsverlust über 20 % zwischen zwei Wiegungen. Dieses Bonitierungschema wurde ab Versuchsbeginn bis 13.11.2023 (52. LW) angewendet. Während dieser Zeit schieden 26 Tiere aufgrund von Gewichtsverlust aus dem Versuch aus. In Absprache mit dem LAVES wurde ab 14.11.23 ein modifiziertes Score Sheet für Gewichtsverluste mit Scores von G0 bis G4 und G10 angewendet. Danach mussten Tiere mit einem Gewichtsverlust von zweimal über 5% innerhalb von 14 Tagen (G1) oder einmalig über 10% (G2) oder sogar über 20% (G3) einmal wöchentlich gewogen werden. Bei sich wiederholenden wöchentlichen Gewichtsverlusten über 5% verschlechterte sich der Score um jeweils einen Zähler, bei weiteren Gewichtsverlusten über 10% um zwei Zähler. Ab G3 wurden individuelle Kotproben genommen, die parasitologisch sowie bakteriologisch untersucht wurden. Überschritten die Tiere G4 erhielten sie den Score G10 und waren damit aus dem Versuch ausgeschieden. In der Zeit von 14.11.2023 bis 15.03.2024 (Versuchsende) schieden hier erneut 19 Tiere aus, sodass sich eine Summe von 45 Tieren ergibt, die alleine aufgrund von Gewichtsverlusten ausgeschieden sind. In keinem Fall wurden Parasiten oder pathogene Bakterien im Kot nachgewiesen. Insbesondere bei Tieren der Rasse BIE trat eine hohe Anzahl Tiere auf, die ohne Auffälligkeiten verendeten. Zur Abklärung der Ursache der plötzlichen Todesfälle wurden pathologische Untersuchungen eingeleitet (November 2023). Bei den eingesendeten Tieren konnte in einigen Fällen vor allem in der Milz, nicht in der Haut und nur sehr selten in den Federkielen, der Erreger der Marek'schen Krankheit nachgewiesen werden. Der Nachweis des Erregers der Marek'schen Krankheit basierte auf einem PCR Test und wurde am Institut für Virusdiagnostik des FLI durchgeführt. Am Versuchsende wurde eine Probe aller überlebenden Tiere untersucht. Bei diesen Tieren wurde kein Virus nachgewiesen.

Kreuzungen

Aufzucht

Aufgrund einer Verzögerung der Genehmigung des Tierversuchsantrags und einer anfänglich fehlenden Genehmigung für die Brüterei (ITT) nach §11 des Tierschutzgesetzes erfolgte der Schlupf der Kreuzungstiere BIE_xWR, RAM_xWR und ALT_xWR erst am 14.05.2024, ca. 6 Monate später als ursprünglich geplant. Der Schlupf von 743 Tieren (247 RAM x WR, 252 ALT x WR, 244 BIE x WR) erfolgte wie bei den Reinzuchten am ITT in Celle. Die Aufzucht fand in Mariensee (ING) bis zur 16. LW statt. Während der Aufzucht waren 24 Abgänge zu verzeichnen. Am 05.06.2024, in der vierten LW wurden 359 Hähne an den Projektpartner der GAU Göttingen abgegeben (Je 120 ALT x WR und RAM x WR und 119 BIE x WR) und in der 17. Lebenswoche erneut 177 Hennen (61 ALT x WR, 64 BIE x WR und 52 RAM x WR). 24 überzählige Hähne schieden aus dem Versuch aus und wurden in der 16. LW an die Versuchsstation des Instituts übergeben. Das Futterprogramm und das Impfschema sowie das Lichtregime wurde von den Reinzuchten übernommen.

Legeperiode

Mit Abschluss der 16. Lebenswoche wurden am 02.09.2024 jeweils 55 Tiere der drei Kreuzungen ALTxWR, BIExWR und RAMxWR (insgesamt 165 Tiere) in den Legebereich im Stall im ING eingestallt. Die Abteile und die Ausstattung war identisch mit denen der Reinzuchten.

Im Vergleich zu den Reinzuchten wurden die Tierzahlen aufgrund der Tierschutzaufgaben bei den Reinzuchtstieren reduziert. Analog der Reinzuchten wurden die Hennen in 15 Abteile eingestallt, mit je 11 Tieren pro Abteil (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Merkmalerfassung begann in der 18. Lebenswoche (10.09.2024).

Tabelle 3.6: Aufteilung der 3 Kreuzungen in den jeweiligen Abteilen

| Abteilnummer | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| RAMxWR 11 ♀ | ALTxWR 11 ♀ | BIExWR 11 ♀ | RAMxWR 11 ♀ | ALTxWR 11 ♀ | BIExWR 11 ♀ | RAMxWR 11 ♀ | ALTxWR 11 ♀ |
| | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 |
| | BIExWR 11 ♀ | ALTxWR 11 ♀ | RAMxWR 11 ♀ | BIExWR 11 ♀ | ALTxWR 11 ♀ | RAMxWR 11 ♀ | BIExWR 11 ♀ |

Die Fütterung erfolgte in der 17. und 18. LW mit Junghennenfutter (GS Ö-JHF Plus LW 12-17 Naturland fein), in der 19. LW bekamen sie zusätzlich dazu noch Vorlegefutter (GS Ö-Vorlegefutter Naturland fein). In LW 21 bekamen die Hennen nur Vorlegefutter. Dieses wurde anschließend in LW 22 mit Legefutter (GS Ö-LH Naturwiese 1 Naturland fein) gemischt. Danach bekamen die Hennen nur noch Legefutter.

Vom Versuchsbeginn bis zum Versuchsende in der 72. Lebenswoche schieden insgesamt 6 Tiere (4%) aus dem Versuch aus (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Verlustzahlen bei den Kreuzungstieren waren deutlich geringer als bei den Reinzuchtstieren.

Tabelle 3.7: Tierzahlen und Abgangsursachen

| | ALT x WR | BIE x WR | RAM x WR | Gesamt |
|----------------------------|----------|----------|----------|--------|
| Tierzahl (Versuchsbeginn) | 55 | 55 | 55 | 165 |
| Abbruchkriterium „Gewicht“ | 1 | | | 1 |
| Nottötung | 2 | 1 | | 3 |
| Tot aufgefunden | | 2 | | 2 |
| Tierzahl (Versuchsende) | 52 | 52 | 55 | 159 |

Merkmalerfassung

Die Datenerfassung wurde bei Reinzuchtstieren und bei den Kreuzungen bis auf minimale Abweichungen in gleicher Weise durchgeführt.

Für die longitudinalen Untersuchungen der Knochenmerkmale wurden bei den Reinzuchten zu Versuchsbeginn 55 Tiere je Rasse ausgewählt. Aufgrund der hohen Zahl von Tieren, die entweder nach Tierschutzkriterien aus dem Versuch genommen wurden oder wegen anderer Ursachen ausgeschieden sind, waren von den 165 Tieren nur 111 Tiere (ALT 38; BIE 28; RAM 45) durchgängig bis zum Versuchsende in die Untersuchungen einbezogen. Für die Bestimmung der Hormonparameter mittels

ELISA wurde aus diesen Tieren eine Teilmenge von je 24 Tieren pro Rasse gebildet. Bei den Kreuzungstieren konnten aufgrund der sehr geringen Verluste die angestrebte Anzahl von 50 Versuchstieren je Kreuzung bis Versuchsende erreicht werden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Legeleistung

Ab der 18. Lebenswoche wurde die Eizahl bis zur Ausstallung in der 72. Lebenswoche täglich erfasst. Abteilweise wurden die in Nester gelegten Eier abgesammelt. Außerdem wurden die verlegten, d.h. die nicht in das Nest gelegten Eier, ebenfalls täglich erfasst. Die individuelle Legeleistung wurden im gleichen Zeitraum anhand der in die Weihenstephaner Muldenester gelegten Eier mit Zuordnung zur Henne erfasst.

Körpergewichte

Die Körpergewichte der Reinzuchten und auch der Kreuzungen wurden während der Legeperiode individuell in der 18., 24., 34., 40., 50. 60. und 70. Lebenswoche erfasst.

Blutparameter

In den Lebenswochen 18, 34, 40, 50, 60 und 70 wurden longitudinal Blutproben gewonnen, um spezifische Blutparameter der Kalziumhomöostase (ionisiertes Kalzium, Gesamtkalzium, anorganisches Phosphat, 25-Hydroxy-Vitamin-D3), zwei Marker des Knochenumsatzes, Osteocalcin (Knochenaufbau) und CTX-1 (Abbauprodukt von Kollagen), sowie die Sexualhormone 17 β - Estradiol und follikelstimulierendes Hormon (FSH) im Blut der Tiere zu bestimmen. Bei den Kreuzungstieren wurde als zusätzlicher Zeitpunkt eine Blutentnahme in der 24. Lebenswoche eingefügt. Die Bestimmung der Parameter der Kalziumhomöostase erfolgte mit einem Blutgaser (RAPIDLab 348EX Blood Gas System; Siemens Healthcare Diagnostics) vor Ort. Gesamtcalcium und Phosphat wurden durch eine colorimetrische Messung bestimmt, während für die Analyse von 25-Hydroxy-Vitamin-D3, CTX-1, 17 β - Estradiol, FSH und Osteocalcin spezifische ELISA Testkits nach den Vorgaben des Herstellers verwendet wurden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Tabelle 3.8: Verwendete ELISA Kits

| ELISA Testkits | Hersteller |
|---------------------------------------|------------------------------|
| 25-Hydroxy Vitamin D ⁵ EIA | IDS Immunodiagnostic systems |
| Serum Crosslaps (CTX-I) ELISA | IDS Immunodiagnostic systems |
| 17 β -Estradiol ELISA | TECAN IBL |
| Chicken FSH ELISA | ANTIBODIES ONLINE |
| MicroVue™ Bone Osteocalcin EIA | QUIDEL |

Knochenmerkmale

Die Auswertungsmethodik orientierte sich an dem in der Literatur beschriebenen Vorgehen (Rufener u. a. 2018, Eusemann u. a. 2020) und wurde mit dem Projektpartner des Friedrich Loeffler Instituts; Institut für Tierschutz und Tierhaltung im Projekt BruBeiLe abgestimmt.



Abbildung 3.2: Gestell zur latero-lateralen Röntgenaufnahmen der Tiere

In den Lebenswochen, in den Blutproben genommen wurde, wurde das Brustbein der Tiere geröntgt. Für die radiologische Untersuchung des Brustbeins wurden die Tiere in einem Gestell positioniert (Abbildung) und eine latero-laterale Röntgenaufnahmen angefertigt. Die Röntgenbilder wurden unter Verwendung der Software ImageJ analysiert.

Frakturen

Frische Frakturen, die durch strahlendurchlässige Linien oder Lücken in der Struktur des Brustbeins definiert sind, und Kalluse als unregelmäßige Stellen mit erhöhter Strahlendichte wurden als Frakturen bewertet. Das Brustbein wurde von kranial nach kaudal in drei gleiche Abschnitte unterteilt und für jedes Drittel die Anzahl der Frakturen in vier Stufen bewertet:

0 = keine Fraktur,

1 = eine oder mehrere leichte Frakturen (Risse ohne Dislokation des Brustbeinknochens),

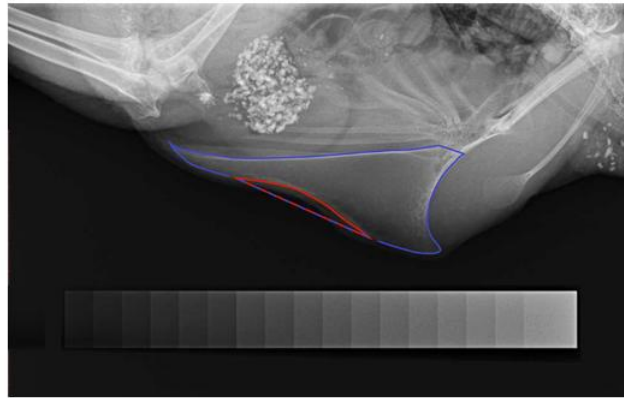
2 = eine schwere Fraktur mit deutlicher Dislokation,

3 = multiple Frakturen mit mindestens einer Dislokation.

Die Bewertung der Frakturen in den einzelnen Abschnitten wurden anschließend in eine Gesamtbewertungsnote von 0 – 3 zusammengefasst.

Brustbeindeformation

Anhand der Röntgenbilder des Brustbeins wurde die Verformung des Kiels des Brustbeins (Carina sterni) analysiert (Abbildung). Dabei wird in der latero-lateralen Röntgenaufnahme zunächst das gesamte Brustbein umfahren. Anschließend werden die beide Endpunkte der deformierten Kontur durch eine Gerade verbunden. Das ergibt die angenommene Gesamtfläche des Kielknochens, wenn keine Deformation auftreten würde. Der Grad der Verformung des Brustbeins wird aus der Differenz zwischen der angenommenen und der tatsächlichen Gesamtfläche errechnet und als prozentualer Anteil der Verformung (Proportion of Deviation [POD]; nach Eusemann u. a. 2020) erfasst.



Darstellung von Lisa Hildebrand, persönliche Kommunikation

Abbildung 3.3: Erfassung der Brustbeinverformung (Proportion of Deviation;POD)

Knochenmineraldichte

Als Näherungswert der Knochenmineraldichte wurde die mittlere Röntgendichte (RD) des Brustbeins erfasst wie bei Eusemann u. a. (2020) beschrieben. Für jedes Bild wurden die Grauwerte und die Höhe jeder Stufe eines standardisierten Aluminium-Stufenkeils verwendet, um eine individuelle Kalibrierungskurve zu erstellen. Anhand der Kalibrierungskurve lässt sich der Grauwert eines beliebigen ausgewählten Bildausschnitts als Millimeter-Aluminiumäquivalent (mmAlÄq) berechnen. Die RD wurde sowohl für a) das gesamte Brustbein ermittelt, einschließlich Frakturen, aber ohne Überlagerungen, als auch für b) für ein Quadrat in der Mitte des Brustbeins. Für die Positionierung des mittleren Quadrats wurde in ImageJ ein spezielles Makro genutzt. Der Beobachter zeichnete eine gerade Linie zwischen der kranialen und kaudalen Spitze des Brustbeins (alternativ dem kaudalsten verknöcherten Punkt bei nicht vollständig verknöcherten Brustbeinen). Anschließend wurde automatisch ein Quadrat in der Mitte dieser Linie platziert. Seine Seitenlänge wurde auf 1/12 der Länge des verknöcherten Teils des Brustbeins festgelegt. In Einzelfällen, wenn das Quadrat nicht automatisch in der Mitte des Brustbeins platziert wurde (bei stark gekrümmten Brustbeinen), wurde manuell geringfügig korrigiert. Der Grad der Verknöcherung wurde berechnet, indem die Länge des verknöcherten Teils durch die Gesamtlänge des Brustbeins geteilt wurde.

Mit dem Abschluss der Versuchsdurchgänge in der 72. Lebenswoche wurden die Tiere der Reinzuchten und der Kreuzungen tierschutzkonform getötet. Anschließend wurde das Brustbein (Sternum), der Tibiotarsus und der Humerus präpariert. Die Knochen der Reinzuchttiere als auch der Kreuzungstiere wurden bei -20°C bis zur weiteren Analyse gelagert. Im Oktober 2025 wurde die Knochenmineraldichte (BMD g/cm²) der drei Knochentypen (Sternum, Tibiotarsus, Humerus) mittels Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie (DXA) im Lehr- und Versuchsgut der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München ermittelt.

Statistische Auswertung

Für die statistischen Auswertungen wurde das Software Paket JMP19.0.4[®] (JMP Statistical Discovery LLC) verwendet mit Ausnahme der Auswertungen der Brustbeinfrakturen. Der Effekt von Genotypen (GT), des Alters der Tiere zum Zeitpunkt der Merkmalerfassung in Lebenswochen (LW) und deren Wechselwirkung wurde mit folgendem linearen gemischten Modell analysiert

$$y_{ijkm} = \mu + GT_i + LW_j + GT \times LW_{ij} + T_k + \varepsilon_{ijkm}$$

Wobei μ der allgemeine Mittelwert, GT_i der fixe Effekt des Genotyps, LW_j der fixe Effekt des Alters (in Lebenswochen), $GT \times LW_{ij}$ der Effekt der Interaktion zwischen GT und LW, T_k den zufälligen Effekt des Tieres und ε_{ijkm} die Fehlervarianz sind.

Für die Auswertungen der Brustbeinfrakturen wurde SAS 9.4 (SAS Institute Inc. Cary, NC USA, 2017) und ein Generalized Linear Mixed Model auf Basis einer Poisson-Verteilung verwendet, wobei die Beobachtungsdauer als polynomiale Kovariate (bis zum vierten Grad) einbezogen wurde, um

nichtlineare Alterseffekte zu berücksichtigen. Anschließend erfolgte eine Rücktransformation der individuellen Anpassungen in eine Bewertungsvariable des Brustbeinschadens (Score), für die LSM pro Genotyp (Rasse oder Kreuzung) über die Zeit der longitudinalen Untersuchung kalkuliert wurden. Die Rasse wurde als fester Effekt im Modell definiert. Die statistische Auswertung der Frakturen wurden unterstützt durch Herrn apl. Prof. A.R. Sharifi von der Georg-August-Universität Göttingen.

AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & Hochschule Osnabrück)

2.1 Haltung

Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen des Projekts ÖkoGen auf dem Campus Frankenforst der Universität Bonn in Königswinter. Es wurden drei Durchgänge mit unterschiedlichen Kreuzungskombinationen durchgeführt:

Durchgang 2023: Hähne der Rassen Altsteirer, Bielefelder und Ramelsloher wurden mit Hennen der Hochleistungsgenetik White Rock (Lohmann Breeders, Cuxhaven), woraus drei Gebrauchskreuzungen (ALT x WR, BIE x WR und RAM x WR) entstanden.

Durchgang 2024: Hähne der Rassen Altsteirer, Bielefelder und Ramelsloher wurden mit Hennen der Hochleistungsgenetik White Rock (Lohmann Breeders, Cuxhaven) und Ranger (Aviagen) verpaart, woraus sechs Gebrauchskreuzungen entstanden.

Durchgang 2025: Hähne der Rassen Altsteirer, Bielefelder und Ramelsloher wurden mit Hennen der Hochleistungsgenetik White Rock (Lohmann Breeders, Cuxhaven) und Ranger (Aviagen) verpaart, woraus sechs Gebrauchskreuzungen entstanden.

Alle Tiere wurden nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus gehalten mit Zugang zu Stall, Kaltscharraum und Grünauslauf (Auslauf erst ab 2024 zur Verfügung, Abb. 1). Jedes Tier wurde mit Flügelmarken mit linearem Barcode individuell gekennzeichnet.



Abbildung 4.1: Ökologische Haltungsbedingungen der Gebrauchskreuzungen

2.2 Morphologische Tierwohlindikatoren

Die Erfassung morphologischer Tierwohlindikatoren erfolgte ab der 12. Lebenswoche in den Lebenswochen 12, 18, 24, 30 und 40. Bewertet wurden:

- Brustbeinzustand (Palpation auf Abweichungen, Dellen, Kallusbildungen)
- Fußballengesundheit (Proliferation/Schuppen, Dermatitis, Geschwüre/Propf, Bumblefoot)

- Federbedeckung in verschiedenen Körperregionen (Kopf, Hals, Brust, Rücken, Flügel, Bürzel, Kloake)
- Zustand der Kopfanhänge (Schnabel, Kammfarbe, Kammverletzungen, Federlosigkeit am Kopf)
- Hautveränderungen (Breast burn, Brustblasen, Hockburn)
- Sonstige Verletzungen

Die Bewertung erfolgte nach einem modifizierten Protokoll auf Basis des Projekts RegioHuhn, angelehnt an das Welfare Quality® Assessment Protocol for Poultry (WQA) und das MTool©. Die Bewertungsskala reichte von 0 (keine Beeinträchtigung/beste Note) bis 2 (starke Beeinträchtigung/schlechteste Note).

Zur Qualitätssicherung wurde ein Beobachterabgleich mit dem Projektteam des Friedrich-Löffler-Instituts Mariensee und Naturland durchgeführt. Zudem erfolgte die Teilnahme an einer Welfare Quality® Assessment-Schulung. Die Bonitur der Universität Kassel wurde von der Universität Bonn begleitet.

Post-mortem Brustbeinuntersuchung: Nach der Schlachtung wurden die Brustbeine auf Kallusbildungen, Abweichungen und Dellen vermessen und bewertet. Dies geschah auf Basis eines im Projekt entwickelten Boniturschemas, da das standardisierte WQA-Protokoll zwar Schäden auf einer dreistufigen Skala (0–2) bewertet, jedoch wenig differenzierte Ergebnisse liefert. Die Freilegung der Brustbeine erfolgte durch Speckkäfer.

2.3 Ethologische Tierwohlintikatoren

Zur Erfassung des Verhaltens wurde ein multimodaler Ansatz gewählt, der verschiedene standardisierte Verhaltenstests kombinierte.

Angst- und Furchtreaktionen:

- **Tonic Immobility Test (TI):** Messung der individuellen Ängstlichkeit durch Erfassung der Dauer der Bewegungslosigkeit nach Drehen des Tieres auf den Rücken (maximale Testdauer: 720 Sekunden).
- **Avoidance Distance Test (ADT):** Messung der tolerierten Annäherungsdistanz durch Menschen (Radius einer Armlänge) als Indikator für die Mensch-Tier-Beziehung.

Neophobie und Exploration:

- **Novel Object Test im Stall (NOT):** Erfassung der Reaktion auf unbekannte Objekte im vertrauten Stallbereich. Gezählt wurden Hennen im Radius einer Tierlänge um das Objekt sowie Hennen, die dem Objekt zugewandt waren.
- **Novel Arena Test (NAT):** Erfassung der Neophobie in unbekannter Umgebung.
- **Open Field Test (OF):** Bewertung des Explorations- und Fluchtverhaltens in einer neuen Arena durch Messung der zurückgelegten Strecke (in cm).

Warnverhalten:

- **Attention Bias Test (ABT):** Nach Gewöhnung an einen positiven Reiz (Futter) wurde ein Alarmruf eines Hahns gegenüber Luftprädatoren abgespielt. Erfasst wurden verschiedene

Reaktionen: Alert (Umschauen), Flight (Fluchtversuch) oder Freeze (tonische Bewegungslosigkeit).

Sozial- und Spielverhalten:

- **Worm Running Test:** Analyse von Sozial- und Spielverhalten anhand der Reaktion auf ein wurmähnliches Objekt im Stall und in der Arena. Erfasst wurden: Aufpicken des Wurms (P), Abnahme durch andere Hühner (W), Nachjagen (C) und Davonlaufen mit Wurm (R). Eine Kooperation mit der Fachhochschule Südwestfalen (Statistics und Data Science Group, Prof. Dr. Gültas) ermöglichte die KI-gestützte Auswertung der Aktivität während des Tests.
- **Free Space Test mit Videobeobachtungen:** Erfassung von Komfort- und Spielverhalten nach Schaffen von Platz im Stall. Beobachtete Verhaltensweisen: Herumlaufen, Frohlocken, Ausruhen, kämpferisches Spielen, Flügelschlagen, Staubbaden, Futtersuchen, Futteraufnahme, Trinken und atypisches Verhalten.
- **Observation:** Kontinuierliche Beobachtungen des Komfort- und Spielverhaltens.

Federpicken:

- **Feather Bundle Test:** Verhaltensbeobachtung am Federbündel im Stall und in der Arena.
- **Kraftmessung:** Messung der beim Federziehen aufgewendeten Kraft (Eigenentwicklung des Instituts für Landtechnik der Universität Bonn). Es wurden kontinuierliche Messungen mit sekundlichen Messwerten durchgeführt und durch Videoanalyse validiert.

Aktivität und Auslaufnutzung:

- **RFID-basierte Aktivitätsmessung:** Kontinuierliche Erfassung individueller Bewegungsaktivität im Stall über mehrere Monate. Alle Gebrauchskreuzungen wurden mit RFID-Ringen ausgestattet, Bodenantennen erfassten die Bewegungen. Die Anzahl der Wechsel zwischen Antennenstandorten diente als Maß für die Aktivität. Die Technologie wurde in Kooperation mit dem Friedrich-Löffler-Institut Celle bereitgestellt.
- **Auslaufverhalten:** Systematische Erfassung der Nutzung von Stall, Kaltscharraum und Grünauslauf über mehrere Tage hinweg. Eine Kooperation mit der Fachhochschule Rhein-Waal (Physik mit dem Schwerpunkt Sensorik und Mechatronik, Prof. Dr-Ing. Becker) ermöglichte die Entwicklung von RFID-Technik an den Auslaufklappen te die automatische Erfassung, wann und wie lange jedes einzelne Tier den Auslauf nutzte.
- **Sammelkotproben:** Gemeinsam mit der Universität Osnabrück (Verhaltensbiologie, Prof. Dr. Touma) war das Ziel, Veränderungen der Glucocorticoid-Metaboliten im Kot (ufGCM) als Indikator für Stressreaktionen in unterschiedlichen Handlungsphasen zu untersuchen. Die Proben wurden während einer unplanmäßigen Stallphase, die nach einem dokumentierten Greifvogelangriff am 14.10. erfolgte, sowie nach der Wiederöffnung des Auslaufs entnommen. Insgesamt wurden an sechs Proben tagen Proben gesammelt: drei während der Stallphase (16.10., 20.10., 23.10.) und drei nach der Rückkehr in den Auslauf (26.10., 27.10., 28.10.). Die Kotproben wurden als Sammelproben erhoben und bis zur Analyse bei etwa -20 °C gelagert. Anschließend wurden die Kot-Corticosteronmetaboliten (ufGCM; ng/g Trockenmasse) bestimmt und zwischen den Handlungsphasen sowie zwischen den Kreuzungen verglichen.

Affektive Zustände:

- **Judgement Bias Test (JBT):** Erfassung des affektiven Zustands durch Messung der Reaktion auf mehrdeutige Reize nach Training auf Belohnung vs. neutralen Reiz (Indikator für optimistische vs. pessimistische Grundhaltung). Gemessen wurde die Latenzzeit bis zur Annäherung an verschiedene Cues und die aktive Wahl (Anpicken). Der Test wurde zusätzlich genutzt, um den Einfluss angereicherter vs. nicht angereicherter Haltungsumgebungen zu untersuchen.

2.4 Videoaufzeichnung und Auswertung

Stallbeobachtungen: Zunächst wurden mobile Kameras (Lamax X3.1 Atlas Action Cam Webcam) eingesetzt. Im weiteren Verlauf wurden Kameras der Firma Basecom aus dem Überwachungssektor im Stall montiert, um kontinuierliche Aufnahmen zu ermöglichen.

Arenaaufzeichnungen: Die Videobeobachtungen in der Arena wurden mit der Flächenkamera Basler Ace acA1300 60 gc (Basler AG, Ahrensburg, Deutschland) und dem Media Recorder 4.0 (Noldus Information Technology GmbH) aufgenommen.

Software: ObserverXT und EthoVision (Noldus Information Technology GmbH, Wageningen, Niederlande) ermöglichten die software-basierte Videoauswertung. Um die Nutzung zu optimieren, wurden die Lizenzen für EthoVision verlängert und entsprechende Trainingssessions besucht. Der Hersteller bot zusätzliche Schulungen an.

2.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels einfaktorieller Varianzanalysen. Bei nicht normalverteilten Daten (Shapiro-Wilk-Test, $p < 0,05$) wurde der nicht-parametrische Kruskal-Wallis-Test angewendet. Bei normalverteilten Daten mit gegebener Varianzhomogenität (Levene-Test, $p > 0,05$) wurde die einfaktorielle ANOVA verwendet. Paarweise Vergleiche erfolgten mittels Post-hoc-Tests. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

AP 5 Qualität & Vermarktung (Universität Göttingen)

Innerhalb des Arbeitspaket 5 wurden verschiedene Studien durchgeführt zur objektiven Beschreibung der Schlachtkörper- und Fleischqualität sowie zur Analyse von Vermarktungschancen. Die jeweiligen Arbeitsblöcke und die dazugehörigen durchgeführten Methoden sind in Tabelle 1 aufgezählt. Dabei wurden die verwendeten Hühner aus anderen Arbeitspaketen bezogen, wie folgt: AP 1 Universität Göttingen mit AP 1.1: Endoparasitenversuch mit Masthühnern und AP 1.2: Endoparasitenversuch mit Legehennen; AP 6 für Universität Kassel mit AP 6.1: Luzerne-Fütterungsversuch und AP 6.2: Freiland-Luzerne-Fütterungsversuch. Die geplanten Untersuchungen zur Produktqualität von Eiern wurden im AP 1 umgesetzt. Die Ergebnisse der qualitativen Untersuchungen zur objektiven Beschreibung der Produktqualität der Eier sind innerhalb dieses Arbeitspakets dokumentiert und diskutiert.

Tabelle 5.1: Darstellung der Arbeitsblöcke und durchgeführten Methoden der AP5, mit Anzahl zur Verfügung stehender Hühner und Angabe der Rassen, sowie Schlachtalter und Herkunft/Arbeitspaket (AP).

| Ziel | Arbeitsblock | Durchgeführten Methoden | Anzahl Hühner | Rassen | AP | Schlachtalter (Wochen) | |
|--|---------------------------------|---|--|------------|-------------------|------------------------|----|
| Objektive Beschreibung der Produktqualität (Fleisch) | Physikalische Analysen | Körpergewicht | 1284 | 6 GK | 6.1 | 12, 14, 16 und 18 | |
| | | Schlachtgewicht | 1284 | 6 GK | 6.1 | 12, 14, 16 und 18 | |
| | | Ausschlachtungsgrad | 1284 | 6 GK | 6.1 | 12, 14, 16 und 18 | |
| | | Uniformität, Brust-Karkassen-Verhältnis | 1284 | 6 GK | 6.1 | 12, 14, 16 und 18 | |
| | | pH (15min, 24h, 6 Tage) | 450, 450, 240 | 6 GK | 6.1 | 12, 14, 16 und 18 | |
| | | Farbmessung (24h, 6 Tage) | 450, 450, 240 | 6 GK | 6.1 | 12, 14, 16 und 18 | |
| | | Lagerverlust (6 Tage nach Lagerung) | 240 | 6 GK | 6.1 | 12, 14, 16 und 18 | |
| | | Kochverlust (6 Tage nach Lagerung) | 240 | 6 GK | 6.1 | 12, 14, 16 und 18 | |
| | Zartheit/ Scherkraft | 240 | 6 GK | 6.1 | 12, 14, 16 und 18 | | |
| | Chemische Analyse | Rohnährstoffe | 120 | 6 GK | 6.1 | 14 und 18 | |
| | | Trockenmasse | 120 | 6 GK | 6.1 | 14 und 18 | |
| | | Fettgehalt | 120 | 6 GK | 6.1 | 14 und 18 | |
| | | Proteingehalt | 120 | 6 GK | 6.1 | 14 und 18 | |
| | | FAME (Fettsäuremuster) | 120 | 6 GK | 6.1 | 14 und 18 | |
| | | Nukleotide | 120 | 6 GK | 6.1 | 14 und 18 | |
| | | Peptide | 120 | 6 GK | 6.1 | 14 und 18 | |
| | Deskriptiv sensorische Analysen | Volatile | - | - | - | - | |
| | | | Sensorisches Panel Sous-Vide Brust | 28 | 3 GK | 6.2 | 14 |
| | | | Sensorisches Panel Hackfleischbällchen | 19 | 3 GK | 6.2 | 14 |
| Sensorisches Panel Brühen | | | 64 | 3 LR, 6 GK | 1.1 und 6.1 | 14 und 12 | |
| Sensorisches Panel Frikassee | 49 | 6 GK | 6.1 | 12 | | | |
| | Analyse von Vermarktungschance | Fokussetting | Verteilung drei lokaler Rassen an Spitzenköche, Zubereitung, Fragebogen und Interviews | 24 | 3 LR, 6 GK | 1.1 | 12 |
| Verbraucherstudie Privat-Haushalte | | Home-Use-test (n = 108 Teilnehmende), Chancen und Hemmnisse der Ganzkörperverarbeitung dreier | 234 | 3 LR | 1.2 | 69 | |

| | | lokaler Rassen in deutschen Haushalten | | | |
|---------------------------------------|---|--|------|-----|----|
| Realexperiment (Mensa) | Test der 6 Gebrauchskreuzungen unter möglichst realistischen Verwendungsmöglichkeiten in der Gemeinschaftsverpflegung (Mensa) mit n = 642 Teilnehmenden | 427 | 6 GK | 6.1 | 12 |
| Central-Location Test (Sensoriklabor) | Untrainierte Konsumierende verkosteten im Sensoriklabor das Gericht Frikassee aus drei lokalen Hühnerrassen | 30 | 3 LR | 1.1 | 14 |
| Experteninterviews | Schlussbefragung (Interviews) von 7 Expert*innen aus Landwirtschaft, Schlachthof, Gastronomie, und Wissenschaft | - | - | - | - |

Im Folgenden werden die durchgeführten Analysen (Methoden & Materialien) näher beschrieben.

Objektive Beschreibung der Produktqualität (Fleisch), physiko-chemische Analysen:

Zur physikalisch-technologischen Untersuchung der Fleischqualität wurden insgesamt 1.284 Tiere aus Arbeitspaket 6 (AP 6 „Tierernährung“, Universität Kassel) eingesetzt. Es handelte sich um Kreuzungstiere (Hähne), deren Muttertiere den Linien White Rock (WR) und Ranger (RG) entstammten, während die Vatertiere Altsteierer (ALT), Ramelsloher (RAM) und Bielefelder (BIE) waren. Die Schlachtung erfolgte beim Betrieb Bio Frischgeflügel Roth GmbH & Co. KG (Witzenhausen, Deutschland). Die Tiere wurden in vier Altersgruppen untersucht: 325 Tiere im Alter von 12 Lebenswochen (LW), 327 Tiere im Alter von 14 LW, 311 Tiere im Alter von 16 LW sowie 321 Tiere im Alter von 18 LW.

Bis zur 12. LW erhielten alle Tiere ein universelles Futter. Ab der 13. LW wurden sie in Gruppen mit und ohne erhöhte Luzerne-Supplementierung eingeteilt. Da im Versuchsaufbau (AP 6) der Einfluss verschiedener Luzernegehalte in der ökologischen Aufzucht untersucht werden sollte, erhielten alle Tiere einen Grundanteil an Luzerne: 5 % in der Kontrollgruppe sowie 15 % (LW 13–14) bzw. 20 % (ab LW 15) in der Versuchsgruppe. Die Erfassung von Körper- und Schlachtgewicht erfolgte direkt am Schlachthof; aus diesen Daten wurden später Ausschlagungsgrad, Uniformität und das Brust-Karkassen-Verhältnis berechnet. Zusätzlich wurde am Schlachthof der pH-Wert 15 Minuten post mortem (pH15min; HI98161, Hanna Instruments) gemessen. Nach 24 Stunden Kühlung bei +4 °C wurden die Schlachtkörper an die Universität Göttingen transportiert. Für die Untersuchungen erfolgte eine Zerteilung der Hühner, wobei die linke Brust und der linke Schenkel jeweils ohne Haut direkt nach der Schlachtung abgetrennt, einzeln gewogen und 24 h post mortem erneut hinsichtlich pH-Wert und Fleischfarbe (L*, a*, b*; Chroma Meter CR-410, Konica Minolta, Chiyoda, Japan) analysiert wurden. Anschließend wurden alle Brust- und Schenkelproben im Modified-Atmosphäre-Packaging-Verfahren (MAP; 80 % O₂ / 20 % CO₂) mit dem KOMET TS-100 verpackt und 6 Tage bei +4 °C gelagert, um handelsübliche Supermarktbedingungen zu simulieren. Nach dem Öffnen wurden die Proben trocken getupft, erneut gewogen und nochmals der pH-Wert (pH6days) und Farbe bestimmt. Schlussendlich wurde der Lagerungsverlust als Differenz zwischen Ausgangs- und Endgewicht berechnet.

Zur Bestimmung des Kochverlusts wurden ganze Brust- und Schenkelstücke einzeln in Sous-vide-Beuteln (200 × 300 mm; Cassel Fleischtechnik) vakuumverpackt und in Wasserbädern (76 °C; Fusion Chef, Julabo; sowie Bartscher) bis zu einer Kerntemperatur von 72 °C erhitzt (ca. 20–25 min, abhängig

von der Probendicke). Nach dem Öffnen wurden die Proben abgetropft, auf ~22 °C abgekühlt, trocken getupft und erneut gewogen; der Kochverlust entspricht der Differenz zwischen Roh- und gegartem Gewicht. Die Scherkraftmessung (MORS) erfolgte an gekochter und abgekühlter linker Brust und Schenkel mittels TA.XTplus Texture Analyzer (Winopal, Elze) und dem Meullenet–Owens Razor Shear Blade. Die Messparameter betragen: maximale Druckkraft 5 kg (Kompressionsmodus), Vor-/Test-/Rückholgeschwindigkeit 5 mm/s, 2 mm/s bzw. 10 mm/s, sowie eine Eindringtiefe bis zum vollständigen Durchschneiden der Probe (abhängig von der Probenhöhe). Als Unterlage diente eine glatte, feste Messfläche. Es wurden drei parallele Schnitte quer zur Faser in der Brust, drei Schnitte im Oberschenkel (M. iliotibialis lateralis) sowie zwei im Unterschenkel (M. gastrocnemius) gesetzt.

Objektive Beschreibung der Produktqualität (Fleisch), Chemische Analysen:

Für die Roh Nährstoffanalysen sowie Analyse des Fettsäurenmusters im IMF sowie zur Bestimmung von Nucleotiden und Peptiden wurden in der 14. und 18. Woche insgesamt 120 Vögel ausgewählt (jeweils 5 Vögel aus 6 Kreuzungen, zwei Altersgruppen und zwei Fütterungsregime). Die Analyse des intramuskulären Fettgehalts erfolgte mittels Soxhlet-Extraktion und vorausgehendem Säureaufschluss, Die Trockenmasse wurde mittels Trocknung im Ofen bei 103°C bestimmt, Protein wurde mittels Kjeldahl-Methode quantifiziert. Das Fettsäurenmuster im intramuskulären Fett erfolgte in Anlehnung an Altmann et al. (2023) mittels Gaschromatographie aus gefriergetrocknetem Fleisch. Die Analyse von Nucleotiden erfolgte mittels Flüssigkeitschromatographie (HPLC) in Anlehnung an Morzel and Van De Vis (2003) und Jung et al. (2013). Die Analyse von Peptiden erfolgte in Anlehnung an Mora et al. (2007) und Jung et al. (2013) ebenfalls mittels HPLC.

Zur Analyse flüchtiger Verbindungen (Volatile) wurden die Geflügelfleischproben zunächst aufgetaut, in Brust- und Schenkelteile getrennt und unter Einhaltung strenger Hygienemaßnahmen weiterverarbeitet. Anschließend erfolgte das Zerkleinern mittels Fleischwolf, die Formung standardisierter Fleischbällchen sowie deren Einfrieren (-21 °C, min. 24 h). Anschließend wurden die Proben im Laufe von 48 h gefriergetrocknet. Nach der Gefriertrocknung wurden die Proben zerkleinert, homogenisiert und bis zur weiteren Analyse tiefgekühlt (-21 °C) gelagert. Trotz umfangreicher Bemühungen konnte die finale Analyse der flüchtigen Verbindungen mittels GC-MS jedoch nicht durchgeführt werden, da es zu Vielzahligen technischen Problemen mit dem Messgerät kam, welche trotz multipler Neustarts, Rekalibrierungen und Einbau einer neuen Säule nicht gelöst werden konnten.

Objektive Beschreibung der Produktqualität (Fleisch), sensorische Analysen:

Alle durchgeführten sensorischen Screenings, Schulungen und Datenerhebungen fanden im Labor für sensorische Analysen und Konsumentenforschung der Fakultät für Agrarwissenschaften der Universität Göttingen statt. Das Labor verfügt über 10 Einzelkabinen, variabel einstellbare Beleuchtung gemäß ISO 8589 (2010) mit Tageslicht-Leuchtstofflampen sowie eine Lüftung mit sechsfachem Luftwechsel pro Stunde und Anwärmung der Außenluft auf 21 °C. Jede Kabine ist mit einem iPad 9 und EyeQuestion® (Version 5.2) zur Datenerfassung ausgestattet; bei Bedarf sorgen Warmhalteplatten (WPS 857) für eine konstante Temperatur der zu bewertenden Proben.

Sous-Vide Brust: Untersucht wurden die drei Gebrauchskreuzungen ALTxWR, BIExWR und RAMxWR. Alle Tiere wurden in Mobilställen mit 4 m² Auslauf pro Tier bei Bio Frischgeflügel Roth GmbH & Co. KG gehalten. Nach einer Starterfütterung wurden ab der 9. Lebenswoche zwei Fütterungsregime angewendet: Eine Gruppe erhielt einen variablen Luzernezusatz (_ALF; 9. LW = 10 %, 12. LW = 15 %,

ab 13. LW = 20 %), während die Vergleichsgruppe weiterhin die Standardfuttermischung der 8. LW aus Weizen, Hirse und Hafer erhielt (_NOR). Aufgrund eines CO₂-Zwischenfalls verwendeten nahezu alle Tiere der Gruppe ALTxWR_NOR; daher wurde nur die Gruppe ALTxWR_ALF weiter untersucht. Als zusätzliche Referenz diente eine weitere Gruppe von Kreuzungstieren der Linie Hubbard JA57 × Coloryield (STD), die unter identischen Haltungsbedingungen wie die Gebrauchskreuzungen mit _NOR-Fütterung gehalten wurde. Alle Tiere wurden im Alter von 14 Wochen im Schlachthof Bio Frischgeflügel Roth GmbH & Co. KG (Witzenhausen) geschlachtet, gewogen, 24 h bei 4 °C gekühlt, vakuumverpackt, etikettiert, anschließend rund 30 km zur Universität Göttingen transportiert und dort für zwei Monate bei –20 °C gelagert.

Für die sensorische Untersuchung der Sous-vide-Brustfilets dieser drei Gruppen wurden zwölf Panelisten über vier Wochen hinweg insgesamt 12 Stunden trainiert. Die sensorische Leistungsfähigkeit (Geruchs- und Geschmackssensitivität) wurde in jeder Sitzung überprüft und das Training daraufhin individuell angepasst. Gemeinsam mit dem Panel wurden 13 sensorische Attribute aus den Bereichen Geruch, Textur und Geschmack definiert. Für die Zubereitung der Sous-vide-Brüste wurden die Filets nach dem Entnehmen aus dem Gefrierschrank 12 h bei 4 °C aufgetaut, aus den Vakuumbuteln entnommen, mit sterilen Einmaltüchern abgetupft und erneut in Sous-vide-Beutel (Allpax) mit einem Kammergerät (Stufe 22; GGM Gastro) vakuumiert. Der Garprozess erfolgte in einem Bartscher-Wasserbad mit Fusion-Chef-Präzisionsregler (Julabo) bei 70 °C. Aufgrund der unterschiedlichen Filetgrößen (Gebrauchskreuzungen ca. 50–55 g; STD ca. 264 g) wurden die Gebrauchskreuzungsfilets 20 min und die STD-Filets 60 min gegart. Anschließend wurden die Filets aus den Beuteln genommen, in drei gleich große Stücke (1,5 × 5 cm) portioniert und so ausgeteilt, dass jeder Panelist korrespondierende Filetbereiche (oben / Mitte / unten) von zwei Tieren derselben Kreuzung erhielt, um tierspezifische Effekte zu minimieren. Die Proben wurden in vorgewärmte 50-mL-Duran®-Becher gegeben, mit zufällig generierten dreistelligen Codes etikettiert und den Panelisten serviert. Für die sensorische Bewertung wurden zwei Erhebungsmethoden eingesetzt: Quantitative Descriptive Analysis (QDA) und Napping. Die QDA ist ein umfassendes, panelgeschultes Verfahren, bei der die Bewertung der Proben auf einer Skala von 0 % (keinerlei Intensität) bis 100 % (volle Intensität) stattfindet. Dies liefert standardisierte, reproduzierbare sensorische Profile, ist allerdings zeit- und ressourcenintensiv. Napping hingegen ist ein schnelleres, weniger trainingsintensives Verfahren, mit einer größeren Anzahl von Proben die basierend auf deren sensorischen Ähnlichkeiten relativ zueinander auf einer zweidimensionalen Fläche angeordnet werden. Ähnliche Proben werden dabei näher beieinander, unterschiedliche Proben weiter voneinander entfernt positioniert. Diese Methode ermöglicht eine fokussierte Betrachtung bestimmter Produktmerkmale und die Erweiterungen durch Clusterbildungen oder die Charakterisierung einzelner Gruppen anhand spezifischer Attribute. Die Durchführung beider Methoden ermöglichte es, umfassende Informationen über die Sous-vide Brüste der verschiedenen Rassen/Kreuzungen zu bekommen. Ausführlichere Informationen zu Materialien und Methoden finden sich in der folgenden Publikation: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105807>.

Hackfleischbällchen: Für eine Untersuchung der Hackfleischbällchen wurden die gleichen Gebrauchskreuzungen mit gleicher Aufzucht wie bei der Panelstudie Sous-vide Brust verwendet (siehe Abschnitt Sous-Vide Brust). Um individuelle tierbedingte Unterschiede in der Studie zu reduzieren, wurden standardisierte Fleischbällchen hergestellt. Dazu wurden Haut, Knochen und Sehnen entfernt und Brust- (M. pectoralis major) sowie Schenkelmuskulatur (M. femoris) getrennt zerkleinert (KitchenAid, 3-mm-Lochscheibe, 20 s, Stufe 4). Pro Kategorie (Genetik × Fütterung) wurde eine Mischprobe aus drei Tieren hergestellt und per Hand ca. 8 g schwere Fleischbällchen geformt. Die

Proben wurden anschließend in einem Kombidämpfer (MKN Hans Dampf) 10 min bei 100 °C gegart, bis eine Kerntemperatur von 70 °C erreicht war. Alle Proben wurden mit dreistelligen Zufalls-codes etikettiert und den Panelisten heiß serviert.

Wie im sensorischen Panel der Sous-vide Brüste wurden die Hackfleischbällchen-Proben durch die Methode der QDA und des Nappings bewertet. Die Panelisten durchliefen für die QDA und das Napping jeweils sechs zweistündige Trainingseinheiten. In der Trainingsphase wurden zunächst Fleischbällchen aus Schwein, Rind und Huhn verglichen, um spezifisch Geflügel-typische Geruchs- und Geschmacksmerkmale zu identifizieren. Als Referenz für die Attributentwicklung dienten Fleischbällchen der STD-Linie. Durch progressives Training wurde die Attributliste auf je acht Geruchs- und Geschmacksattribute reduziert; Texturattribute wurden aufgrund der Zerkleinerung gezielt ausgeschlossen. Weitere Informationen zu Materialien und Methoden finden sich ebenfalls in der Publikation: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105807>

Brühen: Neben der sensorischen Bewertung von sous-vide gegarten Brustfilets und Hackfleischbällchen aus Schenkeln und Brüsten wurde auch ein Produkt untersucht, das den gesamten Hühnerkörper verwertet. Der Schwerpunkt dieser Studie lag auf der sensorischen Bewertung von Hühnerbrühen, die aus ganzen Tieren der lokalen Rassen bzw. der Kreuzungen hergestellt wurden. Untersucht wurden neben den sensorischen Profilen der Rassen und Kreuzungen auch der Einfluss der Kochdauer sowie der Salzzugabe auf die sensorischen Eigenschaften der Brühen. Die Salzung wurde gezielt eingesetzt, um über den sogenannten Salting-out-Effekt die Freisetzung flüchtiger Aromastoffe zu fördern, ohne den Eigengeschmack der Brühe zu überdecken. Zusätzlich wurde der Einfluss der Kochzeit, insbesondere innerhalb der ersten drei Stunden des Simmerns, auf das sensorische Profil analysiert. Ziel war es, ein sensorisches Profil der Hühnerbrühen zu definieren und mögliche sensorische Unterschiede zwischen den Rassen und Kreuzungen zu identifizieren. Für die Brühenzubereitung wurden drei Reinrassen (ALT, BIE, RAM) aus dem Versuch aus AP 1.1 (2023) sowie sechs Gebrauchskreuzungen aus dem Fütterungsversuch AP 6 (2023) untersucht. Die Eier der lokalen Rassen wurden an der Universität Bonn erzeugt, am Friedrich-Loeffler-Institut gebrütet und ab der dritten Lebenswoche an der Universität Göttingen in rassespezifischen Kleingruppen gehalten (Schlachtalter 14 Wochen). Die Kreuzungen entstanden aus Paarungen der lokalen Rassen mit den Hybridlinien White Rock und Ranger und wurden nach dem Schlupf am Friedrich-Loeffler-Institut auf Gut Merbitz unter ökologischen Bedingungen aufgezogen (Schlachtalter 12 Wochen). Nach einer 1 wöchigen (Gebrauchskreuzungen) und zwei monatigen (Reinrassen) Lagerung wurden die Karkassen nach 24-stündigem Auftauen bei 4 °C im Verhältnis 1:4 mit Wasser aufgekocht, abgeschäumt und anschließend langsam gesimmet. Proben wurden nach 1 h sowie nach insgesamt 3 h entnommen, entfettet und abgekühlt; in einer weiteren Sitzung wurden die Brühen mit 0,5 g NaCl pro 100 mL versetzt. Vor der sensorischen Prüfung wurden alle Proben auf 54–60 °C temperiert und blind codiert serviert. Die sensorische Erhebung erfolgte mittels Quantitativer Deskriptiver Analyse (QDA) mit einer 15-cm-Linien-Skala. Nach intensiver Schulung des Panels wurde ein finales sensorisches Lexikon mit sieben Geruchs- und neun Geschmacksattributen erstellt. Weiterführende Details zu Material und Methoden sind der entsprechenden Publikation zu entnehmen: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103683>

Frikassee: Zur weiteren sensorischen Untersuchung der Fleisch- und Produktqualität lokaler Hühnerrassen und deren Gebrauchskreuzungen wurde zudem das traditionelle deutsche Gericht Hühnerfrikassee gewählt. Dieses Gericht eignet sich in besonderer Weise für die Bewertung

traditioneller, regionaler Hühnerrassen, da es einerseits in der deutschen Esskultur verankert ist und andererseits eine ganzheitliche Nutzung des Tieres ermöglicht. Durch die Verwendung des gesamten Huhns zur Herstellung der Hühnerbrühe für die Soße, werden Nebenprodukte sinnvoll integriert und Lebensmittelabfälle minimiert. Untersucht wurden Frikassees aus zehn genetischen Herkünften: eine Standardlinie (STD), sowie die Tiere aus dem Fütterungsversuch AP 6 (2023): drei lokale Reinzuchten (ALT, BIE, RAM) sowie sechs Gebrauchskreuzungen (AWR, BWR, RWR, ARG, BRG, RRG). Zur Minimierung von Störfaktoren wurden Alter, Fütterung und Haltungsbedingungen innerhalb der Reinzucht- und Kreuzungs-Gruppen weitgehend standardisiert. Eine Konfundierung bestand lediglich für das STD, welche jünger geschlachtet und kürzer tiefgefroren wurden. Alle untersuchten Tiere waren männlich. Die lokalen Reinzuchten entstammten einer Elternpopulation der Universität Bonn und wurden nach dem Schlupf an verschiedenen Standorten des Friedrich-Löffler-Instituts aufgezogen. Nach einer einheitlichen Startfütterung wurden die Tiere in Volierenhaltung an der Universität Göttingen gehalten und mit ökologischem Spezialfutter versorgt. Die Schlachtung erfolgte im Alter von 14 Wochen, anschließend wurden die Tiere vakuumverpackt und 7 Monate bei -18 °C gelagert. Die Gebrauchskreuzungen wurden aus Kreuzungen der drei lokalen Rassen mit White Rock bzw. Ranger Linien erzeugt. Nach Schlupf wurden die Tiere unter ökologischen Bedingungen aufgezogen, bis zur zehnten Woche in größeren Gruppen und anschließend in kleineren Gruppen gehalten. Die Schlachtung erfolgte ebenfalls im Alter von 14 Wochen; die Lagerdauer bei -18 °C betrug 4 Monate und 18 Tage. Die STD (Ross 308) stammten aus konventioneller Produktion eines regionalen Geflügelbetriebes und dienten als Referenzprodukt. Nach einem kontrolliertem Auftauen bei 4 °C wurden die Schlachtkörper zerlegt. Die Brühen wurden aus den Karkassen, Flügeln und Keulen in einem Verhältnis von 1:4 (Tier zu Wasser) über drei Stunden schonend gekocht, abgeschäumt und anschließend gekühlt (nach den Protokollen der Brühenstudie s. o.). Die Brust- und Innenfilets wurden separat gegart, vakuumverpackt und bis zur sensorischen Prüfung gekühlt gelagert. Am Tag der Verkostung wurden die Brühen entfettet, standardisiert gesalzen ($0,5\text{ g}/100\text{ ml}$ Brühe) und zu einer klassischen Frikasseesoße verarbeitet (Mehlschwitze, Butter und Milch). Das Brustfleisch wurde in standardisierte Würfel ($1 \times 3\text{ cm}$) geschnitten und in die warme Soße eingebracht. Die Proben wurden bei $55\text{--}65\text{ °C}$ serviert. Die sensorische Bewertung erfolgte mittels QDA. Elf geschulte Panelisten evaluierten jedes Produkt dreimal (in 4 Sessions) anhand von 34 Attributen aus den Kategorien Geruch, Textur, Geschmack und Nachgeschmack von Fleisch und Soße. Die Bewertung erfolgte auf einer 15-cm-Linien-Skala. Ein standardisiertes Frikassee aus kommerziellem Hähnchenfleisch diente als Referenzprobe zur Kalibrierung des Panels. Die Verkostungen fanden in Sensoriklabor unter kontrollierten Bedingungen statt. Die Proben wurden mit einem dreistelligen Code und in vollständig randomisiertem Design präsentiert. Die Datenerfassung erfolgte softwaregestützt (EyeQuestion, Version 5.2). Es erfolgte keine Publikation dieser Studie.

Analyse von Vermarktungschancen:

Fokussettings: Zur Abschätzung der Vermarktungspotenziale wurden zu Projektbeginn (März 2023) im Rahmen eines praxisnahen Ansatzes insgesamt 24 Reinzuchttiere (ALT, BIE, RAM) aus Arbeitspaket 1.1 an fünf ausgewählte Berufs- und Spitzenköche in Deutschland abgegeben (u. a. Restaurants in Berlin, Göttingen, Friedland, Hamburg und Duderstadt). Die Auswahl der Gerichte sowie die Zubereitungsweisen oblagen vollständig den Köchen, um einen möglichst realitätsnahen Umgang mit den Schlachtkörpern zu gewährleisten. Im Anschluss wurden die teilnehmenden Köche mittels Online-Fragebogen sowie ergänzender telefonischer Interviews zu ihren Erfahrungen befragt. Ergänzend dazu wurden 30 weitere Tiere an die Küche der Zentralmensa der Universität Göttingen geliefert, um erste

Erkenntnisse zur küchentechnischen Verarbeitung im Bereich der Gemeinschaftsverpflegung zu gewinnen. Dieser Pre-Test diente zugleich der Vorbereitung eines nachfolgenden Realexperimentes in der Zentralmensa. Ziel der Fokusformate war es, praxisorientierte Hinweise zur handwerklichen Verarbeitung, Zubereitung und Verwendung der Schlachtkörper abzuleiten.

Realexperiment: Aufbauend auf den Ergebnissen der Fokussettingstudien wurde im Zeitraum Mai bis Juli 2023 an sieben Erhebungstagen in Zusammenarbeit mit der Zentralmensa der Universität Göttingen ein Realexperiment durchgeführt, um die praktische Umsetzbarkeit und Verbraucherakzeptanz von Produkten aus lokalen Hühnerrassen unter realistischen Verwendungsbedingungen zu untersuchen. Ziel war es insbesondere, den Einfluss unterschiedlicher Informationsangebote auf die Akzeptanz in der Gemeinschaftsverpflegung exemplarisch zu testen. Die Datenerhebung erfolgte im laufenden Mensabetrieb. Konsumierende wurden zufällig und konsekutiv beim Anstellen an den Ausgabetheken angesprochen und nahmen freiwillig an der Studie teil. Untersucht wurden (1) der Einfluss der Herkunft des Geflügelfleisches (lokale Gebrauchskreuzungen versus kommerzielle Standardlinien), (2) der Effekt eines Informationstreatments bei lokalen Herkünften (keine Information versus Information) sowie (3) der Einfluss des Teilstücks (Brust- versus Keulenfleisch). Alle Gerichte wurden zu einem einheitlichen Preis angeboten und unter der bestehenden Menülinie der Mensa ausgegeben, um eine möglichst realitätsnahe Entscheidungssituation zu gewährleisten. Für das Informationstreatment wurden begleitende Informationsmaterialien (Flyer, Aufsteller und Infostand) eingesetzt. Diese vermittelten Hintergrundwissen zu den lokalen Hühnerrassen, insbesondere zu deren Beitrag zum Erhalt der Agrobiodiversität sowie zu rassetypischen Besonderheiten wie geringeren Schlachtgewichten und variierenden Portionsgrößen. Im Versuch wurden die 6 Gebrauchskreuzungen untersucht, aufgrund der vergleichbaren Produktionsbedingungen und der unmöglichen Rückverfolgbarkeit einzelner Teilstücke zu einer gemeinsamen Kategorie zusammengefasst. Die kommerziellen Vergleichsprodukte stammten aus konventioneller Broilerproduktion und entsprachen dem in der Gemeinschaftsverpflegung üblichen Standard. Die Portionsgrößen wurden vorab definiert und kontrolliert, um Unterschiede in der Wahrnehmung auf sensorische Eigenschaften und nicht auf Mengenunterschiede zurückzuführen. Die Auswahl der Beilagen erfolgte frei durch die Konsumierenden im Rahmen des bestehenden Angebots. Die Datenerhebung erfolgte unmittelbar nach dem Verzehr der Mahlzeit über einen webbasierten Fragebogen, der per QR-Code zugänglich war. Erfasst wurden das sensorische Gefallen, sensorische Wahrnehmungen, Nutzungseinstellungen, Bewertungen zu Nachhaltigkeitsaspekten sowie die Zahlungsbereitschaft. Die sensorische Bewertung erfolgte mithilfe hedonischer Skalen, Just-About-Right-Bewertungen und Check-All-That-Applies-Formaten. Ergänzend wurden Angaben zu soziodemografischen Merkmalen, Ess- und Kochgewohnheiten sowie zur Einstellung gegenüber regionaler Landwirtschaft und Agrobiodiversität erhoben. Insgesamt wurden über 1.400 Personen angesprochen; nach Datenbereinigung gingen die Angaben von 642 Teilnehmenden in die Auswertung ein. Das Realexperiment lieferte damit eine belastbare Datengrundlage zur Bewertung der Akzeptanz lokaler Hühnerrassen in der Gemeinschaftsverpflegung sowie zum Einfluss von Information auf die Wahrnehmung und Kaufakzeptanz unter Alltagsbedingungen. Weiterführende Informationen zu Material und Methoden können in folgender Publikation gefunden werden: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2025.101354>

Central-Location Test: Ergänzend zum sensorischen Paneltest mit dem Gericht „Frikassee“ wurde ein Central-Location-Test (CLT) zur sensorischen Bewertung der Reinzuchten durchgeführt. Der Test fand im Sensoriklabor der Universität Göttingen im Zeitraum Mai bis Juni 2023 statt und wurde in den Rahmen eines universitären Sensorikmoduls für Masterstudierende integriert. Dieses Setting ermöglichte eine standardisierte Durchführung unter kontrollierten sensorischen Bedingungen. Für den CLT wurden Reinzuchthähne aus Arbeitspaket 1.1 eingesetzt sowie kommerzielle Masthühner aus dem lokalen Einzelhandel als Kontrolle. Die lokalen Hühnerrassen wurden an der Universität Bonn erzeugt, am Friedrich-Loeffler-Institut ausgebrütet und ab der dritten Lebenswoche an der Universität Göttingen in rassespezifischen Kleingruppen gehalten. Das Schlachalter betrug einheitlich 14 Wochen. Das Schlachalter und der Aufzuchtort, sowie die Rasse der Standardhühner aus dem Lebensmitteleinzelhandel sind nicht bekannt. Die küchentechnische Verarbeitung der Tiere erfolgte in Zusammenarbeit mit der Großküche der Berufsbildenden Schule II Göttingen unter standardisierten Bedingungen. Die tiefgefrorenen ganzen Hühner wurden zunächst schonend aufgetaut und anschließend vollständig zerlegt. Die Brustmuskulatur wurde separat bei 70 °C sous-vide gegart, um eine gleichmäßige Garung und hohe Reproduzierbarkeit sicherzustellen. Die übrigen Teile (Karkasse einschließlich Schenkel und Flügel) wurden im Verhältnis 1:4 in Wasser ausgekocht. Die so gewonnene Brühe diente (analog zum Paneltest Frikassee) als Grundlage für die Frikassee-Soße, die unter Zugabe von Butter, einer Mehlschwitze und Milch weiterverarbeitet wurde. Die sous-vide gegarten Bruststücke wurden anschließend klein geschnitten und dem Frikassee untergehoben. Die fertigen Frikassee-Zubereitungen wurden eindeutig rassenspezifisch getrennt, luftdicht verpackt und für 24 Stunden bei 4 °C im Kühlschrank gelagert, bis zur Durchführung des CLT. Dieses Vorgehen diente der organisatorischen Vorbereitung des sensorischen Versuchs. Die sensorische Prüfung wurde mit insgesamt 67 untrainierten Teilnehmenden im Sensoriklabor der Universität Göttingen durchgeführt. Die Rekrutierung erfolgte etwa drei Wochen vor Versuchsbeginn über Flyer und universitäre Aushänge. Mittels eines vorgelagerten Fragebogens (Pre-Screening) wurden relevante Kriterien wie regelmäßiger Hühnerfleischverzehr sowie das Nichtvorliegen von Lebensmittelallergien oder -unverträglichkeiten abgefragt, um die Eignung der Teilnehmenden sicherzustellen. Jede Versuchsperson bewertete insgesamt vier Proben: drei Proben lokaler Reinzuchthahnrasen sowie die Kontrolle. Die Proben wurden randomisiert und codiert serviert, um Reihenfolge- und Erwartungseffekte zu minimieren. Die Verkostung erfolgte unter kontrollierten Licht-, Raum- und Servierbedingungen. Die sensorische Bewertung umfasste mehrere Dimensionen, darunter Gesamtakzeptanz, Aussehen, Geruch, Geschmack, Zartheit sowie Nachgeschmack. Ergänzend wurden soziodemografische Daten der Teilnehmenden erhoben, um die Stichprobe näher zu charakterisieren. Nach Datenbereinigung (u. a. Ausschluss unvollständiger Datensätze) umfasste der finale Datensatz 60 gültige Teilnehmer*innen. Die Ergebnisse dieser Studie wurden nicht publiziert.

Verbraucherstudie Privathaushalte: Aufbauend auf den Erkenntnissen aus den Fokusgruppenstudien wurde im Rahmen einer Masterarbeit Anfang 2024 eine quantitative Verbraucherstudie durchgeführt, um die Anwendbarkeit und Akzeptanz alter einheimischer Hühnerrassen im privaten Haushalt zu überprüfen. Ziel war es, zentrale Aspekte der häuslichen Nutzung von ganzen Schlachtkörpern systematisch zu erfassen, insbesondere die praktische Umsetzbarkeit, die sensorische Bewertung der Gerichte, das subjektive Kocherlebnis sowie die Wahrnehmung von Nachhaltigkeitsaspekten. Darüber hinaus wurde untersucht, inwieweit unterschiedliche Informationsangebote die Auswahl und Akzeptanz der Produkte beeinflussen können. Die Studie wurde als Home-Use-Test (HUT) mit nicht

geschulten Verbrauchenden durchgeführt, um eine realitätsnahe Bewertung unter Alltagsbedingungen zu ermöglichen. Über einen Zeitraum von zwei aufeinanderfolgenden Wochen erhielten die Teilnehmenden jeweils zwei ganze Hühner der drei Reinzuchten (ALT, BIE, RAM) sowie eine kommerzielle Standardlinie (STD) als Kontrolle. Die Teilnehmenden waren zu keinem Zeitpunkt über Rasse oder Herkunft der Tiere informiert. Die untersuchten lokalen Rassen wurden im Rahmen des Projektes (AP 1.1) bis zum Ende der Legeperiode gehalten (Schlachtalter 16 Monate – im Handel deklariert als Suppenhühner). Nach der Schlachtung wurden die Tiere standardisiert gekühlt, vakuumverpackt und tiefgefroren gelagert. Die Standardtiere (auch Suppentiere aus Legehennenhaltung) stammten aus konventioneller Produktion (Werderhof, Göttingen) und wurden post mortem identisch verarbeitet, um eine vergleichbare Ausgangsbasis zu gewährleisten. Die Teilnehmenden erhielten standardisierte Kochpakete, die jeweils ein ganzes Huhn sowie alle notwendigen Zutaten und Rezepte für zwei traditionelle deutsche Gerichte enthielten: Hühnersuppe und Hühnerfrikassee. Die Rezepte dienten der Orientierung und sollten eine vergleichbare Zubereitung ermöglichen; gleichzeitig waren Abweichungen ausdrücklich zugelassen und wurden als Teil des realen Kochverhaltens dokumentiert. Die Rekrutierung der Teilnehmenden (n=117) erfolgte über ein Online-Screening, wobei ausschließlich Personen berücksichtigt wurden, die regelmäßig Geflügelfleisch konsumieren. Nach Datenbereinigung um unvollständige Datensätze oder stark abweichende Zubereitungen gingen die Angaben von 108 Teilnehmenden in die Auswertung ein. Die Datenerhebung erfolgte mittels zweier standardisierter Online-Fragebögen, die während der Zubereitung und nach dem Verzehr der Gerichte auszufüllen waren. Erfasst wurden sensorische Eindrücke vor, während und nach dem Kochen, die Gesamtbewertung der Gerichte, Einstellungen zum Produkt sowie Angaben zu Kochgewohnheiten, Nachhaltigkeitsaspekten und Zahlungsbereitschaft. Sensorische Bewertungen erfolgten über hedonische Skalen, Just-About-Right-Bewertungen und Check-All-That-Applies-Formate. Das Versuchsdesign kombinierte ein unvollständiges Blockdesign (Rassentyp) mit einem Within-Subject-Design (Gericht), sodass jede teilnehmende Person zwei unterschiedliche Rassen und beide Gerichte bewertete. Die Zuteilung der Kochpakete sowie die Reihenfolge der Gerichte erfolgten randomisiert. In der zweiten Erhebungswoche erhielten die Teilnehmenden zusätzlich gezielte Hintergrundinformationen zu den eingesetzten lokalen Hühnerrassen, zu deren Besonderheiten im Agrobiodiversitätsverlust. Anschließend wurden erneut Akzeptanz- und Zahlungsbereitschaftsparameter abgefragt, um den Einfluss von Information auf Wahrnehmung und Bewertung der Produkte zu untersuchen. Dieser Versuch wurde im Rahmen der Masterarbeit von A. Spreckelmeyer (2025) und einem Paper publiziert: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.106227>

Experteninterviews: Aufgrund finanzieller sowie zeitlicher Restriktionen konnte der im Antrag ursprünglich vorgesehene eintägige Workshop nicht realisiert werden. Als methodische Alternative wurde daher entschieden, qualitative Experteninterviews durchzuführen. Diese Vorgehensweise ermöglichte es dennoch fundierte Einschätzungen und vielfältige Perspektiven relevanter Akteure zu erfassen und systematisch auszuwerten. Insgesamt wurden sieben Expert*innen aus unterschiedlichen, für das Projekt zentralen Fach- und Praxisbereichen entlang der gesamten Wertschöpfungs- und Nutzungskette interviewt. Zu den Befragten zählten ein Schlachthofbetreiber, zwei Landwirte, die Hühner aktiv halten und vermarkten, zwei Leiter unterschiedlicher Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung, ein Sternekoch sowie eine Fachexpertin für den Erhalt lokaler Hühnerrassen in Deutschland. Die Interviews wurden im Zeitraum von Mai–Juni 2025 durchgeführt und jeweils auf eine Dauer von etwa 45 Minuten bis maximal einer Stunde angelegt. Dieses Zeitfenster erwies sich als ausreichend, um sowohl allgemeine Projektaspekte als auch fach- und praxisbezogene

Fragestellungen vertieft zu behandeln, ohne die Interviewten übermäßig zeitlich zu beanspruchen. Grundlage der Gespräche bildete ein halbstrukturierter Interviewleitfaden. Dieser setzte sich aus drei zentralen Komponenten zusammen: einleitenden Fragen zum Projektverständnis und zur Rolle der jeweiligen Person, soziodemografischen bzw. organisationsbezogenen Angaben sowie fachspezifischen Leitfragen, die individuell an den jeweiligen beruflichen Hintergrund der Interviewpartner angepasst wurden. Der Leitfaden orientierte sich sowohl an den übergeordneten Forschungsfragen des Projekts als auch an einschlägigen methodischen Empfehlungen zur Durchführung qualitativer Experteninterviews und ließ zugleich Raum für vertiefende Nachfragen und offene Gesprächsverläufe. Alle Interviews wurden online über Zoom durchgeführt und mithilfe einer KI-basierten Spracherkennungssoftware (VoiceAI) vollständig transkribiert. Die Transkripte wurden anschließend in der Software MaxQDA aufbereitet, inhaltlich strukturiert und mithilfe eines induktiv-deduktiven Vorgehens codiert. Auf dieser Basis wurde ein thematisches Codierschema entwickelt, das die systematische qualitative Auswertung der Interviews ermöglichte und zentrale Muster, Gemeinsamkeiten sowie divergierende Perspektiven sichtbar machte. Hierfür wurden 6 Obercodes und 19 UnterCodes gebildet. Nach vollständiger Codierung erfolgte die Reinigung des Codesystems durch eine Analyse mit dem Code Matrix Browser. Durch Anschauung der Häufigkeiten erfolgte eine Zusammenlegung, Umbenennung und hierarchische Umordnung sowie Kategorisierung der Codes. Schlussfolgernd erfolgte die Erstellung von analytischen Codes und der Interpretation dieser.

AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)

Hahnenversuch (Experimentell)

Haltung

Für den Fütterungsversuch wurden 3.130 Eintagsküken (1.546 männlich, 1.585 weiblich) der Kreuzungen ALT×WR, BIE×WR, RAM×WR (legebetont) sowie ALT×RG, BIE×RG, RAM×RG (mastbetont) getrennt nach Geschlecht in Großgruppen (229–272 Tiere je Gruppe) aufgestellt. Die Tiere erhielten individuelle Flügelmarken. Die Haltung erfolgte in einer Bodenhaltung mit künstlicher Beleuchtung, automatischer Unterdrucklüftung, gasbetriebenen Luftherzern und Hobelspänen als Einstreu. Jedes Aufzuchtabelteil (20 m²) war mit drei Futterautomaten, vier Rundtränken sowie ab der 2. Lebenswoche (LW) mit Sitzstangen, Heuballen, Picksteinen und Magengrit ausgestattet. Ab der 7. LW wurden Luzerneblöcke als Beschäftigungsmaterial hinzugefügt.

Bis zur 10. LW wurden beide Geschlechter in Großgruppen gehalten. Zu Beginn der 11. LW wurden 1.308 männliche Tiere zufällig in Gruppen von 15–26 Tieren eingeteilt und in 60 Versuchsabteilen (4 m²) untergebracht. Die Gruppengröße orientierte sich am voraussichtlichen Endgewicht der Tiere, wobei die zulässige maximale Besatzdichte von 21 kg Lebendgewicht/m² für ökologische Haltungen eingehalten wurde (Anhang 1, Teil IV, 2. Durchführungsverordnung (EU) 2020/464). Jedes Abteil war mit einer Nippel-Rundtränke, einem Futterautomaten sowie Sitzstangen, Picksteinen und Magengrit ausgestattet. Zum Ende der 12., 14., 16. und 18. LW wurden 3–8 Tiere pro Abteil geschlachtet.

Bis zur 7. LW wurde die Beleuchtungsdauer kontinuierlich auf 9 Stunden reduziert. Mit der Umstellung der Hähne in der 10. LW wurde deren Beleuchtungsdauer auf 16 Stunden festgelegt und bis zum Ende der Mastphase beibehalten. Gleichzeitig wurde mit Beginn der 11. LW die Beleuchtungsdauer der Hennen auf 10 Stunden erhöht. Von der 17. bis 20. LW wurde diese kontinuierlich auf 14 Stunden gesteigert und bis zum Versuchsende in der 40. LW beibehalten.

Fütterung

Die Fütterung aller Kreuzungen und Geschlechter erfolgte bis zur 12. LW einheitlich in drei Phasen und *ad libitum*. In den ersten zwei LW erhielten die Tiere ein Starterfutter mit 5 % gesiebter Luzerne (vermahlene Cobs, WB Qualitätsfutterwerk GmbH, Windsbach, DE). Ab LW 3 wurde ein Aufzucht-I-Futter mit 6,5 % Luzerne verabreicht. Mit vier LW erfolgte die Umstellung auf ein Aufzucht-II-Futter mit 8 % Luzerne, was bis zur 12. LW beibehalten wurde. Die detaillierte Zusammensetzung der Futtermischungen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 6.1 Zusammensetzung von Aufzucht- und Hahnenmastfutter (Anteil der Einzelkomponenten in %)

| | Fütterungsphase (Lebenswoche) und Fütterungsvariante ² | | | | | |
|-----------|---|---------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| | Starter (1-2) | Aufzucht I (3-4) | Aufzucht II (5-12) | Mast I/II (13-18) | Mast I (13-14) | Mast II (15-18) |
| | E | E | E | K | L | L |
| Weizen | 22,0 | 29,0 | 36,0 | 15,0 | 17,7 | 16,6 |
| Mais | 15,0 | 12,5 | 10,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| Triticale | - | - | - | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Hafer | - | - | - | 10,0 | - | - |

| | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Goldhirse | 15,5 | 12,8 | 10,0 | - | - | - |
| Erbsen | - | - | - | 10,0 | 9,7 | 5,6 |
| Ackerbohnen | 3,2 | 3,1 | 3,1 | - | - | - |
| Sojabohnentoast | 7,9 | 7,8 | 7,6 | - | - | - |
| Luzerne (gesiebt) | 5,0 | 6,5 | 8,0 | 5,0 | 15,0 | 20,0 |
| Sojakuchen | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 14,0 | 13,0 | 13,0 |
| Sonnenblumenkuchen | 7,8 | 7,6 | 7,5 | 13,5 | 12,6 | 12,7 |
| Rapsexpellerkuchen | 5,1 | 5,0 | 4,9 | - | - | - |
| Bierhefe | - | - | - | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Weizenkleie | 1,1 | 1,0 | 1,0 | - | - | - |
| Reiseiweiß | 2,1 | 2,0 | 2,0 | - | - | - |
| Maiskleber | 7,0 | 5,0 | 3,0 | - | - | - |
| Mineralfuttermittel | 3,0 | 2,9 | 2,8 | 2,5 | 2,1 | 2,1 |
| Sonnenblumenöl | 1,7 | 1,2 | 0,7 | - | - | - |
| Sonstige ¹ | 2,6 | 2,6 | 2,6 | - | - | - |

¹ Sonstige: Mannan-Oligosaccharide, mit Selen angereicherte inaktive Hefe, Betain, Mineralstoffe, Oregano, Oregano-Öl, *Lactobacillus*, ² E = einheitliche Fütterung, K = Kontrolle, L = Luzerne

Die verwendete Luzerne stammte aus dem zweiten Schnitt 2022, der im späten Knospen- bis frühen Blütenstadium (ab Mitte Juli) geerntet wurde. Das Erntegut (Ganzpflanze) wurde gepresst, heißluftgetrocknet und vier Wochen nach der Ernte mit 10-mm-Lochung gesiebt. Die feinen Bestandteile (v.a. Blätter, Sprossachsen) wurden pelletiert und anschließend wie die anderen Futterkomponenten in einer Mühle zerkleinert und in die Futtermischungen eingearbeitet. Analytische Daten zu den Luzernecobs und Futtermischungen sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 6.2 Analytierte Energie- und Nährstoffgehalte von gesiebter Luzerne, Aufzucht- und Hahnenmastfutter bezogen auf 88 % Trockenmasse (TM)

| | | Fütterungsphase (Lebenswoche) und Fütterungsvariante ¹ | | | | | | |
|--------------|---------|---|---------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| | | Starter (1-2) | Aufzucht I (3-4) | Aufzucht II (5-12) | Mast I/II (13-18) | Mast I (13-14) | Mast II (15-18) | Starter (1-2) |
| Inhaltsstoff | Einheit | E | E | E | K | L | L | E |
| TM ermittelt | % | 89,6 | 88,6 | 87,9 | 87,7 | 89,9 | 89,9 | 89,9 |
| TM standard. | % | 88,0 | 88,0 | 88,0 | 88,0 | 88,0 | 88,0 | 88,0 |
| Rohasche | % | 10,5 | 6,1 | 5,1 | 5,1 | 5,8 | 5,7 | 6,7 |
| Rohprotein | % | 17,4 | 19,0 | 17,3 | 17,3 | 19,7 | 18,7 | 19,8 |

| | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rohfaser | % | 22,4 | 6,0 | 6,1 | 6,5 | 7,3 | 8,8 | 10,1 |
| Rohfett | % | 2,7 | 8,7 | 6,9 | 6,3 | 5,4 | 5,6 | 4,6 |
| Stärke | % | - | 37,7 | 40,3 | 40,8 | 33,8 | 30,3 | 29,5 |
| Zucker | % | 6,1 | 1,9 | 2,2 | 2,4 | 4,4 | 4,9 | 4,1 |
| Calcium | g/kg | 21,6 | 11,4 | 8,4 | 8,3 | 8,8 | 8,2 | 10,9 |
| Phosphor | g/kg | 2,6 | 6,7 | 6,6 | 6,3 | 5,8 | 5,8 | 6,0 |
| Natrium | g/kg | 0,3 | 2,2 | 1,3 | 1,4 | 1,8 | 1,5 | 1,8 |
| Magnesium | g/kg | 2,7 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 2,3 | 2,3 | 2,3 |
| Lysin | g/kg | 9,0 | 7,3 | 7,2 | 7,0 | 9,4 | 9,2 | 9,0 |
| Methionin | g/kg | 3,1 | 4,1 | 3,7 | 3,4 | 3,4 | 3,2 | 3,3 |
| Cystin | g/kg | 2,3 | 3,5 | 3,6 | 3,1 | 3,5 | 3,0 | 3,2 |
| Methionin + Cystin | g/kg | 5,4 | 7,6 | 7,3 | 6,5 | 6,8 | 6,2 | 6,4 |
| Threonin | g/kg | 7,3 | 7,0 | 6,1 | 6,3 | 7,1 | 7,3 | 6,9 |
| umsetzbare Energie (ME) | MJ/kg | 4,4 | 12,5 | 12,0 | 11,9 | 11,1 | 10,5 | 10,1 |

¹ E = einheitliche Fütterung, K = Kontrolle, L = Luzerne

Die Saponingehalte der gesiebten Luzerne wurden in einem spezialisierten Labor (Twistaroma, Illkirch, FR) mittels UPLC-HRMS semi-quantitativ bestimmt. Nach kryogener Vermahlung und Extraktion erfolgte die Analyse mit hochauflösender Massenspektrometrie (Orbitrap Exploris 240). Die Identifizierung basierte auf MS²-Spektren (mzCloud) sowie MS¹-Daten, die Quantifizierung auf Umbelliferon-Äquivalenten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 dargestellt (im experimentellen Hahnenversuch wurde die Probe 2023 eingesetzt).

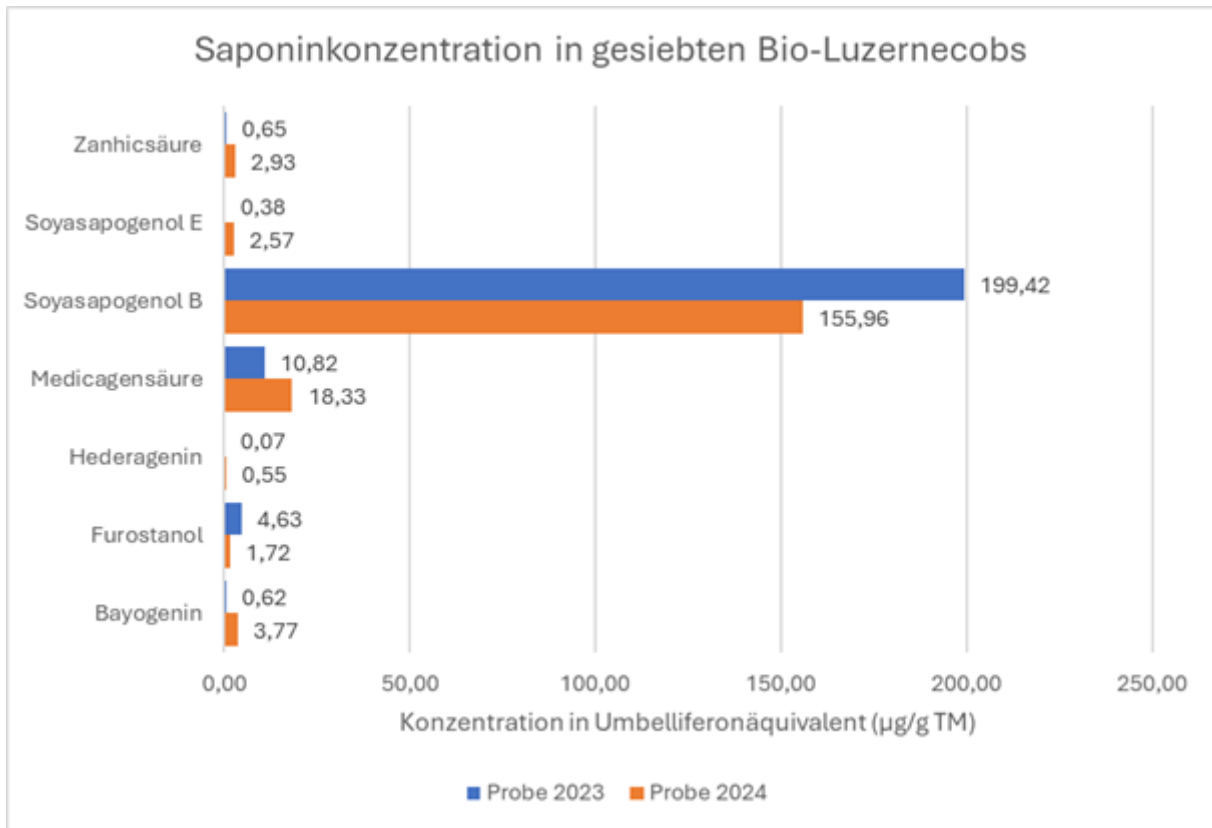


Abbildung 6.1 Saponinkonzentration in gesiebten Bio-Luzernecobs

Bis zum Ende der 12. LW wurden die Hähne einheitlich gefüttert. Ab LW 13 begann die Versuchsfütterung mit zwei Fütterungsvarianten (Kontrollgruppe: 5 % Luzernegruppe: 15 % Luzerne) und jeweils fünf Wiederholungen (Abteilen). Ab LW 15 wurde der Luzernanteil in der Luzernegruppe auf 20 % erhöht.

Versuchsanpassungen

Ab dem 5. Lebenstag trat wiederkehrend Kannibalismus auf, besonders intensiv in den ersten 10 LW. Daraufhin wurden von der 7. bis 10. LW täglich 70 g Larven der schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) als Beschäftigungsmaterial angeboten. In drei Abteilen (BIE×RG männlich, ALT×RG männlich und weiblich) wurde zusätzlich Margarine eingesetzt. Dies führte zur Beseitigung der Problematik.

Aufgrund heterogener Wachstumsentwicklung und nach Rücksprache mit dem Tierarzt wurden in der 6. LW alle Tiere unter 220 g (WR-Kreuzungen) bzw. 240 g (RG-Kreuzungen) euthanasiert. Betroffen waren 351 Tiere (63 % Hennen, 37 % Hähne). Die Mortalität während der ersten zehn LW lag insgesamt bei 15,4 % (davon 72,7 %: Euthanasie untergewichtiger Tiere, 15,7 %: Kannibalismus, 10 %: andere Ursachen). In der Mastphase der Hähne (11. bis 18. LW) lag die Mortalität bei 0,4 %.

Nach einer Kotuntersuchung in der 6. LW wurde ein starker Befall mit *Heterakis gallinarum* festgestellt und behandelt. In der 9. LW zeigten vier Tiere Erosionen durch *Eimeria acervulina* und *Eimeria maxima*; daraufhin wurde ein pflanzenbasiertes Tierstärkungsmittel ins Tränkwasser gegeben.

Um den Kannibalismus zu reduzieren, wurde die Beleuchtungsintensität in der 3. LW um 50 % gesenkt und nach einigen Tagen wieder erhöht. Später erfolgte eine erneute zeitweise Absenkung auf bis zu 30 % (6. LW). Bis zum Versuchsende blieb die Beleuchtungsintensität dann aufgrund der Aktivität der Tiere und zur Sicherung des Tierwohls auf die rechtlich vorgeschriebene Mindestbeleuchtung reduziert.

Datenerhebung und Auswertung

Der Futtermittelverbrauch wurde wöchentlich auf Gruppenbasis erfasst. Von jeder Futtercharge wurden zwei Proben gezogen. Eine Probe wurde zur Analyse der Inhaltsstoffe ans LKS Labor (Niederwiesa, DE) geschickt. Anhand der zweiten Probe wurde die Futterstruktur mittels Vibrationssiebmaschine (Retsch AS 200, Haan, DE) bestimmt. Während der Aufzucht erfolgten die Lebendgewichtserfassungen zunächst gruppenweise, ab der 6. LW einzeln. Dazu wurden die Tiere aufrecht sitzend in Eimern gewogen, die an Hängewaagen (BAT1, VEIT Electronics, Brno, CZ) befestigt waren. Vor der Schlachtung wurden die Flügelnummern der zufällig für die Schlachtung ausgewählten Tiere erfasst, um die Gewichte später den Schlachtmerkmalen zuordnen zu können. Die Schlachtung wurde durch die BIO Frischgeflügel Roth GmbH & Co. KG (Witzenhausen, DE) durchgeführt. Das individuelle Schlachtgewicht umfasste den gerupften, ausgenommenen Schlachtkörper ohne Innereien, Ständer und Kopf (mit Hals). Daraus wurden der Ausschlagungsgrad ermittelt. Darüber hinaus wurden die Gewichte wertvoller Teilstücke und weitere Fleischqualitätsparameter, wie z.B. die Scherkraft, pH-Werte oder der Tropfsaftverlust erhoben (siehe Ergebnisse aus AP 5). Aus Futtermittelverbräuchen und Tiergewichten wurden der Futtermittelverbrauch pro Tier, die tägliche Zunahme sowie die Futtermittelverwertung (vom Schlupf bis zum jeweiligen Schlachtalter) berechnet.

Die statistische Auswertung wurde mit R (Version 4.4.2) in RStudio (Version 2025.05.1) durchgeführt. Für die Daten der LW 12 wurden lineare gemischte Modelle mit Mutterlinie und Vaterrasse als feste Effekte kombiniert. Für die nachfolgenden Zeitpunkte (LW 14, 16 und 18) wurde die gleiche Modellstruktur erweitert, um die Fütterungsvariante und das Alter als zusätzliche feste Effekte einzubeziehen. Bei Zielvariablen auf Einzeltierebene (Lebendmasse, tägliche Zunahme) wurden lineare gemischte Modelle mit Abteil als zufälligem Effekt gerechnet. Waren die Zielvariablen auf Abteilebene erhoben worden (Futtermittelverbrauch, Futtermittelfeffizienz etc.), kamen lineare Modelle zum Einsatz.

Alle Analysen wurden mit dem *lme4* package durchgeführt. Es wurden Modelle mit und ohne Interaktionen gerechnet und anhand der Modellgüte (AIC, BIC, R^2 , *performance* package) sowie den Effektstärken (partiell Omega-Quadrat, *effectsiz* package) die besten Modelle ausgewählt. Die Verteilung der Residuen und die Varianzhomogenität wurden mithilfe des *DHARMA* packages bewertet. Die Bedeutung fester Effekte wurde mit F-Tests überprüft. Post-hoc paarweise Vergleiche zwischen Faktorniveaus wurden mit dem Tukeys HSD-Test durchgeführt. In beiden Fällen wurde die Kenward-Roger-Methode angewandt, um Freiheitsgrade für ungleiche Varianzen anzupassen. Die statistische Signifikanz wurde für alle Tests auf $p < 0,05$ festgelegt.

Die Abbildungen wurden mit *ggplot2* generiert und zeigen die gemessenen Werte. Im Text angegebene Mittelwerte sind jeweils die modellbasierten (angepassten) Kleinste-Quadrate-Mittelwerte bzw. Least Squares Means. Effektstärken der Prädiktoren sind als partiell Omega-Quadrat (ω_p^2) angegeben. Als Gütemaß der linearen Regression wird das adjustierte Bestimmtheitsmaß (adj. R^2) bzw. bei gemischten Modellen das marginale Bestimmtheitsmaß für die festen Effekte (marg. R^2) berichtet.

Hahnenversuch (Praxis)

Haltung

Im Jahr 2024 fand ein Praxistest mit den drei WR-Kreuzungen auf einem Bioland-Betrieb statt. Die Tiere wurden in der betriebseigenen Brüterei ausgebrütet und in einem Feststall in gemischtgeschlechtlichen Gruppen von 227–300 Tieren je Kreuzung aufgezogen. In LW 2 ereignete sich ein Unfall mit einem Heizstrahler, bei dem Kohlenmonoxid austrat und infolgedessen in der Gruppe ALT×WR 182 Tiere verstarben. Mit 8 LW wurden die Hähne der Kreuzungen BIE×WR und RAM×WR in zwei Gruppen zu je 53–54 Tieren unterteilt und in einen Mobilstall mit vier identischen

Abteilen sowie Zugang zu einem begrünten Auslauf umgestallt. Die 42 verbliebenen Hähne der Kreuzung ALT×WR wurden in einen separaten Mobilstall gestellt.

Fütterung

In den ersten 5 LW wurden die Tiere mit einem einheitlichen Kükenstarter und anschließend mit einer einheitlichen Aufzuchttration gefüttert. Nach der Umstallung in den Mobilstall kamen drei Mastrationen in zwei Varianten zum Einsatz: Kontrolle und Luzerne. Die Aufzuchttration sowie die Mastrationen wurden in der hofeigenen Mahl- und Mischanlage hergestellt und basierten auf regional verfügbaren Komponenten in Kombination mit einem ökologischen Eiweißergänzer. Der Kükenstarter, der Ergänzter sowie alle Einzelkomponenten und Mischungen wurden im LKS Labor (Niederwiesa, DE) auf deren Inhaltsstoffe analysiert. Die Rationszusammensetzung und die wichtigsten Nährstoffgehalte sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Saponingehalte der verwendeten Luzerne wurden mittels UPLC-HRMS semi-quantitativ bestimmt und sind in Abbildung 1 (S. 5) dargestellt (im praktischen Hahnenversuch kam die Probe 2024 zum Einsatz).

Tabelle 6.3 Zusammensetzung und analysierte Nährstoffgehalte von Kükenstarter (KS), Aufzuchttration (A) und Mastrationen (M1-M3) ohne Futterkalk, Mineralfuttermittel und Vitamine

| Inhaltsstoff/Gehalt | Einheit | Fütterungsphase (Lebenswoche) und Fütterungsvariante ² | | | | | | | |
|---------------------------|----------|---|----------|----------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|
| | | KS (1-5) | | A (6-8) | | M1 (9-11) | | M3 (13-14) | |
| | | E | E | K | L | K | L | K | L |
| Kükenstarter ¹ | % | 100,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Eiweißergänzer | % | - | 33,4 | 25,0 | 20,0 | 20,0 | 15,0 | 15,0 | 10,0 |
| Weizen | % | - | 47,6 | 41,0 | 36,0 | 46,0 | 36,0 | 51,0 | 46,0 |
| Goldhirse | % | - | 15,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 17,1 | 20,0 | 10,0 |
| Hafer | % | - | - | 10,0 | 20,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Luzerne | % | - | - | - | 10,0 | - | 15,0 | - | 20,0 |
| umsetzbare Energie (ME) | MJ/kg | 11,5 | 11,7 | 11,3 | 10,9 | 11,4 | 10,3 | 11,5 | 10,7 |
| Rohprotein | % | 19,1 | 16,5 | 15,4 | 15,6 | 14,6 | 14,4 | 13,9 | 14,7 |
| Methionin | g/kg | 3,9 | 3,0 | 2,9 | 2,7 | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 2,4 |
| Rohfaser | % | 6,1 | 8,2 | 8,5 | 6,3 | 8,4 | 9,4 | 7,9 | 8,8 |

¹ Mischungsanteile nicht verfügbar, ² E = einheitliche Fütterung, K = Kontrolle, L = Luzerne

Versuchsanpassungen

Aufgrund des Unfalls mit dem Heizstrahler und des daraus resultierenden Tierverlusts in der ALT×WR-Gruppe mussten die Versuchsbedingungen angepasst werden. Die Hähne der Kreuzungen BIE×WR und RAM×WR wurden in zwei Gruppen unterteilt: Eine Gruppe erhielt ab der Umstallung in den Mobilstall die Kontrollration, die andere die Versuchsration mit Luzerne, wobei der Luzernegehalt sukzessiv erhöht wurde. Die 42 verbliebenen Hähne der Kreuzung ALT×WR wurden ausschließlich mit der Versuchsration gefüttert. Aufgrund der geringen Tierzahl dieser Gruppe musste auf eine Kontrollgruppe verzichtet werden.

Datenerhebung und Auswertung

Der Futterverbrauch wurde wöchentlich und die Lebendgewichte alle zwei Wochen erhoben. Zum Ende der 14. LW wurden die Tiere geschlachtet und die Schlachtkörpergewichte sowie die Gewichte

der wertvollen Teilstücke erfasst sowie eine Vielzahl an Qualitätsmerkmalen erhoben (Verweis auf Arbeitspaket 5).

Auf Abteilebene erhobene Zielvariablen (Futtermittelverbrauch und Futtermittelverwertung) wurden aufgrund der geringen Stichprobengröße (keine Wiederholungen) rein deskriptiv ausgewertet. Für die auf Einzeltierebene erhobene Zielvariablen (Lebendmasse und tägliche Zunahme) wurden lineare Modelle erstellt, mit Alter, Vaterrasse (nur BIE und RAM) und Fütterungsvariante als feste Effekte. Das genaue Vorgehen und die genutzte Software sind in Kapitel 2.2.1.4 dargestellt.

Hennenversuch (Experimentell)

Haltung

Die Aufzucht der Hennen bis zur 10. LW entspricht der Aufzucht der Hähne (siehe Kapitel 2.2.1). Nach der Umstallung der Hähne in den Versuchsstall verblieben die Hennen im Aufzuchtstall. Dabei wurden die sechs Kreuzungen auf alle 12 Aufzuchtsteile verteilt (2 Abteile pro Kreuzung, 92–127 Junghennen pro Abteil, insgesamt 1.305 Tiere). Diese Aufteilung erfolgte, da ab der 13. LW mit der Fütterung der beiden Futtermittelvarianten (Kontrolle und Luzerne) begonnen wurde (siehe Tabelle 4).

Zur 19. LW wurden die Hennen in den Versuchsstall umgestallt. Die Versuchssteile wurden gegenüber dem Mastversuch der Hähne angepasst: Drei Einzellegenester (Legenest Europa, Ernst-Friedrich Landmesser, Erkelenz, DE) wurden zusätzlich installiert. Pro Abteil wurden 16–20 Hennen platziert. Die Aufteilung orientierte sich an der Tierzahl (Ziel: 20 Tiere/Abteil). Bei den RG-Kreuzungen war die Tierzahl durch die Schlupfergebnisse und die Aufzucht begrenzt, sodass in diesen Abteilen weniger Tiere untergebracht wurden als in Abteilen mit WR-Kreuzungen. Die Besatzdichte lag bei 4–5 Hennen/m².

Insgesamt wurden sechs Kreuzungen (170–200 Tiere je Kreuzung) mit jeweils zwei Fütterungsvarianten (Kontrolle und Luzerne) und fünf Wiederholungen (Abteilen) getestet. Die Tiere blieben bis zum Ende der 40. LW im Versuchsstall. Von der Einstellung in den Versuchsstall nach der 18. LW bis zum Versuchsende verstarben 42 Tiere, was für die Legeperiode eine Mortalität von 3,7 % ergab.

Fütterung

Mit Beginn der 13. LW wurde die Fütterung der Hennen vom Aufzucht-II-Futter auf das Junghennenfutter umgestellt und in zwei Fütterungsvarianten aufgeteilt. Die Kontrollgruppen erhielten fortan eine Ration mit einem Anteil von 5 % gemahlten Luzernecobs, während die Versuchsgruppen eine Ration mit einem Anteil von 15 % erhielten. In der 21. LW wurde auf Vorlegefutter umgestellt. Der Luzernegehalt in der Versuchsgruppe erhöhte sich damit auf 20 %. Ab der 22. LW bis zum Versuchsende wurde das Legehennenfutter gefüttert. Die detaillierte Zusammensetzung der Rationen ab der Umstellung auf die Junghennenration ist in Tabelle 4 dargestellt. Die Energie- und Nährstoffgehalte sind in Tabelle 5 zu finden. Neben den Rationen wurde den Hennen in der Legephase Muschelschalengrit separat angeboten.

Eine ungeplante Anpassung des Legehennenfutters war notwendig, da die Calciumgehalte in der ersten Charge nicht den Zielwerten entsprachen. In den nachfolgenden Chargen wurde der Anteil an Calciumcarbonat entsprechend erhöht. Um die Übergangszeit zu überbrücken, wurde von der 24. bis zur 29. LW zusätzlich Futterkalk zugefüttert. Diese Maßnahme wurde anschließend wieder beendet.

Tabelle 6.4 Zusammensetzung von Junghennen-, Vorlege- und Legehennenfutter (Anteil der Einzelkomponenten in %)

Fütterungsphase (Lebenswoche) und Fütterungsvariante¹

| | Junghenne (13-20) | | Vorlege (21) | | Legehennen (22-40) | |
|-----------------------|-------------------|------|--------------|------|--------------------|------|
| | K | L | K | L | K | L |
| Weizen | 21,0 | 19,2 | 25,4 | 22,0 | 22,5 | 17,8 |
| Mais | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 22,0 | 20,0 | 21,0 |
| Triticale | 5,0 | 5,0 | - | - | - | - |
| Hafer | 5,6 | - | - | - | - | - |
| Erbsen | 10,0 | 10,0 | 14,0 | 1,0 | 12,0 | 3,2 |
| gemahlene Luzernecobs | 5,0 | 15,0 | 5,0 | 20,0 | 5,0 | 20,0 |
| Sojakuchen | 13,3 | 12,1 | 12,0 | 12,0 | 11,0 | 11,0 |
| Sonnenblumenkuchen | 12,0 | 11,0 | 14,0 | 12,0 | 15,0 | 12,0 |
| Bierhefe | 5,0 | 5,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| Mineralfuttermittel | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Calciumcarbonat | 1,0 | 0,5 | 4,1 | 3,2 | 8,3 | 6,1 |
| Monocalciumphosphat | 0,7 | 0,8 | - | 0,3 | - | 7,5 |
| Sojaöl | - | - | - | 2,0 | 0,7 | 2,0 |

¹ K = Kontrolle, L = Luzerne

Tabelle 6.5 Analytierte Energie- und Nährstoffgehalte von Junghennen-, Vorlege- und Legehennenfutter bezogen auf 88 % Trockenmasse (TM)

| | | Fütterungsphase (Lebenswoche) und Fütterungsvariante ¹ | | | | | |
|--------------|---------|---|------|--------------|------|--------------------|------|
| | | Junghenne (13-20) | | Vorlege (21) | | Legehennen (22-40) | |
| Inhaltsstoff | Einheit | K | L | K | L | K | L |
| TM ermittelt | % | 89,5 | 89,7 | 89,7 | 90,0 | 90,1 | 90,4 |
| TM standard. | % | 88,0 | 88,0 | 88,0 | 88,0 | 88,0 | 88,0 |
| Rohasche | % | 6,3 | 5,9 | 8,3 | 8,4 | 11,3 | 10,2 |
| Rohprotein | % | 18,5 | 18,4 | 17,2 | 16,4 | 16,2 | 15,4 |
| Rohfaser | % | 7,8 | 8,1 | 7,1 | 9,3 | 7,8 | 10,0 |
| Rohfett | % | 5,2 | 5,2 | 4,8 | 5,3 | 5,4 | 6,4 |
| Stärke | % | 34,3 | 34,3 | 36,4 | 32,1 | 33,3 | 30,3 |
| Zucker | % | 4,0 | 4,3 | 3,5 | 3,4 | 3,4 | 3,2 |
| Calcium | g/kg | 10,4 | 10,5 | 21,3 | 20,0 | 31,9 | 26,5 |
| Phosphor | g/kg | 5,4 | 5,6 | 4,6 | 4,5 | 3,7 | 3,9 |

| | | | | | | | |
|----------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Natrium | g/kg | 1,5 | 1,8 | 1,4 | 1,5 | 1,2 | 1,0 |
| Magnesium | g/kg | 2,0 | 2,2 | 2,0 | 2,1 | 1,9 | 1,9 |
| Kalium | g/kg | 8,0 | 8,2 | 7,8 | 9,5 | 7,6 | 9,1 |
| Lysin | g/kg | 8,6 | 5,9 | 8,6 | 7,8 | 8,8 | 8,1 |
| Methionin | g/kg | 2,9 | 3,0 | 2,9 | 2,7 | 2,6 | 2,5 |
| Cystin | g/kg | 2,8 | 5,8 | 3,1 | 2,3 | 2,5 | 2,5 |
| Methionin + Cystin | g/kg | 5,7 | 8,7 | 6,0 | 5,0 | 5,2 | 5,0 |
| Threonin | g/kg | 6,5 | 6,6 | 5,7 | 5,6 | 5,7 | 5,5 |
| Histidin | g/kg | 4,2 | 4,2 | 4,0 | 3,7 | 3,9 | 3,5 |
| Valin | g/kg | 8,3 | 7,8 | 7,6 | 7,0 | 7,4 | 7,1 |
| Umsetzbare Energie (ME) | MJ/kg | 10,9 | 10,9 | 10,9 | 10,2 | 10,4 | 10,1 |

¹ K = Kontrolle, L = Luzerne

Datenerhebung und Auswertung

Der Futterverbrauch der Hennen wurde wie bei den Hähnen wöchentlich auf Gruppenbasis erfasst. Von jeder Futtercharge wurden ebenfalls zwei Proben gezogen und die Inhaltsstoffe sowie die Futterstruktur bestimmt (s. Kapitel 2.2.1.4). Zwischen der 10. und der 18. LW wurden parallel zu den Hähnen (alle zwei Wochen) jeweils 10 Hennen pro Großgruppe gewogen, um das Durchschnittsgewicht zu bestimmen. Zur Umstallung mit Beginn der 19. LW wurden alle Hennen gruppenweise gewogen. Einzelwägungen aller Hennen erfolgten am Ende der 21., 30. und 40. LW.

Ab der 18. LW, als einzelne Hennen die ersten Eier legten, wurden einmal täglich die Eier aus den Abteilen abgesammelt und so die Legeleistung je Abteil bestimmt. Zudem wurden verschmutzte, beschädigte und nicht vermarktungsfähige Eier erfasst. Die berechnete Legeleistung umfasst alle gelegten Eier, also auch solche die leicht bis stark beschädigt und verschmutzt waren. Die Berechnung der Legeleistung erfolgte auf Wochenbasis.

Ab der 20. LW wurden im Abstand von zwei Wochen alle gelegten Eier eines Tages einzeln gewogen. Die Eigewichte der 20. LW wurden in den Modellen nicht berücksichtigt, da die Anzahl Eier zu gering war (73 Eier insgesamt, weniger als 20 Eier pro Kreuzung bis auf die RAM-Kreuzungen, bei BIE×WR nur ein Ei). Für die Analyse der Eigewichte ab der 21. LW wurden die Einzelmessungen auf Ebene Abteil × Woche aggregiert und der Median als Lagemaß verwendet. Dies erfolgte aufgrund vereinzelt sehr großer Eier. Da das Abteil die experimentelle Einheit darstellt und die Anzahl der erfassten Eier variierte, wurde dadurch Pseudoreplikation vermieden.

In der 25., 32. und 39. LW wurden verschiedene Merkmale der Eiqualität am Gesamtgelege eines Tages durchgeführt ($n_{LW25} = 787$, $n_{LW32} = 702$, $n_{LW39} = 516$). Eingesetzt wurde Technik der Bröring Technology GmbH (Oldenburg, DE). Die Eier wurden mit einer Laborwaage (Kern 440-43N, Balingen-Frommern, DE) gewogen. Im Anschluss wurden mit dem Fast-Egg-Shell-Tester (FEST) die Bruchfestigkeit bestimmt. Daraufhin wurden die Eier aufgeschlagen und die Eiklarhöhe mittels eines Dorns ermittelt, der aus der

Leitfähigkeit die Eiklarhöhe berechnete. Über den verbauten Farbsensor wurden L-a-b-Werte für die Dotterfarbe bestimmt und daraus softwareintern der Roche-Wert berechnet, bevor zum Abschluss mittels eines Micrometers die Schalendicke bestimmt wurde. Alle Daten wurden durch die Software EggQuality 3.0 zusammengeführt.

Die Erstellung der Modelle erfolgte wie in Kapitel 2.2.1.4 beschrieben. Abweichend wurde bei Merkmalen mit wiederholten Messungen das Tieralter als fester Effekt berücksichtigt. Für die Erstellung des Modells mit dem geringsten AIC wurde zudem das R-package *MuMIn* eingesetzt.

Die Abbildungen wurden mit *ggplot2* generiert und zeigen jeweils die gemessenen Werte. Für die grafische Darstellung wurden Perioden-Mittelwerte berechnet (Periode 0 = LW 20, nachfolgende Perioden umfassen jeweils vier Wochen: Periode 1 = LW 21-24, Periode 2 = LW 25-28, Periode 3 = LW 29-32, Periode 4 = LW 33-36, Periode 5 = LW 37-40). In die Modelle ging jedoch jeweils die tatsächliche LW ein. Im Text angegebene Werte sind jeweils die modellbasierten (angepassten) Kleinste-Quadrate-Mittelwerte bzw. Least Squares Means. Effektstärken der Prädiktoren sind als partielles Omega-Quadrat (ω_p^2) angegeben. Als Gütemaß der linearen Regression wird das adjustierte Bestimmtheitsmaß (adj. R^2) bzw. bei gemischten Modellen das marginale Bestimmtheitsmaß für die festen Effekte (marg. R^2) berichtet.

AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)

Entwicklung der Datenerfassungs- und Boniturapplikation

Die Datenbank für die Applikation ist auf einem von der Universität Kassel bereitgestellten virtuellen Server eingerichtet, der mit Ubuntu 20.04.1 LTS (Canonical Ltd. 2022) vom IT-Servicezentrum (Universität Kassel 2022) installiert wurde.

Zugriff auf den virtuellen Server

Da der virtuelle Server auf Geräten der Universität Kassel läuft, erfolgt der Zugriff ausschließlich ferngesteuert über das Internet. Somit kann über jeden PC mit einer Internetverbindung eine Verbindung hergestellt werden. Die Verbindung ist serverseitig durch Secure Shell (SSH) gesichert, deshalb muss das Programm, mit dem auf den Server zugegriffen werden soll, die Kommunikation über SSH ermöglichen. SSH ist ein leistungsstarkes softwarebasiertes Kommunikationskonzept für die Netzsicherheit. Wenn Daten von einem Computer an ein Netzwerk gesendet werden, werden sie von SSH automatisch verschlüsselt. Wenn die Daten den Empfänger erreichen, werden sie von SSH wieder entschlüsselt. SSH verwendet moderne und sichere Verschlüsselungsalgorithmen (BARRETT et al. 2005).

Das Kommandozeilenprogramm „Befehlshell“ von Windows ermöglicht es, über den vorinstallierten SSH-Client eine Verbindung zu einem Server herzustellen. Diese Verbindungsart bietet über die Befehlseingabe über die Kommandozeile hinaus keine weiteren Möglichkeiten der Bedienung. Um eine grafische Oberfläche zu verwenden, damit die Handhabung der Dateien im Ordnersystem einfacher wird, wurde das Programm *WinSCP* verwendet. Auch dieses Programm verfügt über die Möglichkeit, per SSH auf den Server zuzugreifen. (WINSXP.NET 2022).

Entwicklungsumgebung Android Studio

Android Studio ist die offizielle IDE für die Erstellung von Android-Applikationen (GOOGLE DEVELOPERS 2022l), sie basiert auf der Entwicklungsumgebung IntelliJ IDEA (JETBRAINS S.R.O. 2022a) und folgt auf die Android Developer Tools (ADT) die mit der IDE Eclipse (ECLIPSE FOUNDATION 2022) genutzt wurden (UZAYR 2022). Die Verwendung der Entwicklungsumgebung ist kostenlos (GOOGLE DEVELOPERS 2022n).

Die Aufgabe des Android Studios ist zum einen die Schnittstelle für die Erstellung von Applikationen zur Verfügung zu stellen und zum anderen einen Großteil der Dateiverwaltung im Hintergrund zu übernehmen. Die möglichen Programmiersprachen sind *Java* und *Kotlin*. Es entspricht einer Arbeitsfläche, auf der Dateien bearbeitet und gespeichert werden können. Gleichzeitig ist der Zugriff auf das Android Software Development Kit (Android SDK (engl. *Software Development Kit*) = Softwareentwicklungsbaukasten, HEMETSBERGER (2022e)) gegeben, womit die vorhandene Programmiersprache erweitert wird. Die Programmiersprache wird verwendet, um die Applikationen zu schreiben, das Android SDK ist notwendig damit diese Applikationen auf Android-Geräten laufen und Android Studio setzt alles zusammen (UZAYR 2022).

Activities sind der Einstiegspunkt für die Interaktion mit den Nutzern, sie sind ein Teil der vier Komponenten, die die wesentlichen Bausteine einer jeden App darstellen. Eine Activity stellt einen einzelnen Bildschirm mit einer Benutzeroberfläche dar. Obwohl die Activities für ein gutes Benutzererlebnis zusammenarbeiten, ist jede Activity unabhängig von der anderen. Eine andere App kann beliebig Activities aus dieser App aufrufen, wenn diese Aktion für diese App zugelassen ist. Eine Activity ermöglicht und vereinfacht die Interaktion zwischen dem Betriebssystem und der App. Sie verfolgt die Nutzer-Eingaben bzw. was auf dem Bildschirm zu sehen ist, um sicherzustellen, dass das

System den Prozess weiterführt, der die Activity beherbergt. Zuvor verwendete Prozesse, wie z.B. andere gestoppte Activities, können Informationen enthalten, zu denen Nutzer zurückkehren wollen. Daher werden diese Prozesse mit höherer Priorität durch die aktuelle Activity weiterlaufen gelassen. Wenn ein Prozess beendet wird, wird die App unterstützt, um zur vorherigen Activity zurückzukehren, deren vorheriger Zustand wiederhergestellt wird. Außerdem stellt die Activity eine Möglichkeit bereit, Datenströme zwischen verschiedenen Apps zu implementieren und diese zu koordinieren, z.B. das Teilen von Dateien.

Um Activities in einer App zu nutzen, müssen Informationen zu jeder Activity im *manifest* eingetragen werden, außerdem müssen die Activity-Lifecycles richtig verwaltet werden (Abbildung 1).

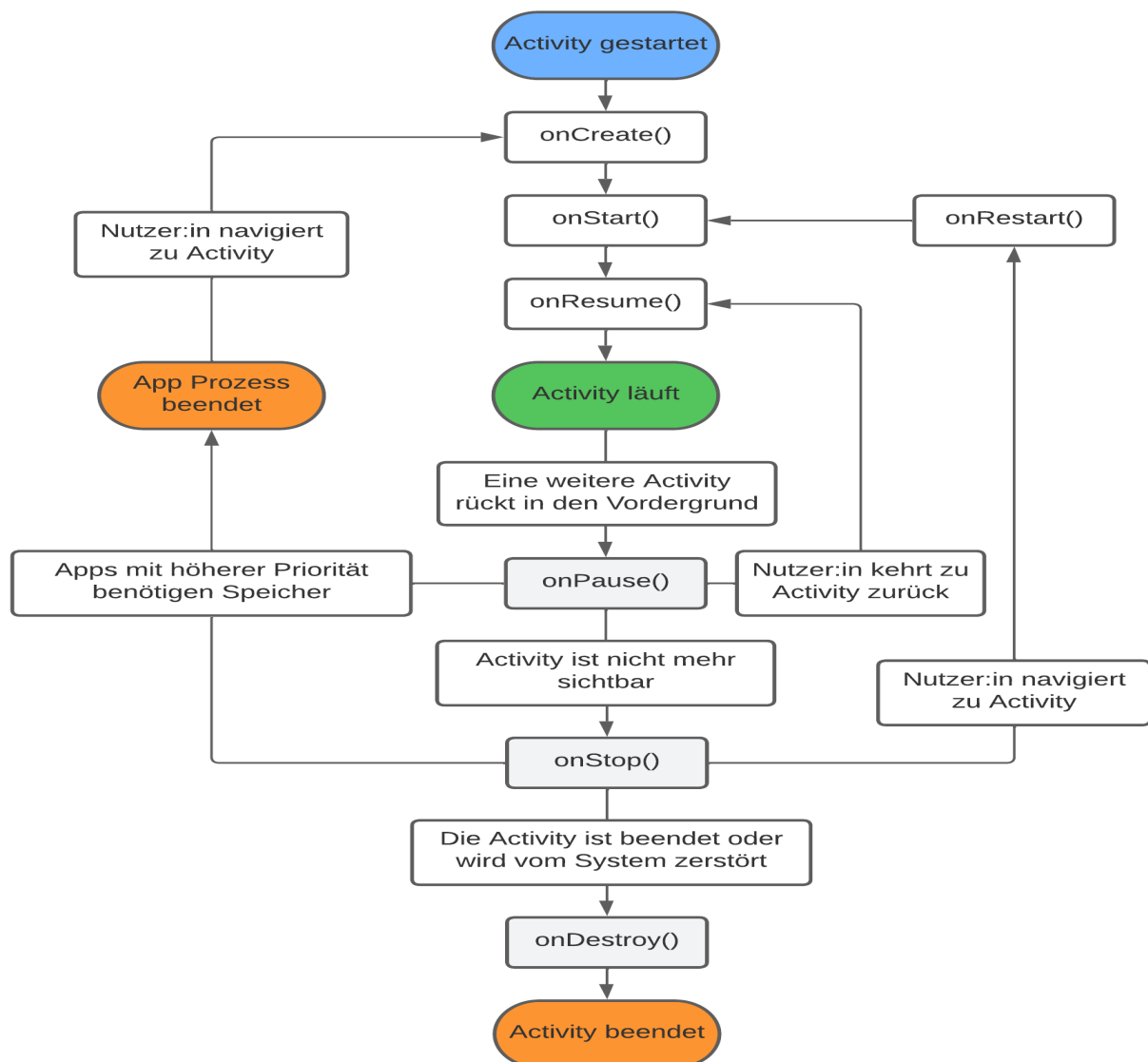


Abbildung 7.1: Ablaufdiagramm des Android Activity Lifecycle nach GOOGLE DEVELOPERS (2022b)

Auswertung der genomischen Information

Im Rahmen des Projektes ÖkoGen erfolgte die Genotypisierung von Tieren mit Hilfe von sogenannten Single-Nucleotide-Polymorphism (SNP) Markern. Der verwendete SNP-Chip-Array wurde von der Firma Lohmann Breeders entwickelt und ist nicht kommerziell verfügbar. Zusätzlich zu den SNP-Genotypen wurde von ausgewählten Tieren der Reinzuchten die komplette Genomsequenz ermittelt.

Zur Auswertung der SNP Daten wurde die Software Plink Version 1.9.4 (hier noch Quelle) verwendet. Die Software Plink wurde zum einen zum Filtern der SNP Rohdaten verwendet und zum anderen wurde auch versucht verschiedene genomische Inzuchtkoeffizient zu schätzen. Des Weiteren wurde getestet ob die Schätzung weiterer genomischer Inzuchtkoeffizienten mit der Software GCTA (Yang et al.) möglich war.

Vor der Identifikation homozygoter Regionen (Runs of Homozygosity, ROH) wurden die SNP Daten mit der Software Plink unter der Anwendung der Filterkriterien minimal Allelfrequenz > 0,05 (--maf 0.05), maximale Markerfehlerrate von 2 % (--geno 0.02) und maximale Individualfehlerrate von 5 % (--mind 0.05) vorgefiltert. Anschließend erfolgte die ROH-Analyse mit folgenden Parametern: minimale Segmentlänge 1000 kb (--homozyg-kb 1000), mindestens 50 SNPs pro Segment (--homozyg-np 50), eine maximale SNP-Dichte von 1 SNP pro 50 kb (--homozyg-density 50), ein maximaler Abstand zwischen benachbarten SNP von 100 kb (--homozyg-gap 100), sowie ein Sliding-Window-Ansatz mit 50 SNP pro Fenster erlaubt war (--homozyg-window-snp 50), wobei höchstens ein heterozygoter Marker pro Fenster erlaubt war (--homozyg-window-het 1). Der auf den ROH basierende Inzuchtkoeffizient wurde mit folgender Formel berechnet:

$$F_{ROH} = \sum \frac{L_{ROH}}{L_{AUTO}}$$

Zuchtplanungsrechnungen

Simulationen zur Zuchtplanung in Feldbeständen

Diese Simulationen wurden mit der Software AlphaSimR in R durchgeführt. Es wurde eine Gründerpopulation von 1000 Individuen mit 20 Chromosomen und jeweils 1000 segregierenden Loci pro Chromosom simuliert. Ein quantitatives Merkmal wurde mit 100 Quantitative Trait Loci (QTL) modelliert. Es wurden drei verschiedene Heritabilitäten beachtet, welche bei 0,40, 0,25 und 0,10 lagen. Aus der Gründerpopulation wurden zufällig 80 männliche und 320 weibliche Tiere ausgewählt und auf vier Subpopulationen (Cluster) aufgeteilt. Innerhalb der Cluster erfolgte über 30 Generationen eine phänotypbasierte Selektion, wobei pro Generation jeweils ein männliches und zehn weibliche Tiere als Elterntiere selektiert wurden. Anschließend wurde ein einmaliger Austausch selektierter männlicher Tiere zwischen den Clustern durchgeführt (Tausch-Szenario), bevor die Simulation über weitere Generationen fortgesetzt wurde. Während der gesamten Simulation wurden die mittleren genetischen Werte sowie die genetische Varianz innerhalb der Subpopulation erfasst.

Simulationen zur Zuchtplanung in Nukleusherden

Die Simulationen wurden mit der Software MoBPS in der Programmiersprache R durchgeführt. Als Ausgangsbasis dienten SNP-Genotypen im VCF Format. Die Initialpopulation wurde direkt aus diesen Daten mit MoBPS aufgebaut, wodurch eine realitätsnahe Abbildung der genetischen Architektur

einschließlich chromosomaler Struktur ermöglicht wurde. Zur effizienten Verarbeitung der Daten wurde das Paket Miraculix verwendet.

Im Anschluss wurden verschiedene quantitative Merkmale definiert. Die Definition erfolgte über den Mittelwert, die genetische Varianz und die Anzahl der an der Merkmalsausprägung beteiligten Werte. In der Regel wurden zwei Merkmale simultan betrachtet und die Beziehung zwischen den Merkmalen wurde über die genetische Korrelation zwischen den Merkmalen beachtet. In verschiedenen Simulationsszenarien wurden die Parameter Heritabilität, Populationsgröße und Selektionsintensität variiert. Es wurden zwei verschiedene Selektionsmethoden simuliert. Einmal erfolgte die Selektion nach der Truncation Selektion und in einem anderen Szenario erfolgte die Selektion nach der Optimum Contribution Methode (OCS). Im Rahmen der OCS Selektion wurde eine genomische Verwandtschaftsmatrix verwendet, welche nach der Methode von VanRaden aufgestellt wurde.

Die Reproduktion wurde generationenweise innerhalb der definierten Nukleuspopulation simuliert, wobei in jeder Generation Phänotypen erzeugt und Selektionsentscheidungen getroffen wurden. Zur Bewertung der Simulation wurden phänotypische und genetische Varianzen, Heritabilitäten, genetische Trends sowie Inzucht- und Verwandtschaftskoeffizienten über Generationen hinweg berechnet. Die Entwicklung der genomischen Verwandtschaft und Inzucht basierte auf populationsweiten Kinship Schätzungen innerhalb von MoBPS. Zur Berücksichtigung stochastischer wurden mehrere Wiederholungen pro Szenario durchgeführt.

VIII. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

AP 1 Endoparasiten-Resistenz (Universität Göttingen)

Versuch 1: Reinrassige Bruder-Hähnchen

Die Infektionsprävalenz lag bei über 75 % der exponierten Tiere, wobei post mortem eine erfolgreiche Infektion bestätigt wurde. Es bestand ein signifikanter Einfluss des Genotyps auf die Infektionsprävalenz (ANOVA, $P < 0,01$), wobei BIE-Bruder-Hähnchen mit 86 % die höchste Infektionsrate aufwiesen und gleichzeitig eine signifikant höhere Wurmbürde im Vergleich zu ALT (~68 %) und RAM (~68 %) zeigten (Abbildung 2). Zwischen den Genotypen ALT und RAM bestanden keine signifikanten Unterschiede in der Wurmbürde.

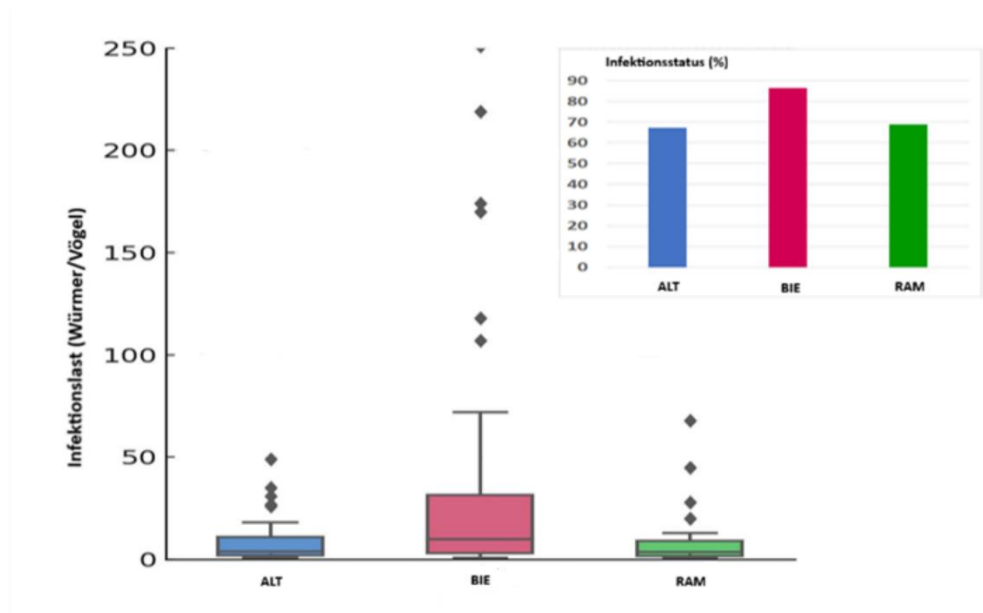


Abbildung 1.2. Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf die Infektionsrate (%) und die Parasitenlast (Würmer/Vogel) bei reinrassigen Bruder-Hähnchen

Bei den Kontrolltieren konnte keine nachweisbare Immunantwort festgestellt werden. Zwei Wochen post Infektionen (wpi) wiesen ALT-Tiere eine signifikant erhöhte ELISA-Reaktion auf ($P < 0,01$), die jedoch bis zur siebten wpi deutlich abnahm. Trotz der erhöhten Wurmbürde zeigten BIE-Bruder-Hähnchen keine entsprechend gesteigerte Antikörperreaktion, während bei RAM-Tieren keine signifikanten Unterschiede zu den anderen Genotypen sieben wpi mehr bestanden (Abbildung 3).

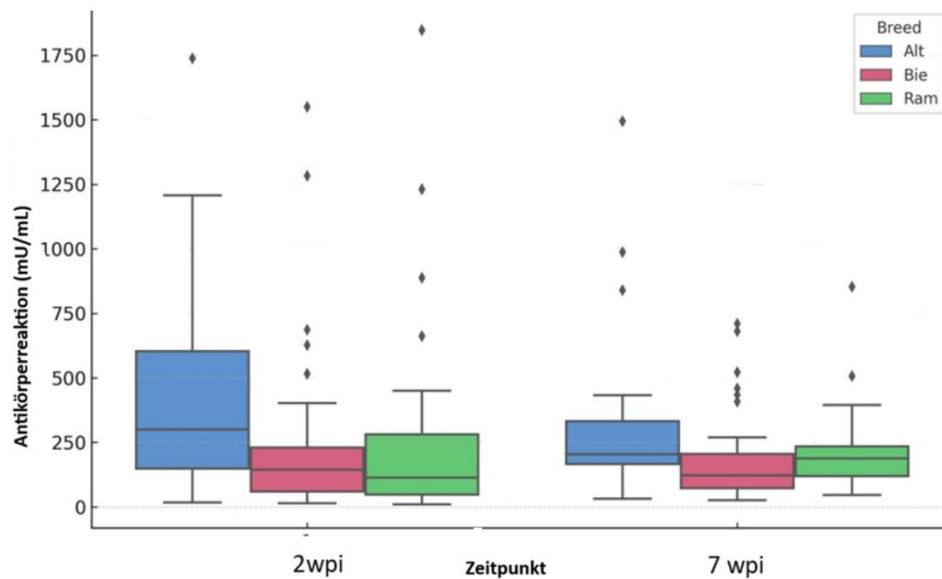


Abbildung 1.3: Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf die Antikörperreaktion (mU/mL) bei reinrassigen Bruder-Hähnchen

Hinsichtlich der Wachstumsleistung konnte kein signifikanter Einfluss der Infektion auf das Körpergewicht nachgewiesen werden, obwohl ein nicht signifikanter Trend zu höheren Gewichten bei den Kontrolltieren beobachtet wurde. Unabhängig vom Infektionsstatus waren BIE-Bruder-Hähnchen zu allen Messzeitpunkten signifikant schwerer als ALT- und RAM-Tiere ($P < 0,01$), wobei dieser Effekt über den gesamten Versuchszeitraum bestehen blieb (Abbildung 4).

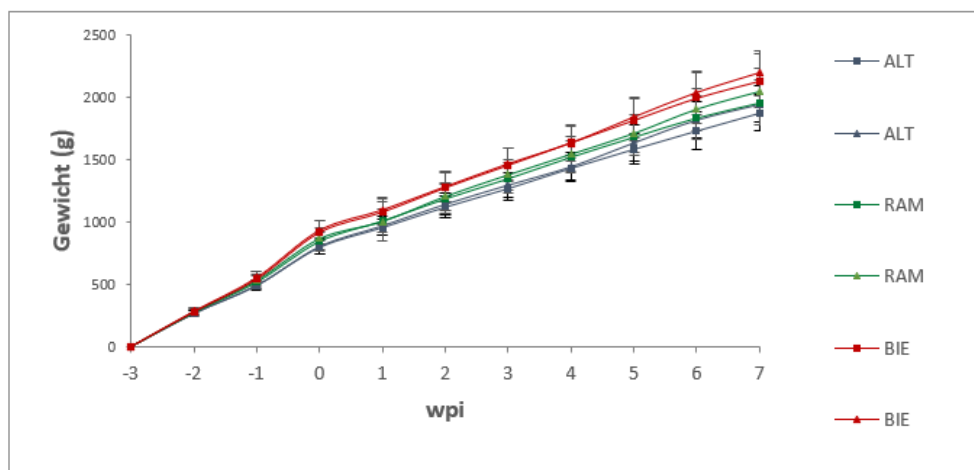


Abbildung 1.4: Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf das Gewicht (g) bei reinrassigen Bruder-Hähnchen

Versuch 2: Reinrassige Legehennen

Die Infektionsprävalenz unterschied sich deutlich zwischen den Genotypen, wobei ALT mit 40 % die niedrigste, BIE mit 69 % eine mittlere und RAM mit 81 % die höchste Infektionsrate aufwiesen (Abbildung 5). Trotz antiparasitärer Vorbehandlung wurde in allen Gruppen eine Ko-infektion mit

Heterakis gallinarum nachgewiesen. BIE-Legehennen zeigten erneut die höchste Wurmbürde, während zwischen ALT und RAM keine signifikanten Unterschiede in der Parasitenlast bestanden.

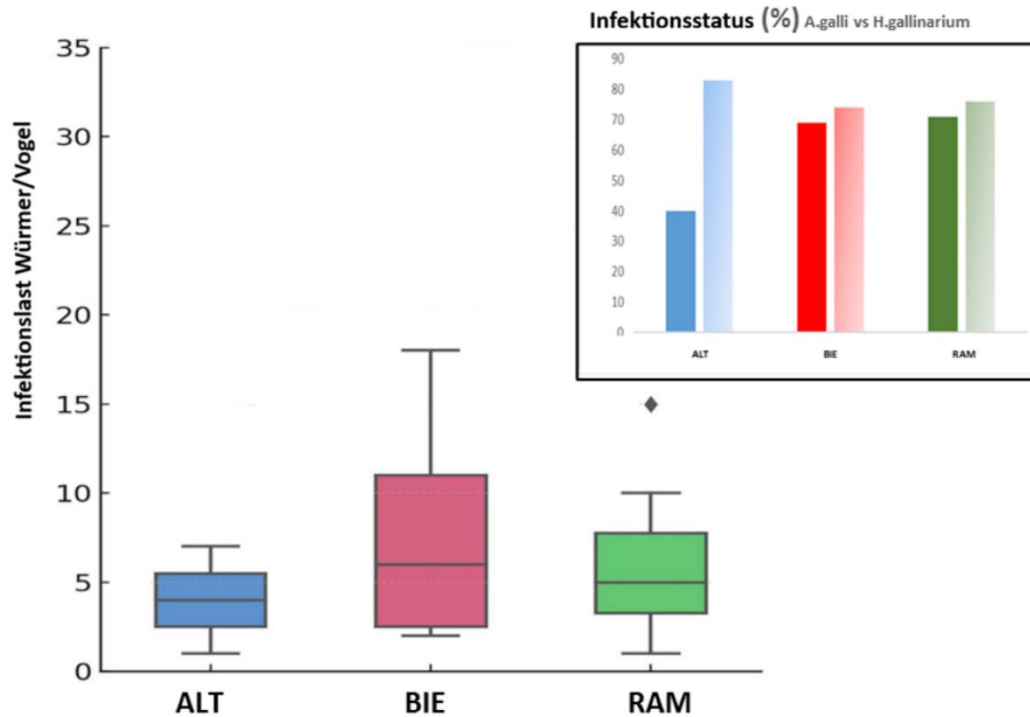


Abbildung 1.5: Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf die Infektionsrate (%) und die Parasitenlast (Würmer/Vogel) bei reinrassigen Legehennen

Die Immunantwort war bei allen Genotypen zeitlich verzögert. Sieben wpi wiesen ALT-Legehennen eine signifikant erhöhte Antikörperreaktion auf ($P < 0,01$), obwohl ihre Wurmbürde geringer war als bei BIE und RAM. Trotz höherer Parasitenlast zeigten weder BIE- noch RAM-Legehennen eine signifikante Steigerung der Antikörperwerte, und sieben wpi bestanden keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen den Genotypen (Abbildung 6).

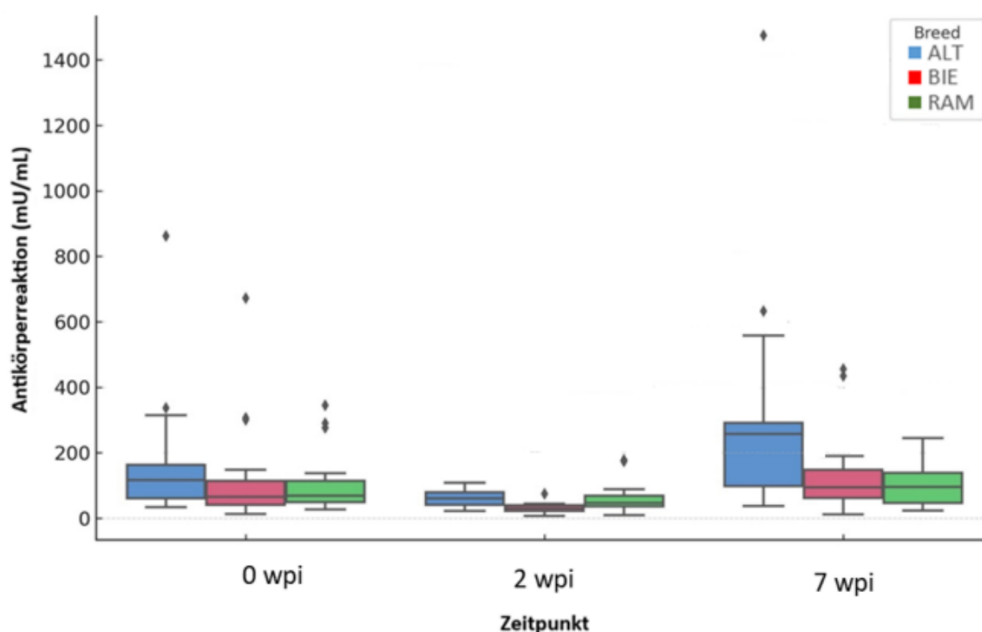


Abbildung 1.6: Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf die Antikörperreaktion (mU/mL) bei reinrassigen Legehennen

Die Legeleistung lag in allen Gruppen unter 50 % und wies eine hohe Variabilität auf. Ein signifikanter Einfluss der Infektion auf die Legeleistung konnte nicht nachgewiesen werden (Abbildung 7). Hinsichtlich der Eiqualität wurden signifikante Rassenunterschiede festgestellt: BIE-Legehennen produzierten die schwersten Eier ($P < 0,05$), während keine signifikanten Unterschiede in Dotterfarbe, Haugh-Einheiten oder Schalenqualität zwischen den Genotypen bestanden (Abbildung 8a, Tabelle 2a–c). Ein Einfluss der Infektion auf interne oder externe Eiquälitätsparameter ließ sich nicht nachweisen (Abbildung 8b).

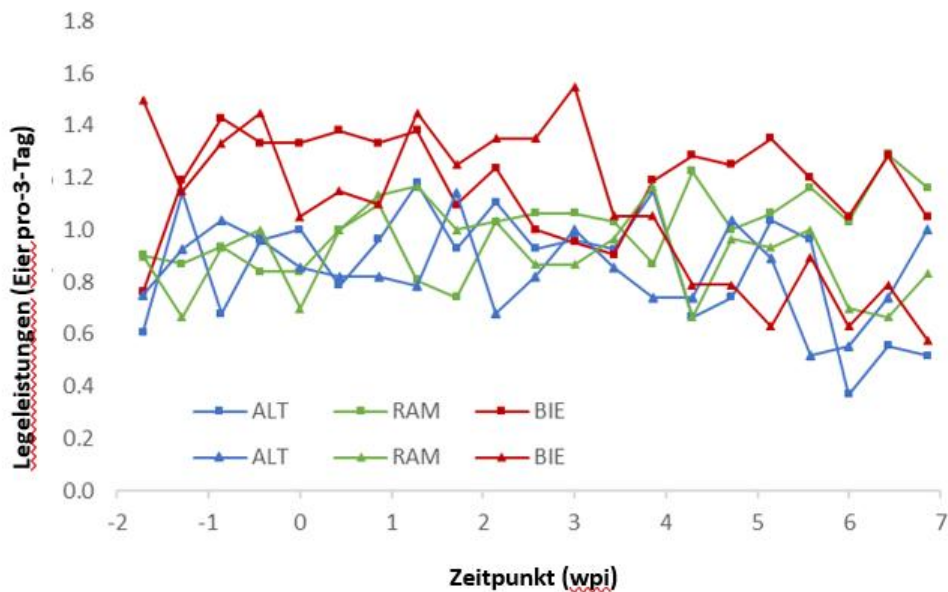


Abbildung 1.7: Legeleistung Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf die Legeleistung (Eier pro 3-Tag) bei reinrassigen Legehennen

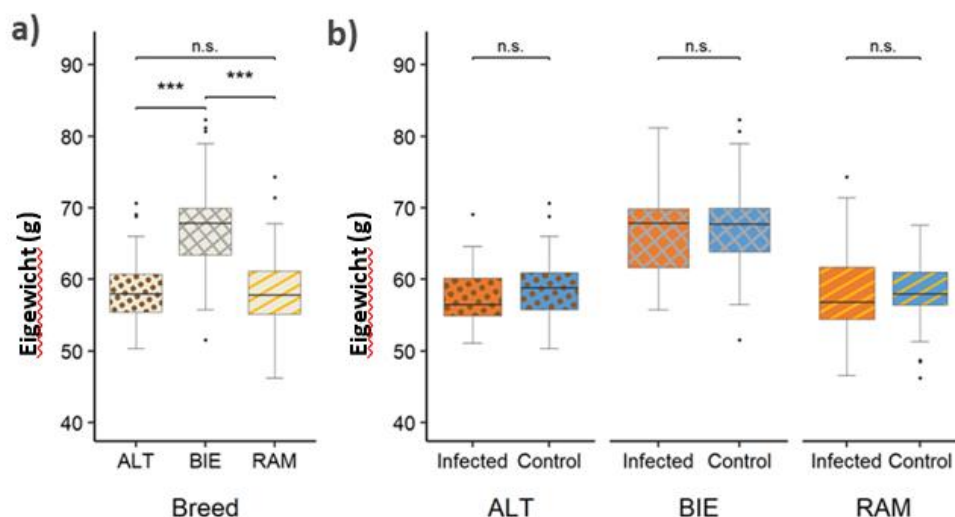


Abbildung 1.8: Einfluss dieser Rassen auf das Eiergewicht (g) bei reinrassigen Legehennen (a), und der Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf die Eiergewicht (g) zwischen den Rassen bei reinrassigen Legehennen (b).

Tabelle 1.2: Durchschnittswerte für alle untersuchten Parameter, getrennt nach den drei Rassen a) Altsteirer, b) Bielefelder und c) Ramelsloher, unterteilt in infizierte Tiere und Kontrolltiere

a)

| | Gesamte_Eier | | ALT_alle | | ALT_infiziert | | ALT_controlle | |
|----------------------------|--------------|------|----------|------|---------------|------|---------------|------|
| | Mean | SE | Mean | SE | Mean | SE | Mean | SE |
| Eigewicht (EW), g | 60.89 | 0.36 | 58.13 | 0.40 | 57.54 | 0.47 | 58.88 | 0.68 |
| Eigelbgewicht (YW), g | 17.72 | 0.11 | 16.75 | 0.12 | 16.57 | 0.18 | 16.98 | 0.17 |
| Haugh unit (HU) | 73.76 | 0.57 | 72.95 | 1.03 | 73.18 | 1.22 | 72.66 | 1.77 |
| Bruchfestigkeit (BS), N | 43.85 | 0.76 | 46.34 | 1.24 | 45.74 | 1.58 | 47.10 | 1.98 |
| Schale Verformung (SD), mm | 0.56 | 0.01 | 0.57 | 0.01 | 0.57 | 0.01 | 0.58 | 0.01 |
| Schalenstärke (ST), mm | 0.32 | 0.03 | 0.33 | 0.04 | 0.32 | 0.04 | 0.34 | 0.03 |
| Albumen Höhe (AH), mm | 5.86 | 1.26 | 5.55 | 1.21 | 5.52 | 0.93 | 5.57 | 1.48 |
| Eigelbs Farbe(YC), U | 6.15 | 0.98 | 6.11 | 1.00 | 6.00 | 0.91 | 6.23 | 1.10 |

| | Gesamte_Eier | | BIE_alle | | BIE_infiziert | | BIE_controlle | |
|----------------------------|--------------|------|----------|------|---------------|------|---------------|------|
| | Mean | SE | Mean | SE | Mean | SE | Mean | SE |
| Eigewicht (EW), g | 60.89 | 0.36 | 67.31 | 0.63 | 67.20 | 1.06 | 67.39 | 0.77 |
| Eigelbgewicht (YW), g | 17.72 | 0.11 | 19.60 | 0.18 | 19.71 | 0.26 | 19.50 | 0.24 |
| Haugh unit (HU) | 73.76 | 0.57 | 74.08 | 1.11 | 75.62 | 1.38 | 72.83 | 1.67 |
| Bruchfestigkeit (BS), N | 43.85 | 0.76 | 44.98 | 1.37 | 45.54 | 1.78 | 44.53 | 2.03 |
| Schale Verformung (SD), mm | 0.56 | 0.01 | 0.56 | 0.01 | 0.57 | 0.01 | 0.56 | 0.02 |
| Schalenstärke (ST), mm | 0.32 | 0.03 | 0.32 | 0.03 | 0.32 | 0.03 | 0.32 | 0.04 |
| Albumen Höhe (AH), mm | 5.86 | 1.26 | 6.23 | 1.33 | 6.40 | 1.32 | 6.09 | 1.33 |
| Eigelbs Farbe(YC), U | 6.15 | 0.98 | 6.22 | 0.99 | 6.11 | 0.95 | 6.31 | 1.03 |

c)

| | Gesamte_Eier | | RAM_alle | | RAM_infiziert | | RAM_controlle | |
|----------------------------|--------------|------|----------|------|---------------|------|---------------|------|
| | Mean | SE | Mean | SE | Mean | SE | Mean | SE |
| Eigewicht (EW), g | 60.89 | 0.36 | 58.28 | 0.44 | 57.90 | 0.74 | 58.60 | 0.51 |
| Eigelbgewicht (YW), g | 17.72 | 0.11 | 17.08 | 0.13 | 16.94 | 0.21 | 17.19 | 0.16 |
| Haugh unit (HU) | 73.76 | 0.57 | 74.18 | 0.87 | 74.22 | 1.13 | 74.15 | 1.30 |
| Bruchfestigkeit (BS), N | 43.85 | 0.76 | 40.91 | 1.30 | 41.12 | 1.91 | 40.73 | 1.78 |
| Schale Verformung (SD), mm | 0.56 | 0.01 | 0.55 | 0.01 | 0.55 | 0.02 | 0.54 | 0.01 |
| Schalenstärke (ST), mm | 0.32 | 0.03 | 0.31 | 0.03 | 0.32 | 0.03 | 0.31 | 0.03 |
| Albumen Höhe (AH), mm | 5.86 | 1.26 | 5.82 | 1.16 | 5.82 | 1.09 | 5.83 | 1.22 |
| Eigelbs Farbe(YC), U | 6.15 | 0.98 | 6.12 | 0.97 | 6.11 | 0.99 | 6.12 | 0.95 |

Versuch 3: Kreuzungs-Bruder-Hähnchen

Die Infektionsprävalenz lag bei etwa 70 % und war damit vergleichbar mit den reinrassigen Linien. Zwischen den Kreuzungen (ALT×WR, BIE×WR, RAM×WR) bestanden keine signifikanten Unterschiede in der Wurmbürde (Abbildung 9).

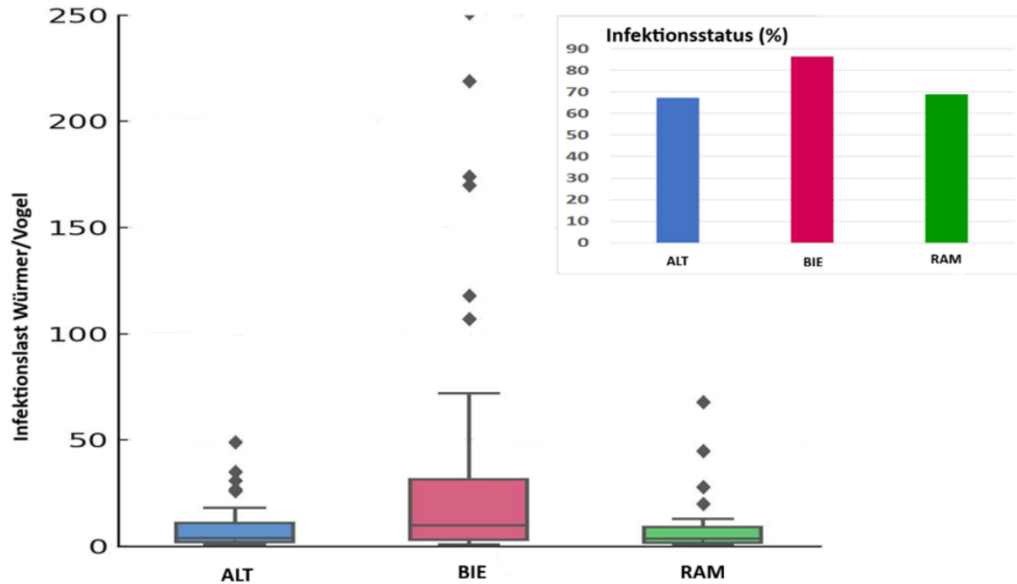


Abbildung 1.9: Einfluss einer Infektion mit *A. galli* a) die Parasitenlast (Würmer/Vogel) und b) auf die Infektionsrate (%) bei Kreuzungen Bruder-Hähnchen

Die Immunantwort variierte jedoch deutlich zwischen den Genotypen: Während RAM×WR eine verzögerte Reaktion zeigte, wiesen BIE×WR bereits zwei wpi. eine signifikant erhöhte Antikörperreaktion auf ($P < 0,05$). Insgesamt war die Immunantwort bei den Kreuzungen höher und variabler als bei den reinrassigen Tieren ($P < 0,01$), was auf genotypische Unterschiede in der Parasitenabwehr hindeutet (Abbildung 10).

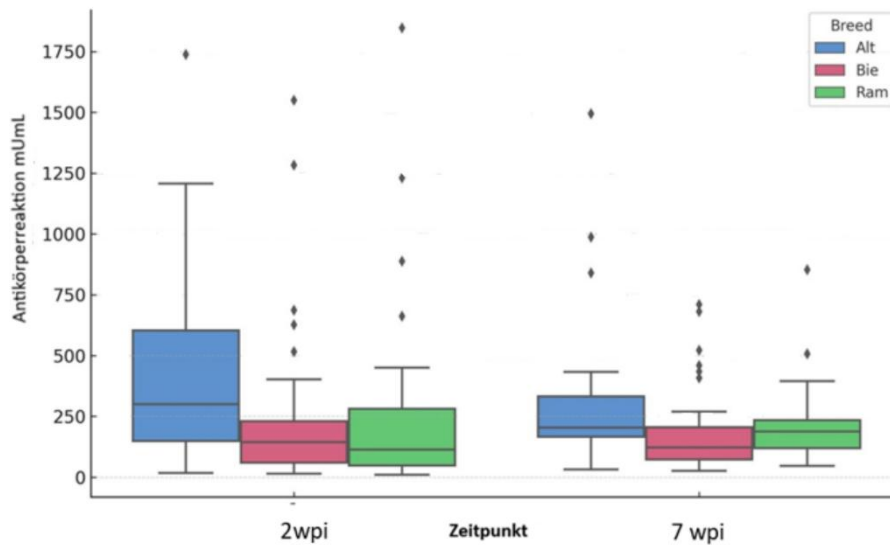


Abbildung 1.10. Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf die Antikörperreaktion (mU/mL) bei Kreuzungen Bruder-Hähnchen

Für die Wachstumsleistung zeigte sich ein nicht signifikanter Trend zu höheren Körpergewichten bei infizierten Tieren, wobei dieser Effekt nicht statistisch abgesichert werden konnte. Unabhängig vom Infektionsstatus war BIE×WR signifikant schwerer als die anderen Kreuzungen, was auf genetische Unterschiede in der Wachstumsrate schließen lässt (Abbildung 11)

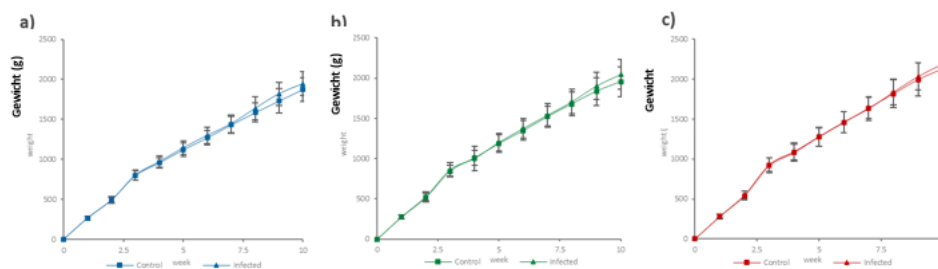


Abbildung 1.11. Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf das Gewicht (g) bei Kreuzungen Bruder-Hähnchen

Versuch 4: Kreuzungs-Legehennen

Etwa 80 % der Tiere waren infiziert, wobei die Wurmbürde mit weniger als 10 Würmern pro Tier insgesamt gering ausfiel. Zwischen den Kreuzungen (ALT×WR, BIE×WR, RAM×WR) bestanden keine signifikanten Unterschiede in der Infektionsprävalenz oder Parasitenlast. Im Gegensatz zu den reinrassigen Legehennen wurde keine Ko-infektion mit *Heterakis gallinarum* nachgewiesen (Abbildung 12).

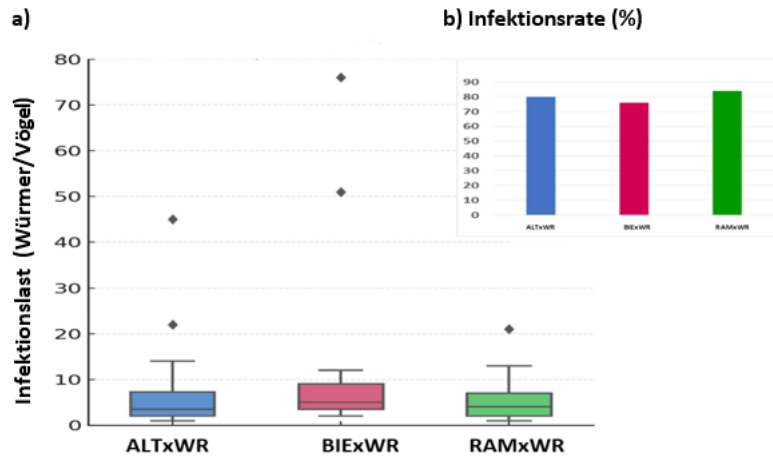


Abbildung 1.12. Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf a) die Infektionsrate (%) und b) die Parasitenlast (Würmer/Vogel) und die Infektionsrate (%) bei Kreuzungen Legehennen

Zwei wpi zeigten alle Kreuzungen eine signifikant erhöhte Antikörperreaktion ($P < 0,01$), wobei keine Unterschiede zwischen den Genotypen bestanden. Bis zur siebten wpi normalisierten sich die Werte, allerdings lagen die Mittelwerte für ALTxWR und BIExWR mit etwa 218 mU/ml niedriger als bei RAMxWR (265 mU/ml), was auf genotypische Unterschiede in der Persistenz der Immunantwort hindeutet (Abbildung 13).

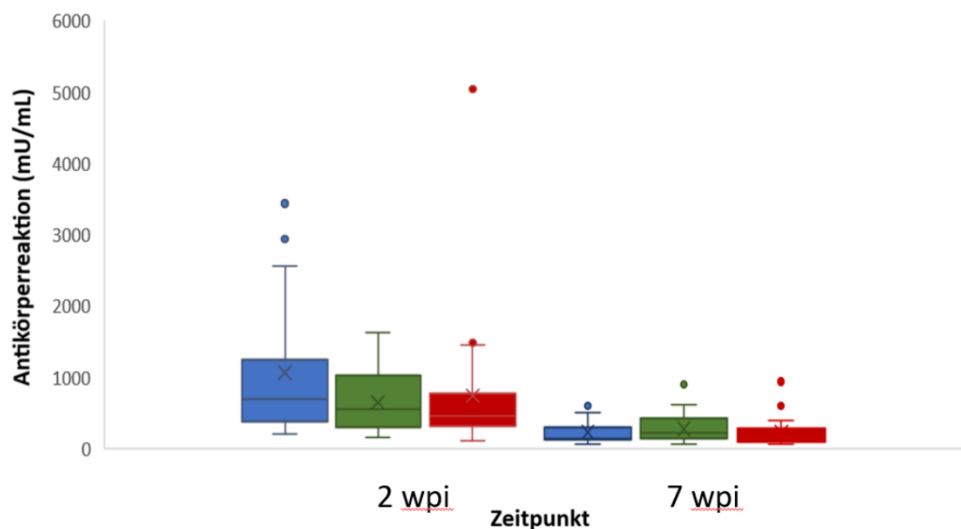


Abbildung 1.13. Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf die Antikörperreaktion (mU/mL) bei Kreuzungen Legehennen

Zu Versuchsbeginn befanden sich alle Gruppen in einer hohen Legephase ($> 80\%$). Bei RAMxWR wurde zwischen der zweiten und vierten wpi ein signifikanter Rückgang der Legeleistung beobachtet ($P < 0,01$), der im Vergleich zur Kontrollgruppe keine vollständige Erholung zeigte (Abbildung 14a–c). Bei ALTxWR und BIExWR konnten keine signifikanten Veränderungen der Legeleistung festgestellt werden.

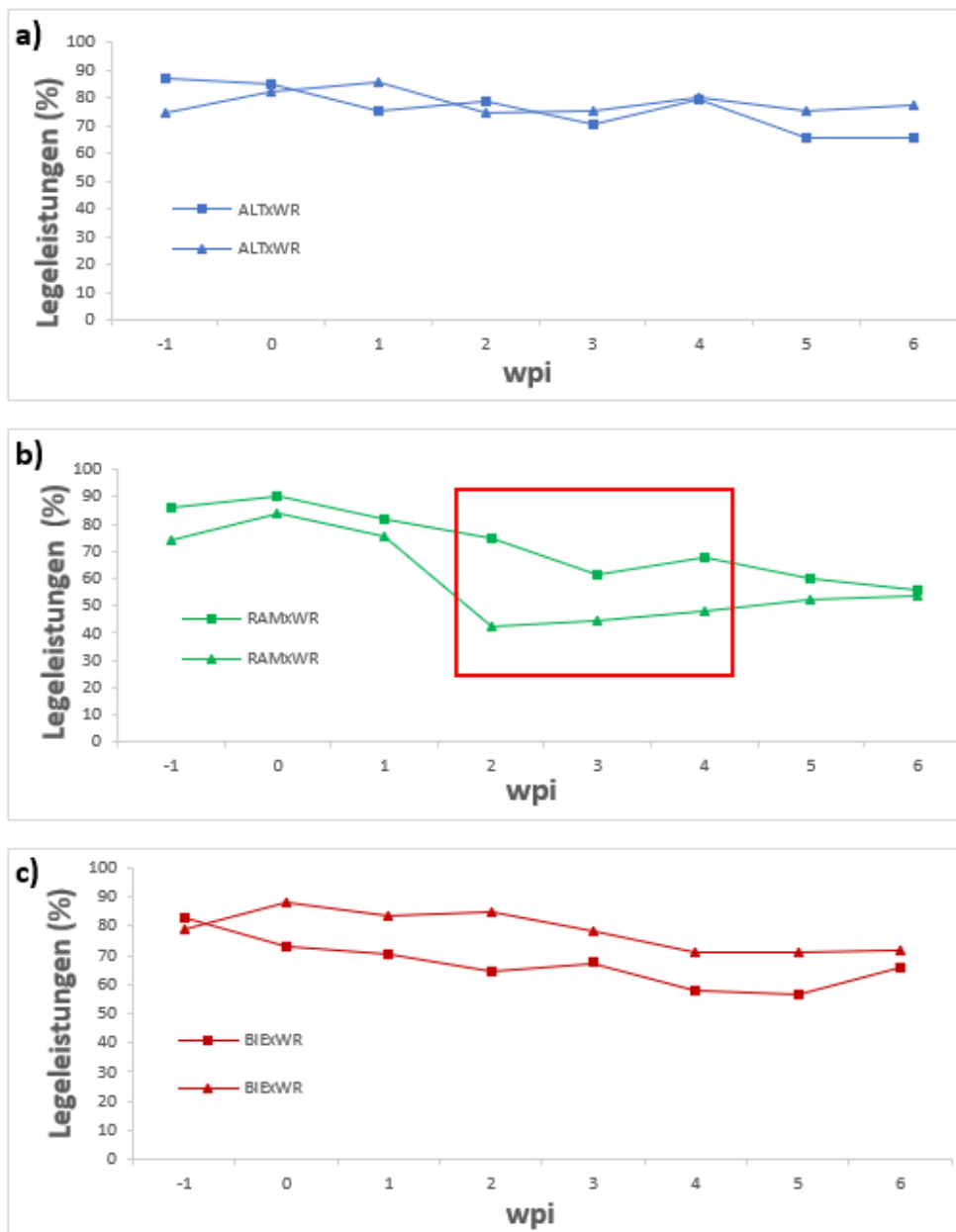


Abbildung 1.14a-c. Legeleistung Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf die Legeleistung (%) bei Kreuzungen Legehennen [a) ALT, b) RAM, c) BIE]

Ein Einfluss der Infektion auf die Eiquantität ließ sich insgesamt nicht nachweisen. Im Genotypvergleich zeigte BIE×WR signifikant höhere Ei- und Eigewichte ($P < 0,001$), während RAM×WR geringere Eiweißhöhen und reduzierte Haugh-Einheiten aufwies ($P < 0,01$). Während der akuten Infektionsphase (2–4 wpi) wurde bei RAM×WR zudem eine signifikante Verringerung der Schalenbruchfestigkeit beobachtet ($P = 0,026$). Bei ALT×WR wurde eine Aufhellung der Eigelbfarbe festgestellt ($P < 0,01$) (Tabelle 3, Abbildung 15).

Tabelle 1.3: Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf die Eierqualitätsparameter bei Kreuzungs-Legehennen in der Behandlungsgruppe (-T) und der Kontrollgruppe (C)

| | ALTxWR | | RAMxWR | | | | BIExWR | | | | | |
|----------------------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| | Mean-T | SE-T | Mean-C | SE-C | Mean-T | SE-T | Mean-C | SE-C | Mean-T | SE-T | Mean-C | SE-C |
| Eigewicht (EW), g | 57.30 | 1.97 | 58.38 | 1.67 | 57.65 | 1.43 | 57.00 | 2.02 | 60.16 | 1.91 | 60.75 | 1.96 |
| Eigelgewicht (YW), g | 14.65 | 0.63 | 14.94 | 0.41 | 14.92 | 0.58 | 15.00 | 0.79 | 15.90 | 1.01 | 16.07 | 0.88 |
| Eigelpercentage, % | 25.57 | | 25.60 | | 25.88 | | 26.32 | | 26.42 | | 26.46 | |
| Eigelbfarbe (YC), U | 8.43 | 0.22 | 8.23 | 0.43 | 8.47 | 0.35 | 8.64 | 0.34 | 8.48 | 0.30 | 8.79 | 0.29 |
| Haugh units (HU), U | 91.82 | 4.05 | 95.77 | 2.80 | 93.57 | 3.62 | 92.21 | 3.62 | 95.56 | 3.86 | 96.54 | 1.92 |
| Bruchfestigkeit (BS), N | 58.29 | 4.30 | 54.30 | 3.27 | 57.62 | 2.55 | 59.81 | 3.35 | 54.36 | 2.26 | 53.28 | 3.31 |
| Schale Verformung (SD), mm | 0.58 | 0.04 | 0.56 | 0.03 | 0.58 | 0.05 | 0.56 | 0.05 | 0.58 | 0.05 | 0.58 | 0.06 |
| Schalstärke (ST), mm | 0.37 | 0.01 | 0.36 | 0.01 | 0.36 | 0.01 | 0.37 | 0.01 | 0.37 | 0.01 | 0.36 | 0.01 |
| Albumen Hohe (AH) mm | 8.33 | 0.70 | 9.24 | 0.59 | 8.85 | 0.68 | 8.60 | 0.55 | 9.36 | 0.73 | 9.58 | 0.44 |

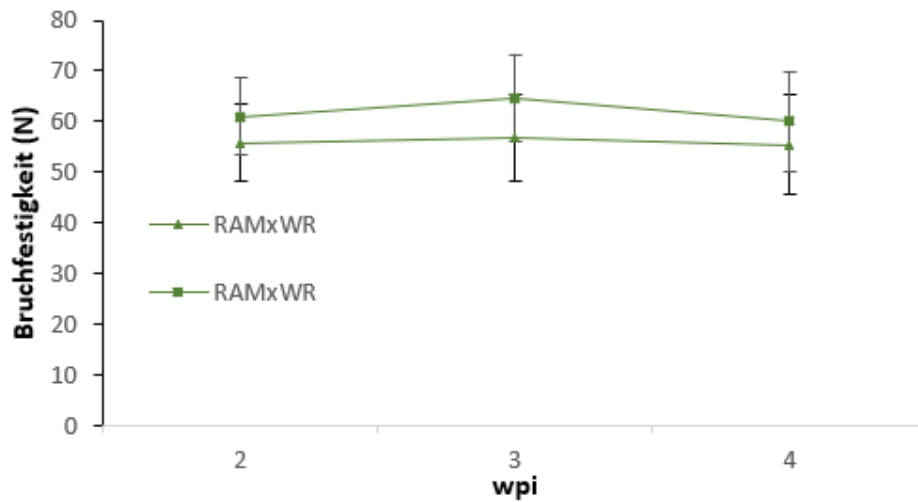


Abbildung 1.15: Schalenbruchfestigkeit, Einfluss einer Infektion mit *A. galli* auf die Legeleistung (%) bei Kreuzungen Legehennen [a) ALT, b) RAM, c) BIE]

AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz (Friedrich-Loeffler-Institut)

Im Projekt zeigte sich, dass die untersuchten lokalen Hühnerrassen bereits im Kükenalter deutlich unterschiedliche T-Zell-Profile aufwiesen, während adulte Tiere in vielen Parametern einander ähnlicher waren.

Konkret konnten bei allen RAM und einem Teil der ALT Eintagsküken (ETK) cytotoxische und Helferzellen im Blut nachgewiesen werden, die den Normalwerten eines erwachsenen Tieres entsprechen. Bei BIE konnten hingegen keine solchen Zellen detektiert werden, diese Ergebnisse sind damit vergleichbar den Daten von SPF White Leghorn ETK. Um Aussagen zur Funktionalität dieser frühen Zellen treffen zu können, wurden die Eintagsküken mit dem Influenzavirus H5N1 infiziert, von dem bekannt war, dass zum einen Eintagsküken an der Infektion versterben und adulte Tiere diese Infektion tolerieren und zum anderen Eintagsküken eine Infektion mit diesem Virus dann überleben, wenn man ihnen Immunzellen aus erwachsenen Tieren transferiert. Die Infektion der Eintagsküken der regionalen Rassen ergab keine Korrelation zwischen frühem Vorhandensein von T-Zellen und einem besseren Überleben zwischen den drei untersuchten Rassen. Allerdings konnte gezeigt werden, dass Eintagsküken aller drei Rassen signifikant besser die Infektion überleben als SPF White Leghorn Eintagsküken. Das spricht für eine frühere Funktionalität der zellulären Immunität bei den regionalen Rassen, ohne dass wir die in vitro gemessenen Unterschiede zwischen den Rassen abbilden konnten.

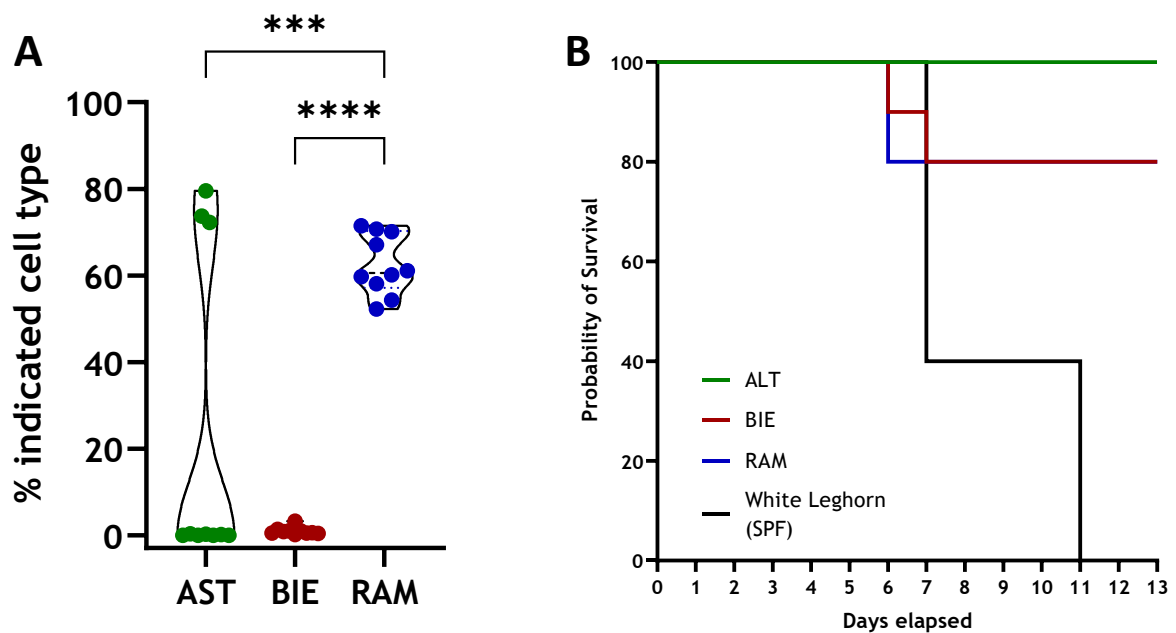


Abb. 2.1: (A) Signifikant verschiedene T Zell Profile im Blut der Eintagsküken zwischen den Rassen, hier am Beispiel der cytotoxischen T Zellen ($CD8\alpha\beta$ von $CD8+\alpha\beta TCR+$ Lymphozyten). Die unterschiedliche Anzahl der T Zellen hat keine Auswirkung auf deren Funktionalität in einer Influenzainfektion (H5N1), jedoch überleben die ETK der regionalen Rassen die Infektion signifikant besser als White Leghorn Kontrollen (B).

Die Auswirkung der xWR-Kreuzung wird am Beispiel der cytotoxischen $CD8\alpha\beta+$ T Zellen am deutlichsten: Als Eintagsküken zeigen ALTxWR einen intermediären Phänotyp, d.h. reduzierte Zahlen gegenüber erwachsenen Tieren und es gibt nicht zwei Phänotypen wie bei den ALT (keine Zellen bzw.

Erwachsenen-Normwerte). BIE profitieren für das Merkmal von der Kreuzung: BIE \times WR zeigen einheitlich niedrige Werte im Gegensatz zum Fehlen der Zellen bei BIE. Allerdings sehen wir auch bei den RAM \times WR nur den intermediären Phänotyp im Gegensatz zu einem Phänotyp mit Erwachsenen-Normwerten bei RAM. Im weiteren Verlauf der Entwicklung fallen hochsignifikante Unterschiede zwischen den Elternrassen und den xWR-Kreuzungen auf: Die Elternrassen entwickeln einheitlich ab Lebenswoche (LW) 2 Erwachsenen-Normwerte, die bei den xWR-Kreuzungen deutlich niedriger sind. Auch in der 6.LW sehen wir in den xWR-Tieren einen massiven Verlust von potentiell antiviral wirkenden CD8 $\alpha\beta$ + T Zellen, hier sind auch Unterschiede zwischen den Rassen messbar (ALT \times WR<BIE \times WR<RAM \times WR), diese Werte erholen sich letztlich vor der 35. LW.

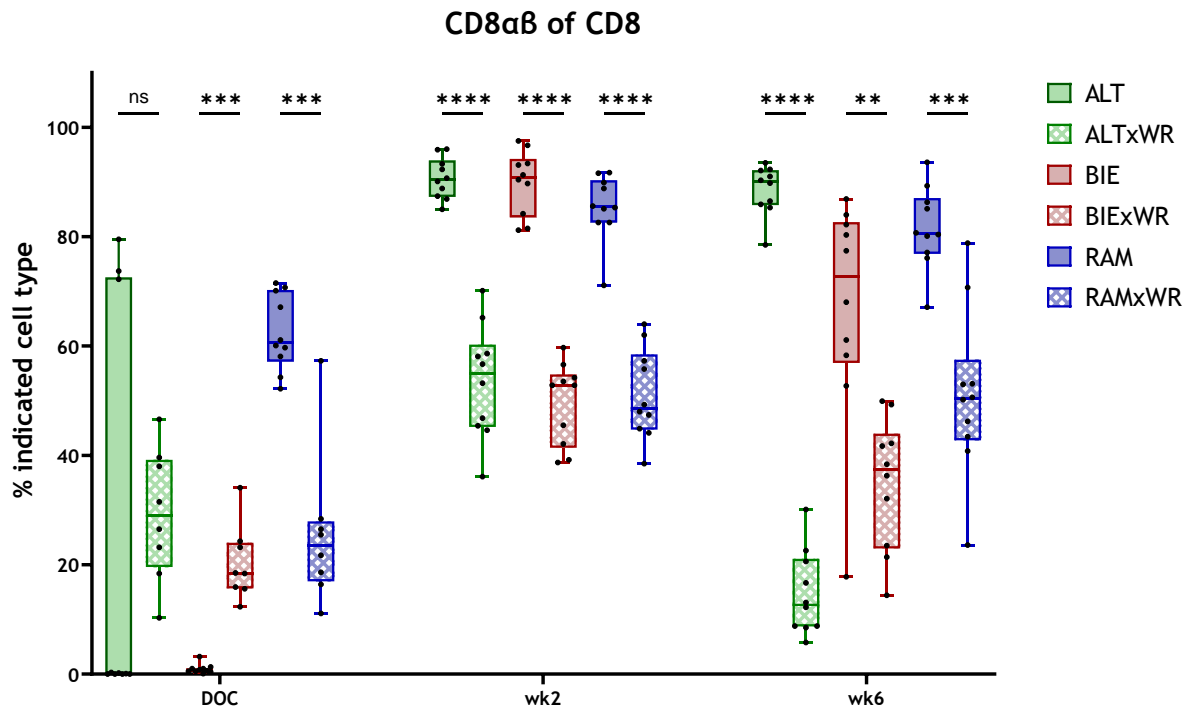


Abb. 2.2: Unterschiedliche Ausstattung der zellulären Immunität direkt nach dem Schlupf bei den Elternrassen (ausgefüllte Symbole) und den xWR-Kreuzungen (karierte Symbole) am Beispiel der zytotoxischen Zellen (CD8 $\alpha\beta$ von CD8 $\alpha\beta$ TCR+ Lymphozyten) im Blut.

Die Unterschiede zwischen den Rassen sind bei erwachsenen Tieren unerheblich. Dennoch konnte bei allen regionalen Rassen gezeigt werden, dass viele T Zell Subtypen in Anzahl und Aktivierungszustand bis zur 50. LW abnehmen und sich die Werte danach wieder normalisieren. Bei den xWR-Kreuzungstieren konnte dieser Trend, wenn auch abgeschwächt, bestätigt werden. Hier könnte ein Zusammenhang mit der Mauser diskutiert werden.

Diese Befunde deuten darauf hin, dass genetisch determinierte Programme der T-Zell-Entwicklung in frühen Lebensphasen stärker differenzieren als dies im adulten Immunsystem sichtbar ist.

Die Dauer der Immunität sollte zwischen den Rassen an Hand messbarer humoraler und zellulärer Marker nach Newcastle Disease Impfung im Verlauf einer Wirtschaftsperiode verglichen werden. Schützende NDV-Antikörper sind bis zur 60. LW in allen Rassen vorhanden. Allerdings ist die Streuung innerhalb der Gruppen verschieden, so haben RAM einheitlich hohe Antikörpertiter, während die Werte bei ALT und insbesondere bei BIE teilweise um mehr als eine log-Stufe streuen und damit in einer Herde einzelne Tiere ohne Impfschutz hoch wahrscheinlich sind.

Um zu überprüfen, ob die Rassen sich im Titer der maternalen Antikörper unterscheiden, wurde der NDV-Antikörpertiter wöchentlich in der 1-4 LW in ungeimpften Tieren bestimmt. Alle Rassen haben einheitlich in LW 1 einen protektiven Schutz. ALT und RAM reduzieren die maternalen Antikörper schneller als BIE. ALT und RAM haben ab LW 2 mindestens 30% ungeschützte Tiere. In LW 4 ist die Gruppe in allen Rassen ungeschützt. Die WR-Kreuzungen starten im Vergleich einheitlicher mit hohen Titern, die Reduktion ist langsamer als bei den Elternrassen, nur einzelne Tiere sind bei ALTxWR und BIExWR LW 3 bzw. LW 2 nicht geschützt. In LW 4 ist die Gruppe wiederum in allen Rassen ungeschützt.

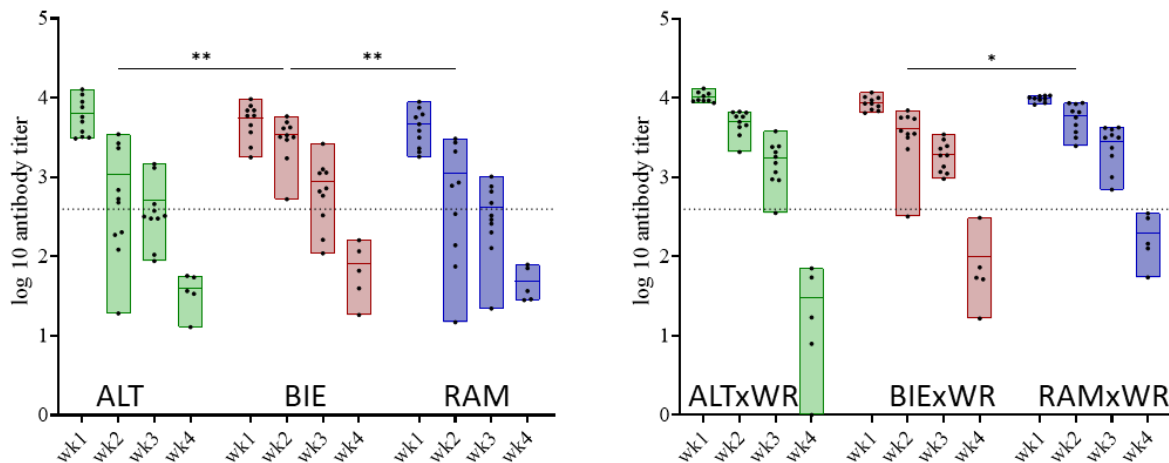


Abb.2.3: Kinetik maternaler NDV-Antikörper in ungeimpften Küken von LW1-4.

Eine minimale zelluläre Gedächtnisantwort konnte in allen Rassen in der 42. LW, aber nicht mehr in der 60. LW gemessen werden. Daher wurde zusätzlich ein Impfversuch unter experimentellen Bedingungen über einen kürzeren Zeitraum von 8 Wochen in einem Prime/Boost Regime etabliert. Diese Impfversuche ergaben, dass Dauer und Qualität der humoralen und zellulären Antwort auf die Newcastle Disease Impfung rassespezifisch variieren und sich in unterschiedlichen Proliferationsmustern nach Antigenrestimulation manifestieren.

Konkret sind humoral sowohl die Elternrassen als auch die xWR-Kreuzungen nach NDV-Impfung geschützt. Die xWR-Kreuzungen haben Gruppen-einheitlicher höhere Antikörpertiter. Alle Rassen profitieren im humoralen Schutz von einer Boosterimpfung, der Unterschied ist bei ALT am größten.

Bei der zellulären Gedächtnisantwort gibt es bei den Elternrassen praxisrelevante Unterschiede. ALT profitieren auch hier von einem Boost und haben nach Boost eine stärkere zelluläre Antwort bei antigener Restimulation. RAM zeigen je nach T Zell Typ entweder keine Veränderung durch den Boost oder profitieren leicht. BIE reagieren insbesondere bei den zytotoxischen T Zellen in der Boost-Gruppe schlechter als in der Gruppe, die nur einmal geimpft wurde. Das ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass Impfschemata rassespezifisch etabliert werden sollten. Durch die Kreuzung mit WR wird der negative Effekt der Boosterimpfung bei den BIE aufgehoben, hier gibt es einen Benefit durch die Boosterimpfung, jedoch profitieren die ALTxWR und RAMxWR nicht mehr so prominent vom Boost oder haben generell eine schlechtere zelluläre Gedächtnisantwort.

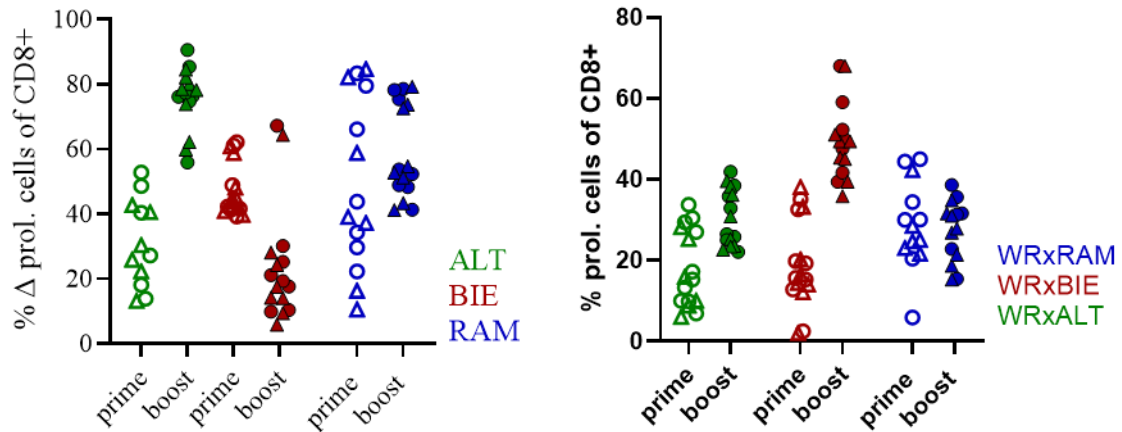


Abb. 2.4: *in vitro* Restimulation von Gedächtnis T Zellen nach Prime bzw. Prime/Boost NDV Impfung 8 Wochen nach der ersten Impfung, hier am Beispiel der zytotoxischen T Zellen. Leere Symbole: Prime Gruppe, volle Symbole: Prime/Boost Gruppe; Kreise: Restimulation mit Impfvirus, Dreiecke: Restimulation mit Feldvirus. Gezeigt ist die Proliferation der Zellen bereinigt um die nicht stimulierten Kontrollen.

Nach Infektion mit aviären Influenzaviren traten zwischen den Rassen deutliche Unterschiede in klinischem Verlauf, Mortalität, Viruslast, Virusausscheidung und Transmission auf.

Konkret überleben 6 Wochen alte RAM eine Infektion mit einem moderat virulenten Influenzavirus mit 90% am besten während bei ALT und BIE 40% der Tiere versterben.

Bei BIE und RAM konnte d4pi eine massive Infiltration von reaktiven cytotoxischen

Zellen in die Lunge gemessen werden. Dieser Befund korreliert mit geringerer oropharyngealer Ausscheidung 7 Tage nach Infektion (d7pi). Allein ALT erlauben Virustransmission auf ungeschützte Kontakt-Tiere, die erkranken und z.T. auch versterben.

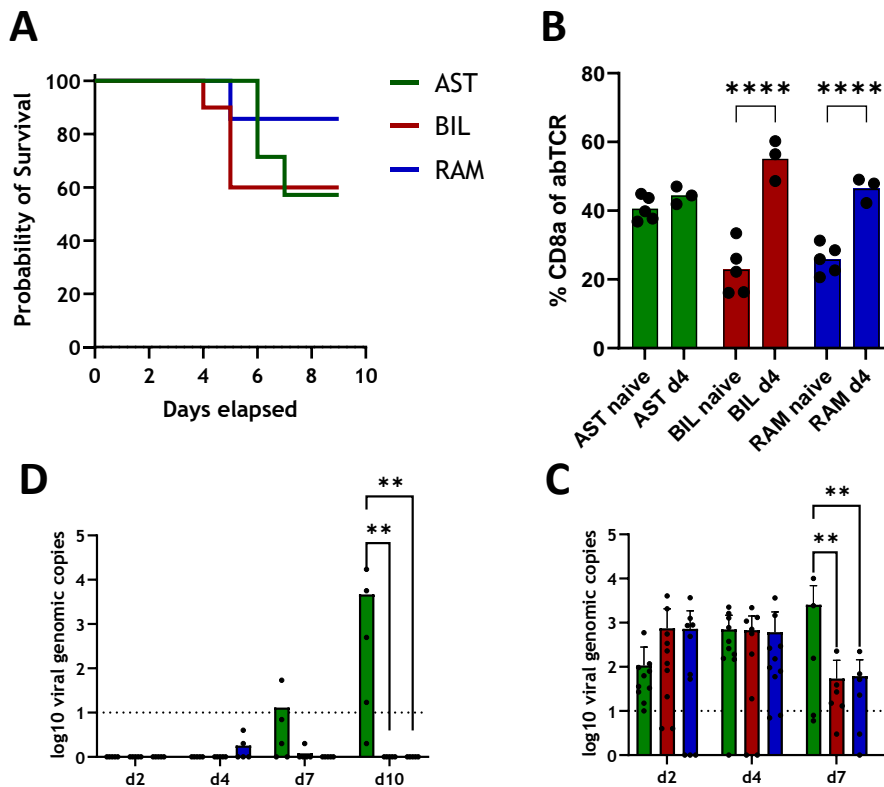


Abb. 2.5: Infektion von 6 Wochen alten Hühnern mit A/Teal/Germany/Wv632/2005

HAR65 Influenza Virus. (A) Überleben, (B) Infiltration von cytotoxischen T Zellen in die Lunge d4pi, die protektiv mit geringerer Ausscheidung d7pi korreliert (C), Allein ALT erlauben die Transmission des Virus (D).

Bei infizierten Legehennen am Leistungshöhepunkt in der 35. LW zeigte sich eine zeitlich verzögerte Ausprägung der klinischen Symptome im Vergleich zu jungen Tieren, begleitet von Beeinträchtigungen der Legeleistung und reproduktionsassoziierten Pathologien in Form von Bauchfell- und Eileiterentzündungen. In der histopathologischen Untersuchung fielen nahezu alle Tiere mit Mikroläsionen im Legeapparat auf, die ursächlich für eine Peritonitis durch bakterielle Sekundärinfektionen sein können. Es bleibt zu diskutieren, ob Tiere, die unter ökologischen Freilandbedingungen aufgewachsen wären, die Gelegenheit gehabt hätten, eine antibakterielle Immunkompetenz aufzubauen und somit die Influenzainfektion ohne die bakteriellen Komplikationen toleriert hätten.

AP 3 Knochenstabilität (Friedrich-Loeffler-Institut)

Nachfolgend werden die Unterschiede der Rassen sowie der Kreuzungen für die Merkmale der Legeleistung, der Körperwichte, der äußeren Eiqualität, der Merkmale des Brustbeins sowie physiologischer Blutparameter der Kalziumhomöostase, des Knochenumsatzes sowie der Sexualhormone dargestellt. Auswertungen der Zusammenhänge zwischen diesen Parametern lagen zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch nicht vor und bedürfen weiterführender Analysen.

Legeleistung

Die Gesamtlegeleistung der Reinzuchttiere als auch der Kreuzungstiere ist in Tabelle dargestellt. Die Kalkulation der Gesamtlegeleistung basiert auf den täglich abgesammelten Eiern je Abteil aller Hennen und schließt die verlegten Eier ein. Die Eizahl je Durchschnittshenne (DH) bezieht sich auf die Gesamtanzahl Hennentage und berücksichtigt die Verluste über die Zeit.

Tabelle 3.9: Legeleistung der Reinzuchttiere und der Kreuzungstiere von der 21. bis 72. Lebenswoche

| Genetik | Eizahl / DH gesamt (MW ± SD) | Anteil verlegte Eier (%) (MW ± SD) | Lebenswoche Legebeginn (10% LL) | Legespitze LW / % LL |
|----------------|------------------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------|
| Reinzuchttiere | | | | |
| ALT | 155,10 ^A ± 11,79 | 8,42 ^A ± 8,91 | 24 | 28 / 73% |
| BIE | 136,47 ^A ± 12,04 | 4,73 ^A ± 2,26 | 27 | 32 / 64% |
| RAM | 154,94 ^A ± 12,40 | 18,36 ^A ± 17,87 | 24 | 28 / 75% |
| Kreuzungstiere | | | | |
| ALTxWR | 271,38 ^B ± 12,32 | 1,91 ^A ± 1,70 | 22 | 25 / 91% |
| BIExWR | 288,85 ^{AB} ± 12,89 | 2,98 ^A ± 4,58 | 22 | 27 / 92% |
| RAMxWR | 298,93 ^A ± 4,76 | 3,13 ^A ± 5,82 | 20 | 26 / 97% |

Der Verlauf der Legeleistung der Reinzuchten und Kreuzungstiere über die Zeit ist in Abbildung dargestellt. Die Legeleistung der Kreuzungstiere unterscheidet sich deutlich von der Legeleistung der Reinzuchten. Die Gesamtlegeleistung pro Durchschnittshenne (DH), erfasst in fünf Abteilen pro Genotyp, unterscheidet sich zwischen den Rassen nicht signifikant, bei den Kreuzungen weisen die RAMxWR eine signifikant höhere Legeleistung auf als ALTxWR. Bezogen auf die Gesamtlegeleistung weisen die BIExWR die höchste Steigerung um 112% auf 285 Eier/DH auf, während die Gesamtlegeleistung mit 299 Eiern/DH bei den Kreuzungstieren RAMxWR 93 % höher als die der Reinzucht war.

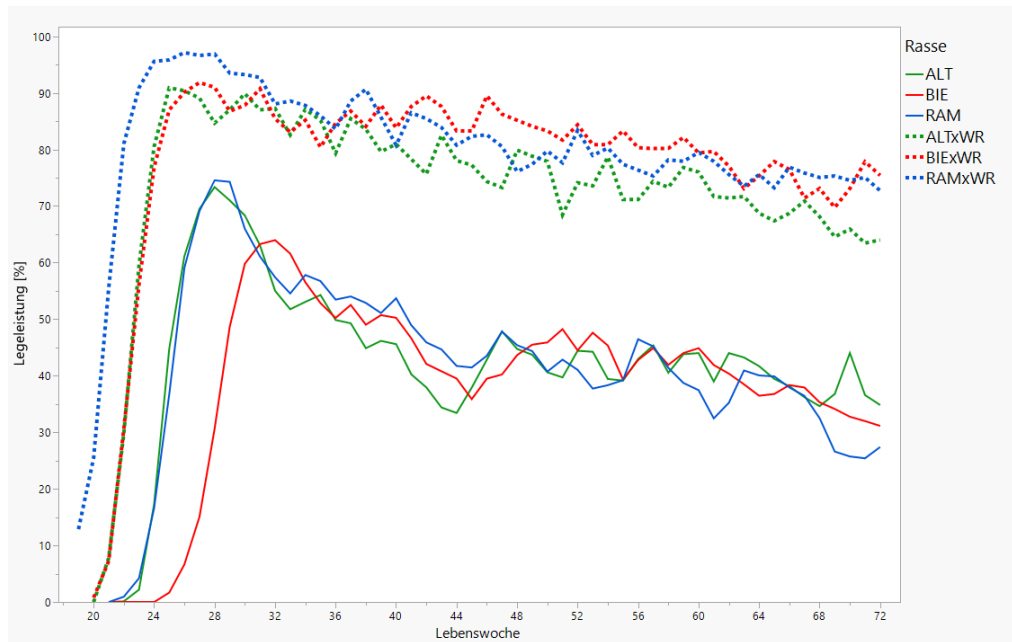


Abbildung 3.4: Verlauf der Legeleistung (%) der Reinzuchten ALT, BIE, RAM (volle Linien) sowie der Kreuzungen ALTxWR, BIExWR und RAMxWR (gestrichelte Linien) von der 18. bis zur 72. Lebenswoche

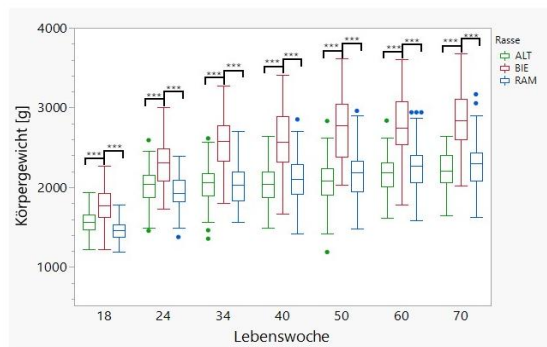
Der Zeitpunkt, zu dem 10% der Tiere eines Genotyps Eier legen, wurde als Legebeginn definiert. Bei den Reinzuchten war der Legebeginn für ALT und RAM in der 24. LW, während er für die BIE erst in LW27 erreicht wurde. Die Kreuzungen dagegen beginnen in einem früheren Alter mit dem Legen. ALTxWR und BIExWR starten in der 22. LW mit der Eiablage, während die Tiere der Kreuzungen RAMxWR bereits mit LW 20 den Legebeginn erreichen. Bezüglich der Legespitze treten ebenfalls erhebliche Unterschiede zwischen den Reinzuchten und den Kreuzungen auf. Die BIE Tiere erreichen die Legespitze als letzte der Reinzuchtrassen (LW 32). Die Legespitze der Kreuzungstiere fällt insgesamt deutlich früher aus als bei den Reinzuchten. Die BIExWR Tiere erreichten die Legespitze als letzte Gruppe der drei Kreuzungen (LW 27).

In Tabelle sind neben der Gesamtlegeleistung auch die Legeleistungen dargestellt, die auf einer individuellen Erfassung der Eizahl im WSMN beruhen (Eizahl/DH – Nest). Diese fällt im Vergleich zur Gesamtlegeleistung in allen Fällen geringer aus, insbesondere bei der Rasse RAM. Diese Differenz erklärt sich aus dem hohen Anteil der auf den Boden verlegten Eier sowie der Eier, die nicht durch das WSMN korrekt der Henne zugeordnet wurden.

Körpergewichte

In der Abbildung sind die Körpergewichte der Hennen der Reinzuchten als auch der Kreuzungen an sieben Messzeitpunkten zwischen der 18. und der 70. Lebenswoche dargestellt.

Reinzuchten



Kreuzungen

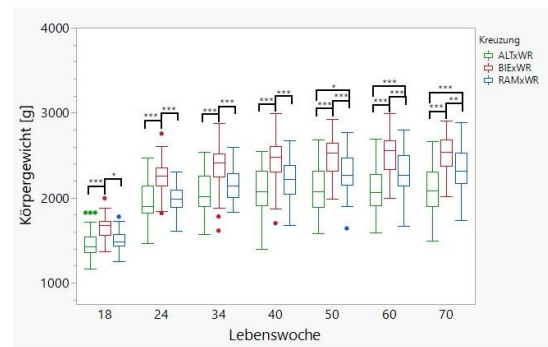


Abbildung 3.5: Entwicklung der Körpergewichte der Hennen der drei Reinzuchtrassen ALT, BIE und RAM sowie der Kreuzungen ALTxWR, BIExWR und RAMxWR von der 18. bis zur 70. Lebenswoche

Bei den Reinzuchten waren die Körpergewichte der BIE-Hennen zu jedem Zeitpunkt signifikant höher als bei RAM und ALT, während sich die Gewichte von RAM und ALT nicht signifikant unterscheiden. Bei den Kreuzungen sind die Tiere der Kreuzung BIExWR Hennen ebenfalls zu jedem Zeitpunkt im Mittel signifikant schwerer auf als die Tiere der beiden anderen Kreuzungen. Die Gewichte von RAMxWR und ALTxWR unterschieden sich ab LW 50. Ab diesem Zeitpunkt sind die RAMxWR Kreuzungen signifikant schwerer als die ALTxWR Kreuzungen. Generell sind die Tiere der BIE Reinzuchten am schwersten, gefolgt von den BIE Kreuzungen. Das Gewicht der ALT und RAM Reinzuchten unterscheidet sich dagegen kaum von den jeweiligen Kreuzungen.

Knochenmerkmale

Im Fokus der Untersuchungen im AP3 stehen Merkmale der Knochengesundheit der Reinzuchtrassen ALT, BIE und RAM sowie der Kreuzungen dieser Rassen mit leistungsstarken Elterntierhennen (WR) der Legerichtung. Ein Teil der Laborarbeiten zur Bestimmung von Merkmalen des Tibiotarsus (Unterschenkelknochen) und des Humerus (Oberarmknochen) sind zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch nicht abgeschlossen. Nachfolgende Ergebnisdarstellung bezieht sich auf Veränderungen des Sternum (Brustbein) der Tiere in einer longitudinalen Betrachtung während der Legephase der Tiere von der 18. bis zur 72. Lebenswoche.

Verknöcherung des Brustbeins

Die Verknöcherung des Brustbeins wurde als vollständig abgeschlossen gewertet, wenn die Länge des verknöcherten Abschnitts der der Gesamtlänge des Kielknochens entsprach. In Tabelle sind die prozentualen Anteile der Tiere der Reinzuchten und der Kreuzungen zu verschiedenen Altersabschnitten dargestellt, bei denen die Verknöcherung des Brustbeins vollständig abgeschlossen war. In der 18.LW war bei keinem der Tiere weder bei den Reinzuchten noch bei den Kreuzungen die Verknöcherung des Brustbeins vollständig abgeschlossen. Zu diesem Zeitpunkt konnten keine signifikanten Unterschiede im Anteil des verknöcherten Brustbeins zwischen den drei Rassen der Reinzuchten gezeigt werden (ALT

66,54±1,47; BIE 68,30±1,74; RAM 64,30±1,26). Bei den Kreuzungstieren lag der Anteil des verknöcherten Brustbeins in vergleichbarer Höhe, wobei die Kreuzung BIExWR einen signifikant geringeren Anteil aufwies als die anderen beiden Kreuzungstypen (ALTxWR 70,46±0,98; BIExWR 65,83±0,61; RAMxWR 70,24±0,70). In der 34. LW erreichten alle Kreuzungshennen eine vollständige Verknöcherung des Brustbeins, während bei einem geringen Anteil Tiere der Reinzuchten die Verknöcherung noch nicht ganz abgeschlossen war. Ab der 40. LW war die Verknöcherung des Brustbeins bei allen Tieren der Reinzuchten und der Kreuzungen vollständig beendet.

Tabelle 3.10: Prozentualer Anteil der Hühner mit abgeschlossener Verknöcherung des Brustbeins

| Rasse | LW | Vollständige Verknöcherung [%] | Kreuzung | LW | Vollständige Verknöcherung [%] |
|-------|----|--------------------------------|----------|----|--------------------------------|
| ALT | 18 | 0 | ALTxWR | 18 | 0 |
| BIE | | 0 | BIExWR | | 0 |
| RAM | | 0 | RAMxWR | | 0 |
| | | | ALTxWR | 24 | 62,96 |
| | | | BIExWR | | 73,58 |
| | | | RAMxWR | | 74,55 |
| ALT | 34 | 97,37 | ALTxWR | 34 | 100 |
| BIE | | 92,86 | BIExWR | | 100 |
| RAM | | 93,18 | RAMxWR | | 100 |

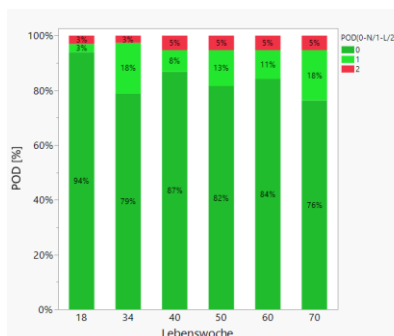
Brustbeindeformation

Um den Schweregrad der Abweichungen zu bewerten, wurde der prozentuale Anteil der abweichenden Kielknochenfläche (POD) berechnet. Nach Ausschluss der Brustbeine, die keine Verformung zeigten, wiesen die POD Werte eine zweigipflige Verteilung sowohl bei den Reinzuchten als auch bei den Kreuzungen auf, die entweder ≤ 5% oder > 5% POD Werte aufwiesen. Darauf basierend wurden drei Kategorien POD formuliert (0 – keine Deformation; 1 - POD Werte ≤ 5%; 2 - POD > 5%).

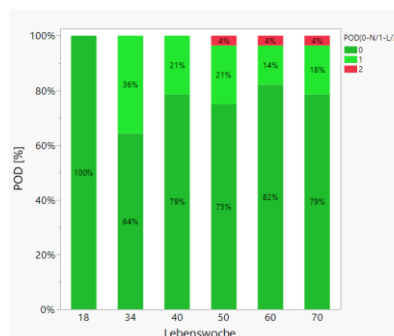
Reinzuchten

Bei den Reinzuchten traten POD-Werte der Kategorie 2 (deutliche Deformationen des Brustbeins) in nur geringem Maße bei Tieren der Rasse ALT und ab der 50. LW auch der Rasse BIE auf. Bei der Rasse RAM traten Deformationen dieser Kategorie gar nicht auf (Abbildung).

ALT



BIE



RAM

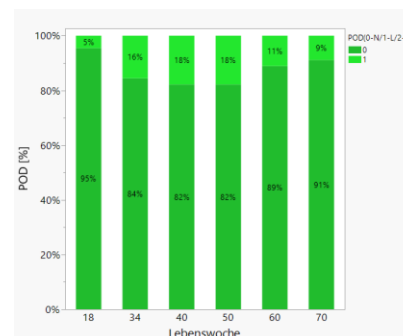


Abbildung 3.6: Anteil Tiere der Reinzuchten ALT, BIE, RAM ohne (dunkelgrün), mit minimaler (POD-Kategorie 1, hellgrün) und mit deutlicher Deformation des Brustbeins (POD-Kategorie 2, rot) (siehe Erklärung Text)

Der Grad der Abweichungen in Prozent zur angenommenen Gesamtfläche (ohne Deformation) der Kategorie 1 ist im Mittel etwa 2,5%

Tabelle 3.11: Brustbeindeformation (POD; %) der Kategorien 1 und 2 zu unterschiedlichen Alterszeitpunkten der Reinzuchten ALT, BIE, RAM

| LW | | N | 18 | 34 | N | 40 | N | 50 | N | 60 | N | 70 | |
|-----|---|---|-------------|----|-------------|----|--------------|----|--------------|----|--------------|----|--------------|
| ALT | | 1 | 3,45 | 7 | 1,51 ± 0,83 | 3 | 3,10 ± 0,96 | 5 | 2,46 ± 0,80 | 4 | 2,61 ± 0,71 | 7 | 2,13 ± 1,03 |
| BIE | 1 | 0 | | 10 | 1,93 ± 1,51 | 6 | 2,73 ± 2,05 | 6 | 2,87 ± 1,45 | 4 | 2,92 ± 1,56 | 5 | 3,07 ± 2,15 |
| RAM | | 2 | 1,74 ± 0,07 | 7 | 1,87 ± 1,74 | 8 | 2,65 ± 1,52 | 8 | 2,77 ± 1,19 | 5 | 2,80 ± 1,50 | 4 | 2,89 ± 1,12 |
| ALT | | 1 | 13,82 | 1 | 17,20 | 2 | 13,92 ± 5,09 | 2 | 15,02 ± 0,97 | 2 | 12,92 ± 0,05 | 2 | 16,64 ± 1,72 |
| BIE | 2 | 0 | | 0 | | 0 | | 1 | 15,65 | 1 | 11,18 | 1 | 13,14 |
| RAM | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |

Kreuzungen

Bei den Kreuzungstieren weisen nur zwei Tiere der Kreuzung RAMxWR in der 70.LW POD-Werte der höheren Kategorie auf (Abbildung).

Abbildung 3.7: Anteil Tiere der Kreuzungen ALTxWR, BIExWR, RAMxWR ohne (dunkelgrün), mit minimaler (POD-Kategorie 1, hellgrün) und mit deutlicher Deformation des Brustbeins (POD-Kategorie 2, rot)

Die Abweichungen der Kategorie 1 sind bei den Kreuzungen im Mittel etwa 1% geringer als bei den Reinzuchten.

Tabelle 3.121: Brustbeindeformation (POD; %) der Kategorien 1 und 2 zu unterschiedlichen Alterszeitpunkten der Kreuzungen ALTxWR, BIExWR, RAMxWR

| LW | | N | 18 | N | 24 | N | 34 | N | 40 | N | 50 | N | 60 | N | 70 |
|--------|---|----|-------------|----|-------------|----|-------------|---|-------------|----|-------------|----|-------------|----|-------------|
| ALTxWR | | 6 | 0,91 ± 0,34 | 13 | 1,72 ± 0,62 | 15 | 1,76 ± 0,46 | 8 | 1,49 ± 0,40 | 13 | 1,53 ± 0,34 | 13 | 1,79 ± 0,60 | 22 | 1,45 ± 0,62 |
| BIExWR | 1 | 10 | 1,29 ± 0,45 | 17 | 1,67 ± 0,81 | 3 | 1,51 ± 0,60 | 8 | 1,60 ± 0,38 | 16 | 1,42 ± 0,45 | 17 | 1,27 ± 0,49 | 15 | 1,23 ± 0,39 |
| RAMxWR | | 6 | 1,24 ± 0,66 | 22 | 1,38 ± 0,68 | 11 | 1,38 ± 0,51 | 6 | 1,50 ± 0,53 | 16 | 1,20 ± 0,61 | 20 | 1,52 ± 0,91 | 20 | 1,20 ± 0,67 |
| ALTxWR | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| BIExWR | 2 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| RAMxWR | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 1 | 6,42 | 2 | 6,86 ± 0,09 | | |

Insgesamt fällt auf, dass die Anteile betroffener Tiere mit einem POD der Kategorie 1 zwischen den Beobachtungstagen bei Reinzuchten als auch bei Kreuzungen erheblich schwanken. Das legt nahe, dass es sich bei so geringen Deformationen um technische Artefakte der Röntgenbilder handeln könnte, da eine latero-laterale Aufnahme die Deformation nur eingeschränkte darstellen kann.

Frakturen

Die Schweregrade der Frakturen des gesamten Brustbeins wurden in vier Kategorien unterteilt; 0 – keine Fraktur; 1-leichte Frakturen, 2- eine schwere Fraktur und 3 – mehrere Frakturen, mindestens eine davon schwer. Die Frakturnoten wurden mittels GLMM auf der Grundlage einer Poisson-Verteilung analysiert.

Reinzucht

Die Scores der Brustbeinschäden stiegen bei Reinzuchten mit zunehmendem Alter signifikant an (Abbildung). Bei der Rasse ALT war ein stärkerer Anstieg zu beobachten als bei den anderen Rassen. Der geringste Anstieg der Brustbeinscores über die Zeit trat bei der Rasse BIE auf, die signifikant niedrigere Werte hatten als die Rassen ALT und RAM. RAM Hühner hatten KBD Werte im mittleren Bereich, ohne dass sie sich signifikant von den Werten der Rasse ALT unterschieden.

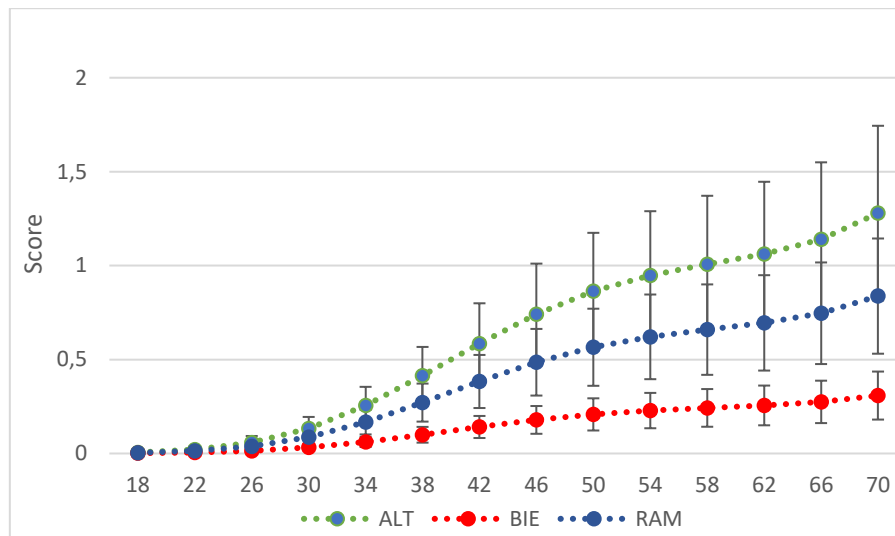


Abbildung 3.8: Verlauf der Brustbeinschäden (Scores, Y-Achse) der drei Rassen ALT, BIE und RAM über die Zeit von der 18. bis zur 70. Lebenswoche (X-Achse)

Insgesamt zeigten die Tiere der Rasse BIE im Mittel die signifikant geringsten Brustbeinschäden, während die Tiere der Rasse RAM im mittleren Bereich lagen und die der Rasse ALT am stärksten betroffen waren.

Kreuzung

Ebenso wie bei den Reinzuchten stiegen auch bei den Kreuzungen die Scores der Brustbeinschäden mit zunehmendem Alter signifikant an (Abbildung).

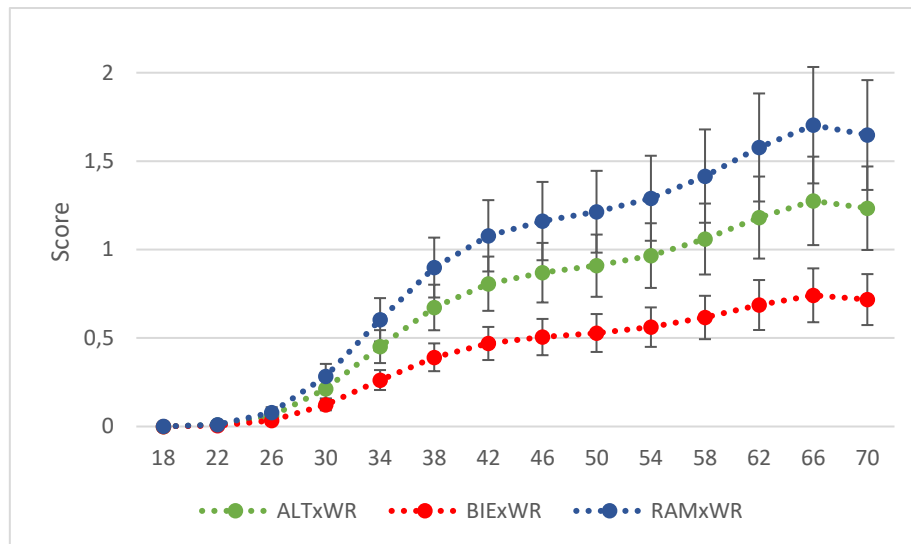


Abbildung 3.9: Verlauf der Brustbeinschäden (Scores, Y-Achse) der Kreuzungen ALTxWR, BIExWR und RAMxWR über die Zeit von der 18. bis zur 70. Lebenswoche (X-Achse)

Dabei wiesen die Tiere der BIExWR Kreuzungen signifikant niedrigere Werte auf als die RAMxWR Hennen. Bei den RAMxWR Hennen war im Laufe der Zeit ein stärkerer Anstieg der Scores zu beobachten als bei den anderen Kreuzungen. Die ALTxWR Kreuzungstiere lagen im mittleren Bereich und unterschieden sich nicht signifikant von den beiden anderen Kreuzungstypen.

Insgesamt waren die KBD Scores bei den Kreuzungshühnern höher als bei den reinrassigen Hühnern. Zu beachten ist, dass bei den Kreuzungen die BIExWR die geringsten Brustbeinschäden aufwiesen, wie es im Vergleich zu den Reinzuchten auch bei Tieren der Rasse BIE zu beobachten war.

Knochenmineraldichte

Röntgendichte intra vitam

Die Röntgendichte (RD) wurde an sechs bei den Reinzuchten und an sieben Zeitpunkten bei den Kreuzungen wiederholt erfasst. Die dargestellten Ergebnisse beruhen auf dem Mittelwert einer Erfassung quadratischer Bereiche im kranialen und medialen Bereich des Brustbeins, unter Vermeidung von Bereichen mit Kallusbildung wie bei (Hildebrand u. a. 2026) beschrieben.

Tabelle 3.13: Einfluss des Genotyps (GT), der Lebenswoche (LW) und der Interaktion zwischen Genotyp und Lebenswoche (GTxLW) auf die Röntgendichte des Brustbeins der Reinzuchten und der Kreuzungen sowie Least Square Means (LSM) und Standardfehler des Genotyps über alle Zeitpunkte sowie des Lebensalters (LW) über alle Genotypen

| Effekt | Reinzuchten | Kreuzungen | |
|--------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------|
| GT | F = 4,53 (p=0,0130) | F = 1,06 (p=0,3484) | |
| LW | F = 205,00 (p<,0001) | F = 228,51 (p<,0001) | |
| GT x LW | F = 1,99 (p=0,0325) | F = 4,32 (p<,0001) | |
| Genotyp (GT) | | | |
| LSM ± SE | | | |
| ALT | 3,17 ^A ± 0,04 | ALT x WR | 3,16 ^A ± 0,03206 |
| BIE | 3,15 ^{AB} ± 0,05 | BIE x WR | 3,14 ^A ± 0,03179 |
| RAM | 3,01 ^B ± 0,04 | RAM x WR | 3,09 ^A ± 0,03168 |
| Alter | | | |

| | | | |
|----|--------------------------|----|--------------------------|
| 18 | 2,77 ^E ± 0,04 | 18 | 2,78 ^D ± 0,02 |
| 34 | 2,63 ^F ± 0,04 | 24 | 2,98 ^C ± 0,02 |
| 40 | 3,19 ^C ± 0,04 | 34 | 3,02 ^C ± 0,02 |
| 50 | 3,45 ^B ± 0,04 | 40 | 3,14 ^B ± 0,02 |
| 60 | 3,00 ^D ± 0,04 | 50 | 3,31 ^A ± 0,02 |
| 70 | 3,62 ^A ± 0,04 | 60 | 3,35 ^A ± 0,02 |
| | | 70 | 3,32 ^A ± 0,02 |

Bei den Reinzuchttieren hat die Rasse (GT), das Lebensalter (LW) sowie deren Interaktion einen signifikanten Einfluss auf die RD, während bei den Kreuzungen der Genotyp keinen signifikanten Effekt hat (Tabelle). Bei den Kreuzungen steigen die RD-Werte mit zunehmendem Alter kontinuierlich an. Demgegenüber ist das Bild bei den Reinzuchttieren heterogener. Von der 18.LW zur 34.LW nehmen die mittleren RD-Werte nicht zu, steigen danach an. Nach der 50.LW ist ein signifikanter Abfall der RD-Werte zu beobachten, die nach der 60. LW wieder ansteigt.

Über den gesamten Zeitraum sind die mittleren RD-Werte der Tiere der Rasse ALT signifikant höher als die der Rasse RAM, wobei dieser Unterschied zwischen beiden Rassen signifikant in der 34. LW auftritt. Bei den Kreuzungstieren unterscheiden sich die RD-Werte zu keinem Zeitpunkt signifikant zwischen den Genotypen (Abbildung 3.101). Im Vergleich zwischen Reinzuchttieren und Kreuzungstieren bewegen sich die RD-Werte im annähernd gleichen Bereich.

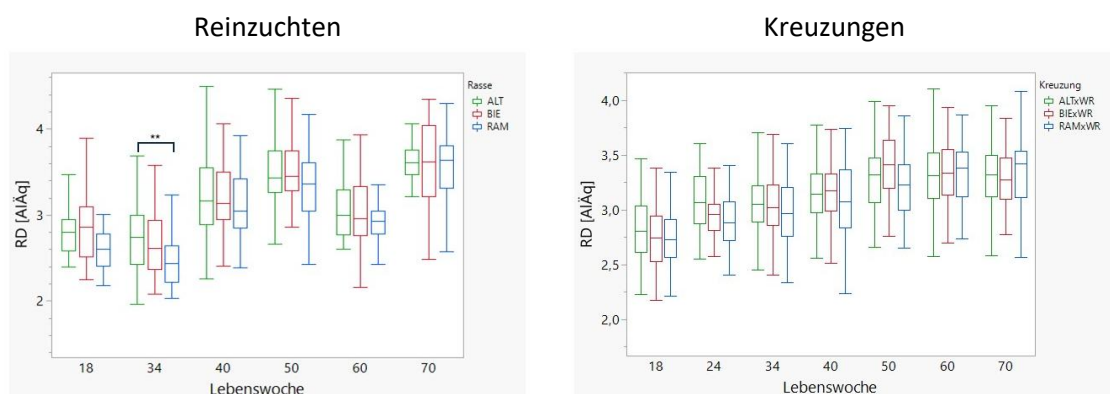


Abbildung 3.101: Mittlere Röntgendichte (RD-Quadrat) der Reinzuchten sowie der Kreuzungen in der 30., 50. Und 70. Lebenswoche. * markiert signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb des Messzeitpunkts (* p<0,05; ** p<0,01; * p<0,001)**

Knochenmineraldichte post mortem

Die Knochenmineraldichte (Bone Mineral Density; BMD in g/cm²) des Brustbeins wurde *post mortem* mittels Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie (DXA) analysiert. Innerhalb der lokalen Rassen weisen die Tiere der Rasse RAM eine signifikant niedrigere Knochenmineraldichte auf, während zwischen den Rassen ALT und BIE keine Unterschiede nachweisbar waren. Bei den Kreuzungstieren waren die mittleren Knochenmineraldichten bei den Tieren der Kreuzung RAMxWR ebenfalls am geringsten, während die Kreuzung ALTxWR statistisch nicht abgrenzbar

ist von den Tieren der BIE x WR Kreuzung. Im Vergleich fällt auf, dass die BMD-Werte der Reinzuchttiere etwas höher ausfallen als die der Kreuzungstiere.

Tabelle 3.14: LSM und SE der Knochenmineraldichte (BMD g/cm²) post mortem des Brustbeins von Hennen der Reinzuchten (ALT, BIE, RAM) der Kreuzungen (ALT x WR, BIE x WR, RAM x WR)

| Rasse | BMD (g/cm ²) | Kreuzung | BMD (g/cm ²) |
|-------|----------------------------|----------|----------------------------|
| ALT | 0,232 ^A ± 0,004 | ALT x WR | 0,208 ^A ± 0,004 |
| BIE | 0,237 ^A ± 0,004 | BIE x WR | 0,211 ^A ± 0,004 |
| RAM | 0,215 ^B ± 0,004 | RAM x WR | 0,194 ^B ± 0,004 |

Blutparameter

Longitudinal wurden wiederholt Blutproben von den Reinzuchtieren (Prüfzeitpunkte in der 18., 34., 40., 50., 60. und 70.LW) und den Kreuzungstieren (Prüfzeitpunkte in der 18., 24., 34., 40., 50., 60. und 70.LW) gewonnen und verschiedene Parameter der Kalziumhomöostase, des Knochenumsatzes und für zwei für die Knochenphysiologie relevanter Sexualhormone mittels ELISA Technik bestimmt.

Gesamtkalziumkonzentration

Übereinstimmend zwischen den Reinzuchten und den Kreuzungen steigt der Gesamtkalziumspiegel im Blutplasma von Werten in der 18.LW von etwa 2 mmol/l deutlich an (Tabelle). In der 34.LW liegt der Gesamtkalziumspiegel bei den Reinzuchtieren im Mittel bei 4,26 mmol/l, während der Spiegel bei den Kreuzungen im Mittel über alle Kreuzungen höher war (5,77 mmol/l). Nach diesem Zeitpunkt verändert sich die mittlere Gesamtkalziumkonzentration über die Zeit nur noch geringfügig und bleibt bis zur 70. LW auf einem hohen Niveau.

Tabelle 3.15: Einfluss des Genotyps (GT), der Lebenswoche (LW) und der Interaktion zwischen Genotyp und Lebenswoche (GT x LW) auf den Gesamtkalziumspiegel (mmol/l) im Blutplasma der Reinzuchten und der Kreuzungen sowie Least Square Means (LSM) und Standardfehler des Genotyps über alle Zeitpunkte sowie des Lebensalters (LW) über alle Genotypen

| Effekt | Reinzuchten | Kreuzungen | |
|--------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| GT | F = 11,61 (p < 0,0001) | F = 2,48 (p = 0,0870) | |
| LW | F = 20,08 (p < 0,0001) | F = 189,36 (p < 0,0001) | |
| GT x LW | F = 3,88 (p < 0,0001) | F = 0,51 (p = 0,9073) | |
| Genotyp (GT) | | | |
| LSM ± SE | | | |
| ALT | 4,25 ^A ± 0,14 | ALT x WR | 5,18 ^A ± 0,10 |
| BIE | 3,78 ^{AB} ± 0,17 | BIE x WR | 5,48 ^A ± 0,10 |
| RAM | 3,33 ^B ± 0,13 | RAM x WR | 5,27 ^A ± 0,10 |
| Alter | | | |
| 18 | 2,23 ^{EF} ± 0,32 | 18 | 2,08 ^D ± 0,11 |
| | | 24 | 5,19 ^C ± 0,11 |
| 34 | 4,26 ^{BC} ± 0,29 | 34 | 5,77 ^B ± 0,11 |
| 40 | 4,13 ^{BC} ± 0,29 | 40 | 6,38 ^A ± 0,11 |
| 50 | 4,74 ^{AB} ± 0,30 | 50 | 6,06 ^{AB} ± 0,11 |
| 60 | 4,30 ^{BC} ± 0,29 | 60 | 5,72 ^B ± 0,11 |
| 70 | 5,85 ^A ± 0,32 | 70 | 5,98 ^{AB} ± 0,12 |

Im Mittel über die Zeit haben bei den Reinzuchten die ALT Tiere die höchste Gesamtkalziumkonzentration, die RAM Tiere die niedrigste Konzentration. Diese Unterschiede sind auf einen signifikant erhöhten Gesamtkalziumspiegel der ALT Tiere in der 70. LW zurückzuführen, der bei diesen Tiere nach der 60.LW nochmal deutlich ansteigt. Bei den Kreuzungen bestehen keine signifikanten Unterschiede (Abbildung).

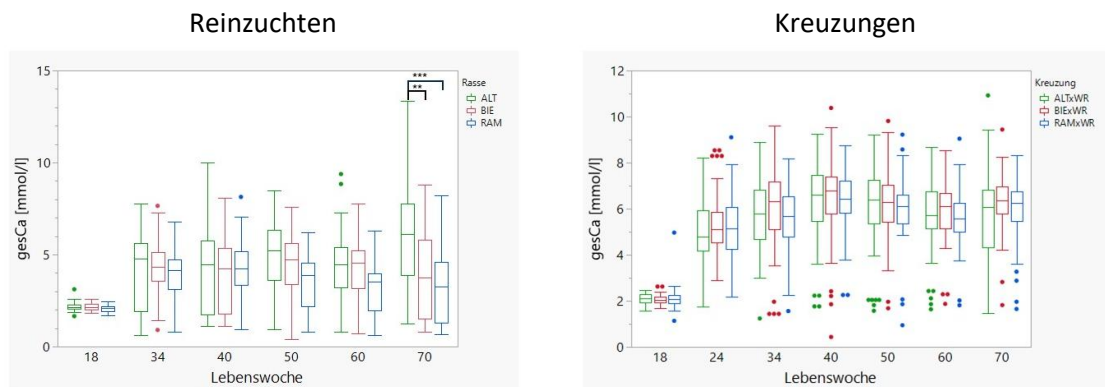


Abbildung 3.11: Mittlere Gesamtkalziumgehalte im Blutplasma (mmol/l) der Reinzuchten sowie der Kreuzungen an den Prüfzeitpunkten (Lebensalter in Wochen). * markiert signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb des Messzeitpunkts (*p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001)

Ionisierter Kalziumspiegel

Die Konzentration des ionisierten Kalziums im Blutplasma der Tiere war in der 18.LW signifikant niedriger als in den nachfolgenden Altersabschnitten sowohl bei den Reinzuchttieren als auch bei den Kreuzungen. Nach Erreichen eines Maximums in der 34.LW sinkt die Konzentration in beiden Versuchsgruppen leicht ab, bleibt jedoch über den gesamten Zeitraum mit ca. 1,5 -1,6 mmol/l relativ konstant. Die Interaktion zwischen dem Genotyp und dem Alter (GTxLW) war nur bei den Kreuzungen signifikant, bei den Reinzuchten jedoch nicht. Demgegenüber hatten der GT und die LW einen signifikanten Einfluss auf den Plasmaspiegel in beiden Versuchsgruppen (Tabelle 3.162).

Tabelle 3.162: Einfluss des Genotyps (GT), der Lebenswoche (LW) und der Interaktion zwischen Genotyp und Lebenswoche (GTxLW) auf die Konzentration des ionisierten Kalziums (mmol/l) im Blutplasma der Reinzuchten und der Kreuzungen sowie Least Square Means (LSM) und Standardfehler des Genotyps über alle Zeitpunkte sowie des Lebensalters (LW) über alle Genotypen

| Effekt | Reinzuchten | Kreuzungen | |
|--------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|
| GT | F = 19,46 (p < 0,0001) | F = 5,01 (p = 0,0078) | |
| LW | F = 19,93 (p < 0,0001) | F = 80,12 (p < 0,0001) | |
| GT x LW | F = 1,44 (p < 0,1606) | F = 8,92 (p < 0,0001) | |
| Genotyp (GT) | | | |
| LSM ± SE | | | |
| ALT | 1,57 ^B ± 0,01 | ALT x WR | 1,54 ^B ± 0,01 |
| BIE | 1,62 ^A ± 0,01 | BIE x WR | 1,58 ^A ± 0,01 |
| RAM | 1,51 ^C ± 0,01 | RAM x WR | 1,57 ^{AB} ± 0,01 |
| Alter | | | |
| 18 | 1,44 ^D ± 0,02 | 18 | 1,40 ^D ± 0,01 |
| 34 | 1,63 ^A ± 0,02 | 24 | 1,65 ^{AB} ± 0,01 |
| 40 | 1,62 ^{AB} ± 0,02 | 34 | 1,69 ^A ± 0,01 |
| 50 | 1,60 ^{ABC} ± 0,02 | 40 | 1,61 ^B ± 0,01 |
| 60 | 1,56 ^{BC} ± 0,02 | 50 | 1,52 ^C ± 0,01 |
| | | 60 | 1,42 ^D ± 0,01 |

70

1,55^c ± 0,02

70

1,64^{AB} ± 0,01

Im Mittel über die Zeit war die Konzentration des ionisierten Kalziums bei BIE signifikant höher, gefolgt von ALT und RAM bei den Reinzuchtieren, während bei den Kreuzungen die BIExWR Hennen die höchste mittlere Konzentration aufwiesen. Bei den Reinzuchten hatten die BIE Tiere in der 34. und 60. LW höhere Werte als die beiden anderen Rassen dieses Durchgangs. Bei den Kreuzungen traten signifikante Unterschiede zwischen RAMxWR und den beiden anderen Kreuzungstypen in der 50. und 60. LW auf (Abbildung 3.122). Die Konzentration des ionisierten Kalziums der Reinzuchten und Kreuzungen lagen auf einem vergleichbaren Niveau.

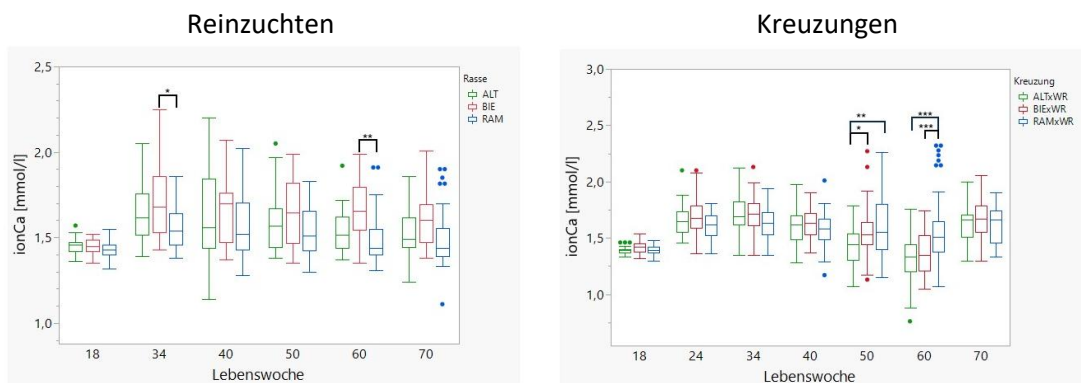


Abbildung 3.122: Mittlere Konzentration des ionisierten Kalziums im Blutplasma (mmol/l) der Reinzuchten sowie der Kreuzungen an den Prüfzeitpunkten (Lebensalter in Wochen). * markiert signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb des Messzeitpunkts (* p<0,05; ** p<0,01; * p<0,001)**

Phosphatkonzentration

Der Phosphatgehalt im Blutplasma ist ebenfalls signifikant beeinflusst durch den Genotyp (GT), das Lebensalter (LW) und der Interaktion von GT und LW, mit Ausnahme der Kreuzungen (Tabelle). Trotz signifikanter Unterschiede an den Beobachtungstagen von der 18. bis zur 70. LW zeigt der Phosphatgehalt über die Zeit ein relativ konstantes Niveau. Im Mittel über alle Zeitpunkte hatten die ALT Tiere den höchsten Phosphatgehalt bei den Reinzuchtieren, bei den Kreuzungen hatten die BIExWR Tiere die geringste Konzentration.

Tabelle 3.17: Einfluss des Genotyps (GT), der Lebenswoche (LW) und der Interaktion zwischen Genotyp und Lebenswoche (GTxLW) auf den Phosphatgehalt (mmol/l) im Blutplasma der Reinzuchten und der Kreuzungen sowie Least Square Means (LSM) und Standardfehler des Genotyps über alle Zeitpunkte sowie des Lebensalters (LW) über alle Genotypen

| Effekt | Reinzuchten | Kreuzungen | |
|---------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| GT | F = 8,95 (p < 0,0003) | F = 7,00 (p = 0,0012) | |
| LW | F = 3,93 (p < 0,0017) | F = 17,08 (p < 0,0001) | |
| GT x LW | F = 3,18 (p < 0,0006) | F = 1,21 (p = 0,2691) | |
| Genotyp (GT) | | | |
| LSM ± SE | | | |
| ALT | 1,61 ^A ± 0,03 | ALT x WR | 1,64 ^A ± 0,03 |
| BIE | 1,42 ^B ± 0,04 | BIE x WR | 1,54 ^B ± 0,03 |
| RAM | 1,49 ^B ± 0,03 | RAM x WR | 1,67 ^A ± 0,03 |
| Alter | | | |
| 18 | 1,62 ^A ± 0,04 | 18 | 1,57 ^B ± 0,03 |

| | | | |
|----|---------------------------|----|---------------------------|
| 34 | 1,54 ^{AB} ± 0,04 | 24 | 1,57 ^B ± 0,03 |
| 40 | 1,40 ^B ± 0,04 | 34 | 1,66 ^{AB} ± 0,03 |
| 50 | 1,54 ^{AB} ± 0,04 | 40 | 1,67 ^{AB} ± 0,03 |
| 60 | 1,46 ^{AB} ± 0,04 | 50 | 1,68 ^A ± 0,03 |
| 70 | 1,48 ^{AB} ± 0,04 | 60 | 1,42 ^C ± 0,03 |
| | | 70 | 1,73 ^A ± 0,03 |

Innerhalb der einzelnen Prüfzeitpunkte bestanden zwischen den Genotypen weder bei den Reinzuchten noch bei den Kreuzungen signifikante Unterschiede (Abbildung).

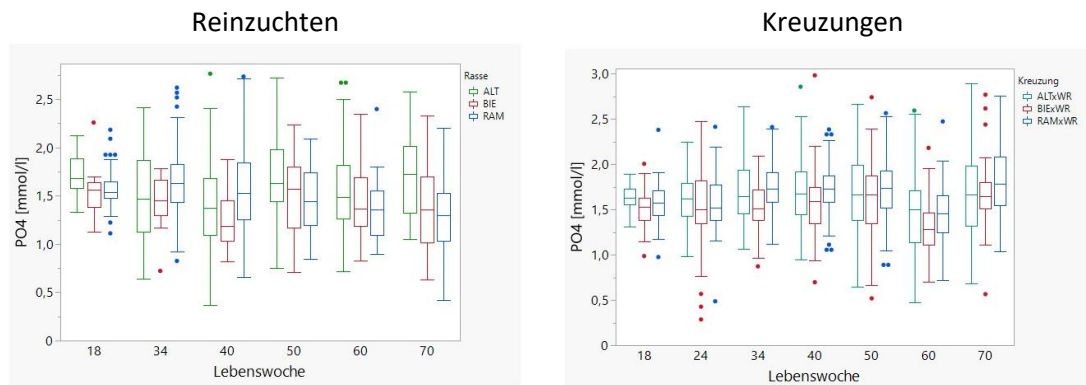


Abbildung 3.13: Mittlerer Phosphatgehalt (mmol/l) im Blutplasma der Reinzuchten sowie der Kreuzungen an den Prüfzeitpunkten (Lebensalter in Wochen). * markiert signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb des Messzeitpunkts (* p<0,05; ** p<0,01; * p<0,001)**

25-Hydroxy-Vitamin-D₃

25-Hydroxy-Vitamin-D₃ (25(OH)D₃; Calcidiol) ist die im Blut messbare Hauptspeicherform von Vitamin D und die Vorstufe des aktiven Hormons 1,25(OH)₂D₃ (Calcitriol), das den Kalzium- und Phosphathaushalt reguliert. Der Gehalt an 25(OH)D₃ war über den Untersuchungszeitraum signifikant beeinflusst durch den Genotyp (GT), das Lebensalter (LW) und der Interaktion von GT und LW, mit Ausnahme der Kreuzungen (Tabelle). Im Mittel über den Beobachtungszeitraum hatten bei den Reinzuchten die Tiere der Rasse BIE den höchsten Gehalt. Demgegenüber weisen die ALTxWR Kreuzungstiere im Mittel den höchsten Gehalt auf. Insgesamt wurden bei den Reinzuchttieren höhere Gehalte an 25(OH)D₃ festgestellt als bei den Kreuzungen.

Tabelle 3.18: Einfluss des Genotyps (GT), der Lebenswoche (LW) und der Interaktion zwischen Genotyp und Lebenswoche (GTxLW) auf den 25(OH)D₃ Gehalt (ng/ml) im Blutplasma der Reinzuchten und der Kreuzungen sowie Least Square Means (LSM) und Standardfehler des Genotyps über alle Zeitpunkte sowie des Lebensalters (LW) über alle Genotypen

| Effekt | Reinzuchten | Kreuzungen | |
|--------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| GT | F = 8,49 (p=0,0005) | F = 0,93 (p=0,0005) | |
| LW | F = 15,37 (p<0,0001) | F = 7,78 (p<0,0001) | |
| GT x LW | F = 2,26 (p=0,0141) | F = 1,30 (p=0,212) | |
| Genotyp (GT) | | | |
| LSM ± SE | | | |
| ALT | 24,59 ^B ± 1,23 | ALT x WR | 19,58 ^A ± 1,16 |
| BIE | 29,32 ^A ± 1,31 | BIE x WR | 17,36 ^A ± 1,14 |
| RAM | 22,25 ^B ± 1,13 | RAM x WR | 18,53 ^A ± 1,18 |
| Alter | | | |
| 18 | 24,48 ^B ± 1,04 | 18 | 18,47 ^A ± 0,90 |
| | | 24 | 21,03 ^A ± 0,90 |

| | | | |
|----|----------------------------|----|---------------------------|
| 34 | 28,03 ^A ± 1,04 | 34 | 18,84 ^A ± 0,90 |
| 40 | 26,45 ^{AB} ± 1,04 | 40 | 18,83 ^A ± 0,90 |
| 50 | 27,95 ^A ± 1,04 | 50 | 18,34 ^A ± 0,90 |
| 60 | 19,27 ^C ± 1,04 | 60 | 19,03 ^A ± 0,90 |
| 70 | 26,16 ^{AB} ± 1,04 | 70 | 14,90 ^B ± 0,90 |

Innerhalb der Prüfstage liegen die Werte der BIE in der 34. und 50. LW signifikant über denen der anderen Rassen bei den Reinzuchtstieren. Demgegenüber treten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kreuzungen innerhalb der jeweiligen Prüfstage auf. Über die Zeit ist die Beobachtung interessant, dass die Werte bei den Reinzuchtstieren nach der 50.LW signifikant abfallen und in der 70. Woche wieder das Niveau der 50.LW erreichen. Dieser Abfall ist bei den Kreuzungstieren nicht zu beobachten.

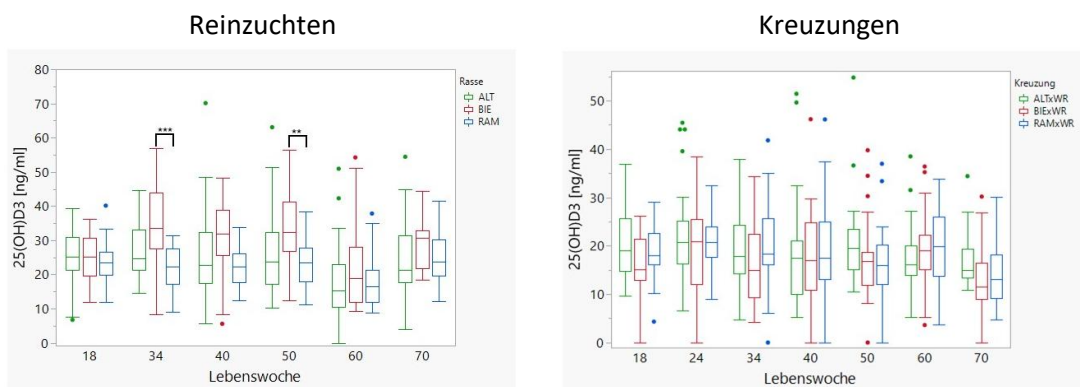


Abbildung 3.14: Mittlere Konzentration des 25(OH)D₃ Gehalts (ng/ml) im Blutplasma der Reinzuchten sowie der Kreuzungen an den Prüfzeitpunkten (Lebensalter in Wochen). * markiert signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb des Messzeitpunkts (* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001)

Osteocalcin

Osteocalcin wird spezifisch von Osteoblasten während des Knochenaufbaus gebildet und dient als Marker für die Knochenbildungsrate. Der Osteocalcingehalt wird signifikant vom Genotyp (GT), dem Lebensalter (LW) und der Interaktion zwischen GT und LW in den Reinzuchten und in den Kreuzungen beeinflusst (Tabelle). Im Mittel über den gesamte Prüfzeitraum sind die Werte der Reinzuchtstiere etwa doppelt so hoch wie bei den Kreuzungen. Innerhalb der Versuchsgruppen weisen die ALT Tiere signifikant höhere Gehalte auf als die anderen beiden Reinzuchtrassen. ALTxWR hat auch bei den Kreuzungen signifikant höhere Werte als BIExWR und RAMxWR.

Tabelle 3.19: Einfluss des Genotyps (GT), der Lebenswoche (LW) und der Interaktion zwischen Genotyp und Lebenswoche (GTxLW) auf den Osteocalcingehalt (ng/ml) im Blutplasma der Reinzuchten und der Kreuzungen sowie Least Square Means (LSM) und Standardfehler des Genotyps über alle Zeitpunkte sowie des Lebensalters (LW) über alle Genotypen

| Effekt | Reinzuchten | Kreuzungen | |
|--------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| GT | F = 11,58 (p<0,0001) | F = 27,83 (p<0,0001) | |
| LW | F = 158,68 (p<0,0001) | F = 351,47 (p<0,0001) | |
| GT x LW | F = 8,30 (p<0,0001) | F = 7,54 (p<0,0001) | |
| Genotyp (GT) | | | |
| LSM ± SE | | | |
| ALT | 65,648 ^A ± 4,01 | ALT x WR | 31,957 ^A ± 1,33 |
| BIE | 41,667 ^B ± 4,01 | BIE x WR | 20,184 ^B ± 1,30 |
| RAM | 42,366 ^B ± 4,01 | RAM x WR | 19,459 ^B ± 1,33 |

| Alter | | | |
|-------|----------------------------|----|----------------------------|
| 18 | 135,19 ^A ± 3,83 | 18 | 90,927 ^A ± 1,65 |
| 34 | 29,03 ^B ± 3,80 | 24 | 13,253 ^B ± 1,65 |
| 40 | 39,49 ^B ± 3,80 | 34 | 11,081 ^B ± 1,66 |
| 50 | 33,02 ^B ± 3,80 | 40 | 11,935 ^B ± 1,66 |
| 60 | 32,46 ^B ± 3,80 | 50 | 13,177 ^B ± 1,66 |
| 70 | 30,17 ^B ± 3,80 | 60 | 12,882 ^B ± 1,66 |
| | | 70 | 13,813 ^B ± 1,66 |

Bei Betrachtung der Unterschiede der Werte innerhalb der Prüfzeitpunkte wird deutlich, dass der höhere durchschnittliche Osteocalcingehalt der ALT Tiere als auch bei den Kreuzungen der ALTxWR Tiere durch signifikant höhere Werte in der 18.LW begründet sind. Dabei ist insbesondere der Verlauf mit ansteigendem Lebensalter zu beachten. Die Werte fallen bei allen Genotypen von einem hohen Niveau in der 18.LW auf ein niedriges Niveau zu späteren Zeitpunkten ab, das dann relativ konstant niedrig bleibt (

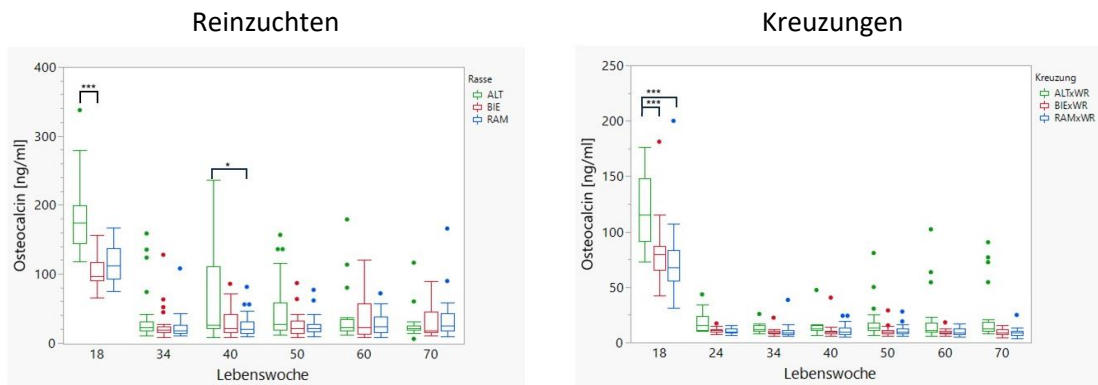


Abbildung).

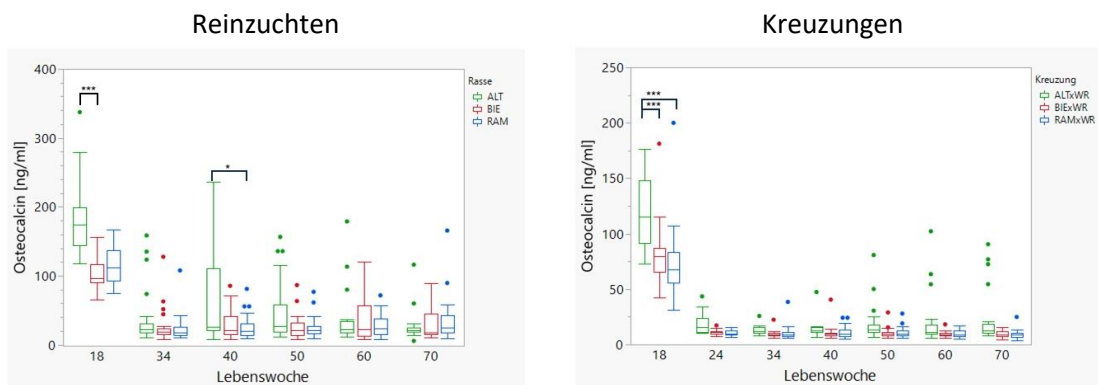


Abbildung 3.15: Mittlere Konzentration von Osteocalcin (ng/ml) im Blutplasma der Reinzuchten sowie der Kreuzungen an den Prüfzeitpunkten (Lebensalter in Wochen). * markiert signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb des Messzeitpunkts (* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001)

CTX-I

CTX-I (C-terminalen Telopeptide von Typ-I-Kollagen) ist ein Abbauprodukt von Kollagen I. Dieser Parameter wird als Indikator für den Knochenabbau verwendet. Der Genotyp hat

weder bei den Reinzuchten noch bei den Kreuzungen einen signifikanten Effekt (Tabelle). Die CTX-I Werte waren bei den Reinzuchttieren etwas höher als bei den Kreuzungen.

Tabelle 3.20: Einfluss des Genotyps (GT), der Lebenswoche (LW) und der Interaktion zwischen Genotyp und Lebenswoche (GTxLW) auf den CTX_I Gehalt (ng/ml) im Blutplasma der Reinzuchten und der Kreuzungen sowie Least Square Means (LSM) und Standardfehler des Genotyps über alle Zeitpunkte sowie des Lebensalters (LW) über alle Genotypen

| Effekt | Reinzuchten | Kreuzungen | |
|--------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| GT | F = 0,12 (p=0,8893) | F = 5,23 (p=0,0075) | |
| LW | F = 11,31 (p<0,0001) | F = 126,53 (p<0,0001) | |
| GT x LW | F = 1,50 (p=0,1365) | F = 0,80 (p=0,6487) | |
| Genotyp (GT) | | | |
| LSM ± SE | | | |
| ALT | 0,46 ^A ± 0,06 | ALT x WR | 0,29 ^A ± 0,02 |
| BIE | 0,47 ^A ± 0,06 | BIE x WR | 0,20 ^B ± 0,02 |
| RAM | 0,43 ^A ± 0,06 | RAM x WR | 0,21 ^B ± 0,02 |
| Alter | | | |
| 18 | 0,82 ^A ± 0,06 | 18 | 0,93 ^A ± 0,03 |
| | | 24 | 0,076 ^B ± 0,03 |
| 34 | 0,23 ^C ± 0,06 | 34 | 0,08 ^B ± 0,03 |
| 40 | 0,35 ^{BC} ± 0,06 | 40 | 0,10 ^B ± 0,03 |
| 50 | 0,43 ^{BC} ± 0,06 | 50 | 0,14 ^B ± 0,03 |
| 60 | 0,38 ^{BC} ± 0,06 | 60 | 0,15 ^B ± 0,03 |
| 70 | 0,51 ^B ± 0,06 | 70 | 0,15 ^B ± 0,03 |

Über die Zeit ist der Verlauf des CTX- I Gehalts zwischen Reinzuchten und Kreuzungen sehr ähnlich. In der 18.LW ist der Gehalt deutlich erhöht im Vergleich zu den späteren Alterszeitpunkten und bleibt nach der 18.LW auf einem gleichbleibend niedrigen Niveau (

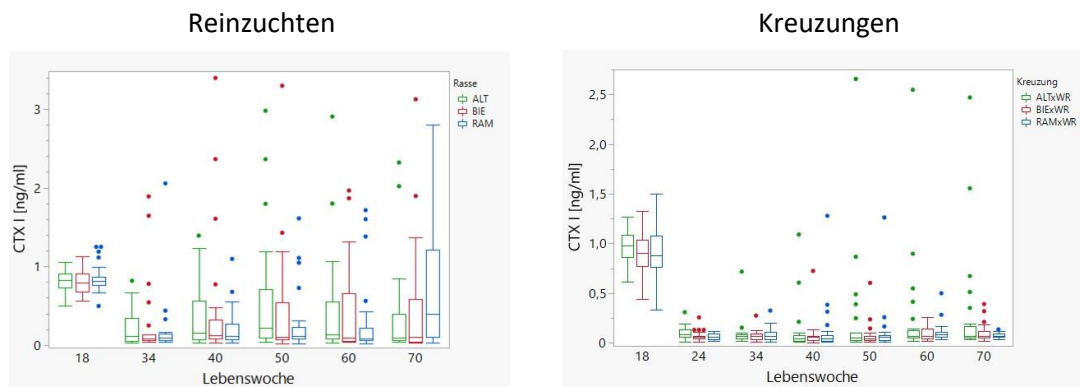
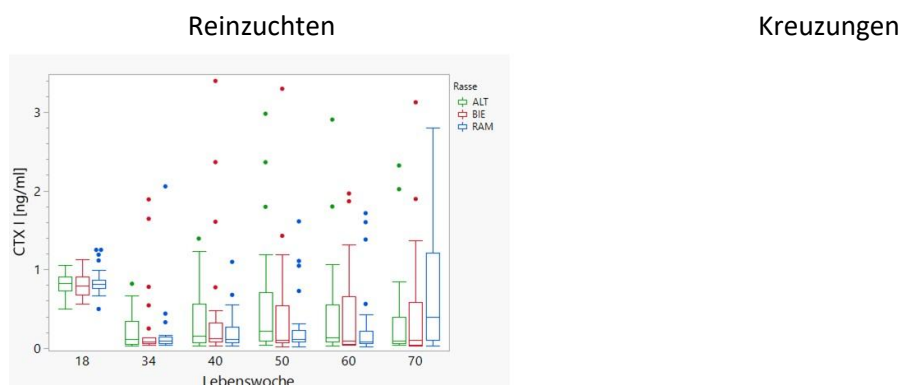


Abbildung). Signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb der Prüftage traten zu keinem Zeitpunkt auf, weder bei den Reinzuchten noch bei den Kreuzungen.



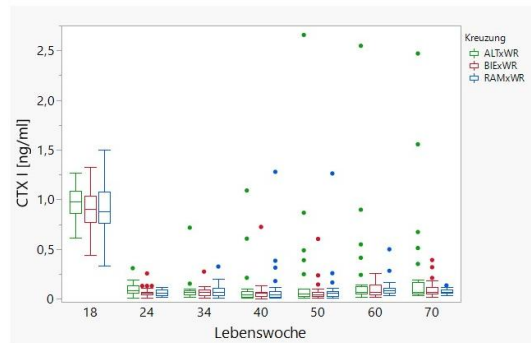


Abbildung 3.16: Mittlere Konzentration des CTX_I Gehalts (ng/ml) im Blutplasma der Reinzuchten sowie der Kreuzungen an den Prüfzeitpunkten (Lebensalter in Wochen). * markiert signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb des Messzeitpunkts (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

17 β -Estradiol

17 β -Estradiol (E2) ist ein zentrales Sexualhormon, das auch bei Hühnern eine zentrale Rolle in der Fortpflanzung und Stoffwechsel spielt. 17 β -Estradiol ist an der Regulation des Knochenumbaus beteiligt. Der Genotyp (GT), das Lebensalter (LW) als auch die Interaktion zwischen GT und LW beeinflussen signifikant den Gehalt dieses Hormons im Blutplasma der Tiere sowohl in den Reinzuchten als auch in den Kreuzungen (Tabelle). Bei den Reinzuchten hatten die Tiere der Rasse ALT die signifikant höchste Konzentration im Mittel über den Beobachtungszeitraum, gefolgt von BIE und ALT. Bei den Kreuzungen hatte wiederum die Kreuzung ALTxWR die signifikant höchsten Werte, während sich die Werte der anderen beiden Kreuzungen nicht voneinander unterschieden. Die Konzentrationen dieses Hormons lagen bei den Kreuzungen auf einem vergleichbaren Niveau zu denen der Reinzuchten.

Tabelle 3.21: Einfluss des Genotyps (GT), der Lebenswoche (LW) und der Interaktion zwischen Genotyp und Lebenswoche (GTxLW) auf den Gehalt von 17 β -Estradiol (pg/ml) im Blutplasma der Reinzuchten und der Kreuzungen sowie Least Square Means (LSM) und Standardfehler des Genotyps über alle Zeitpunkte sowie des Lebensalters (LW) über alle Genotypen

| Effekt | Reinzuchten | Kreuzungen | |
|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| GT | F = 53,15 ($p < 0,0001$) | F = 52,37 ($p < 0,0001$) | |
| LW | F = 100,30 ($p < 0,0001$) | F = 135,07 ($p < 0,0001$) | |
| GT x LW | F = 4,18 ($p < 0,0001$) | F = 5,19 ($p < 0,0001$) | |
| Genotyp (GT) | | | |
| LSM \pm SE | | | |
| ALT | 631,96 ^A \pm 16,91 | ALT x WR | 676,17 ^A \pm 12,00 |
| BIE | 465,3 ^B \pm 16,69 | BIE x WR | 541,75 ^B \pm 11,90 |
| RAM | 389,43 ^C \pm 17,23 | RAM x WR | 513,97 ^B \pm 12,00 |
| Alter | | | |
| 18 | 149,14 ^D \pm 18,74 | 18 | 218,77 ^C \pm 14,51 |
| | | 24 | 647,76 ^{AB} \pm 14,51 |
| 34 | 610,74 ^{AB} \pm 18,75 | 34 | 610,5 ^B \pm 14,51 |
| 40 | 540,89 ^{BC} \pm 19,04 | 40 | 677,19 ^A \pm 14,51 |
| 50 | 631,14 ^A \pm 19,44 | 50 | 657,08 ^{AB} \pm 14,51 |

| | | | |
|----|------------------------------|----|------------------------------|
| 60 | 557,23 ^{BC} ± 19,50 | 60 | 626,62 ^{AB} ± 14,56 |
| 70 | 484,25 ^C ± 19,56 | 70 | 603,15 ^B ± 14,56 |

Der signifikant höhere Gehalt an 17β-Estradiol der ALT Tiere gegenüber BIE und RAM widerspiegelt sich auch durch signifikant höhere Werte dieser Rasse innerhalb der Prüfzeitpunkte. Im Vergleich zu den Reinzuchten weisen auch die Kreuzung ALTxWR zu allen Beobachtungszeitpunkten, außer in der 18.LW, signifikant höhere 17β-Estradiol Werte auf (

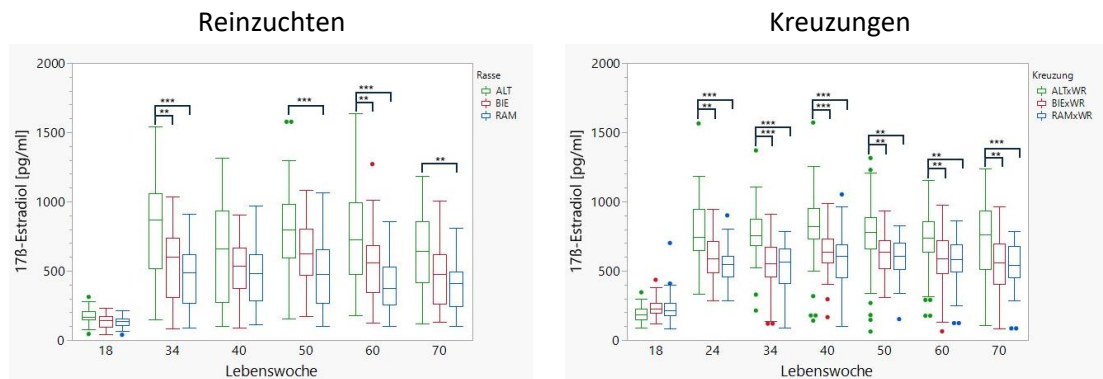


Abbildung). Der Verlauf der 17β-Estradiol Gehalte ist bei allen Genotypen übereinstimmend, beginnend mit sehr niedrigen Gehalten in der 18.LW, die danach massiv anstiegen und bis Versuchsabschluss relativ konstant auf einem Niveau von ca. 600pg/ml blieben.

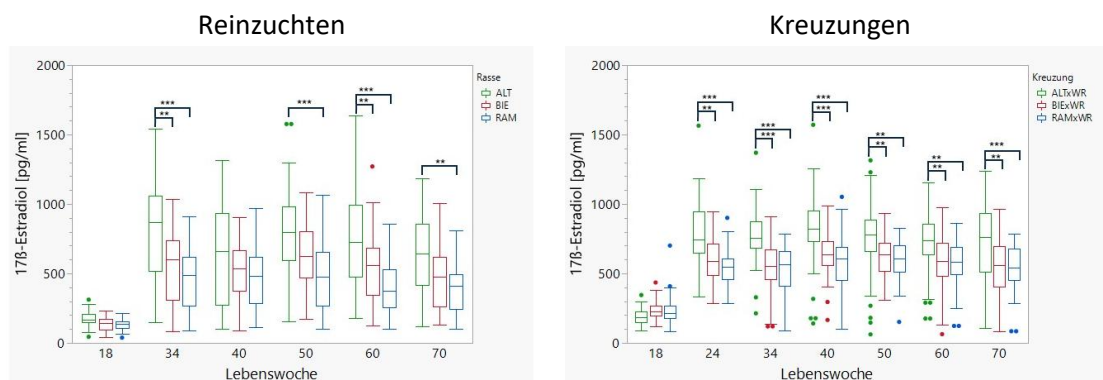


Abbildung 3.17: Mittlere Gehalt von 17β-Estradiol (pg/ml) im Blutplasma der Reinzuchten sowie der Kreuzungen an den Prüfzeitpunkten (Lebensalter in Wochen). * markiert signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb des Messzeitpunkts (* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001)

FSH

Das Follikelstimulierende Hormon (FSH) regt das Wachstum der Follikel an und fördert die Ausschüttung von Östrogen (E2). Wie bei 17β-Estradiol (E2) hat der Genotyp (GT), das Lebensalter (LW) als auch die Interaktion zwischen GT und LW einen signifikanten Effekt auf die FSH Gehalte in den Kreuzungen, während bei den Reinzuchten der Genotyp keinen signifikanten Einfluss hatte. Die durchschnittlichen Gehalte über alle Prüfzeitpunkte waren in den Reinzuchten nicht signifikant unterschiedlich, obwohl in der Tendenz ALT Tiere die höchsten Werte hatten. Bei den Kreuzungstieren lagen die Werte im Mittel über alle Prüfzeitpunkte bei den ALTxWR Tieren signifikant höher als bei den anderen Kreuzungen

(Tabelle). Die FSH Werte nach der 18.LW sind bei den Reinzuchttieren tendenziell höher als bei den Kreuzungen.

Tabelle 3.22: Einfluss des Genotyps (GT), der Lebenswoche (LW) und der Interaktion zwischen Genotyp und Lebenswoche (GTxLW) auf den Gehalt von FSH (pg/ml) im Blutplasma der Reinzuchten und der Kreuzungen sowie Least Square Means (LSM) und Standardfehler des Genotyps über alle Zeitpunkte sowie des Lebensalters (LW) über alle Genotypen

| Effekt | Reinzuchten | Kreuzungen | |
|--------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|
| GT | F = 1,90 (p=0,1566) | F = 9,02 (p=0,0003) | |
| LW | F = 7,78 (p<,0001) | F = 66,85 (p<,0001) | |
| GT x LW | F = 1,99 (p=0,0333) | F = 1,71 (p=0,0625) | |
| Genotyp (GT) | | | |
| LSM ± SE | | | |
| ALT | 746,35 ^A ± 64,51 | ALT x WR | 675,61 ^A ± 37,00 |
| BIE | 676,98 ^A ± 65,79 | BIE x WR | 458,44 ^B ± 36,28 |
| RAM | 579,05 ^A ± 58,15 | RAM x WR | 533,91 ^B ± 36,97 |
| Alter | | | |
| LSM ± SE | | | |
| 18 | 905,97 ^A ± 55,17 | 18 | 1060,30 ^A ± 33,44 |
| | | 24 | 405,50 ^C ± 33,27 |
| 34 | 614,86 ^B ± 55,17 | 34 | 415,10 ^C ± 33,27 |
| 40 | 649,48 ^B ± 55,17 | 40 | 483,70 ^{BC} ± 33,27 |
| 50 | 550,38 ^B ± 55,17 | 50 | 489,00 ^{BC} ± 33,27 |
| 60 | 589,40 ^B ± 55,17 | 60 | 488,00 ^{BC} ± 33,27 |
| 70 | 694,68 ^B ± 55,17 | 70 | 550,30 ^B ± 33,27 |

Innerhalb der Prüfzeitpunkte hatten nur die ALTxWR Tiere in der 70. Lebenswoche, bedingt durch einen Anstieg im Vergleich zur 60.LW, signifikant höhere FSH Konzentrationen im Plasma im Vergleich zu BIExWR und RAMxWR (

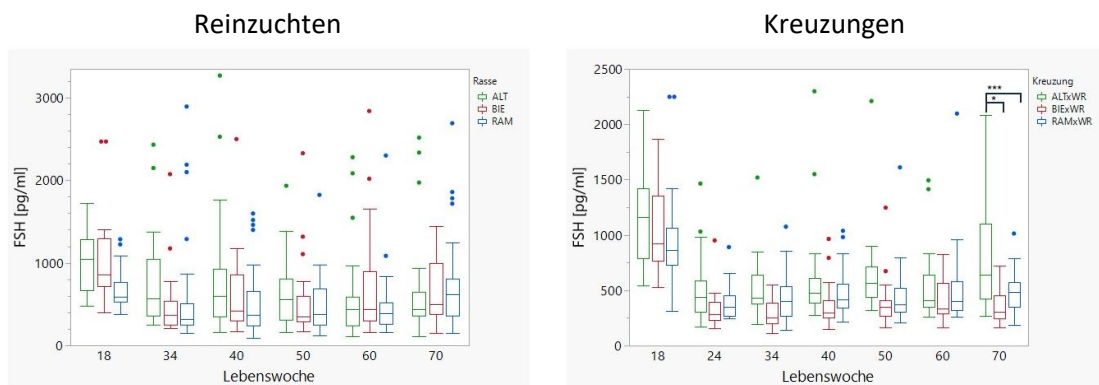


Abbildung). Der Verlauf der FSH Werte über den Prüfzeitraum widerspiegelt bei allen Genotypen ein sehr ähnliches Bild. In der 18.LW wurden die höchsten Werte gefunden, die danach abfallen und bis zum Versuche relativ konstant auf einem niedrigeren Niveau blieben.

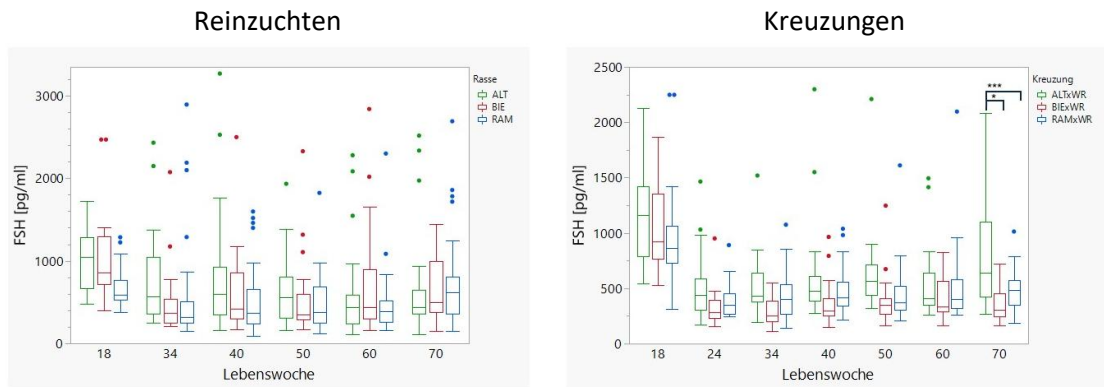


Abbildung 3.18: Mittlere FSH Gehalte (pg/ml) im Blutplasma der Reinzuchten sowie der Kreuzungen an den Prüfzeitpunkten (Lebensalter in Wochen). * markiert signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb des Messzeitpunkts (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & #hochschule Osnabrück)

Morphologische Tierwohlindikatoren

Bonitur der Gebrauchskreuzungen

Die Bonitur ergab insgesamt ein hohes Tierwohlniveau über alle untersuchten Gruppen hinweg. Die aufsummierte Boniturnote über alle Kategorien (Kopfanhänge, Gefiederzustand, Brustbein, Fußballen, Verletzungen) zeigte dennoch relative Unterschiede zwischen den Kreuzungen (maximaler Score: 42).

Vergleich nach Mutterlinie: Ranger-Kreuzungen erhielten im Vergleich schlechtere Boniturnoten als White-Rock-Kreuzungen (BA: Willeke, 2026).

Vergleich Kreuzungen vs. Reinzuchten: Alle untersuchten Kreuzungen zeigten insgesamt bessere Bewertungsergebnisse als die entsprechenden Reinzuchten, insbesondere bezüglich des Gefiederzustands. Dies deutet auf Vorteile der Kreuzungen hinsichtlich der morphologischen Tierwohlindikatoren hin.

Tabelle 4.1: Bonitur Hennen 12. bis 40. LW

| Indikatoren | Noten | ALTSTEIRER | | | | | | BIELEFELDER | | | | | | RAMELSLOHER | | | | | |
|-----------------------------|-------|------------|------|----------|------|------------------|-------|-------------|------|----------|-------|-------|-------|-------------|------|----------|------|--------------|-------|
| | | ALT x WR | | ALT x RG | | p | r | BIE x WR | | BIE x RG | | p | r | RAM x WR | | RAM x RG | | p | r |
| | | MW | SD | MW | SD | | | MW | SD | MW | SD | | | MW | SD | MW | SD | | |
| Schnabelzustand | 0 | 99,7 | 1,0 | 97,4 | 3,8 | 0,091 | 0,422 | 100 | 0,0 | 97,4 | 3,9 | 0,082 | 0,500 | 100 | 0,0 | 97,4 | 4,5 | 0,206 | 0,416 |
| | 1 | 0,3 | 1,0 | 1,4 | 2,2 | 0,329 | 0,257 | 0,0 | 0,0 | 1,6 | 2,1 | 0,082 | 0,501 | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 4,1 | 0,206 | 0,416 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 1,2 | 1,9 | 0,082 | 0,501 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 2,0 | 0,471 | 0,324 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 1,0 | 1,000 | 0,210 |
| Kammfarbe | 0 | 99,8 | 0,5 | 99,3 | 1,1 | 0,206 | 0,286 | 99,0 | 2,0 | 97,4 | 4,0 | 0,359 | 0,223 | 100 | 0 | 99,7 | 1,0 | 1,000 | 0,210 |
| | 1 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 0,206 | 0,286 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 3,3 | 0,577 | 0,132 | 0,0 | 0 | 0,4 | 1,0 | 1,000 | 0,210 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,000 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 1,3 | 0,471 | 0,324 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,000 |
| Kopferletzungen | 0 | 89,7 | 10,4 | 73,9 | 17,8 | 0,041 | 0,471 | 81,8 | 26,7 | 70,1 | 25,4 | 0,263 | 0,263 | 94,3 | 7,7 | 81,7 | 19,3 | 0,141 | 0,343 |
| | 1 | 8,4 | 8,5 | 22,7 | 13,7 | 0,033 | 0,492 | 11,7 | 13,2 | 19,8 | 15,1 | 0,302 | 0,242 | 5,7 | 7,7 | 12,8 | 12,1 | 0,243 | 0,279 |
| | 2 | 1,9 | 2,1 | 3,5 | 7,8 | 0,556 | 0,137 | 6,6 | 17,5 | 10,1 | 14,30 | 0,309 | 0,240 | 0,0 | 0 | 5,5 | 10,1 | 0,029 | 0,580 |
| Federlosigkeit | 0 | 93,7 | 8,6 | 53,4 | 33,6 | 0,001 | 0,710 | 94,8 | 11,7 | 93,0 | 7,6 | 0,070 | 0,425 | 98,6 | 1,6 | 82,6 | 16,4 | 0,001 | 0,712 |
| | 1 | 5,8 | 8,3 | 30,9 | 19,0 | <0,001 | 0,723 | 5,2 | 11,7 | 5,4 | 7,6 | 0,131 | 0,357 | 1,4 | 1,6 | 12,2 | 12,9 | 0,011 | 0,581 |
| | 2 | 0,5 | 1,1 | 15,7 | 21,2 | 0,077 | 0,402 | 0,0 | 0,0 | 1,6 | 2,1 | 0,082 | 0,500 | 0,0 | 0 | 5,1 | 6,2 | 0,029 | 0,579 |
| Fußballenver- änderungen | 0 | 88,8 | 16,4 | 84,1 | 18,9 | 0,578 | 0,133 | 89,7 | 19,9 | 81,4 | 23,0 | 0,727 | 0,080 | 90,9 | 18,1 | 89,8 | 16,8 | 0,555 | 0,161 |
| | 1 | 8,9 | 11,7 | 11,0 | 13,6 | 0,634 | 0,111 | 7,2 | 12,3 | 12,2 | 15,2 | 0,649 | 0,103 | 7,4 | 14,9 | 6,4 | 9,8 | 0,620 | 0,112 |
| | 2 | 2,3 | 5,8 | 5,0 | 9,6 | 0,490 | 0,186 | 3,1 | 8,3 | 6,5 | 12,3 | 0,577 | 0,132 | 1,6 | 4,9 | 3,8 | 7,6 | 0,471 | 0,146 |
| Brustbein- schäden | 0 | 89,4 | 11,2 | 86,7 | 9,9 | 0,556 | 0,136 | 77,5 | 25,1 | 82,5 | 14,0 | 1,000 | 0,000 | 95,1 | 8,4 | 90,8 | 6,8 | 0,122 | 0,361 |
| | 1 | 8,5 | 10,1 | 12,2 | 9,6 | 0,305 | 0,241 | 18,1 | 20,4 | 15,8 | 13,4 | 0,950 | 0,011 | 4,9 | 8,4 | 6,2 | 6,7 | 0,486 | 0,163 |

Abschlussbericht „ÖkoGen“

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|------|------|------|-----|--------------|-------|------|-----|------|------|--------------|-------|--------|-------|------|-----|--------------|-------|
| | 2 | 2,2 | 2,0 | 1,1 | 1,4 | 0,243 | 0,273 | 4,4 | 5,6 | 1,7 | 2,2 | 0,483 | 0,172 | 0,0 | 0 | 3,1 | 2,7 | 0,009 | 0,659 |
| Brusthaut-schäden | 0 | 97,2 | 4,3 | 98,1 | 2,7 | 0,877 | 0,034 | 98,0 | 3,0 | 91,9 | 13,1 | 0,528 | 0,149 | 99,7 | 1,0 | 99,7 | 1,0 | 1,000 | 0,000 |
| | 1 | 2,1 | 3,2 | 1,3 | 1,6 | 0,865 | 0,034 | 1,7 | 3,1 | 3,5 | 4,9 | 0,392 | 0,190 | 0,3 | 1,0 | 0,3 | 1,0 | 1,000 | 0,000 |
| | 2 | 0,7 | 2,1 | 0,6 | 1,3 | 1,000 | 0,096 | 0,4 | 1,0 | 4,5 | 9,3 | 0,206 | 0,286 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,000 |
| Hautverletzungen | 0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 1,000 | 0,000 | 99,7 | 1,0 | 99,7 | 1,0 | 1,000 | 0,000 | 99,4 | 1,0 | 100 | 0,0 | 0,471 | 0,325 |
| | 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,000 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 1,0 | 1,000 | 0,210 | 0,3 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,210 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,000 | 0,4 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,210 | 0,3 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,210 |
| Fersenhöcker-veränderungen | 0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 1,000 | 0,000 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 1,000 | 0,000 | 100 | 0 | 100 | 0,0 | 1,000 | 0,000 |
| | 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,000 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,000 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,000 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,000 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,000 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 1,000 | 0,000 |
| Gewicht (ø) | g | 1670 | 336 | 2203 | 443 | 0,019 | 0,541 | 1953 | 412 | 2580 | 516 | 0,019 | 0,541 | 1705,4 | 374,2 | 2420 | 478 | 0,011 | 0,583 |
| Uniformität | % | 63,8 | 13,0 | 64,6 | 4,8 | 0,931 | 0,021 | 72,1 | 9,0 | 70,9 | 12,1 | 0,780 | 0,063 | 70,33 | 5,31 | 71,7 | 7,9 | 0,349 | 0,220 |
| Leichte Tiere | % | 20,4 | 13,1 | 17,7 | 3,8 | 0,912 | 0,021 | 13,8 | 5,3 | 14,9 | 5,6 | 0,713 | 0,084 | 14,34 | 4,40 | 13,8 | 5,3 | 0,981 | 0,000 |

ALT=Altsteirer, BIE=Bielefelder, RAM=Ramelsloher, MW=Mittelwerte, SD=Standardabweichung, p=p-Wert; r=Effektstärke

Tabelle 4.2: Bonitur Hähne 12. LW

| Indikatoren | Noten | ALTSTEIRER | | | | BIELEFELDER | | | | RAMELSLOHER | | | |
|-----------------|-------|------------|-----|----------|-----|-------------|-----|----------|------|-------------|-----|----------|-----|
| | | ALT x WR | | ALT x RG | | BIE x WR | | BIE x RG | | RAM x WR | | RAM x RG | |
| | | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| Schnabelzustand | 0 | 100 | 0,0 | 94,4 | 5,2 | 93,8 | 8,8 | 82,0 | 22,8 | 98,8 | 1,7 | 97,7 | 3,2 |
| | 1 | 0,0 | 0,0 | 3,3 | 1,9 | 3,8 | 5,3 | 15,9 | 22,4 | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 3,2 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 3,3 | 2,5 | 3,5 | 2,2 | 0,3 | 1,2 | 1,7 | 0,0 | 0,0 |

Abschlussbericht „ÖkoGen“

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kammfarbe | 0 | 96,2 | 5,4 | 85,7 | 13,7 | 82,4 | 21,1 | 63,4 | 37,9 | 86,1 | 9,3 | 60,1 | 11,4 |
| | 1 | 3,9 | 5,4 | 14,3 | 13,7 | 17,6 | 21,1 | 36,6 | 37,9 | 13,9 | 9,3 | 39,9 | 11,4 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Kopfverletzungen | 0 | 56,4 | 11,8 | 83,5 | 13,5 | 58,0 | 32,6 | 58,2 | 6,4 | 58,0 | 14,5 | 68,1 | 22,4 |
| | 1 | 40,7 | 7,7 | 16,5 | 13,5 | 37,0 | 25,5 | 38,4 | 4,4 | 40,9 | 12,9 | 27,3 | 16,0 |
| | 2 | 2,9 | 4,1 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 7,1 | 3,4 | 2,1 | 1,1 | 1,6 | 4,6 | 6,4 |
| Federlosigkeit | 0 | 72,1 | 39,4 | 33,6 | 24,9 | 85,2 | 17,3 | 51,9 | 59,7 | 96,3 | 5,2 | 49,7 | 64,7 |
| | 1 | 24,0 | 34,0 | 33,1 | 4,1 | 14,8 | 17,3 | 43,9 | 62,1 | 1,2 | 1,7 | 27,1 | 35,2 |
| | 2 | 3,9 | 5,4 | 33,3 | 20,8 | 0,0 | 0,0 | 4,2 | 2,4 | 2,4 | 3,5 | 23,1 | 29,5 |
| Fußballenver- änderungen | 0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 92,5 | 10,6 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 |
| | 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,5 | 10,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Brustbein- schäden | 0 | 99,0 | 1,4 | 95,0 | 7,1 | 98,8 | 1,8 | 90,5 | 10,7 | 100 | 0,0 | 75,5 | 0,7 |
| | 1 | 1,0 | 1,4 | 4,0 | 5,7 | 1,3 | 1,8 | 8,3 | 9,0 | 0,0 | 0,0 | 22,2 | 2,5 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 1,2 | 1,7 | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 3,2 |
| Brusthaut- schäden | 0 | 99,0 | 1,4 | 97,0 | 4,2 | 100 | 0,0 | 96,6 | 2,1 | 100 | 0,0 | 91,5 | 0,8 |
| | 1 | 1,0 | 1,4 | 3,0 | 4,2 | 0,0 | 0,0 | 3,4 | 2,1 | 0,0 | 0,0 | 8,6 | 0,8 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Hautverletzungen | 0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 |
| | 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Abschlussbericht „ÖkoGen“

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|------|-----|------|------|--------|-------|------|-----|--------|------|------|-----|
| Fersenhöcker- veränderungen | 0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 | 100 | 0,0 |
| | 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Gewicht (ø) | g | 1374 | 105 | 1926 | 192 | 1665,7 | 142,6 | 2218 | 254 | 1470,4 | 65,6 | 2050 | 262 |
| Uniformität | % | 59,3 | 7,7 | 65,4 | 16,1 | 84,0 | 15,6 | 75,8 | 3,7 | 83,3 | 7,5 | 73,2 | 3,9 |
| Leichte Tiere | % | 18,4 | 3,9 | 14,7 | 7,6 | 6,7 | 5,9 | 8,8 | 1,4 | 10,7 | 5,5 | 16,8 | 4,5 |

ALT=Altsteirer, BIE=Bielefelder, RAM=Ramelsloher, MW=Mittelwerte, SD=Standardabweichung

Post-mortem-Brustbeinuntersuchung

Lokalisation der Schäden: Es zeigte sich ein konsistentes Muster über alle untersuchten Tiere (Reinzuchten und Gebrauchskreuzungen):

- Dellen traten zu 63 % vor allem im vorderen (kranialen) Bereich auf
- Deformationen traten zu 72 % im mittleren (medialen) Bereich auf
- Kallusbildungen traten zu 81 % im hinteren (kaudalen) Bereich auf

Vergleich WQA-Scoring vs. detaillierte Befunde: Der Vergleich zwischen dem standardisierten WQA-Scoring und den detaillierten post-mortem-Befunden zeigte nur eine moderate Übereinstimmung:

- 87 % der Kallusbildungen im hinteren Drittel des Brustbeins blieben beim Abtasten (Palpation) unentdeckt
- Unentdeckte Dellen: durchschnittliche Größe 1,88 mm
- Entdeckte Dellen: durchschnittliche Größe 2,94 mm
- Unentdeckte Deformationen: durchschnittlich 2,38 mm
- Entdeckte Deformationen: durchschnittlich 3,08 mm

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass eine differenziertere Bewertung notwendig ist, um Brustbeinverletzungen präzise zu erfassen. Das im Projekt entwickelte Boniturschema ermöglichte eine deutlich bessere Differenzierung als das standardisierte WQA-Protokoll.

Die Auswertung der Brustbeine wurde 2023 auf der European Poultry Conference in Prag präsentiert (Stuff et al., 2023).

Ethologische Tierwohlintikatoren

Novel Object Test (NOT) im Stall und Novel Arena Test (NAT)

Durchgang (sechs Kreuzungen): Der Novel Object Test im Stall (NOT) zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gebrauchskreuzungen hinsichtlich der Anzahl der Hennen im Umkreis des Objekts ($F(5) = 2,867$, $p = 0,573$) oder der Anzahl der Hennen, die dem Objekt zugewandt waren ($X^2(5) = 5$, $p = 0,416$).

Durchgang (drei legebetonte Kreuzungen): Bei Betrachtung der Ergebnisse bis zur 40. Lebenswoche zeigte sich, dass die Ramelsloher x White Rock tendenziell explorativer erschienen als die anderen beiden Gebrauchskreuzungen. Die Anzahl der Hennen im NOT lag bei 6,67 (SD 2,17) für Ramelsloher x White Rock, 5,92 (SD 3,24) für Altsteirer x White Rock und 4,92 (SD 1,82) für Bielefelder x White Rock. Die Anzahl der dem Objekt zugewandten Hennen betrug 4,33 (SD 2,41) für Ramelsloher x White Rock, 3,13 (SD 2,89) für Altsteirer x White Rock und 2,58 (SD 1,53) für Bielefelder x White Rock.

Ergebnisse deuteten darauf hin, dass Altsteirer x White Rock und Bielefelder x Ranger als ängstlicher sind. Aus unserer Sicht sind die Ergebnisse jedoch ein methodischer Fehler im standardisierten Protokoll. Daher schließen wir diese Ergebnisse aus der Gesamtbewertung der Kreuzungen aus.

Tonic Immobility Test (TI)

Durchgang (drei legebetonte Kreuzungen): Auch hier unterschieden sich die Gebrauchskreuzungen nicht signifikant ($F(2, 20) = 0,943$, $p = 0,406$) in der 30. Lebenswoche.

Durchgang (sechs Kreuzungen): Die verschiedenen Gebrauchskreuzungen unterschieden sich nicht signifikant in der Dauer der tonischen Immobilität ($X^2(5) = 1,4896$, $p = 0,914$) in der 30. Lebenswoche ($n = 24$). Dennoch fiel auf Basis der Boxplots und Mediane auf, dass die Ramelsloher-Kreuzungen sich tendenziell erst spät bzw. gar nicht umdrehen, was auf eine höhere Ängstlichkeit hindeuten könnte.

Aus den Abschlussarbeiten ist zu schließen, dass alle Gebrauchskreuzungen sich nicht unterscheiden (BA: Brinken, 2024; MA: Fölsing, 2025; MA: Köhler, 2025)

Open Field Test (OF)

Durchgang (sechs Kreuzungen): Bei Berücksichtigung aller Hennen (einschließlich derer, die nicht starteten) unterschieden sich die Gebrauchskreuzungen nicht signifikant in der zurückgelegten Strecke ($F(5) = 8,449$, $p = 0,133$) in der 22. Lebenswoche ($n = 24$). Die durchschnittlich zurückgelegte Strecke variierte erheblich zwischen den Kreuzungen: von 112 cm (Altsteirer x White Rock, SD 317) bis 4433 cm (Altsteirer x Ranger, SD 5245).

Wenn nur die Hennen berücksichtigt wurden, die im Testzeitraum aktiv waren, ergab sich ein signifikanter Unterschied ($X^2(5) = 14,164$, $p = 0,015$). Die zurückgelegte Strecke lag dann zwischen 490 cm (Ramelsloher x Ranger, SD 3272) und 7093 cm (Altsteirer x Ranger, SD 4956).

Die Ergebnisse aus Abschlussarbeiten deuteten darauf hin, dass Altsteirer x White Rock eine ausgeprägte Exploration zeigten, während Bielefelder x White Rock eine begrenzte Erkundung und die längsten Latenzen aufwiesen (BA: Brinken, 2024; MA: Köhler, 2025).

Attention Bias Test (ABT)

Die Auswertungen einer Masterarbeit zeigen, dass die Gebrauchskreuzungen eine nur wenig ausgeprägte Reaktion auf das Warnsignal (Alarmruf gegenüber Luftprädatoren) zeigten. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kreuzungen festgestellt (MA: Fölsing, 2025).

Aktivitätsmessungen im Stall (RFID)

Die RFID-basierte Aktivitätsmessung im Stall (Durchgang 1) ergab signifikante Unterschiede zwischen den Gebrauchskreuzungen. Die Daten waren für keine Rasse normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test, $p < 0,05$).

Hauptergebnis: White-Rock-Kreuzungen bewegten sich innerhalb des Stalles signifikant mehr als Ranger-Kreuzungen:

- ALT x RG vs. ALT x WR: $p = 0,006$
- ALT x RG vs. BIE x WR: $p < 0,001$
- BIE x RG vs. BIE x WR: $p = 0,003$
- RAM x RG vs. RAM x WR: $p < 0,001$

Die Rassen unterschieden sich signifikant voneinander (ALT vs. BIE: $X^2(3) = 24,761$, $p < 0,001$; ALT vs. RAM: $X^2(3) = 22,352$, $p < 0,001$) (BA: Wirtz, 2024). Aufgrund von methodischer Limitation sollte eine Wiederholung des Versuchs durchgeführt werden, um gesicherte Aussagen über das Aktivitätsniveau der verschiedenen Gebrauchskreuzungen zu erhalten.

Auslaufverhalten und RFID-basierte Auslauferfassung

Die RFID-basierte Erfassung der Auslaufnutzung über mehrere Monate lieferte folgende Erkenntnisse (MA: Köhler, 2025; BA: Hoi Fung, 2026):

Generelle Nutzungsmuster: Die Aktivität an den Auslaufklappen folgte einem tageszeitlichen Rhythmus, der für tagaktive Tiere charakteristisch ist. Die Aktivität begann gegen Sonnenaufgang, erreichte am Vormittag ihren Höhepunkt und nahm zum Abend ab (Abb. 2).

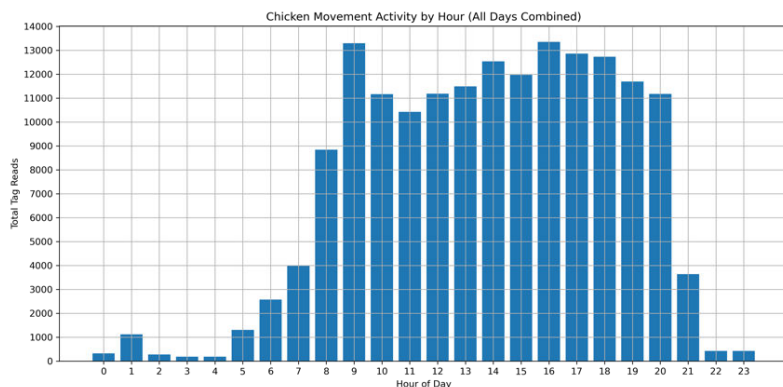


Abbildung 4.2: Die durchschnittliche Aktivität an der Auslaufklappe pro Stunde.

Intensität der Auslaufnutzung: Die Tiere nutzten den Auslauf insgesamt sehr intensiv. Dies belegt, dass das Haltungssystem den Tieren die Möglichkeit bot, natürliche Verhaltensweisen auszuleben.

Unterschiede zwischen Kreuzungen: White-Rock-Kreuzungen waren häufiger im Auslauf als Ranger-Kreuzungen. Dies deutet auf genetisch bedingte Unterschiede in der Auslaufpräferenz hin.

Individuelle Variabilität: Die Analyse von 100 individuell markierten Tieren, geordnet nach ihrer Gesamtzeit im Freien und gruppiert nach ihrer jeweiligen Auslaufklappe, zeigte ausgeprägte individuelle Unterschiede (Abb. 3). Einige Tiere nutzten den Auslauf bevorzugt morgens, andere abends. Während manche Tiere sehr häufig und lange draußen waren, hielten sich andere

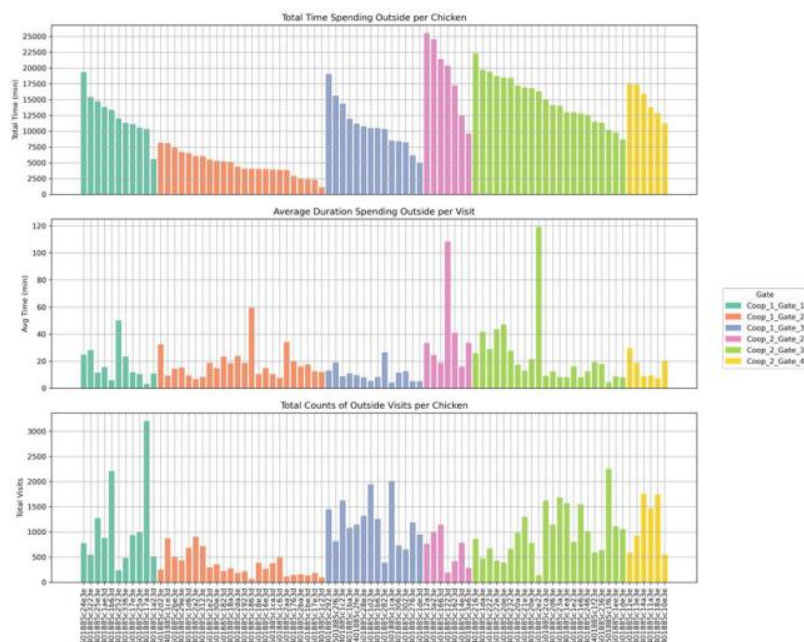


Abbildung 4.3: Dauer und Häufigkeit der Aktivitäten im Auslauf für jedes Huhn.

überwiegend im Stall auf. Diese individuellen Präferenzen blieben über den Beobachtungszeitraum weitgehend stabil und deuten auf Persönlichkeitsunterschiede hin.

Kotproben: Während der Stallphase zeigte sich insgesamt kein Anstieg der Corticosteronmetaboliten. Die Summenwerte der ufGCM nahmen über die drei Probenstage vielmehr ab (16.10.: 4404 ng/g DW; 20.10.: 3959 ng/g DW; 23.10.: 2729 ng/g DW). Nach der Wiederöffnung des Auslaufs wurde hingegen ein deutlicher Anstieg der Werte beobachtet, insbesondere am ersten Probenstag nach der Stallphase (26.10.: 8045 ng/g DW). In den darauffolgenden Tagen lagen die Werte weiterhin über dem Niveau der Stallphase (27.10.: 4312 ng/g DW; 28.10.: 6377 ng/g DW).

Dieses Muster zeigte sich in mehreren Kreuzungen, darunter auch in der direkt vom Greifvogelangriff betroffenen Kreuzung ALT × RG, bei der ebenfalls ein deutlicher Anstieg am 26.10. festgestellt wurde. Insgesamt weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die Stallphase nicht mit erhöhten Stressindikatoren verbunden war, während nach der Wiederöffnung des Auslaufs kurzfristig höhere Corticosteronmetabolitwerte auftraten.

Der Anstieg der Corticosteronmetaboliten nach der Wiederöffnung des Auslaufs könnte auf eine erhöhte Aktivität und Umweltstimulation der Tiere zurückzuführen sein. In diesem Zusammenhang wird in der Literatur teilweise auch von „Eustress“ bzw. einer positiven Aktivierungsreaktion des Stresssystems gesprochen. Da Corticosteron jedoch sowohl bei positiven als auch bei negativen Belastungen ansteigen kann, lässt sich anhand der vorliegenden Daten keine eindeutige Aussage über die Valenz der Stressreaktion treffen.

Avoidance Distance Test (ADT)

Im Durchgang 2 wurden Avoidance Distance Tests durchgeführt, um die Mensch-Tier-Beziehung zu erfassen. Die Gebrauchskreuzung Altsteirer x White Rock erschien bei Betrachtung der Ergebnisse insgesamt explorativer als die anderen beiden Gebrauchskreuzungen.

Worm Running Test und Spielverhalten

Durchgang (sechs Kreuzungen): Keine der erfassten Verhaltensweisen unterschied sich zwischen den Kreuzungen signifikant (BA: Wirt, 2024):

- Aufpicken des Wurms (P): $p = 0,321$
- Abnahme durch andere Hühner (W): $p = 0,318$
- Nachjagen (C): $p = 0,293$
- Davonlaufen mit Wurm (R): $p = 0,138$

Methodische Innovation: Eine Kooperation mit der Fachhochschule Südwestfalen (Statistics und Data Science Group, Prof. Dr. Gültas) ermöglichte eine neue Möglichkeit der Auswertung des Spielverhaltens mittels KI-gestützter Bildanalyse (Abb. 4) (Stuff et al., 2026, under revision).

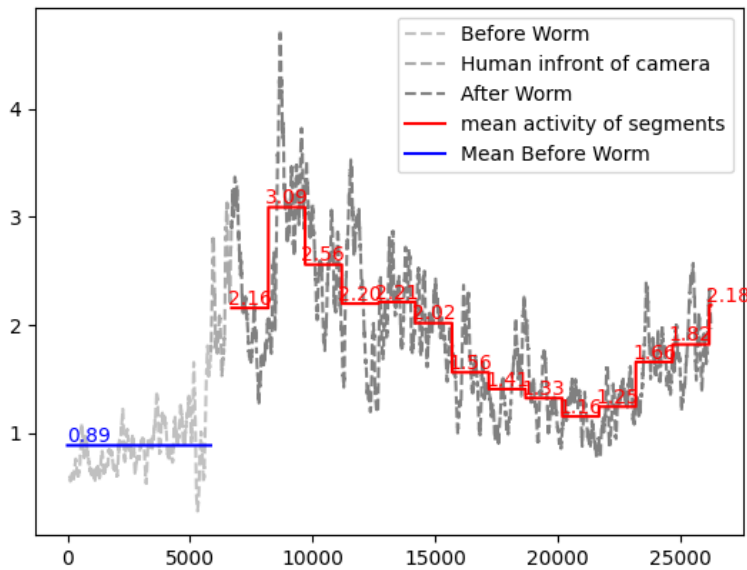


Abbildung 4.4: Aktivität während des „Worm-running“-Tests.

Free Space Test und Beobachtungen

Es wurden signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) festgestellt, jedoch wird auf Grund der Datelage davon ausgegangen, dass sich keine Unterschiede feststellen lassen dürften.

- **Herumlaufen:** Altsteirer x Ranger ($p = 0,007$)
- **„Frohlocken“:** Altsteirer x Ranger ($p = 0,013$)
- **Ausruhen:** Altsteirer x White Rock ($p = 0,001$), Bielefelder x White Rock ($p = 0,028$), Bielefelder x Ranger ($p = 0,021$), Ramelsloher x White Rock ($p = 0,021$)
- **Flügelschlagen:** Altsteirer x Ranger ($p = 0,038$), Ramelsloher x White Rock ($p = 0,04$)
- **Staubbaden:** Bielefelder x White Rock ($p = 0,022$), Bielefelder x Ranger ($p = 0,047$)
- **Futtersuchen:** Altsteirer x White Rock ($p = 0,006$), Ramelsloher x White Rock ($p = 0,021$)
- **Futteraufnahme:** Altsteirer x White Rock ($p = 0,001$), Bielefelder x White Rock ($p = 0,032$), Ramelsloher x White Rock ($p = 0,026$)
- **Trinken:** Altsteirer x White Rock ($p = 0,005$), Bielefelder x White Rock ($p = 0,032$), Bielefelder x Ranger ($p = 0,02$), Ramelsloher x White Rock ($p = 0,021$)

Keine signifikanten Unterschiede zeigten sich für kämpferisches Spielen und atypisches Verhalten (BA: Wirtz, 2024).

Kraftmessung Federpicken

Die Analyse der Konfusionsmatrix zur Validierung des Kraftmessgeräts (Abb. 5) zeigte eine hohe Sensitivität von 99 % für „kein Ziehen“, jedoch eine geringe Sensitivität von 30 % für „Ziehen“. Die Spezifität war mit 2 % für „kein Ziehen“ sehr niedrig und mit 78 % für „Ziehen“ höher. Trotz einer Gesamtgenauigkeit von 77,61 % deuteten der F1-Wert von 44 % (korrigiert aus ursprünglich 3,66 %) und ein Kappa-Wert von 0,01 auf eine geringe Modellgüte hin. Die AUC von 0,5108 bestätigte die geringe Trennschärfe.

Mögliche Ursachen für den niedrigen positiven Vorhersagewert (1,9 %) sind fehlerhafte Interpretationen der Videoaufnahmen. Die hohe Sensitivität bei gleichzeitiger niedriger Spezifität deutet auf eine mögliche Überempfindlichkeit des Geräts hin, verursacht durch Kalibrierungsprobleme, Schwellenwerte oder Montageort. Künftig sollte eine Kombination mit anderen Sensoren getestet werden, um die Validierung des Kraftsensors zu verbessern.

Zwischen den Kreuzungen wurden im Rahmen einer Masterarbeit keine Unterschiede festgestellt. Es wurden kontinuierliche Messungen mit sekundlichen Messwerten durchgeführt.

Ergebnisse aus Abschlussarbeiten deuteten darauf hin, dass Altsteirer x White Rock im klassischen Feather-Bundle-Test ein erhöhtes Pickverhalten zeigten, während Bielefelder x White Rock eine begrenzte Erkundung und die längsten Latenzen aufwiesen. Ramelsloher x White Rock wiesen zu einem späteren Zeitpunkt am Messgerät die höchste Zugfrequenz und -stärke auf, was mit ihrem schlechten Gefiederstatus korrelierte (BA: Sablewski, 2023; Wentzler, 2024).



Abbildung 4.5: Kraftmessgerät
(Eigenentwicklung Institut für
Landtechnik)

Judgement Bias Test (JBT)

Die Auswertung des modifizierten Judgement Bias Tests zur Erfassung des affektiven Zustands und zur Bewertung des positiven Tierwohls wurde vollständig abgeschlossen. Die Ergebnisse wurden im Juni 2024 auf der European Poultry Conference in Valencia präsentiert und in einem Paper veröffentlicht (Stuff et al., 2024; Stuff et al., 2026, under revision).

Hauptbefunde:

- Die Hühner konnten signifikant zwischen einer Belohnung und einem neutralen Reiz unterscheiden ($p = 0,001$).
- Es zeigten sich keine Unterschiede in der Urteilsverzerrung zwischen Hühnern aus angereicherten und nicht angereicherten Haltungsumgebungen.

Methodische Limitationen

Die Tests, die in den ersten Lebenswochen außerhalb des Stalls durchgeführt wurden, führten nicht zum gewünschten Erfolg, da die Tiere in der fremden Umgebung zu ängstlich und deshalb immobil waren. Diese Ergebnisse wurden nicht dargestellt.

Methodische Fortschritte

- Entwicklung eines differenzierteren Brustbein-Boniturschemas
- KI-gestütztes System zur Erfassung von Spielverhalten (Kooperation FH Südwestfalen)
- RFID-basierte Aktivitäts- und Auslauferfassung (Kooperation FLI Celle und FH Rhein-Waal)
- Kraftmessgerät zur Quantifizierung von Federpicken (Eigenentwicklung Institut für Landtechnik)

AP 5 Qualität & Vermarktung (Universität Göttingen)

Objektive Beschreibung der Produktqualität (Fleisch), Schlachtkörper- und Fleischqualität:

Die Darstellung erfolgt getrennt für verschiedene Schlachalter, da die Rationsgestaltung altersabhängig war und die statistische Auswertung daraufhin getrennt für die Altersabschnitte (12 Wochen, 14 Wochen, sowie 16 vs. 18 Wochen) durchgeführt wurde. Die Ergebnisse zeigen insgesamt, dass Körpergewicht und Schlachtkörpermerkmale der Kreuzungstiere maßgeblich durch die elterlichen Linien (WR und RG) beeinflusst wurden, während der Effekt der Fütterung insgesamt gering ausfiel. Detaillierte Ergebnisse sind den Anhangstabellen (AP 5) zu entnehmen.

Bereits in Woche 12 wiesen Kreuzungen mit BIE-Vaterlinie ein höheres Mastend- und Schlachtkörpergewicht auf als Kreuzungen mit ALT- oder RAM-Vaterlinie. In Bezug auf die Mutterlinien zeigten RG-Kreuzungen durchgängig höhere Werte für Mastendgewicht, Schlachtkörpergewicht, Ausschachtungsgrad sowie Brust- und Keulengewicht im Vergleich zu WR-Kreuzungen. Interaktionseffekte zwischen Vater- und Mutterlinie wurden zu diesem Zeitpunkt nicht beobachtet.

Auch in Woche 14 bestätigte sich der Einfluss der elterlichen Linien auf Körpergewicht und Schlachtkörpermerkmale, während ein Effekt der Fütterung weiterhin nicht nachweisbar war. Kreuzungen mit BIE-Vaterlinie zeigten ein höheres Körpergewicht als RAM-Kreuzungen und ein höheres Schlachtgewicht als alle anderen Gruppen. RG-Kreuzungen wiesen erneut höhere Werte für Körpergewicht, Schlachtgewicht, Ausschachtungsgrad sowie Brust- und Keulengewicht auf. Wechselwirkungen zwischen elterlichen Linien und Fütterung traten nicht auf.

In den Wochen 16 und 18 zeigte sich neben dem Einfluss der elterlichen Linien auch ein deutlicher Alterseffekt. Kreuzungen mit BIE-Vaterlinie wiesen die höchsten Körpergewichte auf, gefolgt von ALT- und RAM-Kreuzungen (Abbildung). Das Schlachtgewicht war bei BIE-Kreuzungen höher als bei RAM-Kreuzungen, während RAM-Kreuzungen einen höheren Ausschachtungsgrad aufwiesen. RG-Kreuzungen zeigten im Vergleich zu WR-Kreuzungen durchgehend höhere Werte für Körpergewicht, Schlachtgewicht und Ausschachtungsgrad. Tiere im Schlachalter von 18 Wochen wiesen insgesamt höhere Körper- und Schlachtgewichte sowie höhere Brust- und Keulengewichte auf als Tiere im Schlachalter von 16 Wochen.

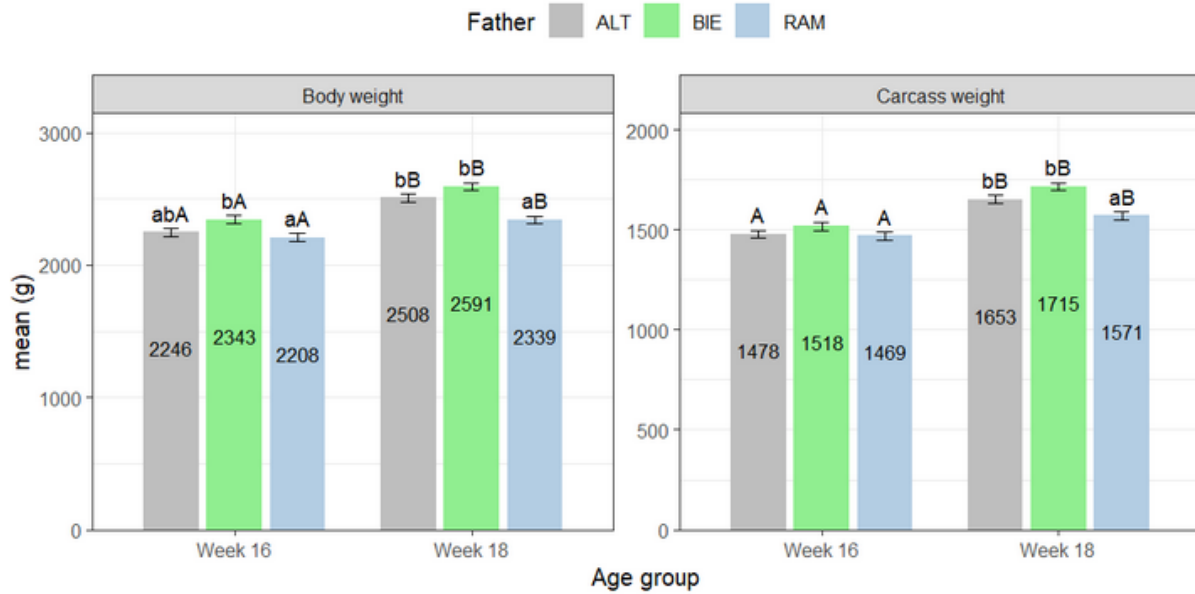


Abbildung 5.1: Wechselwirkung zwischen Vater und Alter auf Körpergewicht (body weight) und Schlachtkörpergewicht (carcass weight) in Woche 16 und 18. Die Buchstaben AB zeigen signifikante Altersunterschiede, die Buchstaben ab signifikante Unterschiede zwischen Vaterlinie und Alter.

Darüber hinaus traten altersabhängige Interaktionseffekte mit den elterlichen Linien auf. Während sich die Körpergewichte der Kreuzungen in Woche 16 deutlich nach Vaterlinien unterschieden, zeigten in Woche 18 sowohl BIE- als auch ALT-Kreuzungen höhere Körper- und Schlachtgewichte als RAM-Kreuzungen. Zusätzlich wurde ein Interaktionseffekt zwischen Fütterung und Alter für den Brustanteil festgestellt, wobei Tiere mit Versuchsdiät in Woche 18 einen höheren Brustanteil aufwiesen. Das Keulengewicht wurde sowohl durch Wechselwirkungen zwischen Vaterlinie und Alter als auch zwischen Mutterlinie und Alter beeinflusst und war bei RG- und BIE-Kreuzungen sowie bei einem höheren Schlachtag ausgeprägter (Abbildung).

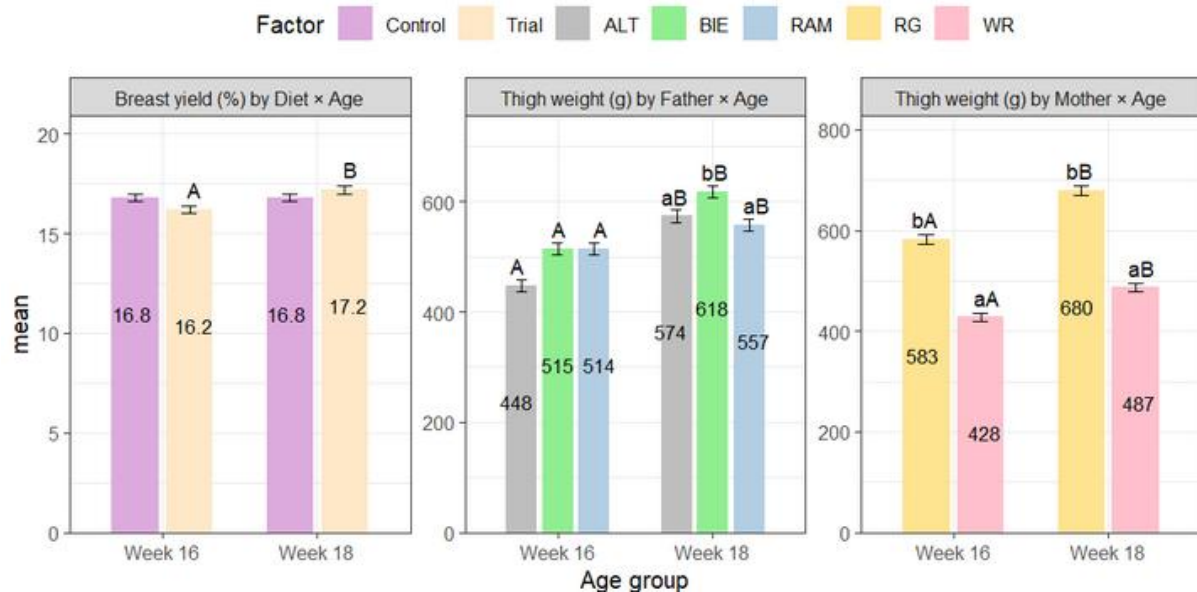


Abbildung 5.2: Wechselwirkung von Ernährung und Alter auf den Anteil Brustfleisch sowie von Vater x Alter sowie Mutter x Alter auf das Oberschenkelgewicht in der 16. und 18. Woche. Die Buchstaben AB zeigen signifikante Altersunterschiede, die Buchstaben ab signifikante Unterschiede zwischen Vaterlinie und Alter.

Fleischbeschaffenheit und -zusammensetzung

Im Alter von 12 Wochen haben RG-Kreuzungen sowohl früh- als auch spätpostmortal etwas niedrigere pH-Werte im Brustfilet als WR-Kreuzungen (pH_{20min} : $M_{RG}=6,42$ vs. $M_{WR}=6,55$ ($p < 0,05$); pH_{24h} : $M_{RG}=5,69$ vs. $M_{WR}=5,76$). Im Schenkelfleisch wurden signifikante, numerisch jedoch vglw. kleine Unterschiede in Abhängigkeit von der Vaterlinie festgestellt. Ein Einfluss der Mutterlinie zeigte sich auch bei Merkmalen des Wasserhaltevermögens und bei der Fleischzartheit: Die Lagerungsverluste im Brust- und Schenkelfleisch waren bei RG-Kreuzungen ($M=3,62\%$) geringer im Vergleich zu WR-Kreuzungen ($M=4,49\%$). Auch die Zartheit, erfasst mittels MORS-Scherkraftmessungen, war bei RG-Kreuzungen ($M=5,74$ N) niedriger als bei WR-Kreuzungen ($M=6,29$ N; siehe Anhangstabellen). Die Fleischfarbe von Brust bzw. Schenkel wies z.T. signifikante, numerisch jedoch nur kleine Unterschiede in Abhängigkeit von der Kreuzungsherkunft auf.

Im Alter von 14 Wochen zeigt sich erneut ein signifikanter Effekt der Mutterlinie (RG vs. WR) auf die Merkmale der Fleischbeschaffenheit, während die Vaterlinien (RAM, BIE, ALT), die Fütterung sowie Interaktionen eher bedeutungslos sind. In Bezug auf Lager- und Kochverluste zeigen sich erneut leichte Vorteile für RG-Kreuzungen, ausgedrückt in höherem Wasserhaltevermögen sowie niedrigerer Scherkraft. Bezüglich Farbe und pH treten keine nennenswerten Unterschiede in Abhängigkeit von Genetik oder Fütterung auf.

Bei Schlachtag 16 bzw. 18 Wochen zeigt sich abermals der Einfluss der Mutterlinie auf die Fleischbeschaffenheitsmerkmale. Erneut weisen RG-Kreuzungen eine bessere Wasserhaltekapazität (d.h. niedrigere Tropf- und Kochverluste) sowie höhere Fleischzartheit ($p < 0,05$; Tabelle A 12). Die Fütterung sowie die Vaterlinie sind eher bedeutungslos. Der Kochverlust von Brust- bzw. Schenkelfleisch ist bei 16 Wochen erwartungsgemäß etwas niedriger als bei 18 Wochen ($p < 0,05$). Bei den pH-Werten treten z.T. signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von Vater- bzw. Mutterlinie auf – diese werden jedoch als vernachlässigbar eingeschätzt. Die Fütterung ist diesbezüglich bedeutungslos, und der Einfluss des Schlachtag ist von möglichen Schlachtagseffekten nicht zu

trennen. Auch die Fleischfarbe von Brust- bzw. Schenkel wird insgesamt lediglich marginal von den Versuchsfaktoren beeinflusst.

Chemische Analysen:

Die Analyse der Rohnährstoffzusammensetzung, des Fettsäurenusters sowie von Nukleotiden und Peptiden erfolgte für 120 ausgewählte Schlachtkörper, verteilt über alle Kreuzungsherkünfte und beide Fütterungsregime nach 14 bzw. 18 Lebenswochen.

Für beide Teilstichproben zeigt sich im Durchschnitt ein höherer Fettgehalt ($p < 0.05$) im Brustfilet bei RG-Kreuzungen im Vergleich zu WR-Kreuzungen, während die Rationszusammensetzung keinen signifikanten Einfluss hatte (Tabelle). Anders als erwartet ist der Fettgehalt bei längerer Mastdauer geringer.

Tabelle 5.2: Rohnährstoffzusammensetzung von Brustfilets in Abhängigkeit von Rasse, Fütterung und Schlachalter (n= 5 je Kreuzung x Fütterung x Alter).

| | | 14 Wochen | | | 18 Wochen | | |
|-----------------------------|------------------|-----------|----------------|-------------|-----------|------------------|--------------------|
| | | TM (%) | Protein (g/kg) | Fett (%) | TM(%) | Protein (g/kg) | Fett (%) |
| Vater | ALT | 25.5±0.1 | 246±1.3 | 0.83±0.02 | 25.7±0.1 | 250±1.3 | 0.71±0.03 |
| | BIE | 25.4±0.1 | 245±1.4 | 0.78±0.02 | 25.9±0.1 | 250±1.3 | 0.67±0.03 |
| | RAM | 25.2±0.1 | 245±1.4 | 0.76±0.02 | 25.7±0.1 | 249±1.1 | 0.71±0.03 |
| Mutter | RG | 25.3±0.1 | 244±1.1 | 0.86±0.02 b | 25.8±0.1 | 248±1.1 a | 0.72±0.02 b |
| | WR | 25.4±0.1 | 247±1.1 | 0.72±0.02 a | 25.8±0.1 | 252±1.0 b | 0.63±0.02 a |
| Fütterung | Kontrolle | 25.4±0.1 | 246±1.1 | 0.81±0.02 | 25.8±0.1 | 251±1.0 | 0.67±0.02 |
| | Versuch | 25.4±0.1 | 244±1.1 | 0.78±0.02 | 25.9±0.1 | 249±1.1 | 0.68±0.02 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.2097 | 0.8788 | 0.0742 | 0.0671 | 0.9112 | 0.2928 |
| | Mutter | 0.6471 | 0.0960 | 0.0000 | 0.5423 | 0.0175 | 0.0044 |
| | Fütterung | 0.6017 | 0.2931 | 0.2734 | 0.0831 | 0.1686 | 0.6694 |
| | Vater*Mutter | 0.4495 | 0.6603 | 0.3390 | 0.2242 | 0.3225 | 0.4366 |
| | Vater*Fütterung | 0.8291 | 0.9392 | 0.5578 | 0.7909 | 0.9260 | 0.3362 |
| | Mutter*Fütterung | 0.9169 | 0.8176 | 0.5412 | 0.1655 | 0.1543 | 0.3401 |

(LS-Means, SE); ALT, Altsteirer; BIE, Bielefelder Kennhuhn; RAM, Ramelsloher; RG, Ranger; WR, White Rock; TM, Trockenmasse; Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede.

Bezüglich des Fettsäurenusters im Brustfleisch zeigt sich übereinstimmend sowohl bei 14 als auch bei 18 Wochen ein sign. Einfluss der Mutterlinie, d.h. WR-Kreuzungen weisen einen leicht erhöhten Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren (PUFA) auf als RG-Kreuzungen. Mit dem Einsatz der Versuchsration (=erhöhter Alfalfa-Gehalt im Futter) steigt der Anteil vorteilhafter n-3 Fettsäuren jeweils etwas an ($p < 0,05$); dieser Effekt ist bei 18 Wochen etwas stärker als bei 14 Wochen (Tabelle sowie Tabelle).

Tabelle 5.3: Fettsäurezusammensetzung des intramuskulären Fetts im Brustfilets in Abhängigkeit von Rasse und Fütterung im Schlachalter von 14 Wochen.

| | | SFA | MUFA | PUFA | n-3 PUFA | n-6 PUFA |
|-------|-----|------------|----------|----------|----------|----------|
| Vater | ALT | 30.8±0.3 a | 28.6±0.4 | 40.4±0.4 | 4.71±0.1 | 35.7±0.3 |
| | BIE | 31.9±0.3 b | 27.3±0.4 | 40.7±0.4 | 4.74±0.1 | 36.0±0.3 |

| | | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| | RAM | 31.6±0.3 ab | 28.0±0.4 | 40.4±0.4 | 5.00±0.1 | 35.4±0.3 |
| Mutter | RG | 31.1±0.2 a | 29.0±0.3 b | 39.8±0.3 a | 4.52±0.1 a | 35.2±0.3 a |
| | WR | 31.8±0.2 b | 26.9±0.3 a | 41.3±0.3 b | 5.11±0.1 b | 36.2±0.3 b |
| Fütterung | Kontrolle | 31.3±0.2 | 28.6±0.3 b | 40.1±0.3 | 4.63±0.1a | 35.5±0.3 |
| | Versuch | 31.6±0.2 | 27.4±0.3 a | 40.9±0.3 | 5.00±0.1b | 35.9±0.3 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.0113 | 0.0708 | 0.8245 | 0.2697 | 0.4615 |
| | Mutter | 0.0282 | 0.0000 | 0.0018 | 0.0005 | 0.0241 |
| | Fütterung | 0.3877 | 0.0076 | 0.1043 | 0.0234 | 0.3159 |
| | Vater*Mutter | 0.5909 | 0.3848 | 0.4451 | 0.5023 | 0.5594 |
| | Vater*Fütterung | 0.2796 | 0.9102 | 0.9501 | 0.5913 | 0.9733 |
| | Mutter*Fütterung | 0.9599 | 0.4105 | 0.7165 | 0.3791 | 0.9247 |

(LS-Means, SE); ALT, Altsteirer; BIE, Bielefelder Kennhuhn; RAM, Ramelsloher; RG, Ranger; WR, White Rock; TM, Trockenmasse; Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede.

Tabelle 5.4: Fettsäurezusammensetzung des intramuskulären Fetts im Brustfilets in Abhängigkeit von Rasse und Fütterung im Schlachtalter von 18 Wochen.

| | | SFA | MUFA | PUFA | n-3 PUFA | n-6 PUFA |
|-----------|------------------|----------|------------|------------|------------|-------------|
| Vater | ALT | 31.4±0.3 | 26.8±0.5 | 41.9±0.5 | 5.78±0.2 | 36.1±0.4 ab |
| | BIE | 31.9±0.3 | 25.2±0.5 | 42.9±0.5 | 5.87±0.2 | 37.0±0.4 b |
| | RAM | 31.8±0.3 | 26.5±0.5 | 41.7±0.5 | 6.07±0.2 | 35.7±0.4 a |
| Mutter | RG | 31.5±0.2 | 27.2±0.4 b | 41.4±0.4 a | 5.75±0.1 | 35.6±0.3 a |
| | WR | 31.9±0.2 | 25.2±0.4 a | 42.9±0.4 b | 6.06±0.1 | 36.9±0.3b |
| Fütterung | Kontrolle | 31.8±0.2 | 26.3±0.4 | 41.9±0.4 | 5.33±0.1 a | 36.6±0.3 |
| | Versuch | 31.6±0.2 | 26.0±0.4 | 42.4±0.4 | 6.48±0.1 b | 35.9±0.3 |
| ANOVA | Vater | 0.3422 | 0.0751 | 0.1867 | 0.4531 | 0.0348 |
| | Mutter | 0.1864 | 0.0014 | 0.0075 | 0.1033 | 0.0057 |
| | Fütterung | 0.5642 | 0.6105 | 0.3624 | 0.0000 | 0.1203 |
| | Vater*Mutter | 0.7561 | 0.1456 | 0.2585 | 0.8546 | 0.0549 |
| | Vater*Fütterung | 0.6746 | 0.6640 | 0.4910 | 0.0446 | 0.9001 |
| | Mutter*Fütterung | 0.8153 | 0.4147 | 0.2956 | 0.8325 | 0.2320 |

(LS-Means, SE); ALT, Altsteirer; BIE, Bielefelder Kennhuhn; RAM, Ramelsloher; RG, Ranger; WR, White Rock; TM, Trockenmasse; Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede.

Schließlich wurden mit Peptiden bzw. Nukleotiden sensorisch bzw. ernährungsphysiologisch relevante Inhaltsstoffe untersucht. Für die Peptide Kreatin, Carnosin und Anserin wurden keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der Genetik bzw. der Fütterung festgestellt (Tabelle A 18). In Bezug auf die Nukleotide, v.a. IMP wurden ca. 10 % höhere Werte bei RG-Kreuzungen gemessen, und zumindest beim Schlachtalter von 18 Wochen traten höhere IMP-Werte bei der Kontrollfütterung auf (Tabelle A 19).

Objektive Beschreibung der Produktqualität (Fleisch), Deskriptive sensorische Analysen:

Sous-Vide Brust: Die sensorischen Ergebnisse der QDA und des Nappings zeigen, dass sich für sous-vide gegartes Hühnerbrustfleisch keine signifikanten sensorischen Unterschiede zwischen den untersuchten Rasse- und Fütterungsgruppen nachweisen ließen. Für die QDA konnten auf Ebene der panelgemittelten Bewertungen über alle 16 erhobenen sensorischen Attribute hinweg keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt werden. Zwar traten auf Einzelpanelisten-Ebene vereinzelt *p*-Werte unterhalb des 5%-Signifikanzniveaus auf, diese erwiesen sich jedoch bei Gesamtbetrachtung als statistisch nicht belastbar. Die Verteilung der *p*-Werte entsprach weitgehend einer Gleichverteilung, wie sie bei rein zufälligen Schwankungen ohne zugrunde liegende Effekte zu erwarten ist. Vor dem Hintergrund der Vielzahl simultan getesteter Attribute ist daher davon auszugehen, dass die beobachteten Einzelbefunde zufallsbedingt sind und nicht auf echte sensorische Unterschiede zwischen den Gruppen hinweisen. Die Ergebnisse der QDA für sous-vide gegarte

Brustprodukte sind folglich mit Vorsicht zu interpretieren und liefern keine belastbaren Hinweise auf rasse- oder fütterungsbedingte Effekte. Auch die Ergebnisse der ergänzend durchgeführten Napping-Analyse bestätigen dies. Die Ergebnisse beider Studien unterstreichen die methodischen Grenzen der sous-vide-Garung für die sensorische Differenzierung von Hühnerbrustfleisch im Kontext von Rasse- und Fütterungsvergleichen. Zwar ermöglicht die sous-vide-Zubereitung durch präzise Kontrolle von Zeit und Temperatur eine hohe Standardisierung und reduziert prozessbedingte Varianz zwischen den Proben, gleichzeitig kann diese starke Standardisierung jedoch sensorische Unterschiede überdecken. Insbesondere die reduzierte Ausbildung thermisch induzierter Aromakomponenten, etwa durch Maillard-Reaktionen, limitiert die Ausprägung sensorischer Merkmale, die potenziell zur Differenzierung der Produkte beitragen könnten. Vor diesem Hintergrund erscheint die ausschließliche Fokussierung auf sous-vide gegarte Brustprodukte für vergleichende sensorische Fragestellungen nur eingeschränkt geeignet. Insgesamt legen die Ergebnisse von beider Methoden nahe, dass sowohl QDA als auch Napping bei sous-vide gegartem Hühnerbrustfleisch nur eine begrenzte Sensitivität gegenüber rasse- oder fütterungsbedingten Unterschieden aufweisen.

Hackfleischbällchen: Für die sensorische Bewertung der Hackfleischbällchen aus Brust- und Keulenfleisch zeigte sich ein differenziertes Bild. Für die QDA-Studien wurden keine robusten signifikanten Gruppenunterschiede auf Ebene der panelgemittelten Bewertungen festgestellt. Zwar traten bei der Auswertung auf Einzelpanelisten-Ebene vereinzelt p -Werte unterhalb des Signifikanzniveaus ($< 0,05$) auf, die auf mögliche Unterschiede zwischen Rasse- bzw. Fütterungsgruppen für einzelne Attribute hindeuten könnten, diese Befunde sind jedoch statistisch nicht belastbar. Ergänzend zur QDA lieferte die auf Napping-Daten basierende Clusteranalyse für die Hackfleischbällchen aus Keulenfleisch allerdings Erkenntnisse. Hier zeigte sich eine statistisch signifikante Abhängigkeit zwischen der Clusterzugehörigkeit der Produkte und den zugrunde liegenden Rasse- bzw. Fütterungsgruppen. Beide Standardprodukte wurden einem gemeinsamen Cluster zugeordnet, während ein weiteres, größeres Cluster mehrere Produkte lokaler Rassen umfasste, die vom Panel als sensorisch ähnlich wahrgenommen wurden (Abbildung).

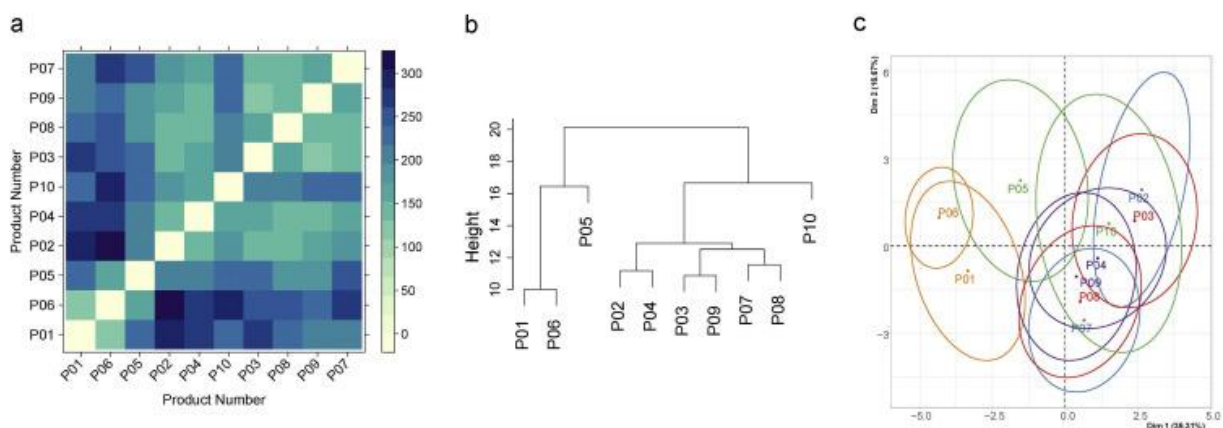


Abbildung 3: Panelgemittelte paarweise Produktdistanzen aus der Napping-Analyse von Hackfleischbällchen aus Keulenfleisch (a), Ergebnisse der hierarchisch-agglomerativen Clusteranalyse (b) sowie zweidimensionale Produktdarstellung mittels multipler Faktorenanalyse (MFA) mit 95 %-Konfidenzellipsen (c). Produkte P01 & P06 = Standard Hybrid Hubbard JA57 x Coloryield; P02 & P07, Bielefelder x White Rock normale Fütterung; P03 & P08, Ramelsloher x White Rock normale Fütterung; P04 & P09, Bielefelder x White Rock Luzernenfütterung; P05 & P10, Ramelsloher x White Rock Luzernenfütterung.

Diese Abhängigkeit blieb auch nach Anwendung einer strengen Bonferroni-Korrektur unterhalb des 5%-Signifikanzniveaus bestehen und erwies sich damit als statistisch belastbar. Eine erneute

112

Clusteranalyse auf Basis hochdimensionaler Distanzmaße bestätigte diese Gruppierung, was die Stabilität der Ergebnisse zusätzlich untermauert. Die Cluster zur Analyse von Napping-Daten für gehackte Oberschenkel konnten auch durch Wortwolken der von den Panelteilnehmern abgegebenen Verbalisierungen interpretiert werden (Abbildung).



Abbildung 4: Wortwolken für die Cluster der Napping-Methoden für die Hackfleischbällchen aus Oberschenkel.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse der Hackfleischbällchen-Studien, dass die Verwendung von Hackfleischbällchen als sensorisches Testprodukt das Potenzial besitzt, rasse- oder fütterungsbedingte Unterschiede sichtbar zu machen als stark standardisierte Zubereitungsformen wie sous-vide gegarte Brustprodukte. Durch das Zerkleinern und Mischen des Fleisches werden tierindividuelle Effekte, etwa bedingt durch Alter, Geschlecht oder einzelne Muskelstrukturen, reduziert, während geschmacksrelevante Unterschiede zwischen Brust- und Keulenfleisch weiterhin erfasst werden können. Insbesondere in Kombination mit ganzheitlichen Bewertungsmethoden wie Napping und einer nachgelagerten Clusteranalyse stellt dieser Ansatz eine geeignete und ressourceneffiziente Alternative zur klassischen QDA dar, insbesondere bei begrenzter Stichprobengröße und der Untersuchung lokaler Geflügelrassen.

Brühen: Die sensorischen Ergebnisse der Brühenstudien zeigen, dass rassebedingte Unterschiede insgesamt eine untergeordnete Rolle spielten. In der Untersuchung der Reinzuchttiere (ALT, BIE, RAM) konnte lediglich für das Attribut „Geruch Hautintensität“ ein signifikanter Rasseeffekt festgestellt werden, wobei die Brühe der BIE eine höhere Intensität aufwies als die der ALT, während die RAM eine intermediäre Ausprägung zeigten. Weitere sensorische Unterschiede zwischen den Reinzuchten konnten nicht beobachtet werden. In der vergleichenden Analyse der Kreuzungstiere zu BIE unterschieden sich die sechs untersuchten Kreuzungen sensorisch nur geringfügig voneinander. Im Gegensatz dazu wies die BIE ein insgesamt intensiveres sensorisches Profil auf und unterschied sich in mehreren Attributen signifikant von den Kreuzungstieren (Abbildung). Diese Unterschiede betrafen insbesondere Geruchs- und Geschmacksattribute sowie umami- und salzassoziierte Wahrnehmungen.

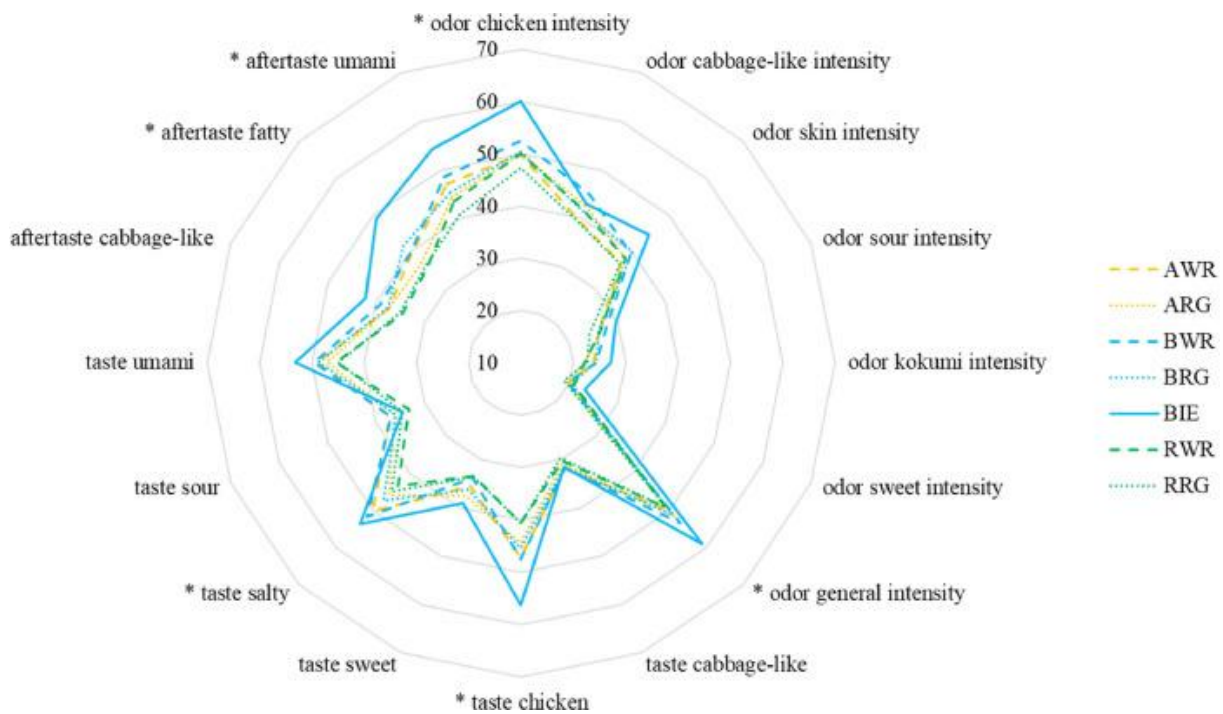


Abbildung 5: Sensorische Profile mit 16 Attributen für 6 Gebrauchskreuzungen und die lokale Reinrasse BIE. Die Bielefelder Rasse wird in 6 von 16 Merkmalen im Vergleich zu den 6 Kreuzungen signifikant intensiver bewertet. ARG = Altsteirer x Ranger, AWR = Altsteirer x White Rock, BRG = Bielefelder x Ranger, BWR = Bielefelder x White Rock, BIE = Bielefelder, RRG = Ramelsloher x Ranger, RW = Ramelsloher x White Rock, *: $p < 0,05$.

Unabhängig von der Rasse zeigten sowohl die Kochzeit als auch die Salzung (0,5 g / 100 ml Brühe) einen deutlichen Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften der Brühen. Eine längere Kochdauer führte in beiden Studien zu einer Intensivierung von Hühner- und Hautaroma sowie der allgemeinen Geruchsintensität und verstärkte zudem umami- und salzbetonte Geschmackseindrücke. Die Zugabe von Salz verstärkte diese Effekte zusätzlich und führte zu einer klaren sensorischen Differenzierung der Proben.

Frikassee: Die sensorische Auswertung der Frikassee-Studie mit trainierten Prüfer*innen zeigte insgesamt nur geringe Unterschiede zwischen den untersuchten Produkten, wobei vereinzelt kleinere Effekte auf Attributebene identifiziert werden konnten. In einer ersten Auswertung erwiesen sich die Unterschiede zwischen den zehn Produkten pro sensorischem Attribut überwiegend als gering. Der Großteil der beobachteten Differenzen lag unterhalb einer Least Significant Difference (LSD) von 1 und damit im Bereich sehr kleiner Effekte. Nur vereinzelt wurden Unterschiede im Bereich zwischen 1 und 2 LSD festgestellt. Die Berechnung der LSD (95 %) erfolgte auf Basis eines gemischten Modells mit dem Produkt als festem Faktor sowie Panelist und Wiederholung als Zufallsfaktoren; berücksichtigt wurden zudem Haupteffekte und zweifache Interaktionen zwischen festen und zufälligen Faktoren. Insgesamt deutet dieses Ergebnis auf eine hohe sensorische Ähnlichkeit der Frikassee-Produkte hin. In der weiterführenden Analyse konnten 27 der 34 beschreibenden Attribute identifiziert werden, deren Spannweite zwischen Minimal- und Maximalwert mehr als 1 LSD betrug. Diese Vielzahl an Attributen ließ sich jedoch durch Dimensionsreduktion auf ein bis drei Hauptdimensionen zusammenfassen, die zusammen rund 71 % der Gesamtvarianz erklärten. Die Reinzuchten, insbesondere die BIE, wurden überwiegend als mild und fest beschrieben, während das Standardprodukt STD durch eine höhere Saftigkeit und Geschmacksintensität charakterisiert war. Kreuzungen wie BRG und AWR wiesen eher süßliche Noten auf, während RWR stärker mit sauren Geschmackseindrücken assoziiert wurde. Eine

sensorische Differenz der Reinzuchten gegenüber dem STD konnte auf Basis dieser Ergebnisse nicht bestätigt werden. Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Frikassee-Studie, dass die sensorischen Unterschiede zwischen den untersuchten Produkten überwiegend gering ausfielen und sich nur in einzelnen Textur- und Geschmacksattributen widerspiegeln. Das STD wurde dabei tendenziell als saftiger, zarter und geschmacksintensiver wahrgenommen, während die Reinzuchten durch mildere und festere sensorische Profile gekennzeichnet waren.

Zusammenfassung zur Beschreibung der Produktqualität (Fleisch):

Insgesamt sind die mittels physiko-chemischer Verfahren erfassbaren Unterschiede gering (siehe Tabelle). Deutlich wird der Einfluss der Mutterrasse bei Merkmalen der Schlachtkörperzusammensetzung: RG Kreuzungen sind bei gleichem Schlachalter schwerer und fleischreicher als WR Kreuzungen, Bielefelder sind diesbezüglich vorzüglicher als Altsteirer und Ramelsloher. Auch wesentliche Merkmale der Fleischbeschaffenheit (Wasserhaltevermögen, Scherkraft) sind bei Ranger-Kreuzungen vorteilhaft (weniger Lager- und Kochverlust, zarteres Fleisch). Die Fütterung widerspiegelt sich u.a. in der Fettsäurezusammensetzung, d.h. hier geht der erhöhte Alfalfa-Einsatz mit erhöhten n-3 PUFA einher.

Tabelle 5.5: Zusammenfassende Bewertung der Schlachtkörper- und Fleischbeschaffenheit.

| Arbeitsblock | Methode | WR | RG | ALT | BIE | RAM | Kommentar |
|-----------------------|---------------------|----|----|-----|-----|-----|---|
| Physikalisch | Körpergewicht | - | + | o | + | o | ↑ Mastendgewicht bei RG und BIE |
| | Schlachtgewicht | - | + | o | + | o | ↑ Schlachtgewicht bei RG und BIE |
| | pH-Wert | + | o | + | o | o | geringe Unterschiede |
| | Farbmessung | + | o | o | + | o | geringe Unterschiede |
| | Lagerverlust | - | + | o | o | o | ↓ Tropfsaft bei RG |
| | Kochverlust | - | + | o | o | o | ↓ Kochverlust bei RG |
| | Scherkraft | - | + | o | o | o | ↓ Scherkraft bei RG |
| Chemisch | IMF (Brustfleisch) | - | + | o | o | o | ↑ IMF in RG |
| | Fettsäuren | + | - | o | o | o | ↑ PUFA in WR |
| | Peptide/Nukleotide | - | + | - | o | + | ↑ IMP in RG |
| Deskriptiv sensorisch | Sous-vide | o | o | o | o | o | keine sensorischen Unterschiede |
| | Hackfleischbällchen | o | o | + | + | + | Keine Unterschiede zwischen lokalen Rassen/Kreuzungen |
| | Brühen | o | o | - | + | o | kaum Unterschiede |
| | Frikassee | o | o | o | o | o | Keine Unterschiede |

Analyse von Vermarktungschancen:

Fokussettings: Auf Grundlage der Fokussettings konnten praxisrelevante Hinweise zur küchentechnischen Verwendung der Schlachtkörper abgeleitet werden, wobei insbesondere klassische deutsche Zubereitungsarten wie Brathähnchen, Hühnersuppe und Hühnerfrikassee als sehr geeignet bewertet und hervorgehoben wurden. Darüber hinaus lieferten die Köche Hinweise zur optimalen Handhabung der Schlachtkörper in der Küche sowie Anregungen zur Auslobung sensorischer Besonderheiten einzelner Rassen. Positiv hervorgehoben wurde die hohe Uniformität der Schlachtkörper innerhalb der jeweiligen Rassen hinsichtlich Gewicht, Fülle und Fleischfarbe. Insgesamt wurde kein erhöhter Verarbeitungsaufwand im Vergleich zu marktüblichen Geflügelschlachtkörpern festgestellt. Unter den bewerteten Reinzuchten wurde die RAM aufgrund ihres zarten Fleisches und ihres würzigen Geschmacksprofils besonders positiv eingeschätzt. Auch die BIE wurden als gut geeignet beurteilt, da sie sich in der Verarbeitung und im Produktbild kaum von handelsüblichen

Fleischentnahme erwies sich als konsistent vorteilhaft für Akzeptanz, Geschmack und Wiederkochabsicht. Die wahrgenommene Größe der Hühner zeigte eine nichtlineare Beziehung zum Schlachtgewicht, wobei mittelgroße Tiere als „genau richtig“ eingeschätzt wurden, während sehr leichte oder sehr schwere Tiere häufiger als zu klein bzw. zu groß wahrgenommen wurden. Sensorisch wirkte sich das Schlachtgewicht lediglich leicht auf die Rohgeruchsintensität aus. Die Zahlungsbereitschaft für ein ganzes Huhn lokaler Rassen wurde durch mehrere Faktoren moderat beeinflusst. Höheres Einkommen, geringere Preissensibilität, häufiges Kochen, weibliches Geschlecht sowie positive sensorische Eindrücke (Geruch und haptische Handhabung) gingen mit einer höheren Zahlungsbereitschaft einher. Auch eine Informationsvermittlung zum Verlust der Agrobiodiversität zeigte einen zusätzlichen, wenn auch abgeschwächten Einfluss.

Realexperiment: Das Realexperiment in der Zentralmensa zeigte eine überwiegend jungen Stichprobe (MW = 24,8 Jahre) auf, die in vergleichsweise großen Haushalten lebte und regelmäßig warm kochte. Der Konsum einzelner Hähnchenteile folgte klar etablierten Mustern: Brustfleisch wurde am häufigsten konsumiert, gefolgt von Keulen und Flügeln, während ganze Hühner und Innereien nur selten verwendet wurden. Die Teilnehmenden waren sich weitgehend einig, dass Traditionen den Geflügelkonsum in Deutschland prägen, und bewerteten Hähnchenfleisch insgesamt als vielseitig einsetzbar. Beim Einkauf dominierten Supermärkte und Discounter (89 %). Zentrale Auswahlkriterien für Hühnerfleisch waren Geschmack, Sonderangebote und Preis, während Regionalität, Labels und Marken eine geringere Rolle spielten. Die sensorische Gesamtakzeptanz der bewerteten Gerichte lag auf einem hohen Niveau (MW = 6.99, SD = 1.44). Gerichte mit Keulenfleisch wurden signifikant besser bewertet als solche mit Brustfleisch (Abbildung).

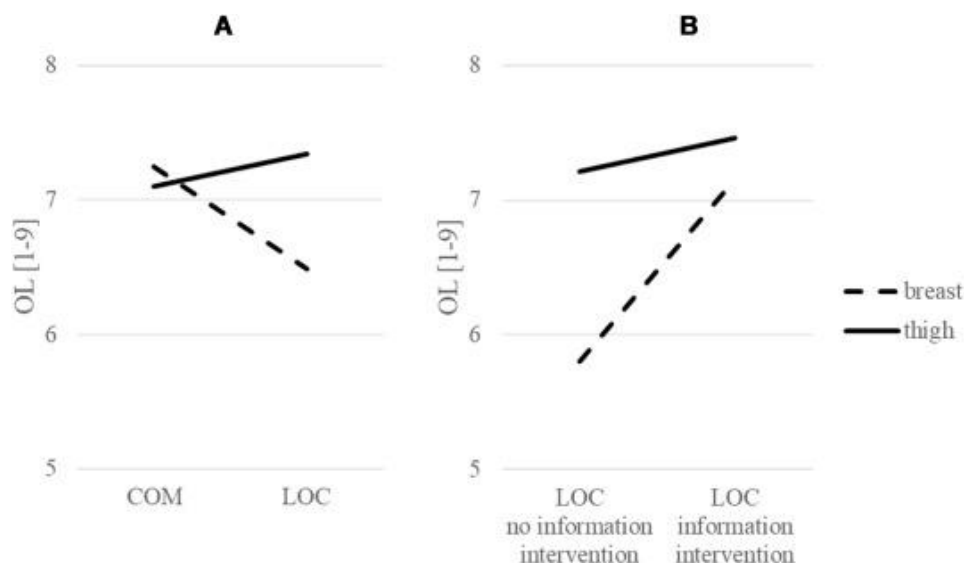


Abbildung 5.7: a) Allgemeine sensorische Gesamtakzeptanz der bewerteten Gerichte in Abhängigkeit von Rasse und Stück. b) Allgemeine Beliebtheit in Abhängigkeit von Informationsintervention und Stück bei den lokalen Rassen. COM, Kommerzielle Rasse; LOC, lokale Gebrauchskreuzungen.

Im Vergleich von kommerzieller STD und lokalen Gebrauchskreuzungen zeigte sich ein Unterschied zugunsten der kommerziellen Linie, der jedoch primär auf geringere Bewertungen der Brustgerichte lokaler Rassen zurückzuführen war. Innerhalb der Keulengerichte traten keine Unterschiede zwischen lokalen und kommerziellen Rassen auf. Die Informationsintervention hatte einen deutlichen positiven Effekt auf die Gesamtakzeptanz lokaler Rassen, insbesondere bei Brustgerichten, und konnte deren geringere Akzeptanz teilweise kompensieren. Für Keulengerichte zeigte sich kein zusätzlicher

Informationseffekt. Die JAR- und CATA-Analysen verdeutlichten, dass viele Gerichte als zu fest bzw. zu trocken und als portionsmäßig zu klein wahrgenommen wurden. Besonders gut schnitten Keulen-Gerichte lokaler Rassen ab, die sowohl hinsichtlich Fleischqualität als auch Portionsgröße näher am „Just-about-right“-Bereich lagen. Die Informationsintervention verbesserte die Wahrnehmung der Fleischqualität lokaler Rassen, reduzierte jedoch gleichzeitig die wahrgenommene Sättigungswirkung, vor allem bei Brust-Gerichten. Darüber hinaus beeinflusste die Informationsvermittlung „Einstellungen zu Agrobiodiversität“ und „lokalen Rassen“ signifikant. Teilnehmende mit Information zeigten ein höheres Problembewusstsein für den Verlust lokaler Rassen und eine höhere deklarierte Zahlungsbereitschaft für entsprechende Gerichte.

Central-Location Test: Im Rahmen des Central Location Tests (Gericht Frikassee) nahmen vorwiegend junge Erwachsene im Alter zwischen 18 und 34 Jahren teil, davon 60% männlich. Bildungsseitig war die Stichprobe hochqualifiziert, mit 41,7 % Hochschulabschlüssen und 35 % Schulabschluss. Die Hauptbeschäftigung bestand überwiegend aus Studium (66,7 %), gefolgt von Vollzeitbeschäftigung (20 %) und Teilzeit (11,7 %). Etwa die Hälfte der Befragten gab an, mindestens einmal pro Woche Hühnerfleisch zu konsumieren. Beim Kaufverhalten dominierten Discounter und Supermärkte (65 %), während 11 % direkt beim Produzenten oder auf Märkten einkauften und 23 % Hühnerfleisch nur außer Haus konsumierten. Hinsichtlich der Zubereitung gaben 18 % an, Hühnerfleisch mindestens einmal pro Woche selbst zu kochen. Bevorzugt wurden Hühnerbrust (66 %) und Flügel (50 %), während ganze Hühner oder Suppenhühner nur von etwa 30 % gewählt wurden. Die sensorische Bewertung der Produkte zeigte signifikante Unterschiede beim Aussehen, wobei die Bielefelder und Altsteirer Rassen besonders positiv abschnitten. Die Zartheit wurde von 50 – 60 % der Teilnehmenden als „genau richtig“ empfunden, während die Mehrheit (40 – 50 %) die Intensität der Geschmacksattribute als zu gering bewertete, was auf die Milde der Produkte hinweist. Zwischen den sensorischen Eigenschaften der drei Reinzuchtrassen und der kommerziellen Rasse konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Experteninterviews: Die interviewten Experten stammen aus unterschiedlichen Bereichen der landwirtschaftlichen und ernährungsbezogenen Wertschöpfungskette und bringen entsprechend verschiedene berufliche Perspektiven in die Interviews ein. Durch diese Vielfalt lassen sich unterschiedliche Sichtweisen auf die Nutzung und Vermarktung von Zweinutzungshühnern entlang der Wertschöpfungskette erfassen. Ein Teil der Befragten verfügt über einen agrarwissenschaftlichen oder landwirtschaftlichen Hintergrund und hat bereits früh Berührungspunkte mit Geflügelhaltung oder alternativen Hühnerkonzepten gehabt. Auch in der praktischen Arbeit sammeln einige Experten bereits Erfahrungen mit alternativen Geflügelrassen oder Zweinutzungskreuzungen. Neben Akteuren aus der landwirtschaftlichen Praxis wurden auch Experten aus der Gemeinschaftsverpflegung befragt. Diese verfügen häufig über eine gastronomische Ausbildung und langjährige Erfahrung in der Organisation großer Verpflegungseinrichtungen. Darüber hinaus sind Experten aus der landwirtschaftlichen Beratung und Projektkoordination vertreten. Diese sind teilweise direkt in Projekte zur Förderung von Zweinutzungshühnern eingebunden und begleiten landwirtschaftliche Betriebe bei der Umsetzung entsprechender Konzepte. Die meisten Experten sind zudem über Projekte oder persönliche Netzwerke mit Initiativen zur Förderung von Zweinutzungshühnern in Kontakt gekommen. Die Beteiligung reicht dabei von der praktischen Haltung der Tiere über Beratung und Projektkoordination bis hin zur Verarbeitung oder Nutzung der Produkte in der Gemeinschaftsverpflegung. Eine Landwirtin beschreibt beispielsweise ihren Einstieg in ein entsprechendes Projekt über Kontakte zu anderen landwirtschaftlichen Betrieben:

„Ich habe von dem Projekt RegioHuhn gehört, weil ein Kollege da schon mitmacht [...] und habe dann einfach gefragt, ob sie noch Betriebe suchen.“ (Interview Landwirtin)

Insgesamt zeigt sich, dass die interviewten Experten über vielfältige Erfahrungen entlang der Wertschöpfungskette verfügen, und dass Zweinutzungshühner von den Experten aus unterschiedlichen Perspektiven wahrgenommen werden. Während Akteuren aus Landwirtschaft und Beratung vor allem zucht- und leistungsbezogene Eigenschaften einzelner Kreuzungen thematisieren, stehen für Gastronomie und Gemeinschaftsverpflegung eher Qualitäts-, Verarbeitungs- und Praktikabilitätsaspekte im Vordergrund. Mehrere Interviewpartner verwiesen darauf, dass innerhalb des Projekts verschiedene Rassen und Kreuzungen erprobt wurden, deren Eigenschaften sich hinsichtlich Verhalten, Leistung und Eignung für Praxisbetriebe unterscheiden. Bestimmte Kreuzungen wurden von mehreren Experten als besonders geeignet hervorgehoben. So berichtete eine Beraterin aus der ökologischen Landwirtschaft, dass sich in der Praxis vor allem bestimmte Kreuzungen bewährt hätten:

„Ich kann [...] von den Praxisbetrieben sprechen, und da ist es tatsächlich die Bielefelder-Ranger und die Ramelsloher-White-Rock-Kreuzung, die sich da wirklich hervortun.“ (Interview landwirtschaftliche Beratung)

Auch aus landwirtschaftlicher Perspektive wurden Eigenschaften wie ruhiges Verhalten und gutes Handling der Tiere als positiv bewertet:

„Die sind super relaxed [gemeint ist die Kreuzung Ramelsloher-White Rock], finde ich. Die sind echt angenehm in der Haltung.“ (Interview Landwirtin)

Neben rassespezifischen Eigenschaften wurde die Entwicklung von Zweinutzungshühnern häufig im Zusammenhang mit ethischen und strukturellen Veränderungen in der Geflügelhaltung diskutiert. Ein Hintergrund bildet dabei insbesondere das Verbot des Kükentötens. Ein weiterer zentraler Aspekt in der Wahrnehmung der Zweinutzungshühner betrifft das Spannungsfeld zwischen Leistungsfähigkeit und wirtschaftlicher Realität. Mehrere Experten wiesen darauf hin, dass in der Praxis häufig weiterhin die Legeleistung der Tiere wirtschaftlich entscheidend sei:

„Es ist einfach wirklich so: Das Ei verdient das Geld.“ (Interview landwirtschaftliche Beratung)

Aus gastronomischer Perspektive wurde hingegen insbesondere die Qualität des Fleisches hervorgehoben. Ein Sternekoch betonte beispielsweise, dass für hochwertige Gastronomiekonzepte vor allem geschmackliche Qualität und Produktqualität entscheidend seien. Insgesamt zeigen die Interviews, dass Zweinutzungshühner von den Experten grundsätzlich als interessanter Ansatz wahrgenommen werden, ihre praktische Bewertung jedoch stark von der jeweiligen Position in der Wertschöpfungskette abhängt. Während landwirtschaftliche und züchterische Akteure vor allem Leistung, Verhalten und Zuchteigenschaften diskutieren, stehen für Gastronomie und Gemeinschaftsverpflegung Verarbeitbarkeit, Produktsicherheit und Produktqualität im Vordergrund.

In Bezug auf die Haltung und Verarbeitung von Zweinutzungshühnern zeigen sich spezifische Anforderungen entlang der Produktions- und Verarbeitungskette. Ein zentraler Aspekt betrifft dabei die Variabilität der Tiere, die stärker ausgeprägt sein kann als bei konventionellen Hochleistungsmasthähnchen. Ein Vertreter eines Schlachthofs beschrieb dies folgendermaßen:

„Wenn wir ins Rassegeflügel rutschen oder auch in irgendwelche Kreuzungen, die noch nicht über Jahre züchterisch verarbeitet sind, haben wir auf jeden Fall eine große Streuung, was Gewicht, Größe, Farben angeht.“ (Interview Vertreter eines Geflügelschlachthofs und Landwirt)

Solche Unterschiede stellen in kleineren landwirtschaftlichen Produktionsstrukturen meist kein grundsätzliches Problem dar, können laut Experten jedoch für bestimmte Vermarktungswege eine Herausforderung darstellen. Besonders bei der Zerlegung und Vermarktung von Teilstücken wird eine gewisse Gleichmäßigkeit der Schlachtkörper als vorteilhaft angesehen. Gleichzeitig wird betont, dass diese Unterschiede in vielen Fällen durch weitere Verarbeitungsschritte ausgeglichen werden können, beispielsweise durch Portionierung oder Verarbeitung zu anderen Produkten. Auch der Zugang zu Tieren und zur Aufzuchtstruktur wird von mehreren Experten als wichtiger Faktor für die praktische Umsetzung von Zweinutzungshühnern genannt. Landwirtschaftliche Betriebe sind dabei häufig auf bestehende Projektstrukturen, Beratungsangebote oder spezialisierte Aufzuchtbetriebe angewiesen. Zweinutzungshühner/ lokale Rassen werden als möglicher Ansatz gesehen, um eine ausgewogenere Balance zwischen Leistung, Tiergesundheit und Produktionsanforderungen zu erreichen.

Die Experten verdeutlichen des Weiteren, dass die Vermarktung von Zweinutzungshühnern mit verschiedenen strukturellen Herausforderungen verbunden ist. Besonders häufig werden dabei Preis, Verfügbarkeit sowie die Zahlungsbereitschaft der Konsumenten als zentrale Einflussfaktoren genannt. Ein wichtiger wirtschaftlicher Aspekt betrifft zunächst die Berechnung und Vermarktung der Tiere entlang der Wertschöpfungskette. In der Praxis spielt dabei insbesondere das Schlachtgewicht und die Ausschachtung eine zentrale Rolle für die Preisgestaltung zwischen Schlachtbetrieb und landwirtschaftlichen Betrieben. Ein Vertreter eines Schlachthofs erläuterte:

„Ausschlaggebend ist es, wenn wir die Tiere ankaufen und dann weiter vermarkten, weil da in der Regel das Lebendgewicht der Tiere als Berechnungsgrundlage für den Landwirt dient. [...] Wenn ich ein Hähnchen mit 70 % Ausschachtung habe, ist das natürlich ein Unterschied, als wenn ich da nur 60 oder 65 % habe.“ (Interview Vertreter eines Geflügelschlachthofs und Landwirt)

Darüber hinaus zeigt sich, dass sich auch Vermarktungsformen im Laufe der Zeit verändert haben. Während ganze Hähnchen früher häufiger verkauft wurden, greifen Konsumenten heute zunehmend zu Teilstücken:

„Die Metzgereien haben meistens zwei, drei ganze Hähnchen in der Theke liegen [...] aber das ist sehr am Zurückgehen. Der Konsument kauft dann lieber sein Teilstück im Laden.“ (Interview Vertreter eines Geflügelschlachthofs und Landwirt)

Ein weiterer zentraler Faktor ist die Verfügbarkeit und Kontinuität der Lieferung, die besonders für Gastronomie und Gemeinschaftsverpflegung eine große Rolle spielt. Küchen müssen ihre Speiseplanung langfristig organisieren und sind daher auf verlässliche Lieferstrukturen angewiesen:

„Das Thema Verfügbarkeit und Kontinuität ist eine klare Sache für uns in der Gastronomie.“ (1. Vertreter der Gemeinschaftsverpflegung)

„Produkt kriege ich erst in zehn Wochen, dann werden wir das nicht bestellen. Dann ist uns viel zu nervig.“ (2. Vertreter der Gemeinschaftsverpflegung)

Neben der Verfügbarkeit spielt insbesondere der Preis eine zentrale Rolle für die Vermarktung. Mehrere Interviewpartner betonen, dass lokale Rassen im Vergleich zu konventionellem Geflügel deutlich teurer sind:

„Selbst wenn wir nochmal eine schöne Geschichte dazu haben [...] greift der Verbraucher am Ende doch zum normalen Masthähnchen, weil das ein Drittel günstiger ist.“ (Interview Vertreter eines Geflügelschlachthofs und Landwirt)

Auch in der Gemeinschaftsverpflegung werden Preisgrenzen deutlich. So erklärte ein Mensavertreter:
„Sobald es über 12, 13, 14 Euro das Kilo geht, dann ist es schon echt schwierig für uns.“ (1. Vertreter der Gemeinschaftsverpflegung)

Damit verbunden ist auch die Frage der Zahlungsbereitschaft der Konsumenten die von verschiedenen Faktoren abhängig ist. Während bestimmte Zielgruppen bereit sind, höhere Preise für nachhaltiger produzierte Produkte zu zahlen, greifen viele Konsumenten weiterhin eher zu günstigeren Angeboten. Einige Interviewpartner sehen jedoch auch Chancen in alternativen Vermarktungsstrukturen, insbesondere in der Direktvermarktung oder in kleineren regionalen Wertschöpfungsketten. Dort besteht häufig ein direkter Kontakt zwischen Produzenten und Konsumenten, wodurch sich Besonderheiten der Produktion besser erklären lassen. Eine Beraterin aus der ökologischen Landwirtschaft betont in diesem Zusammenhang:

„Die größte Chance sehe ich eigentlich wirklich in diesen kleinen Landwirtschaftsstrukturen, die mit eigener und regionaler Vermarktung arbeiten.“ (Interview landwirtschaftliche Beratung)

Mehrere Experten beschreiben die aktuelle Vermarktungssituation insgesamt als Pionierphase, in der neue Produktions- und Vermarktungswege erst aufgebaut werden müssen. Die Wahrnehmung und Nutzung der Produkte orientiert sich dabei stark an den praktischen Anforderungen der jeweiligen Nutzungskontexte. Mehrere Experten heben hervor, dass sich das Fleisch sensorisch von konventionellem Geflügel unterscheidet. So wird die Qualität teilweise als intensiver im Geschmack beschrieben:

„Die Qualität [war] wesentlich besser als die herkömmliche Ware“ (Interview mit Gastronomievertreter)

Gleichzeitig weisen die Produkte eine andere Fleischstruktur und Optik auf. Diese Unterschiede können Herausforderungen für die praktische Verarbeitung darstellen. Insbesondere in Großküchen oder standardisierten Küchenprozessen müssen Zubereitungsweisen teilweise angepasst werden. So kann beispielsweise eine veränderte Fleischstruktur andere Garzeiten erfordern oder bestimmte Zubereitungsformen begünstigen. Ein Gastronom betont in diesem Zusammenhang, dass sich manche Stücke weniger zum Kurzbraten eignen, dafür aber

„als Schmorgericht [...] hervorragend“ funktionieren. (Interview mit Gastronomievertreter)

Neben der sensorischen Wahrnehmung spielt auch die Kommunikation gegenüber Konsumenten eine wichtige Rolle. Mehrere Interviewpartner berichten, dass Informationen über Herkunft oder Produktionsweise beispielsweise über Speisekarten, Aufsteller oder soziale Medien vermittelt werden. Gleichzeitig bleibt jedoch häufig unklar, in welchem Umfang diese Informationen von den Gästen tatsächlich wahrgenommen werden. So berichtet ein Vertreter einer universitären Mensa, dass entsprechende Hinweise zwar am Buffet platziert werden, jedoch

„nicht [klar ist], ob die Leute das wirklich wahrnehmen.“ (1. Vertreter der Gemeinschaftsverpflegung)

Zusammenfassend verdeutlichen die Interviews, dass die Etablierung alternativer Geflügelprodukte mit verschiedenen Herausforderungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette verbunden ist. Ein

häufig genannter Aspekt betrifft wirtschaftliche Faktoren, insbesondere im Vergleich zu konventionellen Geflügelprodukten. Mehrere Interviewpartner betonen, dass die Produktionskosten deutlich höher liegen, während gleichzeitig ein preislich konkurrenzfähiges Angebot erwartet wird. So beschreibt ein Vertreter eines Schlachtbetriebs, dass Verbraucher trotz zusätzlicher Nachhaltigkeitsargumente häufig zum günstigeren Produkt greifen:

„Das findet der Verbraucher nett, aber er greift doch am Ende zum normalen Masthähnchen, weil das ein Drittel günstiger ist“ (Interview Vertreter eines Geflügelschlachthofs und Landwirt)

Auch in der Gemeinschaftsverpflegung spielt der Preis eine entscheidende Rolle. Ein Interviewpartner aus einer Universitätsmensa weist darauf hin, dass Geflügelfleisch bereits im Einkauf kostenintensiv sei und zusätzliche Preisaufschläge schwer umzusetzen seien. Neben wirtschaftlichen Faktoren werden auch strukturelle Herausforderungen innerhalb der Produktions- und Vermarktungskette genannt. So ist beispielsweise eine verlässliche Verfügbarkeit der Produkte notwendig, insbesondere für größere Abnehmer wie Kantinen oder Gastronomiebetriebe. Ein Interviewpartner beschreibt, dass entsprechende Lieferketten bislang noch nicht vollständig etabliert sind und dies eine wichtige Voraussetzung für eine breitere Nutzung darstellt. Darüber hinaus werden auch Anforderungen an Produktstandardisierung genannt. Besonders in größeren Verarbeitungssystemen oder in der Gemeinschaftsverpflegung sind gleichmäßige Größen und standardisierte Teilstücke wichtig, da stark variierende Produkte die Verarbeitung erschweren können. Gleichzeitig wird betont, dass kleinere, handwerkliche Strukturen flexibler mit solchen Schwankungen umgehen können.

Trotz dieser Herausforderungen sehen die Experten auch verschiedene Chancen für die Geflügelprodukte der lokalen Rassen. Insbesondere die Direktvermarktung und regionale Wertschöpfungsketten werden als geeignete Vermarktungswege beschrieben. Insbesondere dort, wo ein direkter Kontakt zwischen Produzenten und Konsumenten besteht, eine größere Bereitschaft vorhanden ist, Besonderheiten der Produkte zu akzeptieren:

„Wenn ich direkt als kleiner Betrieb an meinen Direktkunden vermarkte [...] dann ist der durchaus viel mehr bereit, solche [Preis-] Schwankungen in Kauf zu nehmen“ (Interview Vertreter eines Geflügelschlachthofs und Landwirt)

Auch gezielte Kommunikationsstrategien werden als wichtiger Ansatz gesehen. Mehrere Experten weisen darauf hin, dass die Herkunft, Zuchtform oder Produktionsweise für Konsumenten häufig erklärungsbedürftig sind. Gleichzeitig wird darin auch eine Chance gesehen, die Besonderheiten der Produkte sichtbar zu machen. So wird in diesem Zusammenhang das Potenzial von Storytelling über Herkunft und Erzeugerbetriebe beschrieben:

„Da war der Bezug ja direkt von den Höfen. Dort war bekannt, wo das hergekommen ist [...] es war einfach darüber zu berichten“ (Interview mit Landwirtin).

Insgesamt zeigen die Interviews, dass die langfristige Etablierung solcher Produkte weniger von einzelnen Faktoren abhängt, sondern vor allem vom Zusammenspiel der gesamten Wertschöpfungskette. Neben wirtschaftlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen spielen insbesondere Vermarktungsstrategien, Kommunikation sowie geeignete Absatzkanäle eine zentrale Rolle.

AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)

Hahnenversuch (Experimentell)

Futtermittelverbrauch

In LW 12 fand noch keine Versuchsfütterung statt. Unterschiede im Futterverbrauch in dieser Phase sind daher ausschließlich durch die Genetik zu erklären, wobei die Mutterlinie den größten Effekt hatte ($\omega_p^2 = 0,73$, $p < 0,001$). WR-Kreuzungen verbrauchten durchschnittlich 94 g und RG-Kreuzungen 115 g Futter pro Tier und Tag. Die Vaterrasse hatte einen kleineren, aber dennoch signifikanten Einfluss ($\omega_p^2 = 0,31$, $p < 0,001$). Der Futterverbrauch der RAM-Kreuzungen lag im Schnitt 9-10 g unter dem Verbrauch der anderen beiden Kreuzungen. Zusammen erklärten Mutterlinie und Vaterrasse 76,5 % der Varianz. Interaktionseffekte bestanden keine.

Während der Versuchsphase (LW 13-18) wurde der Futterverbrauch ebenfalls maßgeblich von der Mutterlinie ($\omega_p^2 = 0,62$, $p < 0,001$), sowie vom Alter ($\omega_p^2 = 0,20$, $p < 0,001$), von der Vaterrasse ($\omega_p^2 = 0,15$, $p < 0,001$), und nur zu einem deutlichen geringeren Anteil von der Fütterung ($\omega_p^2 = 0,08$, $p < 0,001$) sowie der Interaktion zwischen Alter und Fütterung ($\omega_p^2 = 0,08$, $p < 0,001$) beeinflusst. Das Modell erklärte 69,6 % der Varianz. Es zeigte sich vor allem zum Ende der Mast hin ein deutlicher Unterschied zwischen den Fütterungsvarianten (siehe Abbildung 2); in LW 14 lagen beide Fütterungsvarianten bei einem mittleren Verbrauch von 135 g, in LW 18 lag der durchschnittliche Verbrauch mit 160 g in der Luzernegruppe dann beinahe 20 g über dem Verbrauch der Kontrollgruppe von 141 g ($p < 0,001$).

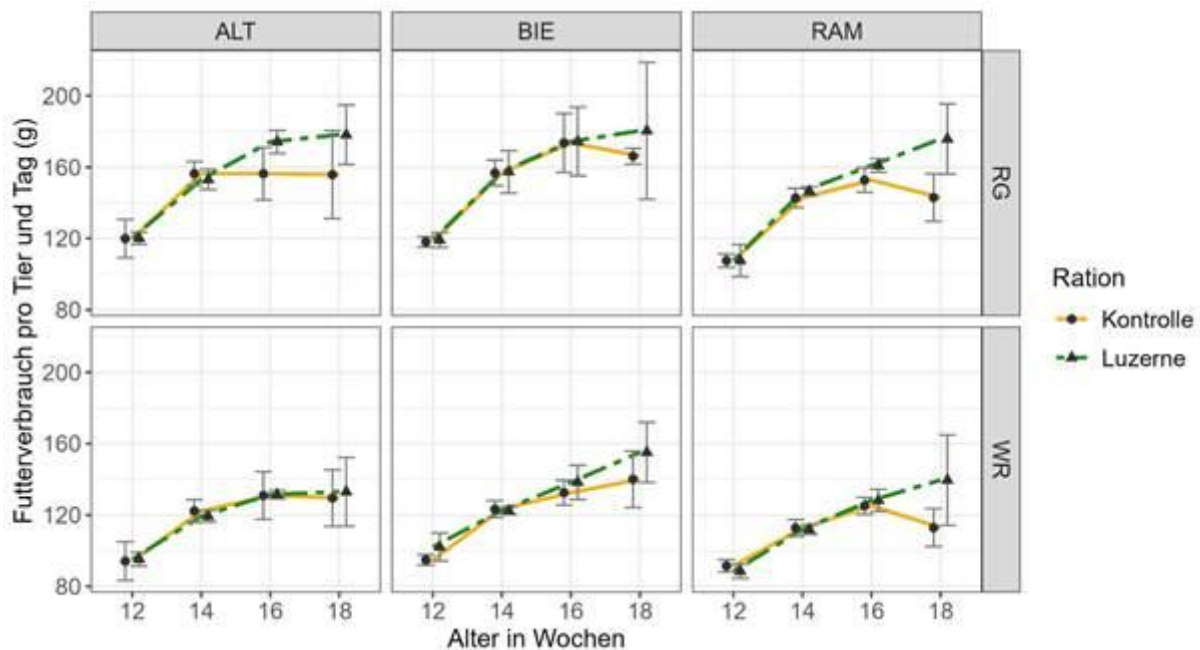


Abbildung 6.2 Futterverbrauch von Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Lege- (WR) bzw. Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzernefütterung (n = 60 Abteile, 5 Wiederholungen)

Lebendmasse und Tageszunahme

Die Lebendmasseentwicklung der Kreuzungstiere ist in Abbildung 3 dargestellt. Für die Lebendmasse der Tiere in LW 12 war vor allem die Mutterlinie verantwortlich ($\omega_p^2 = 0,87$, $p < 0,001$). Im Schnitt lagen die WR-Kreuzungen bei einer Lebendmasse von 1.176 g und die RG-Kreuzungen bei 1.488 g. Die Vaterrasse hatte keinen signifikanten Einfluss. Insgesamt erklärten die festen Effekte nur 29,4 % der Varianz, was als niedrig anzusehen ist und darauf hinweist, dass andere unberücksichtigte Faktoren einen maßgeblichen Einfluss hatten.

Während der Versuchsphase lag der Haupteinfluss auf die Lebendmasse wiederum bei der Mutterlinie ($\omega_p^2 = 0,94$, $p < 0,001$), gefolgt von Alter ($\omega_p^2 = 0,46$, $p < 0,001$) und Vatterrasse ($\omega_p^2 = 0,35$, $p < 0,001$). Der Effekt der Fütterung ($\omega_p^2 = 0,09$, $p = 0,013$) sowie die Interaktion zwischen Alter und Mutterlinie ($\omega_p^2 = 0,04$, $p < 0,001$) waren eher nachrangig. Der Unterschied zwischen den Lebendmassen von Kontrollgruppe (2.229 g) und Luzernegruppe (2.176 g) betrug gerade einmal 53 g. Die festen Effekte zusammen erklärten 68,1 % der Varianz. Die Lebendmasse der RG-Kreuzungen lag in LW 14 bei 2.136 g (WR-Kreuzungen: 1.618 g) und erreichte mit 18 LW 2.863 g (WR-Kreuzungen: 2.103 g).

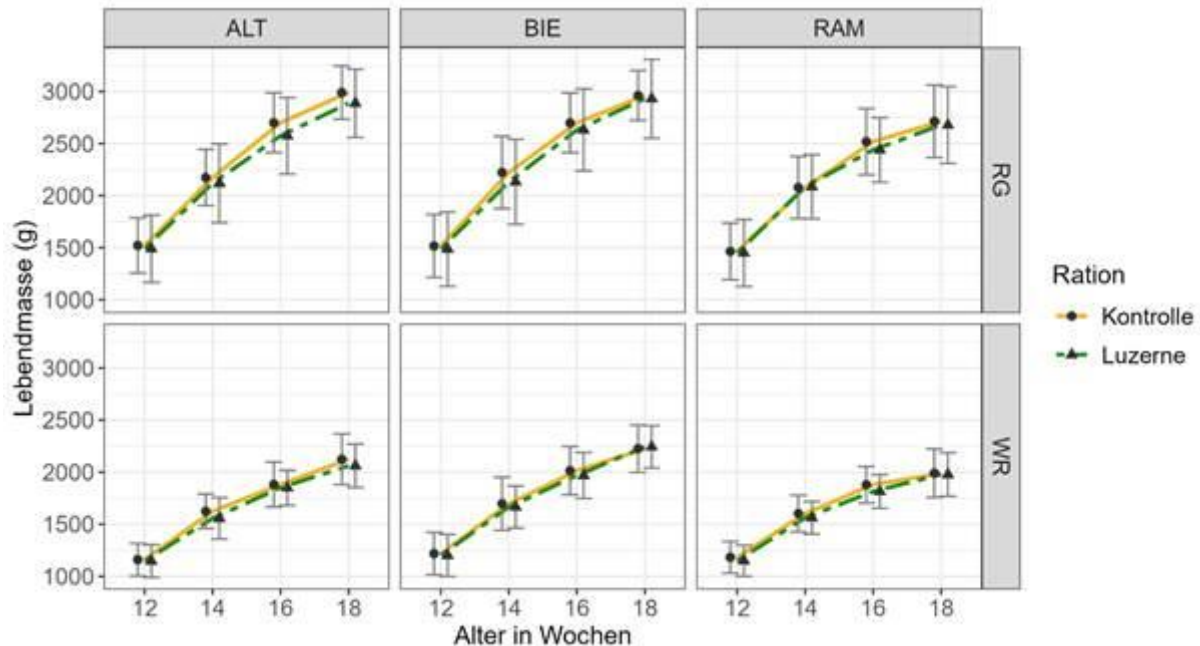


Abbildung 6.3 Lebendmasse von Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Lege- (WR) bzw. Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzernefütterung in LW 12, 14, 16 und 18 (n = 1.306, 979, 636 und 321 Tiere).

Die tägliche Zunahme, berechnet als mittlerer täglicher Zuwachs vom Schlupf bis zum jeweiligen Wiegezeitpunkt, ist in Abbildung 4 dargestellt und lag in LW 12 bei durchschnittlich 14,5 g (WR-Kreuzungen) und 18,4 g (RG-Kreuzungen, $p < 0,001$). Auch während der nachfolgenden Versuchsphase zeigten die RG-Kreuzungen deutlich höhere mittlere Gesamtzunahmen als die WR-Kreuzungen ($p < 0,001$) mit bis zu 23,8 g/Tag; dagegen lag der Höchstwert der WR-Kreuzungen bei 17,4 g/Tag (jeweils LW 16). Zwischen LW 14 und 16 stiegen die täglichen Zunahmen signifikant an ($p < 0,001$), um anschließend von LW 16 bis 18 wieder zu sinken ($p = 0,002$). Der Interaktionseffekt von Mutterlinie und Alter war hochsignifikant ($p < 0,001$). Auf der Vaterseite zeigten die BIE-Kreuzungen die höchsten täglichen Zunahmen (20,7 g), gefolgt von den ALT-Kreuzungen (20,1 g) und den RAM-Kreuzungen (19,4 g). Der Unterschied zwischen den Fütterungsgruppen war signifikant ($p = 0,012$), aber gering. Die mittlere tägliche Zunahme betrug 20,3 g in der Kontrollgruppe und 19,8 g in der Luzernegruppe. Das Modell erklärte insgesamt 57,2 % der Varianz.

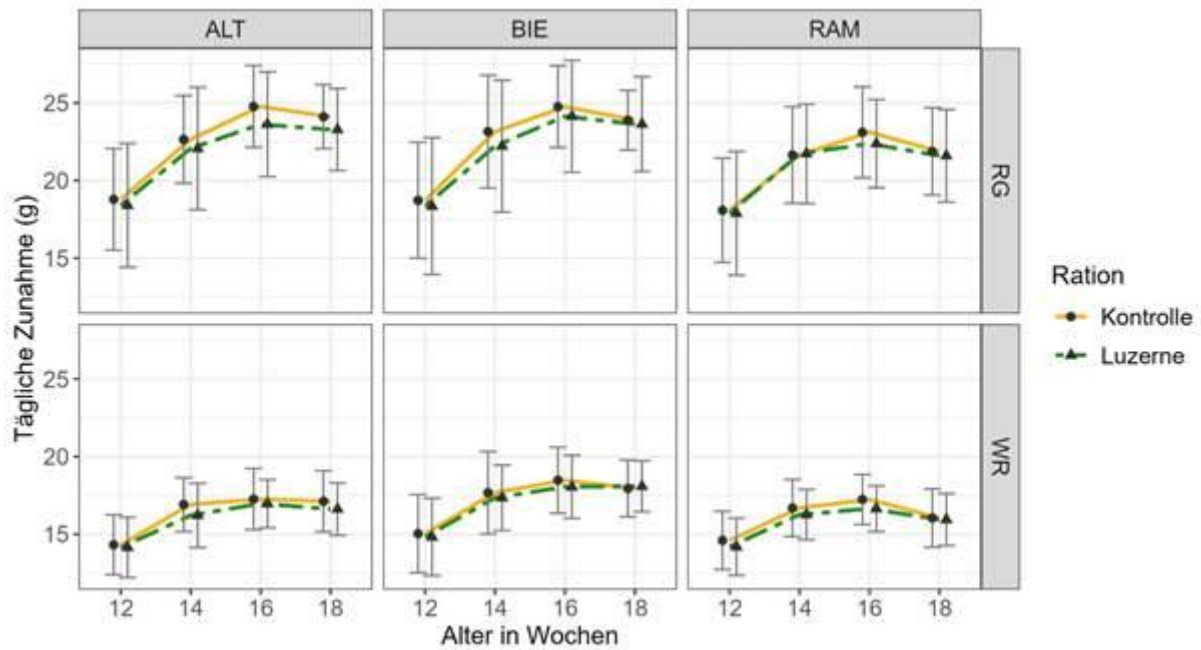


Abbildung 6.4 Tägliche Zunahme, berechnet als mittlerer täglicher Zuwachs vom Schlupf bis zum jeweiligen Wiegezeitpunkt, von Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit Lege- (WR) und Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzernefütterung in LW 12, 14, 16 und 18 (n = 1.306, 979, 636 und 321 Tiere).

Futtermittelverwertung

Abbildung 5 zeigt den Futteraufwand in kg Futter pro kg Zuwachs bis zum jeweiligen Wiegezeitpunkt. In LW 12 zeigten sich bezüglich der Futtermittelverwertung signifikante Unterschiede zwischen den Mutterlinien ($\omega^2 = 0,43$, $p < 0,001$) und den Vatterassen ($\omega^2 = 0,07$, $p = 0,044$) ohne Interaktionseffekt ($\text{adj. } R^2 = 45,9$). Während der Versuchsfütterung zeigten sich signifikante Effekte des Alters ($\omega^2 = 0,78$, $p < 0,001$) und der Mutterlinie ($\omega^2 = 0,59$, $p < 0,001$), mit zunehmendem Alter nahm die Konversionseffizienz ab und die RG-Kreuzungen zeigten eine deutlich bessere Futtermittelverwertung als die WR-Kreuzungen (3,53 vs. 3,94). Dazu kam der Effekt der Fütterung ($\omega^2 = 0,15$, $p < 0,001$), die Kontrollgruppe lag deutlich niedriger als die Luzernegruppe (3,66 vs. 3,80). Die Vatterasse hatte von LW 14 bis 18 keinen signifikanten Einfluss. Das Modell ohne Interaktionen erklärte 84,1 % der Varianz.

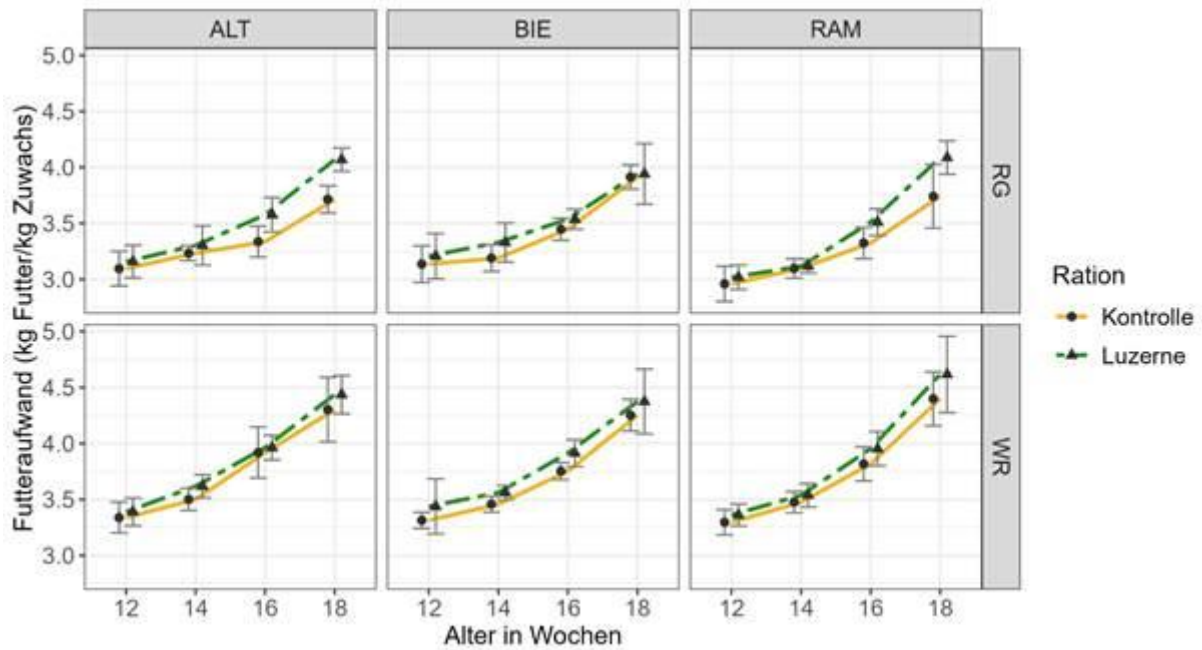


Abbildung 6.5 Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs bis zum jeweiligen Wiegezeitpunkt) von Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit Lege- (WR) und Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzerne fütterung (n = 60 Abteile, 5 Wiederholungen)

Hahnenversuch (Praxis)

Futtermittelverbrauch

Der Futtermittelverbrauch unter Praxisbedingungen lag mit Werten zwischen 49 g und 94 g pro Tier und Tag deutlich unter dem Futtermittelverbrauch im Experiment (siehe Abbildung 6). Zudem wurden Unterschiede zwischen den Kreuzungen deutlich; die Futteraufnahme der BIE-Kreuzung bei Luzerne fütterung lag über dem Wert der BIE-Kontrollgruppe (Differenz: 9,2 g in LW 12 und 17,2 g in LW 14), während bei der RAM-Kreuzung in LW 14 das Gegenteil der Fall war (Differenz: 6,1 g). Gemeinsam ist beiden, dass der Unterschied zwischen den Fütterungsvarianten mit dem Alter zunahm. Die ALT-Kreuzung mit Luzerne lag mit LW 12 deutlich unter den beiden anderen Kreuzungen, holte aber bis LW 14 etwas auf und erreichte dann Futteraufnahmen vergleichbar mit der RAM×WR-Kontrollgruppe (jeweils 70,8 g/Tier und Tag).

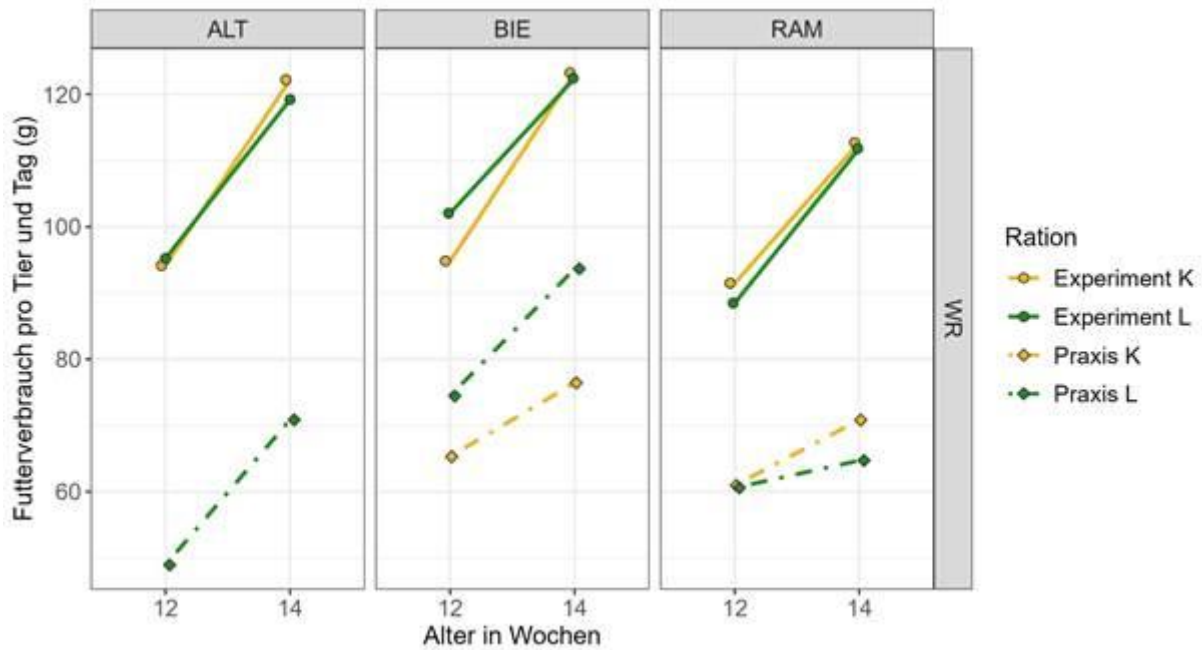


Abbildung 6.6 Futtermittelverbrauch von Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Legegenetik (WR) bei Kontroll- (K) und Luzernefütterung (L) unter experimentellen Bedingungen (n = 30 Abteile, 5 Wiederholungen) sowie unter Praxisbedingungen (n=5 Abteile, keine Wiederholungen)

Lebendmasse und Tageszunahme

Auch bei den Lebendgewichten sind die Unterschiede zwischen Praxis und Experiment markant (siehe Abbildung 7). Im Praxisversuch kamen die Tiere mit höheren Gewichten aus der Aufzucht, blieben dann aber deutlich hinter den Leistungen im Experiment zurück.

Innerhalb des Praxisversuchs (LW 10 bis 14) zeigten sich signifikante Einflüsse der Faktoren Alter ($\omega_p^2 = 0,57$, $p < 0,001$), Fütterung ($\omega_p^2 = 0,03$, $p < 0,001$), Vaterrasse ($\omega_p^2 = 0,02$, $p < 0,001$), sowie der Interaktion zwischen Alter und Fütterung ($\omega_p^2 = 0,01$, $p = 0,007$) und Vaterrasse und Fütterung ($\omega_p^2 = 0,01$, $p = 0,002$), wobei die Effektstärken teilweise sehr gering ausfielen. Die Tiere wogen im Schnitt 994 g in LW 10, 1.205 g in LW 12 und 1.418 g in LW 14. Die BIE-Kreuzung war im Mittel mit 1.228 g etwas schwerer als die RAM-Kreuzung mit 1.183 g. Die Fütterungsvarianten wiesen eine mittlere Differenz von 54 g auf (Kontrolle: 1.233 g, Luzerne: 1.179 g). Die Differenz zwischen den Fütterungsvarianten betrug 40 g in LW 10, 18 g in LW 12 und 105 g in LW 14. Die RAM-Kreuzung zeigte im Mittel eine Differenz von 18 g zwischen den Fütterungsvarianten, die BIE-Kreuzung dagegen eine Differenz von 91 g; letztere reagierte also deutlich sensibler während erstere hinsichtlich der Fütterung robuster erschien. Das Modell erklärte 58,7 % der Varianz.

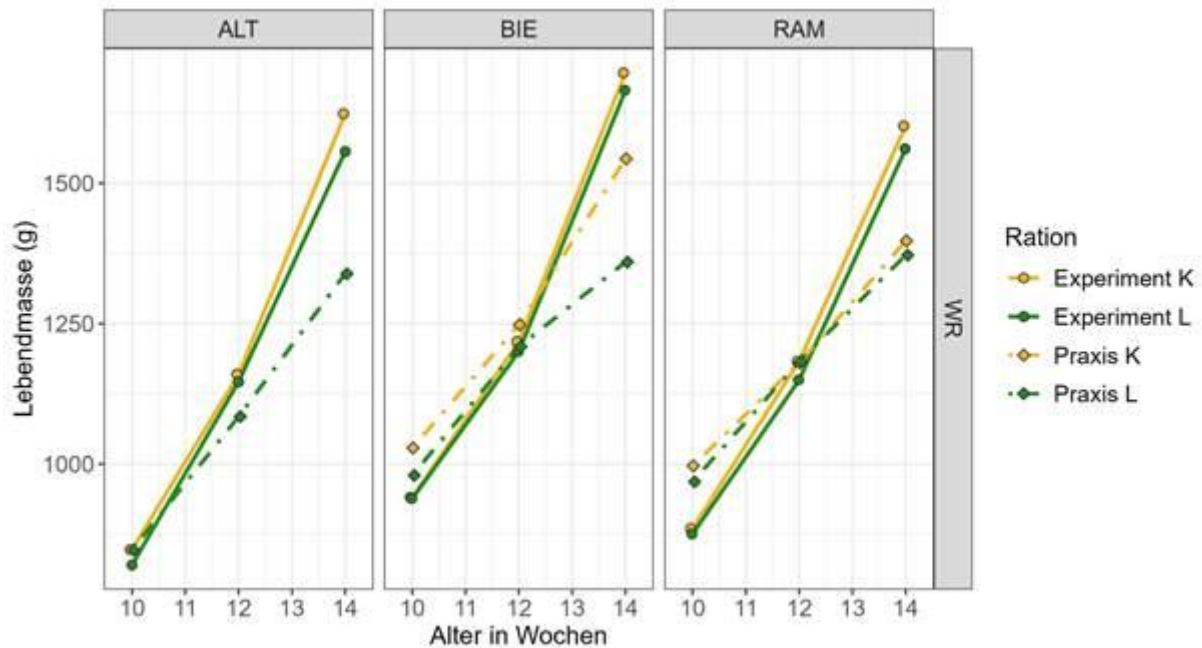


Abbildung 6.7 Lebendmasseentwicklung von Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Legegenetik (WR) bei Kontroll- (K) und Luzernefütterung (L) unter experimentellen Bedingungen (n = 739 Tiere in LW 10 bzw. 12, n = 539 Tiere in LW 14) sowie unter Praxisbedingungen (n = 240)

Ein ähnliches Bild zeigte sich für die täglichen Zunahmen. Fütterung ($\omega_p^2 = 0,03$, $p < 0,001$), Vaterrasse ($\omega_p^2 = 0,03$, $p < 0,001$), Alter ($\omega_p^2 = 0,01$, $p = 0,009$), die Interaktionen zwischen Fütterung und Vaterrasse ($\omega_p^2 = 0,01$, $p = 0,004$) sowie zwischen Alter und Fütterung ($\omega_p^2 < 0,01$, $p = 0,036$) hatten jeweils einen signifikanten, dabei aber sehr geringen Einfluss auf die täglichen Zunahmen. Das Modell erklärte insgesamt gerade einmal 7,6 % der Varianz. Die täglichen Zunahmen lagen im Mittel bei 14,9 g (Kontrollgruppe) und 14,3 g (Luzernegruppe) bzw. 14,9 g (BIE-Kreuzung) und 14,4 g (RAM-Kreuzung). Die Veränderung über die Zeit war minimal, mit 14,4 g in LW 10, 14,5 g in LW 12 und 14,9 g in LW 14. Die Fütterungsvarianten innerhalb der BIE-Kreuzung unterschieden sich um 1,0 g und innerhalb der RAM-Kreuzung lediglich um 0,3 g. Auffällig war zudem der erhöhte Zuwachs der Kontrollgruppe in LW 14 (15,5 g).

Futterverwertung

Die Futterverwertung der verschiedenen Varianten bis zum Wiegezeitpunkt in LW 12 und 14 ist in Abbildung 8 dargestellt. Es zeigt sich, dass der Futteraufwand im Praxisversuch mit zunehmendem Alter lediglich bei den ALT×WR abnahm (von 3,49 auf 3,33), während er bei den beiden anderen Kreuzungen zunahm. Im Vergleich zum experimentellen Hahnenversuch war der Futteraufwand der BIE-Kreuzungen deutlich niedriger. Die Luzerne-Variante führte jedoch innerhalb der BIE-Kreuzung zu einer höheren Futteraufnahme bei geringerer Zunahme, was zu einer Verschlechterung der Futtereffizienz führte (Anstieg von 2,91 auf 3,28). Dahingegen zeigte sich die RAM-Kreuzung hinsichtlich der Futtereffizienz zwischen Luzerne- und Kontrollfütterung als relativ robust.

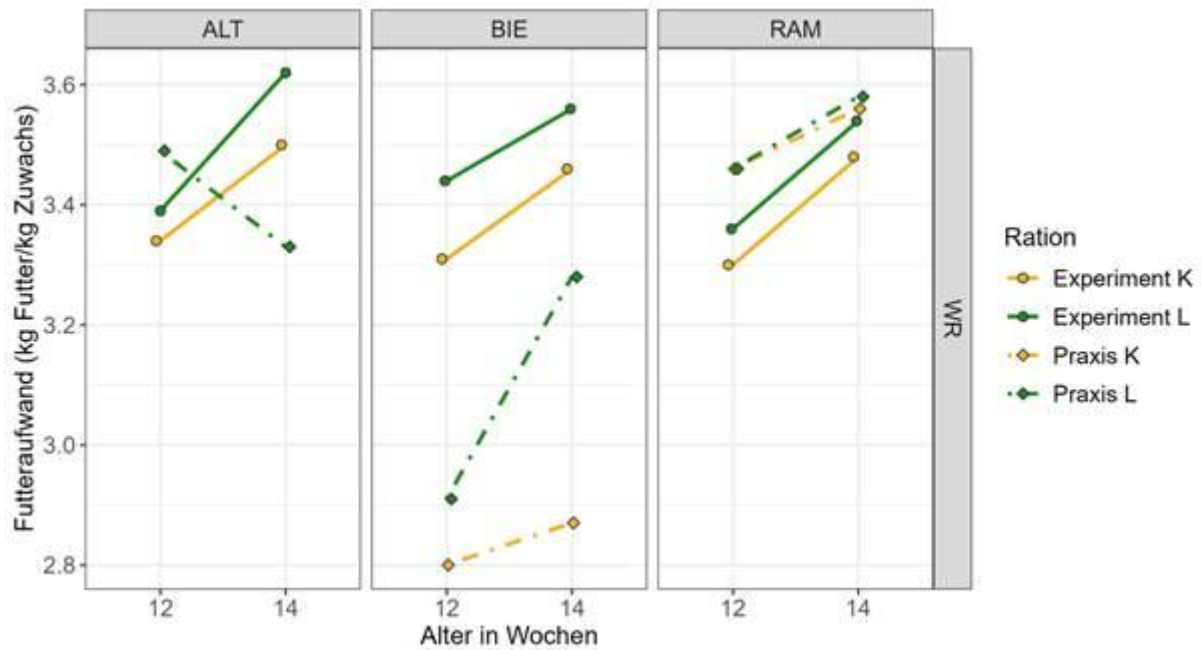


Abbildung 6.8 Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs bis zum jeweiligen Wiegezeitpunkt) von Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Legegenetik (WR) bei Kontroll- (K) und Luzernefütterung (L) unter experimentellen Bedingungen (n = 30 Abteile, 5 Wiederholungen) sowie unter Praxisbedingungen (n=5 Abteile, keine Wiederholungen)

Hennenversuch (Experimentell)

Futtermittelverbrauch

Der Futterverbrauch pro Tier und Tag lag zwischen der 20. und 40. LW im Mittel bei 140 g in der Kontrollgruppe und 141 g in der Luzernegruppe und war statistisch nicht signifikant ($\omega_p^2 = 0$, $p = 0,457$). Den bedeutendsten Einfluss auf den Futterverbrauch hatte die LW ($\omega_p^2 = 0,55$, $p < 0,001$). Der Verbrauch stieg besonders in den ersten Wochen der Legeperiode deutlich an und schwankte dann um einen Wert von etwa 145 g (siehe Abbildung 9). Einen weiteren signifikanten Einfluss hatte die Mutterlinie. RG-Töchter verbrauchten im Mittel 146 g und WR-Töchter 135 g Futter pro Tag ($\omega_p^2 = 0,14$, $p < 0,001$). Weniger stark wirkte sich die Vatterrasse auf den Futterverbrauch aus ($\omega_p^2 = 0,03$, $p < 0,001$). Die ALT-Töchter verbrauchten mit 137 g signifikant weniger Futter als die BIE-Töchter (143 g). Zu beachten ist, dass die Einflussfaktoren Mutterlinie und Vatterrasse signifikant miteinander interagierten. Dieser Kreuzungseffekt hatte einen etwas stärkeren Einfluss auf den Futterverbrauch als die Vatterrasse ($\omega_p^2 = 0,05$, $p < 0,001$). Bei den Kreuzungen ALT×WR und RAM×WR (130 und 134 g) lag der Futterverbrauch signifikant niedriger als bei den anderen Kreuzungen (143-148 g). Der Interaktionseffekt betraf vor allem die BIE-Töchter. Während die Kreuzung BIE×RG die niedrigste Futteraufnahme aller RG-Kreuzungen hatte, war der Futterverbrauch der Kreuzung BIE×WR deutlich höher als bei den anderen WR-Kreuzungen. Insgesamt ließ sich durch das Modell etwa die Hälfte der Varianz erklären (marg. $R^2 = 53,9$).

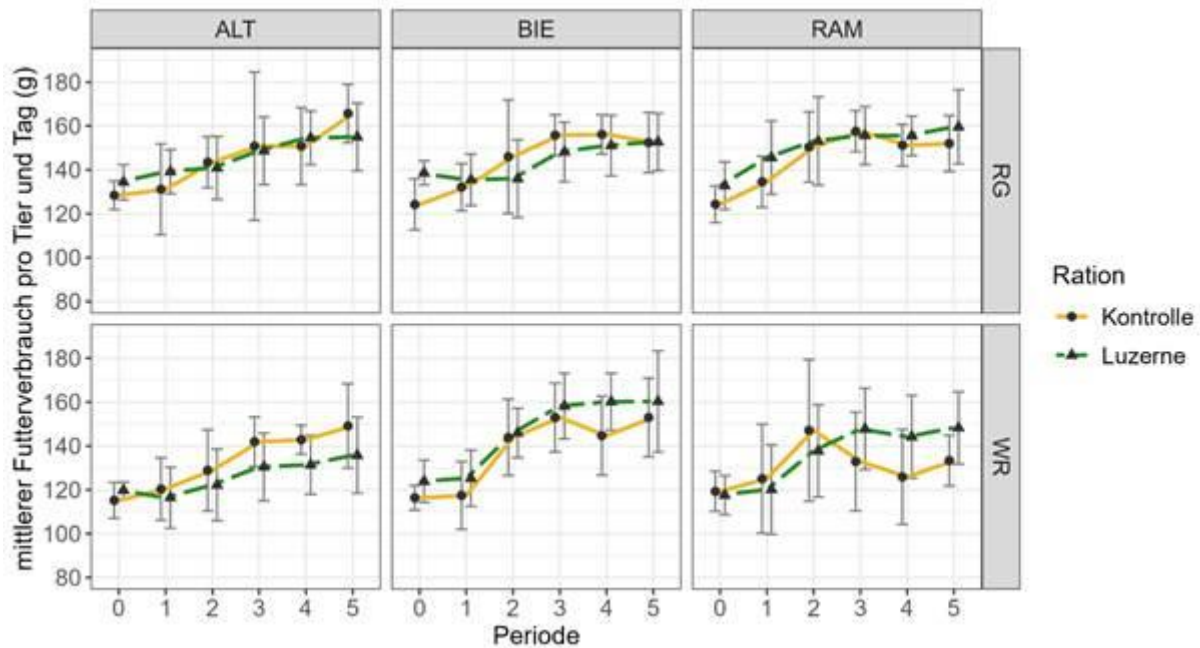


Abbildung 6.9 Futterverbrauch von Legehennen aus Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Lege- (WR) bzw. Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzernefütterung (Periode 0 = LW 20, nachfolgende Perioden umfassen je 4 Wochen: Periode 1 = LW 21-24, Periode 5 = LW 37-40), (n = 60 Abteile, 5 Wiederholungen)

Lebendmasse

Die Lebendmasseentwicklung der sechs Kreuzungen über drei Erhebungszeitpunkte hinweg ist in Abbildung 10 dargestellt. Den stärksten Einfluss auf die Lebendmasse der Hennen hatte die Genetik. Die Mutterlinie hatte mit Abstand den größten Einfluss auf das Körpergewicht ($\omega_p^2 = 0,96$, $p < 0,001$). RG-Töchter waren im Mittel über alle Zeiträume mit 2.568 g deutlich schwerer als WR-Töchter mit 1.951 g. Dem folgte die Vaterrasse als Einflussfaktor ($\omega_p^2 = 0,73$, $p < 0,001$). Die drei Rassen unterschieden sich jeweils signifikant in der Reihenfolge RAM (2.141 g), ALT (2.238 g) und BIE (2.399 g). Zusätzlich bestand eine Interaktion zwischen der Mutterlinie und der Vaterrasse ($\omega_p^2 = 0,11$, $p < 0,001$). Hier bestand lediglich zwischen den Kreuzungen RAM×RG und ALT×RG kein signifikanter Unterschied.

Einen weiteren Einfluss hatte die Fütterung ($\omega_p^2 = 0,18$, $p < 0,001$): Die mit Luzerne gefütterten Tiere wogen im Mittel über alle Zeitpunkte und unabhängig von der Genetik 61 g weniger als die Tiere der Kontrollgruppe. Im Altersverlauf stiegen die Tiergewichte stiegen von im Mittel 2.123 g in der 21. LW bis auf 2.388 g in der 40. LW an ($\omega_p^2 = 0,15$, $p < 0,001$). Die Interaktion aus LW und Mutterlinie hatte zudem einen sehr kleinen, aber signifikanten Einfluss ($\omega_p^2 = 0,009$, $p < 0,001$). Etwa zwei Drittel der Varianz wurden durch das Modell erklärt (marg. $R^2 = 62,8$).

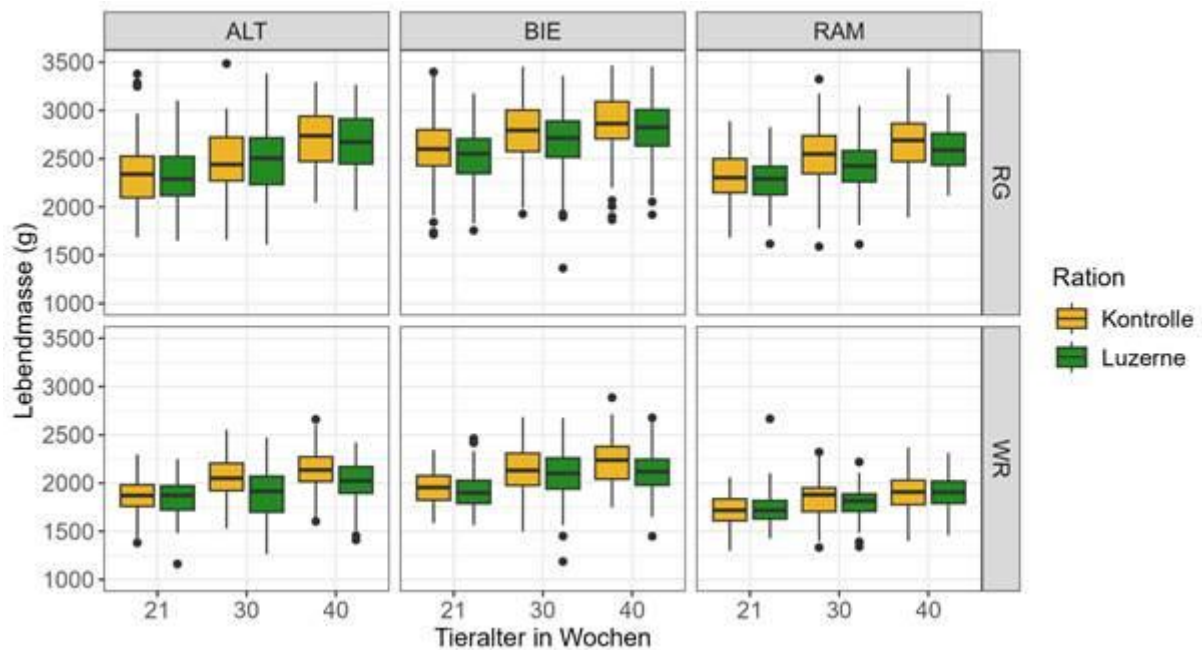


Abbildung 6.10 Lebendmasse von Legehennen aus Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Lege- (WR) bzw. Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzernerfütterung zu drei Zeitpunkten während der Legeperiode, (n = 71-100 Tiere pro Kreuzung, Fütterungsvariante und Messzeitpunkt)

Legeleistung

Der zeitliche Verlauf der Legeleistung der sechs Kreuzungen ist in Abbildung 11 dargestellt. Das Alter bestimmte maßgeblich die Legeleistung der Hennen ($\omega_p^2 = 0,77$, $p < 0,001$). Die höchste Legeleistung wurde nach einem stetigen Anstieg in der 26. LW erreicht (73,1 %). Danach war zunächst ein Abfall – bis auf 60,8 % in der 30. LW – zu verzeichnen. Danach folgte ein erneuter Anstieg auf 69,9 % in der 32. LW und anschließend ein stetiger Rückgang auf bis zu 57,6 % in der 40. LW. Die Vaterrasse zeigte einen größeren Effekt auf die Legeleistung ($\omega_p^2 = 0,38$, $p < 0,001$) als die Mutterlinie ($\omega_p^2 = 0,21$, $p < 0,001$). Die mittlere Legeleistung der Vaterrassen RAM, BIE und ALT lag bei 64,5, 56,0 und 54,2 %, mit signifikanten Unterschieden zwischen RAM und BIE sowie RAM und ALT. Der Unterschied zwischen den Mutterlinien WR (61,2 %) und RG (55,2 %) war ebenfalls signifikant. Auch die Fütterung hatte einen Einfluss ($\omega_p^2 = 0,10$, $p < 0,001$). Die Tiere der Kontrollgruppen zeigten eine signifikant höhere mittlere Legeleistung (61,8 %) als die Tiere der Luzernegruppen (54,7 %). Die Interaktion zwischen Alter und Vaterrasse war ebenfalls von Bedeutung ($\omega_p^2 = 0,15$, $p < 0,001$). Grund dafür ist vermutlich der deutlich spätere Legebeginn der BIE-Töchter sowie der deutlich stärkere Rückgang der Legeleistung bei den ALT-Töchtern rund um die 30. LW. Insgesamt konnten mit dem statistischen Modell etwa drei Viertel der Varianz erklärt werden (marg. $R^2 = 73,8$).

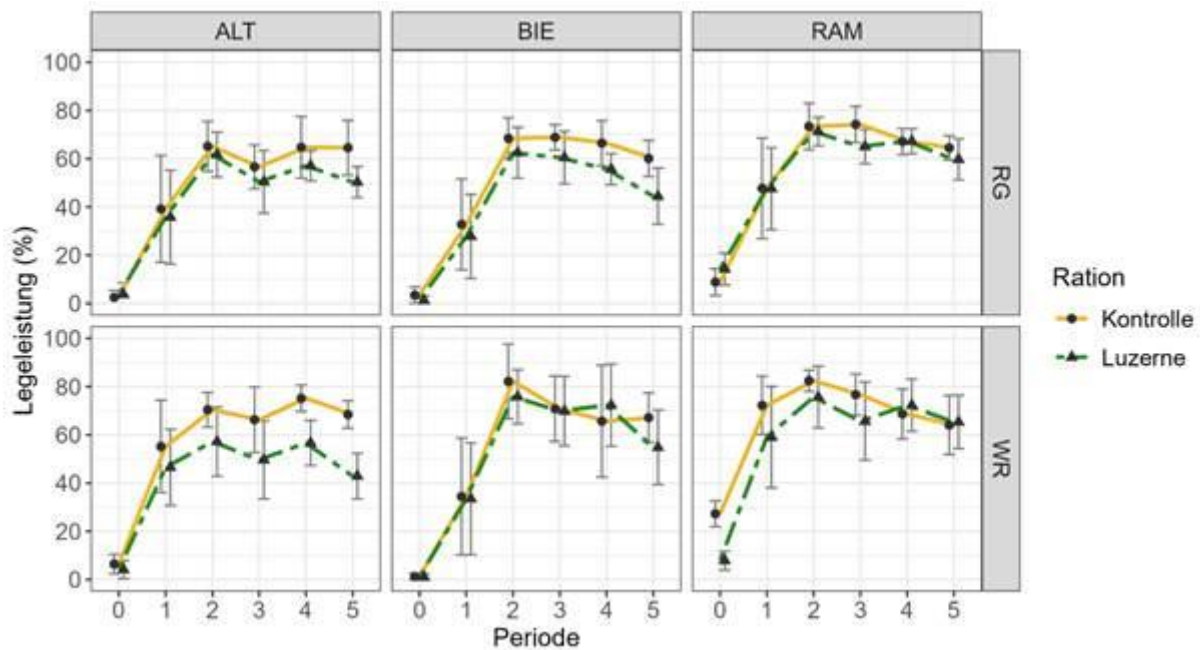


Abbildung 6.11 Mittlere Legeleistung von Legehennen aus Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Lege- (WR) bzw. Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzernefütterung (Periode 0 = LW 20, nachfolgende Perioden umfassen je 4 Wochen: Periode 1 = LW 21-24, Periode 5 = LW 37-40), (n = 60 Abteile, 5 Wiederholungen)

Eigewicht und Eiklassen

Die Eigewichte der Kreuzungen sind in Abbildung 12 dargestellt. Das Modell für die Eigewichte erklärte einen Großteil der Varianz des Merkmals (margin. $R^2 = 79,2$). Das Alter bestimmte maßgeblich das Eigewicht ($\omega_p^2 = 0,83$, $p < 0,001$); es stieg über die Zeit kontinuierlich an (von 45,1 g in LW 22 auf 56,4 g in LW 40). Danach folgte die Genetik als Einflussfaktor. Vor allem die Vatterrasse ($\omega_p^2 = 0,28$, $p < 0,001$), aber auch die Mutterlinie ($\omega_p^2 = 0,06$, $p < 0,044$) sowie deren Interaktion ($\omega_p^2 = 0,25$, $p < 0,001$) zeigten einen signifikanten Einfluss. RAM-Töchter hatten signifikant leichtere Eier (52,0 g) als ALT- (52,7 g) und BIE-Töchter (52,9 g). Eier der RG-Kreuzungen waren im Schnitt 0,5 g schwerer als die der WR-Kreuzungen (52,6 vs. 52,1 g). Bei den Kreuzungen unterschieden sich die Eier der RAM×WR-Hennen mit im Schnitt 51,3 g signifikant von denen der anderen Kreuzungen, die deutlich schwerer waren (52,9-54,0 g). Die Fütterung allein hatte keinen signifikanten Einfluss ($\omega_p^2 = 0,01$, $p = 0,214$). Allerdings zeigte sich ein Einfluss der Interaktion zwischen Fütterung und Mutterlinie ($\omega_p^2 = 0,09$, $p = 0,014$). Die Eier der WR-Töchter bei Kontrollfütterung (52,1 g) waren dabei signifikant leichter als die Eier der WR-Töchter bei Luzernefütterung (53,1 g) sowie die RG-Töchter bei Kontrollfütterung (52,8 g). Weiterhin war die Interaktion zwischen Vatterrasse und Alter signifikant ($\omega_p^2 = 0,03$, $p = 0,017$)

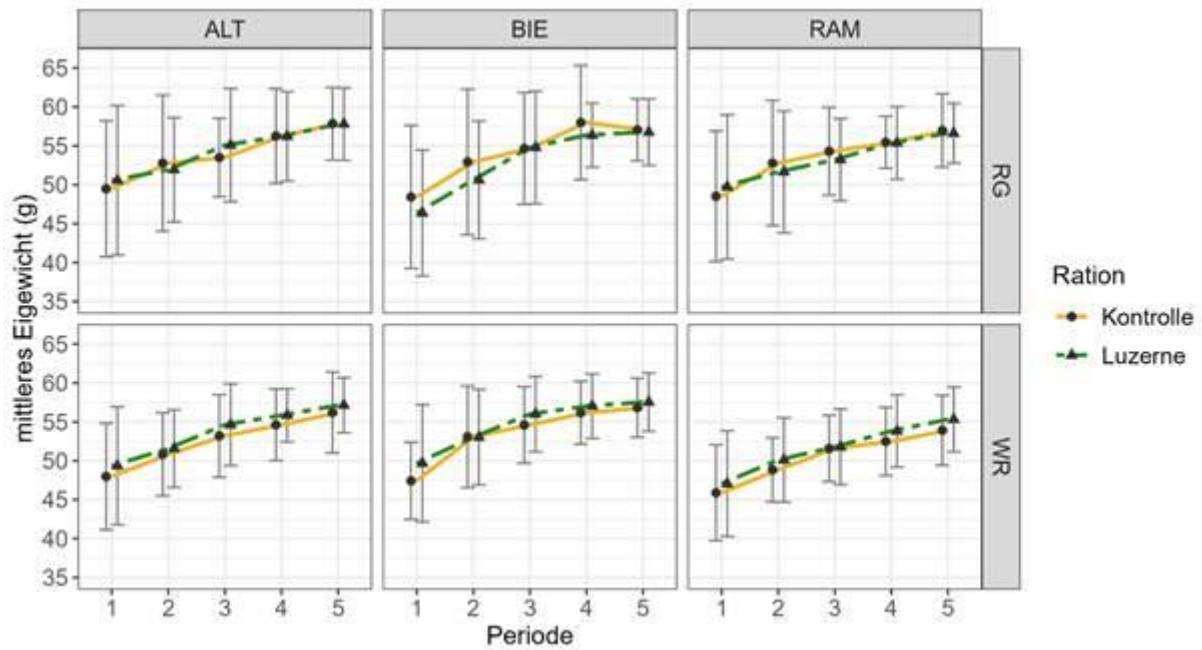


Abbildung 6.12 Mittleres Eigewicht von Legehennen aus Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Lege- (WR) bzw. Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzernefütterung (Perioden umfassen je 4 Wochen: Periode 1 = LW 21-24, Periode 5 = LW 37-40), (n = 34-161 Eier pro Kreuzung, Fütterungsvariante und Periode)

Das Modell für den Anteil an S-Eiern im Beobachtungszeitraum erklärte den Großteil der Varianz in den Daten ($\text{marg. } R^2 = 78,5$). Die erklärenden Variablen waren dieselben wie für die Eigewichte. Jedoch wirkte sich das Alter der Hennen hier deutlich stärker aus ($\omega_p^2 = 0,82$, $p < 0,001$). Danach folgen Vaterrasse ($\omega_p^2 = 0,28$, $p < 0,001$), Mutterlinie ($\omega_p^2 = 0,14$, $p = 0,003$) und deren Interaktion ($\omega_p^2 = 0,26$, $p < 0,001$). Die Eigrößenverteilung je Kreuzung über die gesamte Versuchsdauer ist in Abbildung 13 dargestellt. Dort ist gut zu sehen, dass der Anteil S-Eier bei den RAM-Töchtern, den WR-Töchtern und insbesondere bei der Kombination RAM×WR (64,9 %) signifikant höher lag als bei den anderen Kreuzungen. Auch beim Anteil S-Eier hatte die Fütterung allein keinen signifikanten Einfluss ($\omega_p^2 = 0$, $p = 0,378$), jedoch die Interaktion aus Fütterung und Mutterlinie ($\omega_p^2 = 0,15$, $p = 0,002$), wobei hier wieder der einzige signifikante Unterschied der WR-Töchter bei Kontrollfütterung mit besonders vielen S-Eiern (57,2 %) hervortrat. Trotz der geringeren Eigrößen produzierten die RAM×WR-Hennen dennoch die meiste Eimasse aller untersuchten Kreuzungen, was sich mit ihrer deutlich höheren Legeleistung erklären lässt (Ergebnisse nicht dargestellt).

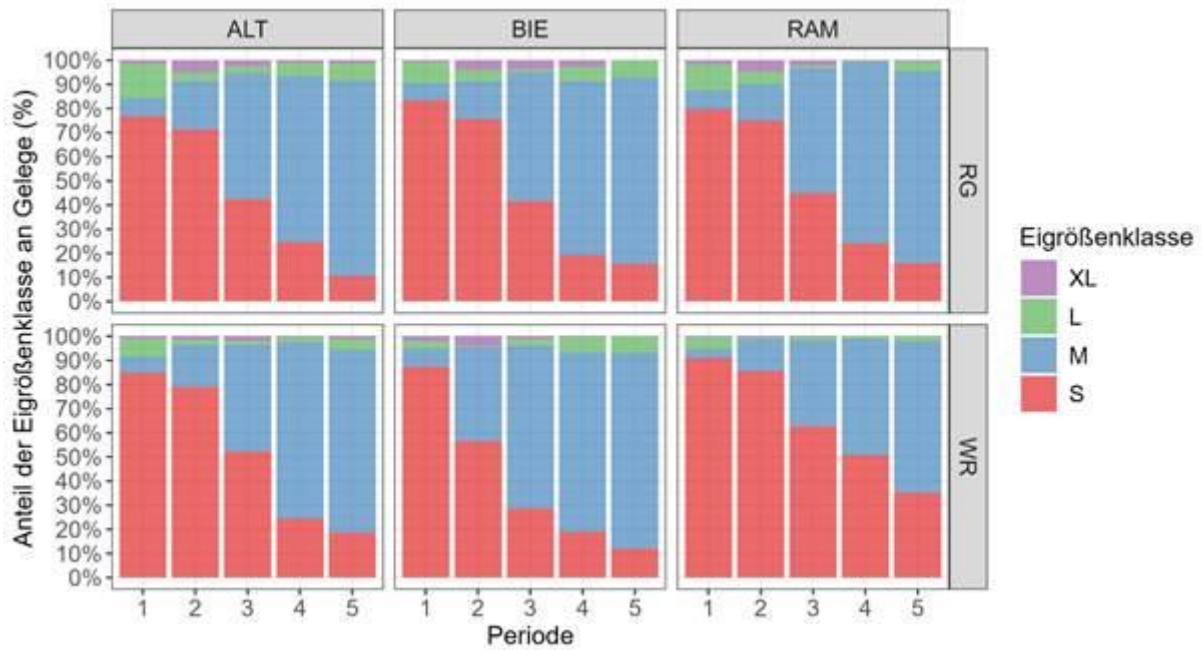


Abbildung 6.13 Eigrößenverteilung von Legehennen aus Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Lege- (WR) bzw. Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzernefütterung (Perioden umfassen je 4 Wochen: Periode 1 = LW 21-24, Periode 5 = LW 37-40), S-Eier ≤ 53 g, M-Eier = 53-63 g, L-Eier 63-73 g, XL-Eier >73 g), (n = 34-161 Eier pro Kreuzung, Fütterungsvariante und Periode)

Futterverwertung

Der Futteraufwand der Hennen (kg Futter pro kg gelegter Eimasse) über die gesamte Legeperiode ist in Abbildung 14 dargestellt. Den größten Einfluss auf den Futteraufwand hatte die Mutterlinie ($\omega_p^2 = 0,40$, $p < 0,001$), gefolgt von der Fütterung ($\omega_p^2 = 0,29$, $p < 0,001$) und der Vatterrasse ($\omega_p^2 = 0,26$, $p < 0,001$). Mit einem Futteraufwand von 4,34 war der Futteraufwand der WR-Töchter signifikant niedriger als der Futteraufwand der RG-Töchter mit 5,08. Ebenso verhielt es sich mit dem Futteraufwand der Kontrollgruppe (4,41) gegenüber der Luzernegruppe (5,01). Bei den Vatterassen schnitten die RAM-Töchter am effizientesten ab. Sie benötigten 4,31 kg Futter zur Erzeugung von 1 kg Eimasse. Dagegen lagen die BIE-Töchter bei 4,89 und die ALT-Töchter bei 4,92. Interaktionseffekte traten nicht auf. Insgesamt konnte ein Großteil der Varianz durch das Modell erklärt werden ($\text{adj. } R^2 = 59,2$). Von allen Kreuzungen waren die RAM×WR mit einem Futteraufwand von 3,95 am effizientesten und die ALT×RG mit 5,29 am ineffizientesten.

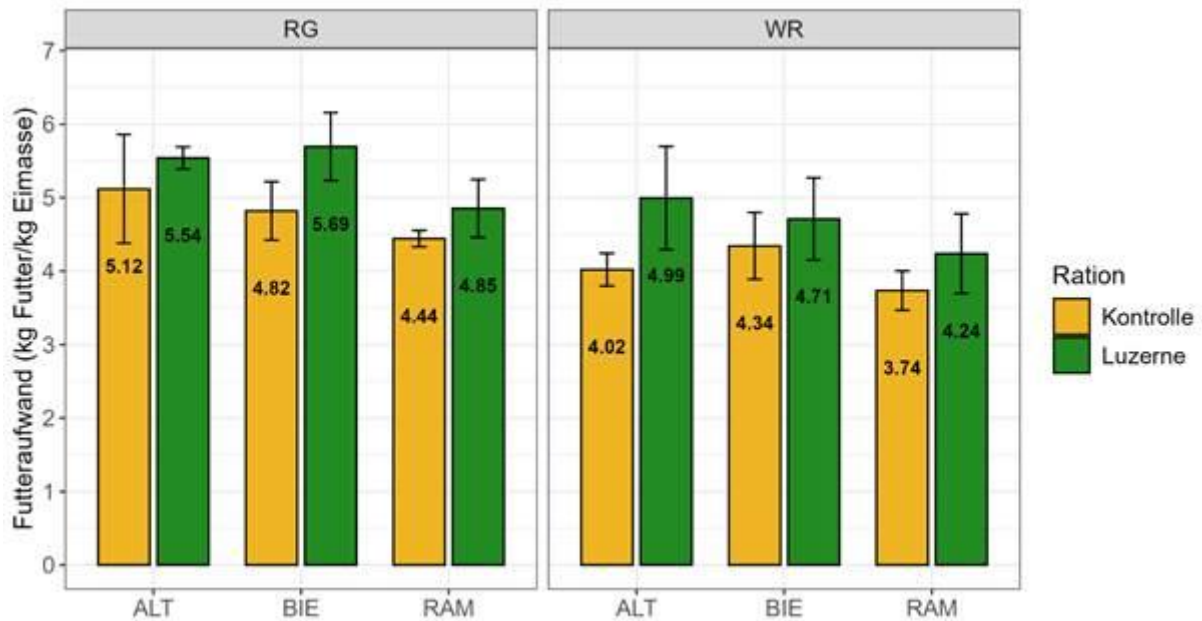


Abbildung 6.14 Futterverwertung von Legehennen aus Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Lege- (WR) bzw. Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzernefütterung (LW 20 bis 40), (n = 60 Abteile, 5 Wiederholungen)

Bruchfestigkeit

Es zeigte sich, dass die Bruchfestigkeit der Eier vorrangig von der Mutterlinie ($\omega_p^2 = 0,84$, $p < 0,001$) sowie von der Interaktion zwischen Mutterlinie und Vatterrasse ($\omega_p^2 = 0,25$, $p < 0,001$) abhing. Die Effekte von Fütterung ($\omega_p^2 = 0,07$, $p = 0,027$) und Alter ($\omega_p^2 = 0,01$, $p < 0,001$) waren vergleichsweise nachrangig. Die Vatterrasse hatte keinen signifikanten Einfluss. Es zeigte sich, dass die Schalen der RG-Eier im Mittel deutlich brüchiger waren als die der WR-Eier (35,7 vs. 45,1 N). Mit Abstand am höchsten war die Bruchfestigkeit bei Eiern der Kreuzung RAM×WR (47,4 N). Dies lässt sich auch in Abbildung 15 erkennen. Dahingegen wies die Kreuzung RAM×RG die geringste Schalenstabilität auf (34,8 N). Tiere unter Luzernefütterung legten signifikant stabilere Eier (41,0 N) als Tiere unter Kontrollfütterung (39,8 N). Mit zunehmendem Alter konnte ein leichter Anstieg der Bruchfestigkeit beobachtet werden (LW 25 = 38,9 N, LW 32 = 40,2 N, LW 39 = 42,1 N). Die untersuchten Faktoren erklärten insgesamt nur einen geringen Teil der Varianz (marg. $R^2 = 20,8$).

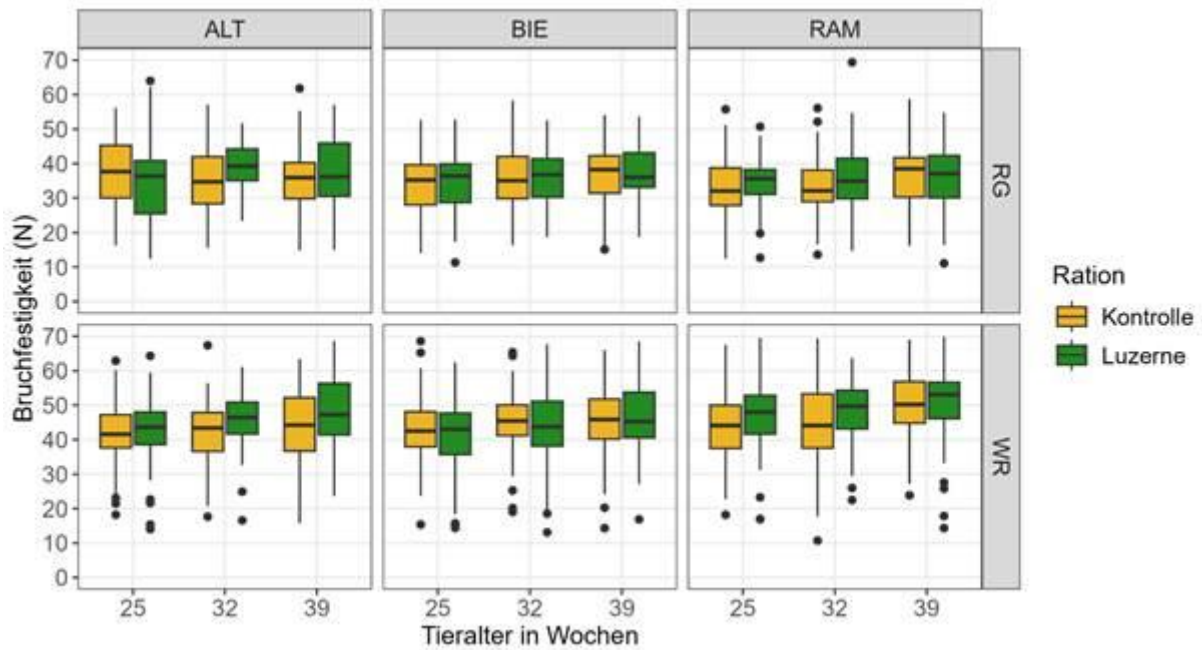


Abbildung 6.15 Bruchfestigkeit der Eischalen von Legehennen aus Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Lege- (WR) bzw. Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzernerfütterung zu drei Zeitpunkten, (n = 19-88 Eier pro Kreuzung, Fütterungsvariante und Alter)

Dotterfarbe (Roche-Wert)

Die Dotterfarbe ausgedrückt als Roche-Wert, ist in Abbildung 16 dargestellt. Für die Dotterfarbe war vor allem die Fütterung von Bedeutung ($\omega_p^2 = 0,89$, $p < 0,001$) und – zu einem kleineren Anteil – das Alter der Hennen ($\omega_p^2 = 0,28$, $p < 0,001$). Die Mutterlinie hatte einen minimalen Einfluss ($\omega_p^2 = 0,09$, $p = 0,012$) und die Vatterrasse hatte gar keinen Einfluss. Hennen unter Luzernerfütterung erreichen deutlich höhere Roche-Werte als Hennen unter Kontrollfütterung (10,28 vs. 8,87). Unterschiede zeigten sich auch zwischen den Erhebungszeitpunkten, wobei diese nicht linear verliefen, sondern die Roche-Werte zwischen LW 25 und 32 zunächst anstiegen (von 8,97 auf 10,35), um dann in LW 39 wieder abzusinken (9,41). Der Verlauf über die Zeit war abhängig von der Fütterung (Interaktion: $\omega_p^2 = 0,03$, $p < 0,001$): die Luzernegruppen lagen in LW 25 und 39 beinahe gleichauf (9,87 und 9,88), während die Kontrollgruppen mit einem höheren Wert endeten (8,06 in LW 25 und 8,94 in LW 39). Die Dotter der RG-Töchter zeigten einen etwas höheren mittleren Roche-Wert (9,66) als die der WR-Töchter (9,49). Insgesamt konnte durch die betrachteten Faktoren etwa die Hälfte der Varianz zwischen den Messwerten erklärt werden ($\text{marg. } R^2 = 49,8$).

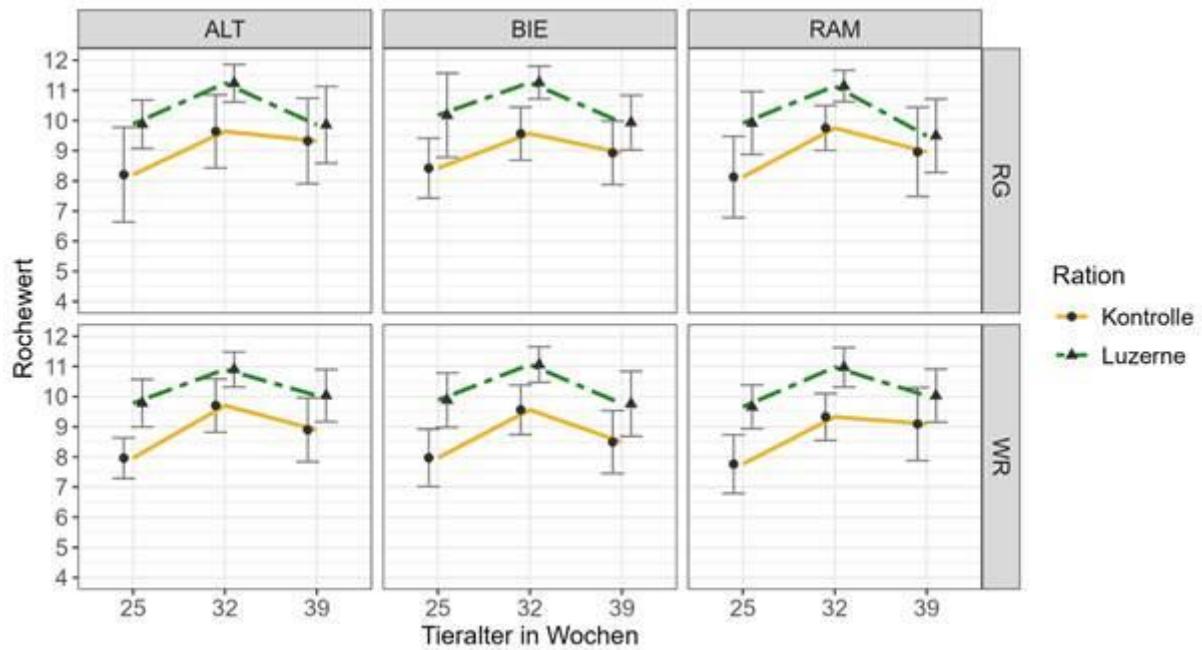


Abbildung 6.16 Roche-Wert von Eidottern von Legehennen aus Kreuzungen lokaler Rassen (ALT, BIE, RAM) mit kommerzieller Lege- (WR) bzw. Mastgenetik (RG) bei Kontroll- und Luzernefütterung zu drei Zeitpunkten, Roche-Werte reichen von 1 (helles Gelb) bis 15 (Dunkelorange), (n = 19-88 Eier pro Kreuzung, Fütterungsvariante und Alter)

AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)

Entwicklung der Datenerfassungs- und Boniturapplikation

Ein zentraler Punkt des AP7 Zuchtplanung war die Entwicklung einer Applikation zur Datenerfassung im Feld, welche dann später in die Zuchtplanung integriert werden können. Im digitalen Zeitalter soll die Applikation auf dem Smartphone, beziehungsweise dem Tablet laufen. Weiterhin ist es für eine erfolgreiche Umsetzung in die Praxis essentiell, dass die Applikation auch Offline arbeiten kann und es dann zu einer Synchronisation zwischen Server und Endgerät (Smartphone oder Tablet) kommt, sobald das Endgerät wieder eine Verbindung zum Internet hat. Abbildung 2 zeigt die Oberfläche der Anmeldung. Für die Anmeldung bei der Applikation Animal Record wird eine gültige E-Mail-Adresse benötigt. Bei der ersten Anmeldung, beziehungsweise Registrierung vergibt der Benutzer ein Passwort, welches für zukünftige Anmeldungen benötigt wird. Bereits bei der Anmeldung kann der Nutzer entscheiden, ob er online oder offline arbeiten möchte.

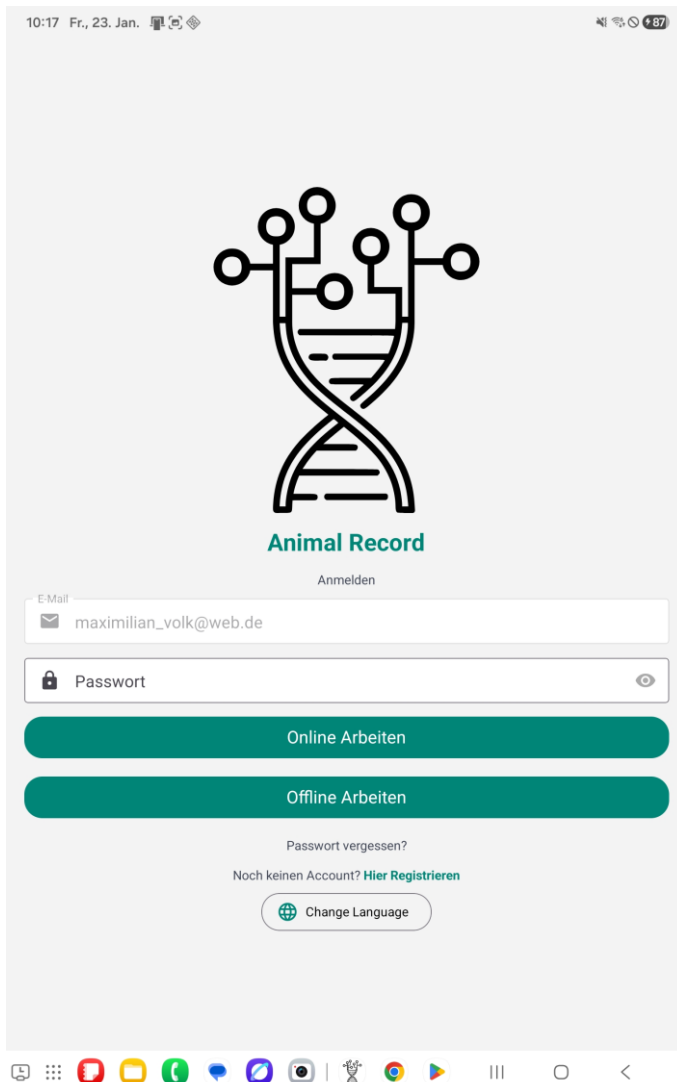


Abbildung 7.2: Oberfläche der Anmeldung der Datenerfassungss Applikation Animal Record

Nach erfolgreicher Anmeldung gelangt man zum Dashboard welches in Abbildung 3 gezeigt wird. Hier hat der Nutzer nun eine Reihe von Auswahlmöglichkeiten in welchem Bereich er arbeiten möchte. Aktuell hat der Nutzer die Auswahl zwischen:

- Zucht
- Fruchtbarkeit
- Gesundheit
- Leistung
- Tierkartei
- Telemedizin.

Generell ist die Applikation Animal Record so programmiert das weitere Bereiche hinzugefügt werden können und das auch innerhalb der Bereiche eine flexible Erweiterung möglich ist.

Abschlussbericht „ÖkoGen“

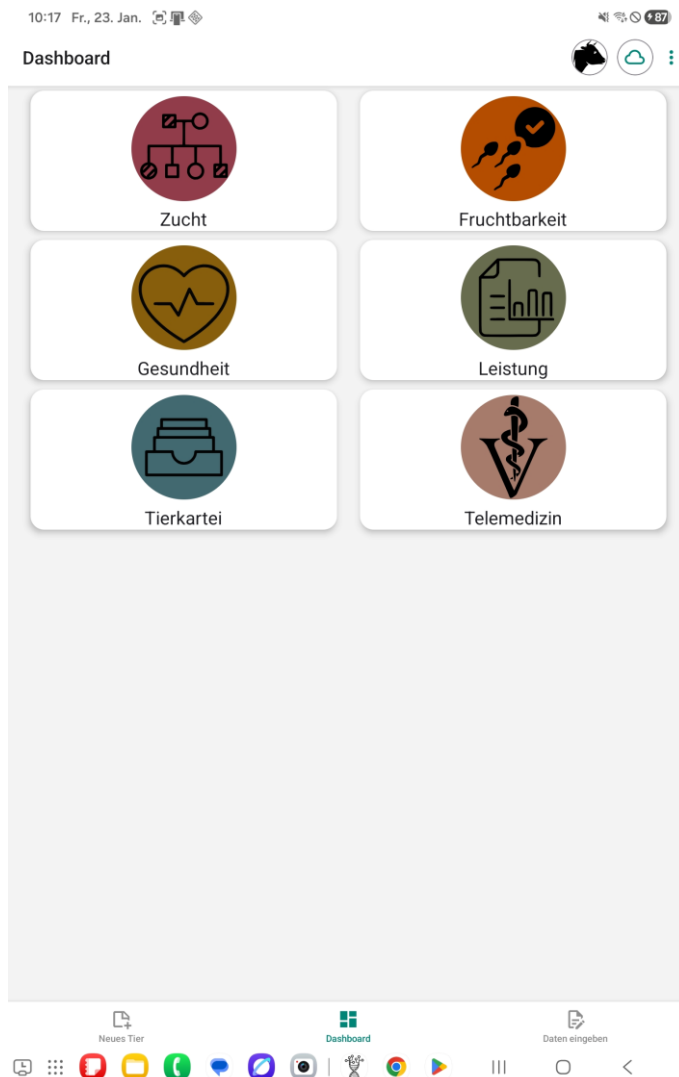


Abbildung 7.3: Dashboard der Datenerfassungssaplikation Animal Record

Auch wenn die Applikation im Rahmen des Projekt ÖkoGen erstellt worden ist, ist sie so ausgelegt, dass auch weitere Tierarten die Applikation nutzen können. Auf dem Server der Universität Kassel können theoretisch weitere Informationen mit den Daten der Applikation verbunden werden. Liegt zum Beispiel für ein Tier genomische Information vor, kann diese Information mit den über die Applikation erfassten Daten verknüpft werden. Die Resultate der Verknüpfung können dem Benutzer dann über die Applikation angezeigt werden.

Abschlussbericht „ÖkoGen“

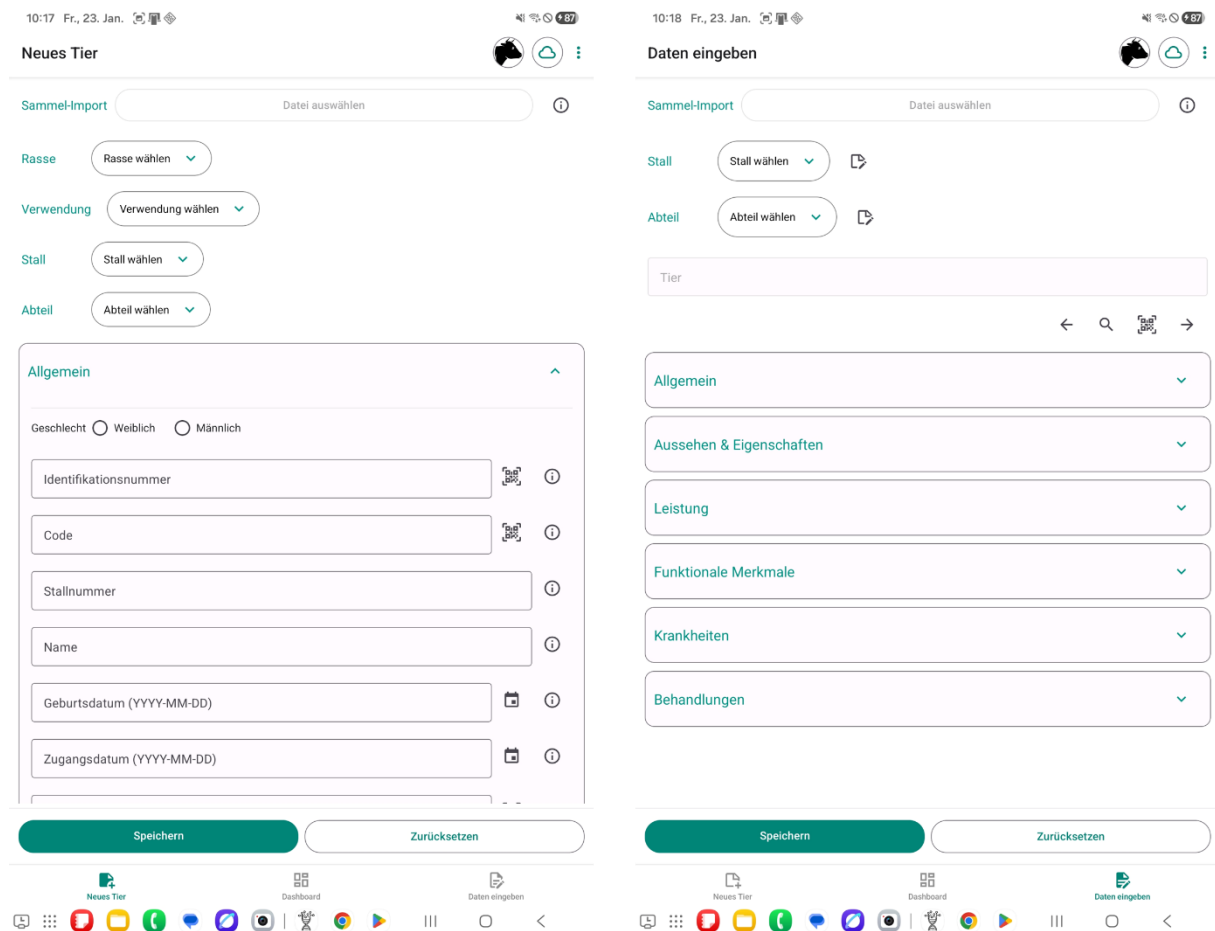


Abbildung 7.4: Screenshot zum Anlegen eines Tieres und zur Dateneingabe in der Applikation Animal Record

Abbildung 4 zeigt einen Screenshot von zwei Funktionen. Zum einen das Anmelden oder Anlegen eines neuen Tieres, welches bisher nicht vorhanden war. Die zweite Funktion in Abbildung 4 ist Oberfläche, wenn neue Daten eingeben werden. Eine weitere Möglichkeit der Applikation Animal Record ist, dass auch komplette neue Tiergruppen eingefügt werden können. Dies vereinfacht besonders die Einrichtung oder Erstinstallation, weil nicht alle Tiere einzeln eingegeben werden müssen.

In den folgenden Abbildungen werden Screenshots der Boniturapplikation gezeigt. Hier lag der Fokus in der Entwicklung auf der Anwendung von Bonituren beim Geflügel. In Abbildung 5 sind die allgemeinen Einstellungen gezeigt. Es werden allgemeine Informationen wie Datum, Projekt und Bewerter abgefragt. Auch zum Betrieb werden allgemeine Informationen gespeichert. Dies umfasst Betriebsname, Betriebsform, Stallsystem und Lebenswoche der Tiere. Auch hier ist die Entwicklung der Applikation so angelegt, dass eine Erweiterung und Ergänzung oder Anpassung an spezifische Nutzerwünsche möglich ist.

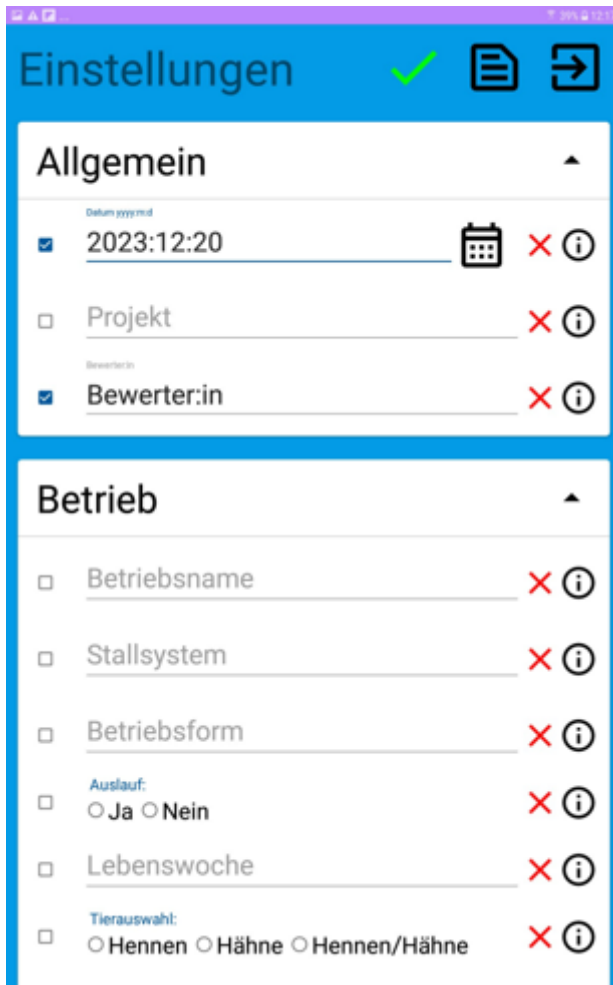


Abbildung 7.5: Einstellungen der Boniturapplikation 1

In der folgenden Abbildung 6 ist zu sehen, welche Indikatoren bereits implementiert sind. Bezüglich der Boniturparameter ist ebenfalls eine betriebsindividuelle Auswahl möglich. Dies erlaubt eine zügige Erfassung der Daten in der Praxis, da nur die Indikatoren erscheinen, welche auf dem Betrieb auch erforderlich und gewünscht sind.

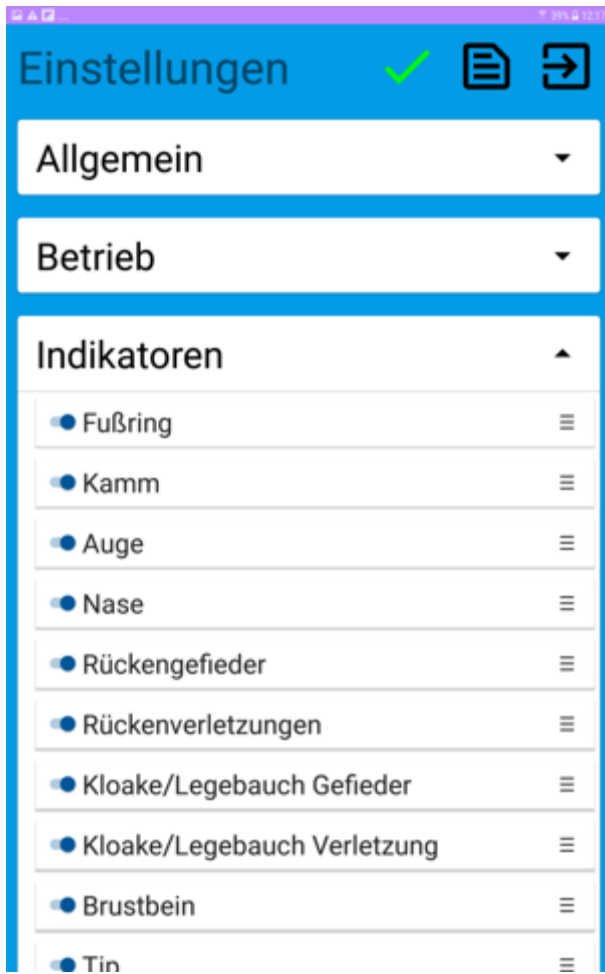


Abbildung 7.6: Screenshot der Bonitur Applikation 2

Bei der praktischen Datenerhebung ist es wichtig, dass diese so einfach und praxistauglich ist. Manchmal sind es schon banale Dinge, die eine große Wirkung haben können. In Abbildung 7 ein Beispiel dafür zu sehen. Für den Indikator Rückengefieder sind die zu vergebenen Scores 0, 1, oder 2. Der verfügbare Platz wird so genutzt, dass die Eingabe möglichst einfach ist und auf dem Bildschirm keine unnötigen Informationen, welche nur Platz benötigen, angezeigt werden.

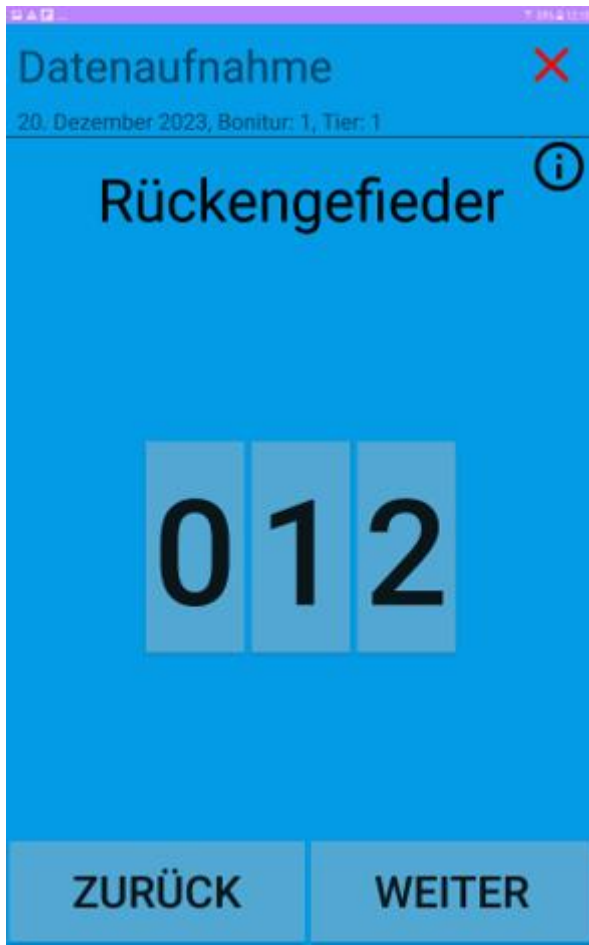


Abbildung 7.7: Datenaufnahme mit der Boniturapplikation

Die im Rahmen dieses Arbeitspaket entwickelte Applikation zur Bonitur ermöglicht nicht nur die Erfassung der Boniturdaten, sondern auch die Möglichkeit diese Daten aus der Applikation zu exportieren. Abbildung 8 zeigt einen Screenshot der Datenexport-Funktion. Die exportierten Daten können dann mit Daten, welche nicht über die Applikation erfasst werden, kombiniert werden. Eine weitere Möglichkeit wäre es zum Beispiel auch die exportierten Daten für Dokumentationszwecke zu verwenden.



Abbildung 7.8: Screenshot vor dem Datenexport aus der Boniturapplikation

Auswertung der genomischen Information

Im Rahmen des Projektes ÖkoGen wurden im AP7 Zuchtplanung SNP-Chip Daten für die Reinzuchttiere der generiert. Insgesamt wurden 1359 Tiere genotypisiert. Davon waren 416 Tiere Hähne und 943 Hennen. Tabelle 1 zeigt die Verteilung der Hähne und Hennen innerhalb der Rassen. Des weiteren ist die Anzahl der informativen SNP, nach der Datenfilterung, für die drei Rassen in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Anzahl genotypisierter Hähne und Hennen und Anzahl informativer SNPs

| Rasse | Hähne | Hennen | Informative SNPs |
|-------------|-------|--------|------------------|
| Altsteirer | 124 | 305 | 41.912 |
| Bielefelder | 142 | 324 | 42.188 |
| Ramesloher | 150 | 314 | 37.766 |

In einem ersten Schritt wurde eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt deren Ergebnisse in Abbildung 9 dargestellt sind.

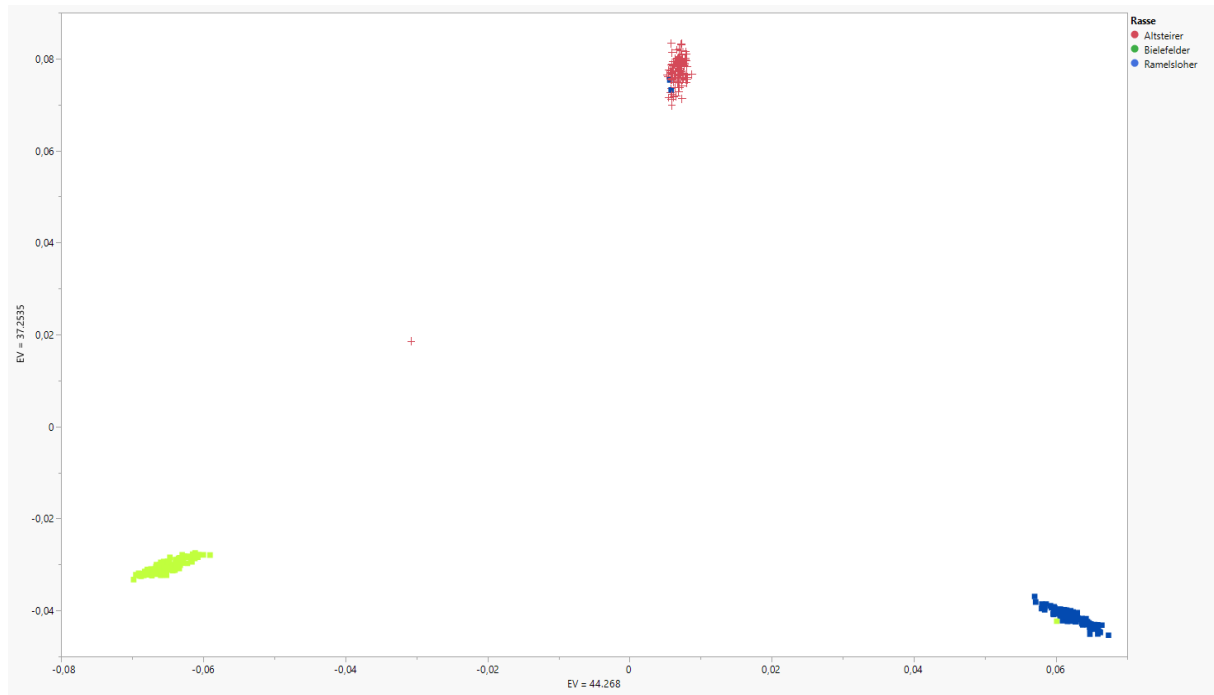


Abbildung 7.9: Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse

Aus Abbildung 9 wird klar ersichtlich, dass es mit einer Hauptkomponentenanalyse die Rassen auf genomischer Ebene klar voneinander trennen lassen.

Bei der Berechnung der genomischen Inzuchtcoeffizienten kam es zu Problemen, weshalb die Ergebnisse hier nicht dargestellt werden. Mögliche Ursachen dieser Probleme werden in der Diskussion gezeigt. Die im Rahmen von ÖkoGen generierten Sequenzdaten wurden nicht weiter betrachtet was, da die Entwicklung der Datenerfassung- und Boniturapplikation sehr aufwendig war. Alle genomischen Daten die im AP Zuchtplanung des Projektes ÖkoGen generiert wurden gehen in die Zuchtplanungsrechnungen des Projektes RegioHuhn ein und bilden die Grundlage der Studien. An dieser Stelle sei noch erwähnt, dass auch im Projekt RegioHuhn weitere SNP Genotypen generiert werden. Besonders bei lokalen Rassen ist die Anzahl der verfügbaren Genotypen ein kritischer Punkt und deshalb sind die in ÖkoGen gewonnen genomischen Informationen ein wichtiger Bestandteil der weiteren Arbeiten im Projekt RegioHuhn.

Zuchtplanungsrechnungen

Bei den Zuchtplanungsrechnungen wurde zwischen Zuchtplanung in Feldbeständen und Nukleusherden unterschieden. Der Grund hierfür ist, dass in Nukleusherden wesentlich strengere Maßnahmen bezüglich Selektionsentscheidungen und Selektionsintensität durchsetzbar sind.

Simulationen zur Zuchtplanung in Feldbeständen

Abbildung 10 zeigt die Entwicklung der mittleren Zuchtwerte und deren Varianz für ein hypothetisches Merkmal mit einer Erblichkeit von 0,10 für die vier verschiedenen Cluster. Erwartungsgemäß sinkt die Varianz der Zuchtwerte im Laufe der Zeit, wenn mit der Selektion auf das hypothetische Merkmal begonnen wird. Bei der Entwicklung der Zuchtwerte ist auffällig, dass sich Cluster zwei und drei von Cluster eins und zwei unterscheiden.

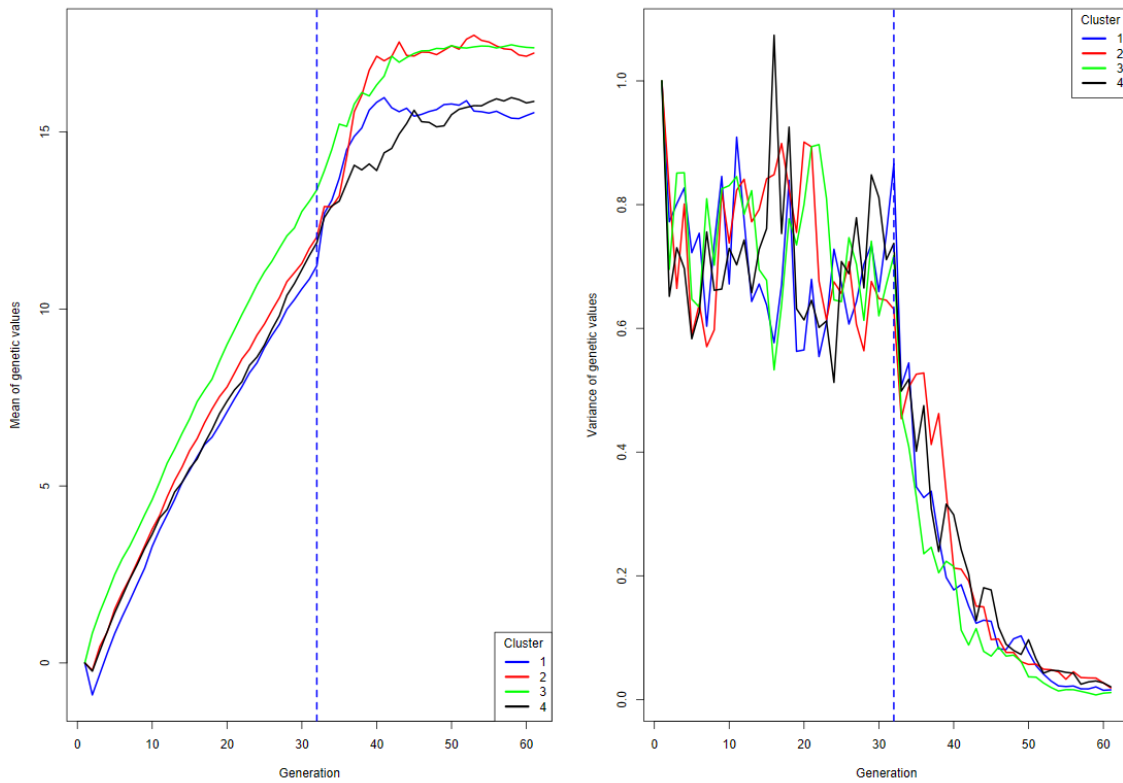


Abbildung 7.10: Entwicklung der mittleren Zuchtwerte und deren Varianz für die vier Cluster bei einem hypothetischen Merkmal mit einer Heritabilität von 0,10.

Die Simulationen deren Ergebnisse in Abbildung 11 dargestellt sind nehmen an, dass die Erblichkeit des Merkmals von 0,10 auf 0,25 steigt. Am Ende des betrachteten Zeitraumes zeigen Cluster zwei und drei wieder die besten Ergebnisse. Es ist allerdings zu beachten, dass zu Beginn des betrachteten Zeitraumes Cluster zwei allen anderen Clustern überlegen war.

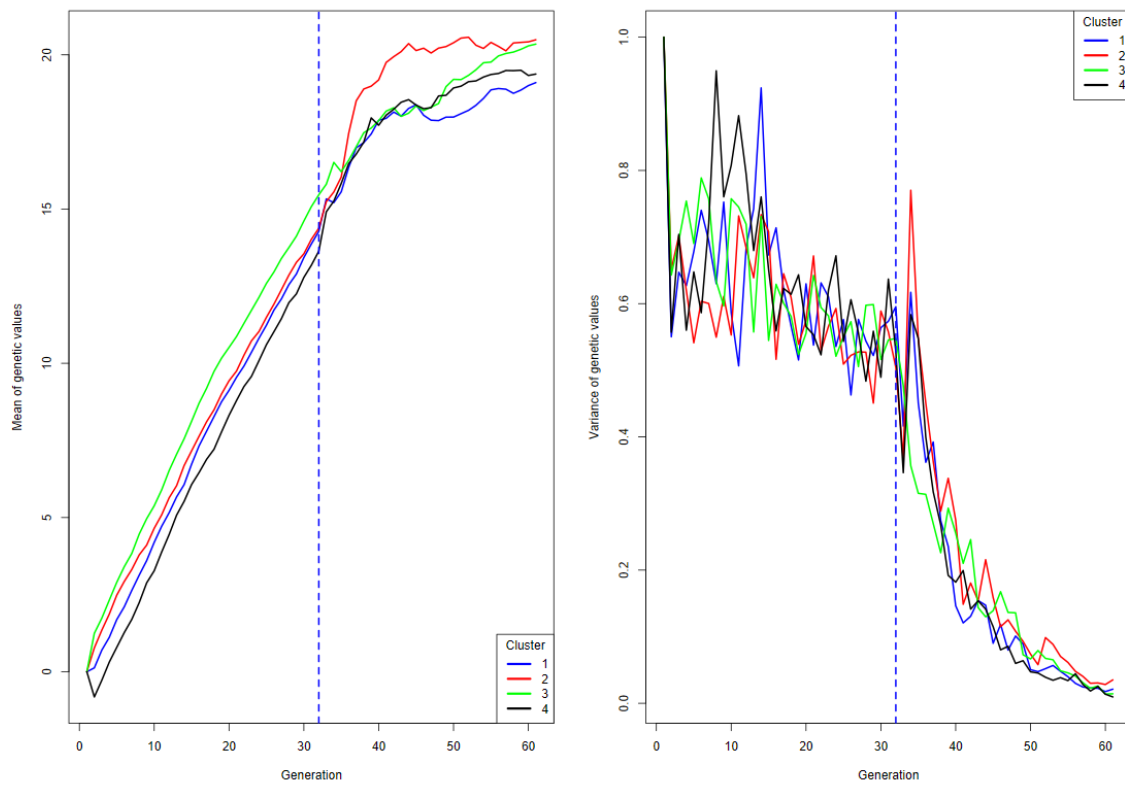


Abbildung 7.11: Entwicklung der mittleren Zuchtwerte und deren Varianz für die vier Cluster bei einem hypothetischen Merkmal mit einer Heritabilität von 0,25.

In der folgenden Abbildung 12 wird die Entwicklung der Zuchtwerte und deren Varianz gezeigt, wenn die Erblichkeit des betrachteten Merkmals auf 0,40 steigt. Waren die Resultate bei einer Erblichkeit von 0,10 und 0,25 in Cluster zwei am besten, war dies bei einer Erblichkeit von 0,40 nicht mehr der Fall.

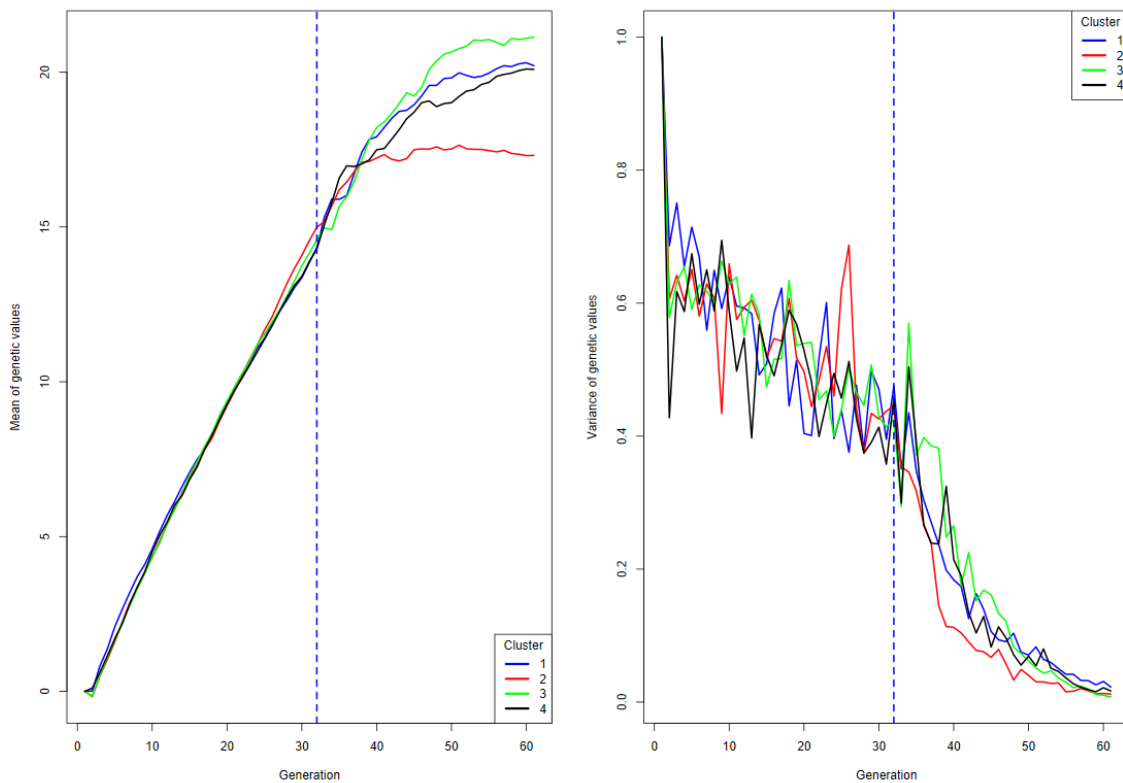


Abbildung 7.12: Entwicklung der mittleren Zuchtwerte und deren Varianz für die vier Cluster bei einem hypothetischen Merkmal mit einer Heritabilität von 0,40.

Simulationen zur Zuchtplanung in Nukleusherden

Erfolgt die Zuchtarbeit in Nukleusherden können Überlegungen mit in Betracht gezogen werden, welche in Feldbeständen nicht umsetzbar sind. So ist zum Beispiel eine Selektion, welche auf der Basis von OCS geplant wird im Feld nicht umsetzbar, in einer begrenzten Anzahl von Nukleusherden aber durchaus. Für die drei Reinzuchten wurden 6 verschiedene Szenarien, drei mit Truncation Selection und drei mit OCS, simuliert. Die Unterschiede zwischen den Reinzuchten waren sehr gering, weshalb hier exemplarisch ein Szenario mit Truncation Selection und eins mit OCS gezeigt wird. Die Simulationen wurden für einen Zeitraum von 11 Generationen durchgeführt und es wurden fünf Wiederholungen simuliert. In Abbildung 13 und Abbildung 14 werden die Ergebnisse der einzelnen Wiederholungen gezeigt. Insgesamt wurden für die drei Rassen jeweils sechs verschiedene Szenarien betrachtet. Es ist anzumerken, dass die Ergebnisse sehr ähnlich waren und das deshalb hier nur ein Szenario der Truncation Selection und ein Szenario der Optimum Contribution Selection gezeigt wird.

Abschlussbericht „ÖkoGen“



Abbildung 7.13: Entwicklung der in den Simulationen betrachteten Parametern bei Truncation Selection.

Abbildung zeigt die erwarteten Tendenzen in allen Parametern. Betrachtet man in Nukleusherden lokaler Rassen verschiedene Parameter ist besonders die Entwicklung der Inzucht von Interesse. Im Falle von Truncation Selection lagen die Inzuchtkoeffizienten deutlich über 0,20. Dies liegt deutlich über den Inzuchtkoeffizienten bei Verwendung von OCS, was in Abbildung 14 zu sehen ist.



Abbildung 7.14: Entwicklung der in der Simulation betrachteten Parameter bei Optimum Contribution Selection

IX. Diskussion der Ergebnisse

AP 1 Endoparasiten-Resistenz (Universität Göttingen)

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die untersuchten lokalen Hühnerrassen und deren Kreuzungen unter experimentellen Bedingungen eine Resilienz gegenüber einer *Ascaridia galli*-Infektion aufweisen, wie die Stabilität produktionsrelevanter Parameter belegt. Weder die Wachstumsleistung bei Masthühnern noch zentrale Eequalitätsmerkmale waren auf Gruppenebene signifikant beeinträchtigt. Diese Befunde stehen im Einklang mit früheren Studien, die die Bedeutung der Wirtsgenetik für die Ausprägung von Infektionsverläufen bei Geflügel hervorheben.

Helmintheninfektionen, einschließlich solcher durch *Ascaridia galli*, sind in nicht-käfigbasierten und Freilandhaltungssystemen weit verbreitet, wo die kontinuierliche Exposition gegenüber infektiösen Stadien eine persistente Transmission begünstigt (Permin et al., 2011). Innerhalb solcher Systeme ist eine Variabilität der Wirtsreaktion gut dokumentiert, wobei der genetische Hintergrund als ein entscheidender Faktor für Unterschiede in der Suszeptibilität und Infektionsdynamik identifiziert wurde. So zeigten Gauly et al. (2001) signifikante genotypabhängige Unterschiede in der Resistenz gegenüber *A. galli*, was die Annahme stützt, dass Hühner in ihrer Fähigkeit variieren, die Etablierung und Belastung durch Parasiten zu regulieren. Weitere experimentelle Arbeiten deuten darauf hin, dass solche genetischen Unterschiede auch den Grad beeinflussen können, in dem Infektionen zu Leistungseinbußen führen. Studien von Tarbiat et al. (2016) legen nahe, dass bestimmte Genotypen eine stabilere Körpergewichtsentwicklung aufweisen und Unterschiede in Infektionsparametern, wie der fäkalen Eiausscheidung, unter kontrollierten Challenge-Bedingungen zeigen. Diese Effekte sind jedoch kontextabhängig und werden durch Faktoren wie Infektionsdosis, Alter und Managementbedingungen beeinflusst.

Zusammenfassend stützen die vorliegenden Ergebnisse die wachsende Evidenz, dass die Resilienz gegenüber Helmintheninfektionen bei Hühnern ein multifaktorielles Merkmal darstellt, bei dem der genetische Hintergrund eine bedeutende Rolle spielt. Statt vollständiger Resistenz kann sich diese Resilienz als Fähigkeit manifestieren, die Leistung trotz Infektion aufrechtzuerhalten, was insbesondere für alternative und ökologische Produktionssysteme von Relevanz ist, in denen Parasitenexposition schwer zu vermeiden ist. Dies unterstreicht den praktischen Wert dieser genetischen Ressourcen für eine nachhaltige Geflügelproduktion, insbesondere in ökologischen und Low-Input-Systemen, in denen der Einsatz chemischer Behandlungen begrenzt oder vermieden wird.

Die beobachtete Stabilität der Leistungsparameter über die Genotypen hinweg maskiert jedoch distinkte genotypspezifische Reaktionsmuster auf die Infektion. Insbesondere zeigten BIE-Hühner eine Kombination aus relativ hoher Parasitenlast und vergleichsweise geringer Antikörperantwort, ein Muster, das mit einer toleranzähnlichen Strategie vereinbar ist. In diesem Kontext bezieht sich Toleranz auf die Fähigkeit des Wirts, die negativen Fitnesskonsequenzen einer Infektion abzumildern, ohne notwendigerweise die Parasitenlast zu reduzieren. Im Gegensatz dazu wiesen ALT-Hühner eine ausgeprägtere frühe Immunantwort bei gleichzeitig geringerer Infektionsintensität auf, was eher einer resistenzbasierten Reaktion entspricht. Die Unterscheidung zwischen Resistenz und Toleranz ist ein zentrales Konzept in Wirt-Parasit-Interaktionen, wobei Resistenz die Parasitenlast reduziert, während Toleranz die schädlichen Auswirkungen einer gegebenen Parasitenlast begrenzt (Råberg et al., 2009). Aus züchterischer Perspektive wurde die Selektion auf Toleranz als Strategie vorgeschlagen, um den Selektionsdruck auf Parasiten zu verringern und möglicherweise die Evolution von Virulenz zu

verlangsamen (Bishop, 2012). Die langfristigen evolutionären Konsequenzen solcher Strategien bleiben jedoch kontextabhängig und werden primär durch theoretische Modelle gestützt (Restif & Koella, 2004).

Das Fehlen einer klaren Korrelation zwischen Antikörperspiegeln und Parasitenlast in der vorliegenden Studie steht im Einklang mit früheren Befunden, die darauf hindeuten, dass humorale Immunantworten nicht immer stark mit protektiver Immunität gegenüber *Ascaridia galli* assoziiert sind (Pleidrup et al., 2014). Protektive Immunität gegen Helminthen beruht allgemein in stärkerem Maße auf lokalen intestinalen und zellulären Immunmechanismen. Bei Helmintheninfektionen sind diese Reaktionen typischerweise durch eine T-Helfer-2 (Th2)-Immunität gekennzeichnet, einschließlich Eosinophilie, Mastzellaktivierung und der Produktion von Zytokinen wie IL-4 und IL-13 (Degen et al., 2005; Anthony et al., 2007). Solche Mechanismen wirken lokal am Infektionsort und können die Etablierung und Persistenz von Parasiten beeinträchtigen, obwohl ihre spezifische Rolle bei *A. galli*-Infektionen bei Hühnern noch nicht vollständig verstanden ist.

Die Kreuzungsversuche ergaben, dass die Einführung von White Rock (WR)-Genetik mit einer reduzierten phänotypischen Variabilität und einer homogeneren Antikörperantwort assoziiert war. Dieses Muster könnte auf Heterosis-Effekte zurückzuführen sein, die zu stabileren, aber weniger differenzierten Reaktionsprofilen zwischen Individuen führen. Frühere Studien haben gezeigt, dass Kreuzungen bei Legehennen die allgemeine Robustheit und Aspekte der Immunkompetenz verbessern können, wahrscheinlich aufgrund komplementärer genetischer Effekte zwischen den Elternlinien (Minozzi et al., 2008; Muir et al., 2008). Die Beziehung zwischen Kreuzung und parasiten-spezifischer Immunität bleibt jedoch komplex, und die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine verstärkte Immunreaktivität nicht zwangsläufig mit einer reduzierten Parasitenlast einhergeht.

Der temporäre Rückgang der Legeleistung bei RAM×WR-Kreuzungen während der akuten Infektionsphase verdeutlicht genotypspezifische Vulnerabilitäten unter Bedingungen hoher metabolischer Belastung. Diese Beobachtung steht im Einklang mit dem gut dokumentierten Trade-off zwischen Immunfunktion und Produktionsleistung, wonach begrenzte physiologische Ressourcen zwischen Wachstum, Reproduktion und Immunabwehr aufgeteilt werden müssen (Klasing, 2007). Die Aktivierung des Immunsystems ist energetisch kostspielig, und experimentelle Studien haben gezeigt, dass eine Immunstimulation zu messbaren Reduktionen in Produktionsmerkmalen, einschließlich der Eiproduktion, führen kann, bedingt durch die Umverteilung von Ressourcen zugunsten immunologischer Prozesse (van der Most et al., 2011; Humphrey & Klasing, 2004).

Altersbedingte Unterschiede zwischen Masthühnern und Legehennen waren ebenfalls evident. Die vergleichsweise reduzierten und verzögerten Immunantworten bei älteren Tieren könnten durch multiple Faktoren erklärt werden, einschließlich altersbedingter Veränderungen der Immunfunktion. Solche Veränderungen können eine verminderte Reaktivität des adaptiven Immunsystems sowie eine veränderte Regulation immunologischer Signalwege umfassen (Permin & Ranvig, 2001; Lavoie, 2005; Song et al., 2021). Darüber hinaus kann eine wiederholte Parasitenexposition zu Immunmodulation führen, die nachfolgende Antikörperantworten beeinflusst (Pleidrup et al., 2012). Endokrine Faktoren, wie erhöhte Corticosteronspiegel unter Produktionsstress, könnten die Immunkompetenz zusätzlich beeinflussen (Shini et al., 2010). Diese Befunde unterstreichen die Bedeutung der Berücksichtigung von Alter und Produktionsphase bei der Bewertung von Wirt-Parasit-Interaktionen in Geflügelsystemen.

Der persistente Nachweis von *Heterakis gallinarum* trotz antiparasitärer Behandlung betont die Rolle der Umweltkontamination bei der Aufrechterhaltung des Infektionsdrucks in Freilandhaltungssystemen. Die hohe Umweltpersistenz von Parasiteneiern erschwert eine effektive Bekämpfung (Permin & Hansen, 1998). Dies unterstreicht die Notwendigkeit integrierter Parasitenmanagementstrategien, die gezielte Behandlungen mit verbesserten Hygienemaßnahmen und Weidemanagement kombinieren. Maßnahmen wie Weiderotation, reduzierte Besatzdichte und regelmäßige Reinigung der Stallanlagen können dazu beitragen, die Umweltkontamination und das Infektionsrisiko zu senken (Kaufmann et al., 2011; Thapa et al., 2015). Zudem wird der strategische Einsatz von Anthelminthika empfohlen, um das Risiko der Resistenzentwicklung zu minimieren und die Wirksamkeit der Behandlung zu erhalten (Kaplan, 2004).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass Antikörperantworten nicht isoliert interpretiert werden sollten, wenn die Wirtsreaktion auf parasitäre Infektionen bewertet wird. Eine umfassende Evaluierung, die Parasitenlast, immunologische Parameter und Leistungsmerkmale integriert, ist notwendig, um zwischen Resistenz- und Toleranzmechanismen zu unterscheiden. Ein solcher integrativer Ansatz ist essenziell, um das Verständnis von Wirt-Parasit-Interaktionen zu verbessern und nachhaltige Zucht- und Managementstrategien zu entwickeln. Aus angewandter Perspektive deuten die Befunde darauf hin, dass lokale Hühnerrassen und deren Kreuzungen unter moderater Parasitenbelastung eine stabile Produktionsleistung aufrechterhalten können. Genotypspezifische Reaktionsmuster, einschließlich toleranzähnlicher und resistenzähnlicher Strategien, könnten wertvolle Ansatzpunkte für Zuchtprogramme bieten. Kreuzungsansätze scheinen die Stabilität von Leistungsmerkmalen unter umwelt- und infektionsbedingten Stressbedingungen zu verbessern, obwohl ihre Auswirkungen auf die Parasitendynamik weiterer Untersuchungen bedürfen. Altersabhängige Variationen in der Immunantwort verdeutlichen zudem die Notwendigkeit maßgeschneiderter Managementstrategien für verschiedene Produktionsphasen. Schließlich unterstreicht die Persistenz infektiöser Stadien in der Umwelt die Bedeutung integrierter Kontrollmaßnahmen.

Zusammenfassend kann die Kombination aus resilienten Genotypen, gezielter Kreuzungszucht und verbesserten Managementpraktiken eine nachhaltige Geflügelproduktion unter Bedingungen kontinuierlicher Parasitenexposition unterstützen, wodurch die Abhängigkeit von routinemäßigen Anthelminthika-Behandlungen reduziert und gleichzeitig Tiergesundheit und Produktivität aufrechterhalten werden können.

AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz (Friedrich-Loeffler-Institut)

Die Befunde bestätigen, dass lokale Hühnerrassen eine erhebliche immunologische Heterogenität aufweisen, die über einfache Unterschiede in Antikörpertitern hinausgeht und bereits im frühesten Lebensalter sichtbar ist. Diese Variation kann genutzt werden, um Zuchtprogramme gezielt auf robuste T-Zell-Profile und stabile Impfgedächtnisantworten auszurichten, statt ausschließlich auf Leistungsmerkmale zu selektieren.

Die rassespezifischen Verläufe der Influenzainfektion belegen, dass genetischer Hintergrund, Lungen-T-Zell-Infiltration und klinische Resilienz eng miteinander verknüpft sind. Dass RAM trotz Infektion geringere klinische Scores und höhere Überlebensraten zeigten, spricht für genetisch verankerte Resilienzfaktoren, die nicht notwendigerweise mit reduzierter Virusausscheidung einhergehen. Die ausgeprägte Transmission bei ALT verdeutlicht, dass Überlebensfähigkeit nicht automatisch zu einer Verringerung des epidemiologischen Risikos führt. Für Biosicherheitskonzepte in Freiland- und Ökohaltungen ergibt sich damit die Notwendigkeit, Resilienz und Transmissionseigenschaften parallel zu bewerten.

Die spätere Klinik nach Influenza-Infektion bei Legehennen zum Leistungshöhepunkt unterstreicht, dass Produktionsstatus und Reproduktion stark in die Immunantwort eingreifen, da Influenzainfektionen sowohl die Legeleistung beeinträchtigen als auch eine ausgeprägte Immunaktivierung auslösen, wobei Immunität und Reproduktion um begrenzte Ressourcen konkurrieren (Hassan et al., 2026.) Die hohe Prävalenz von Eileiterbauchfellentzündungen zeigt, dass der Reproduktionstrakt eine Rolle in der Pathobiologie von Influenza-Infektionen spielt und dass subakute oder chronische Folgeschäden nach Influenzainfektionen erheblichen Einfluss auf Tierwohl und Wirtschaftlichkeit haben können (Sid et al, 2017). Literatur zu Faktoren, die das aviäre Immunsystem modulieren, weist darauf hin, dass Stress, Ernährung und hormonelle Situation die Wirksamkeit von Impfungen und die Abwehrleistung gegenüber Infektionen erheblich beeinflussen können (Dalgaard et al, 2022).

Die Ergebnisse zur Immunantwort auf die Impfung gegen das Newcastle Disease Virus (NDV) zeigen, dass diese über die gesamte Produktionsperiode hinweg grundsätzlich erhalten bleibt, jedoch deutliche rassespezifische Unterschiede in Homogenität und Qualität bestehen. Im Einklang mit der Literatur zur genetischen Variabilität der Immunantwort (Arango et al., 2024) weisen RAM eine sehr einheitliche humorale Antwort auf, während die stärkere Streuung bei ALT und insbesondere bei BIE darauf hindeutet, dass trotz ausreichendem mittleren Herdenniveau einzelne Tiere unzureichend geschützt sein können. Die Dynamik maternaler Antikörper bestätigt bekannte Zusammenhänge: Der schnellere Abfall bei ALT und RAM führt früh zu einem Anteil ungeschützter Tiere und verdeutlicht das kritische Zeitfenster zwischen passiver und aktiver Immunität (Gharaibeh & Mahmoud, 2013). Die homogenere und leicht verlängerte Persistenz bei den Kreuzungen ist mit beschriebenen Heterosiseffekten vereinbar, ohne den Zeitpunkt des vollständigen Schutzverlustes wesentlich zu verändern. Die nur transient nachweisbare zelluläre Gedächtnisantwort steht im Einklang mit Studien, die der humoralen Immunität bei NDV eine dominante Rolle zuschreiben (Kapczynski & King, 2005), gleichzeitig aber die Notwendigkeit einer zellulären Antwort unterstreichen. Die experimentellen Prime/Boost-Daten zeigen darüber hinaus, dass sowohl die Stärke als auch die Qualität der Immunantwort rassespezifisch variieren. Während der humorale Boostereffekt allgemein bestätigt wird, zeigen sich bei der zellulären Antwort differenzierte Effekte: ALT profitieren, wohingegen BIE insbesondere bei zytotoxischen T Zellen eine verminderte Reaktion nach Boosterimpfung aufweisen.

Solche gegenläufigen Effekte werden in der Literatur als Ausdruck unterschiedlicher immunregulatorischer Mechanismen diskutiert (Klasing, 2007). Insgesamt bestätigen die Ergebnisse bekannte Zusammenhänge zwischen Genetik und Immunantwort, zeigen jedoch, dass sowohl intra-Herden-Variabilität als auch qualitative Unterschiede der zellulären Immunität stärker berücksichtigt werden müssen.

Die Ergebnisse liefern konkrete immunologische Marker (u. a. T-Zell-Subpopulationen und Proliferationsmuster), die in Zuchtprogrammen für ein Screening zur Auswahl von Rassen mit erhöhter Krankheitsresilienz und stabiler Impfantwort für eine Weiterzucht eingesetzt werden können. Für die ökologische und extensive Geflügelhaltung eröffnen sich dadurch Möglichkeiten, genetische Diversität gezielt zu erhalten und gleichzeitig Tiergesundheit und Leistung zu sichern. Die rassespezifischen Daten zu Krankheitsverlauf, Virusausscheidung und Transmission unter Influenzainfektion sind unmittelbar für Risikoabschätzungen und Biosicherheitskonzepte in Freiland- und Kleinhaltungen nutzbar. Insbesondere Empfehlungen zu Haltungssystemen, Trennungsmaßnahmen und Bestandszusammensetzung können darauf aufbauen, um das Eintrags- und Weiterverbreitungsrisiko von aviären Influenzaviren zu reduzieren. Für die Impfstrategien gegen Newcastle Disease und aviäre Influenza liefern die Arbeiten eine Grundlage, rassespezifische Impfschemata zu entwickeln und die Dauer des Schutzes realistischer einzuschätzen. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Beurteilung des Impferfolgs nicht ausschließlich auf Herdenmittelwerten basieren sollte, da insbesondere bei genetisch variableren Linien ein relevanter Anteil ungeschützter Einzeltiere auftreten kann. Zudem weist die unterschiedliche Dynamik maternaler Antikörper darauf hin, dass der optimale Impfzeitpunkt rassespezifisch variieren kann, um Immunitätslücken zu vermeiden. Die beobachteten Unterschiede in der Reaktion auf Boosterimpfungen zeigen, dass standardisierte Impfprogramme nicht für alle genetischen Linien gleichermaßen geeignet sind. Insbesondere die gegensätzlichen Effekte auf die zelluläre Immunität legen nahe, dass Impfstrategien differenzierter an genetische Hintergründe angepasst werden sollten. Kreuzungen können dabei sowohl stabilisierende Effekte auf die humorale Immunität als auch modulierende Effekte auf die zelluläre Antwort haben. Langfristig können auf Basis dieser Ergebnisse Impfprogramme effizienter gestaltet, Tierverluste vermindert und der Einsatz von Arzneimitteln reduziert werden, was sowohl ökonomische als auch gesellschaftliche und tierschutzrelevante Vorteile hat.

AP 3 Knochenstabilität (Friedrich-Loeffler-Institut)

Die Knochengesundheit und eine -stabilität sind wichtige Aspekte der Tiergesundheit und des Tierwohls. Im Mittelpunkt der Untersuchungen in diesem Arbeitspaket standen die Untersuchungen der Kreuzungen drei lokaler Rassen ALT, BIE und RAM mit leistungsstarken Elterntieren der Legerichtung (WR) im Vergleich zu den lokalen Rassen selbst. Ziel war es, die Häufigkeit und den Schweregrad des Auftretens von Brustbeinschäden, insbesondere Brustbeinfrakturen, zu untersuchen, da Verletzungen des Brustbeins sowohl zu Schmerzen und Leiden der Tiere führen als auch ökonomische Einbußen für den Landwirt bedeuten können. Um tiefere Einblicke in diese Problematik zu erhalten und das Auftreten von Brustbeinschäden besser bewerten zu können wurden die Legeleistung als auch die Knochenmineraldichte und physiologische Blutparameter in die Untersuchungen einbezogen. Der Knochenstoffwechsel ist ein komplex regulierter Prozess aus Knochenaufbau und -abbau (Remodelling), der durch Hormone und die Mineralstoffversorgung (v. a. Kalzium und Phosphor) gesteuert wird.

Die Komplexität der erhobenen Parameter erfordert umfangreiche Analysen ihrer gegenseitigen Wechselwirkungen, die aufgrund des zeitlichen Aufwands zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch nicht abgeschlossen sind (siehe auch Abschnitt: Gegenüberstellung der geplanten und der erreichten Ziele). Nachfolgend werden die Ergebnisse nach dem bisher dargestellten Stand der Auswertungen diskutiert.

Häufigkeit und Schweregrad von Verletzungen des Brustbeins

Die Ergebnisse der longitudinalen Untersuchungen des Brustbeins zeigten, dass die Kreuzungen der lokalen Rassen mit Legeelterntieren das Auftreten von Frakturen nicht reduziert, sondern tendenziell bei den Kreuzungen höher ist als bei den Reinzuchttieren der drei Rassen (Abbildung und Abbildung). Innerhalb der Kreuzungen gab es zwischen den Genotypen signifikante Unterschiede im Auftreten von Frakturen, wobei sich die Kreuzung BIE_xWR als diejenige herausstellte, die das geringste Risiko von Brustbeinfrakturen hatte. Diese Beobachtung ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen in den Reinzuchten, bei der in der Rasse BIE ebenfalls signifikant weniger Tiere mit schweren Brustbeinfrakturen auftraten. Da in allen Kreuzungen die gleiche Genetik der Elterntierhennen genutzt wurde, scheint sich die genetische Veranlagung einer geringeren Brustbeinfragilität der Reinzuchttiere BIE auch in den BIE_xWR Kreuzungen zu manifestieren. Die RAM_xWR Kreuzungstiere hatten den höchsten Anteil Tiere mit Brustbeinfrakturen, die im Vergleich zu den BIE_xWR Tieren insbesondere in der zweiten Hälfte der Legeperiode anstiegen. Das könnte mit dem häufig in der Literatur postulierten negativen Zusammenhang zwischen hoher Legeleistung und verminderter Knochenstabilität in Verbindung stehen, da die RAM_xWR Tiere deutlich mehr legten als die BIE_xWR Tiere. Insgesamt war die Legeleistung der Kreuzungstiere etwa doppelt so hoch wie die der Reinzuchttiere (vgl. Tabelle), so dass der Kalziumbedarf dieser Tiere für die Schalenbildung deutlich höher ist als der der Reinzuchten. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist der Legebeginn der Tiere. RAM_xWR Kreuzungen beginnen etwa zwei Wochen früher mit dem Legen als die anderen beiden Kreuzungsgenotypen. Im Vergleich dazu

ist der Legebeginn der Reinzuchttiere deutlich später, wobei bei BIE gegenüber RAM und ALT der Legebeginn erst drei Wochen später liegt. Der Legebeginn ist somit vor Abschluss einer vollständigen Verknöcherung des Brustbeins, so dass in größerem Umfang die weitere Verknöcherung und Mineralisierung des Brustbeins in einem Zeitraum stattfindet, in der der Körper größere Mengen an Kalzium für die Bildung der Eierschale bereitstellen muss. Erst nach Überschreiten der Legespitze, die bei den RAMxWR Kreuzungen früher und höher ausfällt als bei den beiden anderen Kreuzungsgenotypen, und bei den Kreuzungen insgesamt deutlich früher erreicht wird als bei den Reinzuchtieren (Abbildung), ist die Verknöcherung des Brustbeins abgeschlossen (Tabelle). Die hier gefundenen Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit anderen Studien (Dunn u. a. 2021; Thøfner u. a. 2021; Hildebrand u. a. 2026), dass der Beginn und die frühe Legeperiode eine wichtige Rolle bei der Entstehung von Brustbeinfrakturen spielen. Brustbeindeformationen, deren Erfassung in einem zweidimensionalen Röntgenbild nur eingeschränkt möglich ist, scheinen davon eher unbeeinflusst zu sein. Schwerwiegende Brustbeinverformungen traten bei Kreuzungstieren nahezu gar nicht auf und wurden nur bei den Reinzuchten ALT und BIE beobachtet. Gründe für diese Unterschiede zwischen den Genotypen lassen sich aus den vorliegenden Ergebnissen nicht ableiten, bestätigen aber die Auffassung, dass Frakturen und Deformationen des Brustbeins zwei getrennte Merkmale sind.

Potenzielle Zusammenhänge zwischen physiologische Parameter und der Knochenmineralisierung

Knochen sind ein stoffwechselaktives Gewebe und beim Huhn über den Kalziumhaushalt des Tieres unmittelbar verbunden mit der Eischalenbildung und somit der Legeintensität. Beim Huhn bildet sich mit Eintritt der Geschlechtsreife (Beginn der Follikelreifung in den Eierstöcken) eine besondere Knochenart, der medulläre Knochen. Die Bildung des medullären Knochens wird durch das von den Ovarialfollikeln gebildete 17 β -Estradiol induziert. Der medulläre Knochen dient als labiles Kalziumreservoir für die Kalkbildung in der Eierschale (Whitehead 2004). In Übereinstimmung mit der Literatur und eigenen Untersuchungen (Habig u. a. 2021; Whitehead 2004) war der 17 β -Estradiol Gehalt sowohl bei den Reinzuchten als auch bei den Kreuzungen niedrig und stieg mit einsetzen der Legetätigkeit deutlich an (

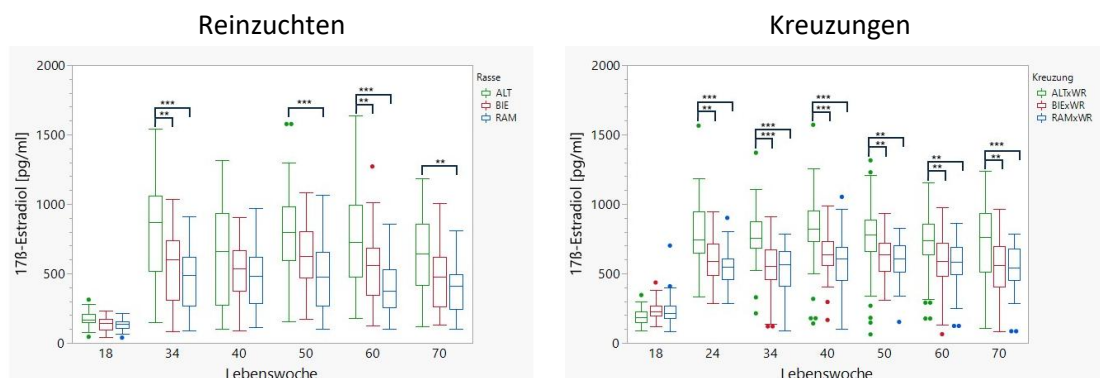


Abbildung). Der 17 β -Estradiol Gehalt war sowohl bei den ALT Reinzuchtieren als auch bei den ALTxWR Kreuzungstieren höher als bei den anderen Genotypen. Als Gegenspieler zum

156

17 β -Estradiol war der Gehalt von FSH in der 18. Lebenswoche sowohl bei den Kreuzungen als auch bei den Reinzuchtieren erhöht, und sank danach leicht ab. FSH fördert das Wachstum und die Reifung der Follikel im Eierstock. Diese Interaktion der beiden Sexualhormone entspricht den Erwartungen, da zwischen beiden eine direkte Beziehung besteht. FSH wird durch die Hypophyse gebildet, stimuliert durch die Freisetzung von GnRH (Gonadotropin-Releasing-Hormon) aus dem Hypothalamus. 17 β -Estradiol und Inhibin, die beide aus den Follikeln stammen, hemmen über einen negativen Feedback Mechanismus die Ausschüttung von GnRH und damit auch die des FSH. Auch bei dem Hormon FSH zeigt sich, dass ALT Hennen bei den Reinzuchten und ALTxWR Hennen bei den Kreuzungen höhere FSH Gehalte aufwiesen als die anderen Genotypen (

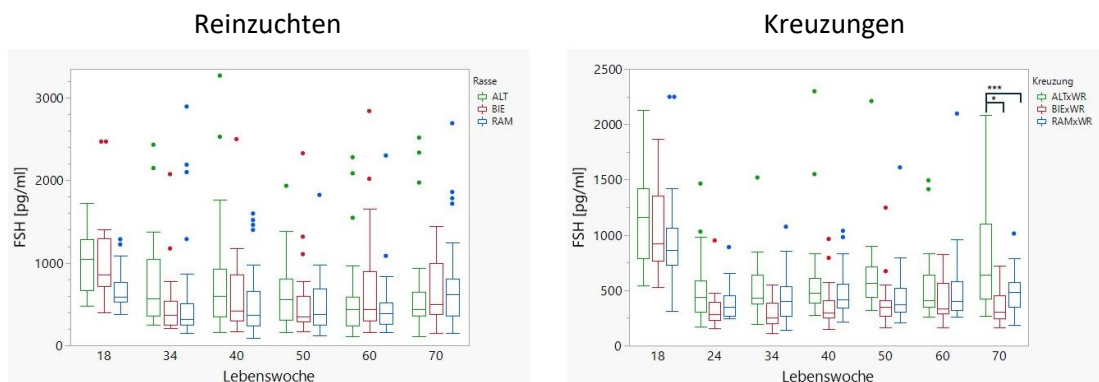


Abbildung). Zieht man den Verlauf der Legekurve in Betracht, ist es unerwartet, dass der 17 β -Estradiol Gehalt und der FSH Gehalt der ALT bzw. der ALTxWR Tiere im Vergleich zu den anderen Gruppen tendenziell höher war, wenn auch nicht statistisch signifikant. Einschränkend ist jedoch anzumerken, dass die bisherigen Auswertungen keinen direkten Zusammenhang mit der Legeleistung dieser Tiere ableiten lassen. Dafür bedarf es weiterer Analysen im Zusammenhang mit den individuellen Legedaten, die noch ausstehen, da 17 β -Estradiol und der FSH Gehalt im Blutplasma vom Follikelzyklus der Hennen beeinflusst wird.

Der Gesamtkalziumgehalt im Blutplasma steht in direktem Zusammenhang mit der Legetätigkeit der Hennen (Kölling u. a. 1992). Vor Legebeginn ist der Gesamtkalziumgehalt gering und steigt sowohl bei den Reinzuchthennen als auch bei den Kreuzungstieren mit einsetzender Legetätigkeit deutlich an (Tabelle). Bemerkenswert ist, dass die ALT Hennen in der 70. Lebenswoche signifikant höhere Werte haben als die BIE- und RAM Hennen, die tendenziell auch eine leicht bessere Persistenz in der Legetätigkeit am Ende der Prüfperiode aufweisen. Markanter ist der Unterschied zwischen den Reinzuchten und Kreuzungen. Letztere weisen klar höher Gesamtkalziumwerte auf, die mit einer erhöhten Legeleistung verbunden sind. Dieser Zusammenhang ist auch in der Literatur gut belegt (Sinclair-Black u. a. 2023). Demgegenüber steigt der Gehalt an ionisiertem Kalzium nach Legebeginn leicht an und bleibt danach relativ konstant und in vergleichbarer Höhe zwischen Reinzuchten und Kreuzungen von etwa 1,5 bis 1,6 mmol/l (Abbildung 3.122). Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass die Legeleistung auch der Kreuzungstiere nicht zu einem pathologischen Ungleichgewicht des Kalziumhaushaltes der Henne führt, da andernfalls eine Erniedrigung des ionisierten

Kalziums auftreten sollte (Sinclair-Black u. a. 2023). Dafür spricht auch, dass der Phosphatgehalt über die gesamte Prüfperiode konstant bleibt. Da Kalzium im medullären Knochen als Hydroxyapatit gespeichert ist ($\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$), wird bei der Freisetzung von Kalzium auch immer Phosphat freigesetzt. Eine zunehmende Kalziumfreisetzung aus den Knochen sollte daher den Phosphatgehalt im Blutplasma erhöhen, was weder bei den Reinzuchttieren noch bei den Kreuzungen der Fall war.

Am Knochenstoffwechsel sind zwei Zelltypen beteiligt, Osteoblasten und Osteoklasten. Osteoblasten sind für die Knochenbildung verantwortlich, indem sie eine organische Matrix aus Kollagen sowie nicht-kollagenen Proteinen und Lipiden ablagern, die anschließend mineralisiert wird. Eines dieser nicht-kollagenen Proteine ist Osteocalcin, das während des Knochenumsatzes in den Blutkreislauf freigesetzt wird und als gängiger Marker für die Knochenbildung dient. Als Gegenspieler des Knochenstoffwechsels wird CTX-I angesehen, ein Abbauprodukt des Typ-I-Kollagens. Beide Marker sind vor Einsetzen der Legetätigkeit sowohl in den Reinzuchten als auch den Kreuzungen erhöht im Vergleich zu späteren Zeitpunkten, was auf einen erhöhten Knochenumsatz hinweist und ist in Übereinstimmung mit eigenen früheren Untersuchungen (Habig u. a. 2021). Auffällig ist, dass die Variabilität bei den Reinzuchten deutlich höher ist und vermuten lässt, dass dies in Zusammenhang mit der individuellen Legetätigkeit steht.

$25(\text{OH})\text{D}_3$ (Calcidiol) ist die Hauptspeicher- und Transportform von Vitamin D_3 im Blut. Es wird in der Leber aus Vitamin D_3 gebildet und in der Niere in das aktive Hormon $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ (Calcitriol) umgewandelt, $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ fördert die Mobilisierung von Kalzium und Phosphat aus dem Knochen (insbesondere aus dem medullären Knochen) und unterstützt die Aufrechterhaltung der Blutkalziumkonzentration. Im Vergleich zu den Reinzuchten weisen die Kreuzungstiere insgesamt niedrigere $25(\text{OH})\text{D}_3$ Werte auf, die jedoch über die gesamte Zeit relative konstant ausfallen. Tendenziell ist ein leichter Abfall der Werte bei den Kreuzungen in der 70. LW zu beobachten, der jedoch nicht signifikant ist. Interessant ist bei den Reinzuchten, dass die $25(\text{OH})\text{D}_3$ Werte in der 60. LW abfällt und anschließend wieder ansteigt (

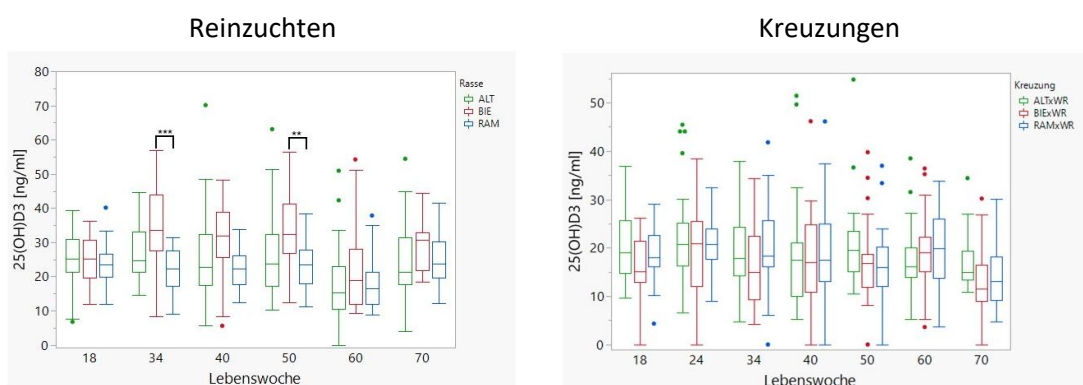


Abbildung). Dieser Abfall steht eventuell in einem Zusammenhang mit dem bei den Reinzuchttieren beobachteten Abfall der Röntgendichte des Brustbeins (Abbildung 3.101). Das könnte darauf hinweisen, dass bei diesen Tieren ein Umbau des Brustbeinknochens stattfindet wie das auch in der Literatur beschrieben wird (Fleming u. a. 1998). Im Gegensatz dazu steigt

die Röntgendichte bei den Kreuzungen bis zur 50. Lebenswoche stetig an und bleibt danach relativ konstant. Allerdings ist weder bei den Reinzuchten noch bei den Kreuzungen ein Abfall der Legeleistung in diesem Lebensalter zu beobachten. Aufgrund der höheren Legeleistung der Kreuzungen wäre zu erwarten gewesen, dass diese Tiere eine geringere Röntgendichte des Brustbeins aufweisen. Dies war jedoch nicht der Fall. Im Gegensatz dazu zeigen die Befunde der Knochenmineraldichte *post mortem*, dass die Reinzuchten höhere Werte aufweisen als die Kreuzungen. Innerhalb der Kreuzungen hatten die RAMxWR Tiere die geringsten Mineraldichtewerte, die den frühesten Legebeginn und die höchste Legeleistung aufwiesen. Dies wirft die Frage auf, inwieweit die *intra vitam* Untersuchungen mit den Ergebnissen der *post mortem* Befunde vergleichbar sind.

Unter den Haltingsbedingung in unserer Versuchsdurchführung bestätigen die Ergebnisse nur teilweise die im Projekt BruBeiLe als auch früher Studien gefundenen Ergebnisse, dass lokale Rassen deutlich geringere Brustbeinschäden aufweisen (Hocking u. a. 2003; Jung u. a. 2024; Hildebrand u. a. 2026). Insbesondere in Bezug auf die Ergebnisse im Projekt BruBeiLe ist jedoch zu beachten, dass sowohl die Haltingsbedingungen (Freilaufhaltung mit deutlich höherem Platzangebot) als auch die untersuchten Genotypen mit zum Teil deutlich geringerer Legeleistung als die hier genutzten Rassen nicht direkt vergleichbar sind. Die Kreuzungen mit leistungsstarken Elterntieren der Legerichtung bedingen zwar tendenziell ein höheres Risiko des Auftretens von Brustbeinschäden, jedoch weisen die bisherigen Auswertungen nicht darauf hin, dass die Kreuzungstiere trotz deutlich erhöhter Legeleistung physiologische Defizite des Knochenstoffwechsels aufweisen.

AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & Hochschule Osnabrück)

4.1 Morphologische Tierwohlindikatoren und genetische Faktoren

Die morphologischen Bonituren ergaben ein insgesamt hohes Tierwohlniveau über alle untersuchten Gruppen hinweg, was für die Eignung der Kreuzungen zu den gewählten Haltungsbedingungen spricht. Die dennoch nachweisbaren relativen Unterschiede zwischen Kreuzungen und Reinzuchten liefern wichtige Hinweise auf die Bedeutung der genetischen Grundlage.

Der bessere Gefiederzustand und die geringeren Kopfverletzungen bei mastbetonten (Ranger-) Kreuzungen im Vergleich zu legbetonten (White Rock-)Kreuzungen könnten mit unterschiedlichen Aktivitätsmustern zusammenhängen. Interessanterweise zeigte sich in den RFID-basierten Aktivitätsmessungen, dass White-Rock-Kreuzungen signifikant aktiver im Stall waren als Ranger-Kreuzungen. Die generelle Aktivität, wenn nicht ausreichend Möglichkeiten zum Ausleben gegeben, könnte zu vermehrten agonistischen oder stereotypen/anormalen Verhalten in Form von Federpicken geführt haben.

Die kreuzungsspezifischen Unterschiede innerhalb einer Nutzungsrichtung, deuten darauf hin, dass nicht nur die Mutterlinie (White Rock vs. Ranger), sondern auch die Vaterlinie (Altsteirer, Bielefelder, Ramelsloher) eine Rolle spielt. Sowohl ALT x WR, als auch ALT x RG wiesen in der jeweiligen Kreuzungsanpaarung schlechtere Bewertungen auf.

Die durchweg besseren morphologischen Bewertungen der Kreuzungen gegenüber den Reinzuchten legen nahe, dass diese möglicherweise besser an größere Gruppen und semi-kommerzielle Haltungsformen angepasst sind. Dies ist aus züchterischer Sicht relevant, da es die Strategie unterstützt, durch gezielte Kreuzungen Tierwohl und Leistungsfähigkeit zu verbessern. Die vergleichbaren Ergebnisse zwischen Kreuzungen einer Nutzungsrichtung könnten auf die leistungsstarken und hoch selektierten kommerziellen Hybridlinien und den damit einhergehenden Einfluss auf die Kreuzungstiere zurückzuführen sein.

4.2 Brustbeingesundheit und Bewertungsmethodik

Die post-mortem Brustbeinuntersuchung lieferte wichtige Erkenntnisse zur Präzision verschiedener Bewertungsmethoden. Das konsistente Muster der Veränderungslokalisationen (Dellen kranial, Deformationen medial, Kallusbildungen kaudal) über alle Tiere hinweg deutet u.a. auf biomechanische Ursachen hin, die mit der Nutzung von Sitzstangen, Aufpralltraumata oder Wachstums- bzw. Eierproduktionsprozessen zusammenhängen könnten.

Die geringe Übereinstimmung zwischen Palpationsbefunden und post-mortem Befunden ist bemerkenswert: 87 % der Kallusbildungen im hinteren Drittel des Brustbeins blieben bei der Palpation unentdeckt. Dies bedeutet, dass die standardisierte WQA-Methode die tatsächliche Prävalenz von Brustbeinschäden erheblich unterschätzt.

Diese Befunde haben praktische Implikationen: Für Forschungszwecke ist eine differenziertere Bewertungsmethode, wie das im Projekt entwickelte Boniturschema, notwendig. Für die Praxis bleibt die Palpation mangels Alternativen relevant, muss aber als konservative Schätzung interpretiert werden, die die tatsächliche Prävalenz unterschätzt.

4.3 Verhaltenstests und individuelle Variabilität

Die fehlenden signifikanten Unterschiede zwischen Kreuzungen in der Mehrzahl der standardisierten Verhaltenstests (NOT, NAT, TI, OF, ABT, JBT, Worm Running Test) sind zunächst überraschend, da genetische Unterschiede im Verhalten gut dokumentiert sind. Mehrere Erklärungsansätze sind denkbar:

Erstens könnten die untersuchten Kreuzungen hinsichtlich der getesteten Verhaltensmerkmale tatsächlich vergleichbar sein, was für eine gewisse Homogenität der eingesetzten genetischen Ressourcen sprechen würde. Da alle Kreuzungen eine kommerzielle Hybridlinie (White Rock oder Ranger) als Mutterlinie hatten, könnte deren genetischer Einfluss dominierend sein und Unterschiede durch die Vaterlinien (Altsteirer, Bielefelder, Ramelsloher) überdecken.

Zweitens ist es möglich, dass die individuelle Variabilität innerhalb der Gruppen so groß war, dass Gruppenunterschiede statistisch nicht nachweisbar waren. Dies wird durch die ausgeprägten individuellen Unterschiede in der Auslaufnutzung eindrucksvoll gestützt. Die Analyse von 100 individuell markierten Tieren zeigte, dass einige Tiere sehr häufig und lange draußen waren, während andere sich überwiegend im Stall aufhielten. Diese stabilen individuellen Präferenzen deuten auf Persönlichkeitsunterschiede hin, die möglicherweise stärker das Verhalten bestimmen als die Kreuzungszugehörigkeit.

Drittens könnten die Haltungsbedingungen so gewesen sein, dass sie potenzielle genetische Unterschiede in Stressreaktionen nivelliert haben. Das insgesamt hohe Tierwohlniveau, das sich in den morphologischen Bonituren zeigte, unterstützt diese Interpretation.

Viertens könnten methodische Aspekte eine Rolle spielen. Die Beobachtung, dass Tests in den ersten Lebenswochen außerhalb des Stalls nicht zum gewünschten Erfolg führten, weil die Tiere in der fremden Umgebung zu ängstlich und immobil waren, zeigt, dass die Testsituation selbst das Verhalten stark beeinflussen kann. Möglicherweise waren einige Tests nicht sensitiv genug, um subtile Unterschiede zwischen Kreuzungen zu detektieren.

Die ausgeprägte individuelle Variabilität, die insbesondere bei der Auslaufnutzung dokumentiert wurde, ist ein zentraler Befund. Die stabilen individuellen Präferenzen bezüglich Zeitpunkt und Intensität der Auslaufnutzung deuten auf Persönlichkeitsunterschiede hin, die für das Tierwohl hochrelevant sind. Dieses Erkenntnis unterstreicht, dass Tierwohl nicht als "One-size-fits-all"-Konzept verstanden werden kann, sondern individuelle Bedürfnisse berücksichtigt werden müssen.

4.4 Positive Tierwohlintikatoren

Der Ansatz, positive Tierwohlintikatoren wie Spielverhalten und affektive Zustände zu erfassen, ist konzeptionell wichtig, stellt aber methodisch eine Herausforderung dar. Positives Tierwohl wird als Zustand verstanden, der über die Erfassung von negativen Faktoren wie Schmerz, Angst oder Schäden hinausgeht.

Judgement Bias Test: Der Judgement Bias Test zeigte Unterschiede zwischen Kreuzungen aus angereicherten und nicht angereicherten Haltungsumgebungen. Tiere aus angereicherten Umgebungen zeigten eine längere Latenzzeit bei der Annäherung an negative Reize, was auf eine pessimistischere Bewertung hindeutet. Dieses Ergebnis ist zunächst kontraintuitiv, da man erwarten würde, dass angereicherte Umgebungen zu optimistischeren affektiven Zuständen führen. Mögliche Erklärungen sind:

- Tiere aus angereicherten Umgebungen haben gelernt, vorsichtiger mit neuen Reizen umzugehen, da ihre Umwelt komplexer und variabler ist.
- Die komplexe Umweltbereicherung beeinflusste nicht die Reaktion auf diese mehrdeutigen Hinweise, obwohl Rassemerkmale ($p = 0,027$) beobachtet wurden, aber die Interpretationen der Ergebnisse sind aufgrund der kleinen Stichprobengröße begrenzt.
- Interessanterweise hängt das Reaktionsmuster, das sich in der Länge der Latenzen für die Erforschung der drei Zwischensignale widerspiegelt, von der belohnten Farbe ab: Hennen, die auf weiße Hinweise trainiert wurden, reagierten mit einer positiveren Verzerrung, während diejenigen, die auf schwarze Hinweise trainiert wurden, eine negativere Verzerrung mit längeren Latenzen zeigten, die oft als Pessimismus interpretiert werden ($p \leq 0,001$).
- Diese explorativen Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit, die Interpretation der Unterschiede zwischen Haltungsumwelten sowie von Urteilsverzerrungstests neu zu bewerten und zu verfeinern, da methodische Faktoren deren Sensibilität beeinflussen können.

Die Präsentation der Ergebnisse auf der European Poultry Conference 2024 zeigt jedoch, dass das Projekt zu einem wichtigen wissenschaftlichen Diskurs beiträgt.

Spielverhalten: Die Entwicklung eines KI-gestützten Systems zur Erfassung von Spielverhalten (Kooperation mit FH Südwestfalen) stellt einen wichtigen methodischen Fortschritt dar. Spielverhalten gilt als sensibler Indikator für positives Tierwohl, war bislang aber schwer objektiv quantifizierbar. Die automatisierte Erfassung ermöglichte es, die mittlere Aktivität der Hühner zu differenzieren zwischen Situationen mit induziertem Spielverhalten (Wurm im Abteil) und Situationen ohne Spielverhaltensinduktion.

Der Ansatz, positive Tierwohlindikatoren wie Spielverhalten und affektive Zustände zu erfassen, ist konzeptionell wichtig, stellt aber methodisch eine Herausforderung dar. Der Judgement Bias Test zeigte keine Unterschiede zwischen Kreuzungen, was entweder auf tatsächlich vergleichbare affektive Zustände oder auf methodische Limitationen hinweisen könnte. Die Validierung solcher Tests für Geflügel ist noch nicht abgeschlossen, und es besteht weiterer Forschungsbedarf zur Frage, inwieweit diese Tests tatsächlich positive affektive Zustände abbilden.

Die Entwicklung eines KI-gestützten Systems zur Erfassung von Spielverhalten stellt einen wichtigen methodischen Fortschritt dar. Spielverhalten gilt als sensibler Indikator für positives Tierwohl, war bislang aber schwer objektiv quantifizierbar. Die automatisierte Erfassung könnte künftig eine kontinuierliche Überwachung dieses Parameters im Praxisbetrieb ermöglichen.

4.5 Methodische Reflexion und technologische Innovationen

Die Studie demonstriert den Mehrwert eines multimodalen Ansatzes zur Tierwohlbewertung. Die Kombination aus morphologischen Bonituren, standardisierten Verhaltenstests und automatisierten Erfassungssystemen ermöglichte eine umfassende Charakterisierung. Gleichzeitig wurde deutlich, dass nicht alle standardisierten Tests gleichermaßen sensitiv für genetische Unterschiede sind.

Die erfolgreiche Implementierung automatisierter Systeme (RFID, KI-gestützte Bildanalyse, Kraftmessung) zeigt das Potenzial digitaler Technologien für die Tierwohlforschung und -überwachung. Diese Systeme ermöglichen kontinuierliche, individuelle Erfassungen über lange Zeiträume ohne Beeinträchtigung der Tiere. Allerdings erfordern sie erhebliche technische und finanzielle Ressourcen

und sind derzeit primär für Forschungskontexte geeignet. Die Übertragbarkeit in die landwirtschaftliche Praxis muss weiter evaluiert werden.

4.6 Implikationen für die Praxis des ökologischen Landbaus

Die Ergebnisse haben direkte Relevanz für die Gestaltung von Haltungssystemen im ökologischen Landbau:

Abstimmung von Genetik und Haltung: Die Befunde unterstreichen, dass Tierwohl nicht allein durch Haltungsbedingungen, sondern durch das Zusammenspiel von Genetik, Haltungssystem und Management bestimmt wird. Die Wahl geeigneter Kreuzungen ist somit Teil einer systemrelevanten Tierwohlstrategie.

Berücksichtigung individueller Bedürfnisse: Die ausgeprägten individuellen Unterschiede in Verhalten und Auslaufnutzung legen nahe, dass Haltungssysteme Wahlmöglichkeiten bieten sollten, um unterschiedlichen Bedürfnissen gerecht zu werden. Dies unterstützt das Konzept strukturierter Ausläufe mit verschiedenen Bereichen (Deckung, offene Flächen, verschiedene Substrate).

Bedeutung von Sicherheit: Die Hypothese, dass Ängstlichkeit die Auslaufnutzung limitiert, hat praktische Konsequenzen. Maßnahmen zur Erhöhung des tierbezogener Sicherheiten (Deckungsstrukturen, gradueller Übergang zwischen Innen- und Außenbereich, Gewöhnung) könnten die Auslaufnutzung fördern.

Kreuzungsstrategien: Die besseren morphologischen Bewertungen der Kreuzungen gegenüber Reinzuchten sowie die Bedeutung der Mutterlinie unterstützen gezielte Kreuzungsstrategien. Dabei sollten nicht nur Leistungsparameter, sondern auch Verhaltens- und Tierwohlintikatoren in die Zuchtplanung einbezogen werden.

4.7 Offene Fragen und Forschungsbedarf

Mehrere Aspekte erfordern weitere Untersuchungen:

Zusammenhang zwischen Aktivität, Auslaufnutzung und Leistung: Die Frage, ob und wie Auslaufnutzung und Aktivität mit Legeleistung zusammenhängen, ist sowohl wissenschaftlich als auch praktisch relevant. Lassen sich Kreuzungen identifizieren, die sowohl hohe Auslaufnutzung (als Indikator für Tierwohl) als auch zufriedenstellende Produktivität zeigen?

Validierung positiver Tierwohlintikatoren: Die eingesetzten Tests für positive affektive Zustände (JBT) und Spielverhalten bedürfen weiterer Validierung. Inwieweit spiegeln diese Tests tatsächlich positive Emotionen wider? Welche physiologischen oder neurobiologischen Korrelate lassen sich identifizieren?

Beschreibung einer liniengerechten Haltung / Management: Eine vollständige Bewertung der verschiedenen Kreuzungen muss neben Tierwohl und Leistung auch noch konkrete Haltung / Management berücksichtigen. Welches Management eignet sich für die jeweilige Kreuzung am besten, und wie verhält sich die jeweiligen Kreuzungen in den verschiedenen Haltungsumwelten?

4.8 Beitrag zur Erhaltung genetischer Ressourcen

Das Projekt leistet einen Beitrag zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung alter Hühnerrassen. Die Ergebnisse zeigen, dass Kreuzungen dieser Rassen unter ökologischen Haltungsbedingungen ein hohes Tierwohlniveau erreichen können. Dies unterstützt die Strategie, Erhaltungszucht mit wirtschaftlicher

Abschlussbericht „ÖkoGen“

Nutzung zu verbinden. Allerdings ist zu beachten, dass die Erhaltung der Reinzuchten als genetische Ressource parallel zur Nutzung von Kreuzungen erfolgen muss.

AP 5 Qualität & Vermarktung (Universität Göttingen)

Physiko-chemische Produktbeschaffenheit und deskriptive sensorische Analysen (Fleisch):

Insgesamt wird deutlich, dass die Wahl der Mutterlinie zur Kreuzung mit den lokalen Rassen einen nennenswerten Einfluss auf die Mast- und Schlachtleistungsmerkmale hat. Diesbezüglich werden RG-Kreuzungen aufgrund z.B. erhöhter Schlachtkörper- und Teilstückgewichte als vorteilhaft bewertet. Im Hinblick auf die chemisch-physikalischen Analysen zur objektiven Beschreibung der Fleischbeschaffenheit zeigen sich nur vereinzelt Effekte und erneut werden RG-Kreuzungen hier als leicht im Vorteil bewertet aufgrund erhöhter Fleischzartheit und besseren Fleischsaffhaltevermögens. Darüber hinaus werden keine systematischen Effekte der Kreuzungspartner beobachtet. Auch die im Projekt untersuchten Fütterungsvarianten führten nur vereinzelt zu Unterschieden in der Fleischbeschaffenheit (z.B. leicht erhöhter PUFA-Anteil im Fleisch bei erhöhtem Alfalfa-Anteil in der Ration). Erwartungsgemäß werden mit steigendem Schlachalter auch die Schlachtkörper- und Teilstückgewichte größer, und die Zartheit nimmt ab. Darüber hinaus werden keine nennenswerten Effekte beobachtet. Ein Vergleich mit kommerziellen Herkünften war versuchsbedingt nicht vorgesehen, so dass diesbezüglich keine Aussagen möglich sind.

Die Ergebnisse der durchgeführten sensorischen Studien zeigen größtenteils übereinstimmend, dass sich die untersuchten lokalen Reinzuchten, Gebrauchskreuzungen und kommerziellen Standardprodukte sensorisch nur in geringem Maße voneinander unterscheiden. Über alle betrachteten Zubereitungs- und Produktformen hinweg (sous-vide gegarte Bruststücke, Hackfleischbällchen, Brühen sowie Frikassee) traten lediglich vereinzelt signifikante Effekte auf, die zudem häufig klein ausfielen und mit Vorsicht zu interpretieren sind. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die sensorischen Unterschiede selten eine Größenordnung erreichten, die für eine klare, sensorisch begründete Differenzierung im Sinne einer marktwirksamen Qualitätskommunikation geeignet wäre.

Für die sous-vide gegarten Brustprodukte zeigte sich sowohl in den QDA- als auch in den Napping-Studien, dass diese stark standardisierte Zubereitungsform nur eine begrenzte Sensitivität gegenüber rasse- oder fütterungsbedingten Unterschieden aufweist. Weder auf Panelmittelwert-Ebene noch unter Berücksichtigung individueller Panelistenurteile konnten konsistente, robuste sensorische Unterschiede identifiziert werden. Die wenigen auf Attributebene beobachteten signifikanten Effekte lagen im Bereich dessen, was bei multiplen Tests auch zufällig zu erwarten ist. Damit bestätigt sich, dass sous-vide gegarte Brustprodukte zwar eine hohe Reproduzierbarkeit bieten, jedoch wenig geeignet sind, feine rassebedingte sensorische Unterschiede sichtbar zu machen. Im Vergleich dazu erwiesen sich die Hackfleischbällchen-Studien als sensibleres Instrument zur Erfassung potenzieller Unterschiede. Durch das Zerkleinern und Mischen des Fleisches werden tierindividuelle Effekte – etwa durch unterschiedliche Muskelstruktur, Alter oder Geschlecht – weitgehend reduziert, während geschmacksrelevante Unterschiede zwischen Brust- und Keulenfleisch weiterhin erhalten bleiben. Insbesondere in Kombination mit ganzheitlichen Methoden wie Napping und einer nachgelagerten Clusteranalyse konnten hier Unterschiede zwischen Produktgruppen besser abgebildet werden als bei stark standardisierten Einzelmuskelpräparaten. Dennoch blieben auch in diesen Studien die sensorischen Differenzen insgesamt moderat. Dies unterstreicht, dass selbst bei methodisch geeigneteren Ansätzen die sensorische Abgrenzung zwischen Reinzuchten, Kreuzungen und Standardprodukten nur begrenzt möglich ist. Die Ergebnisse der Brühenstudien bestätigen dieses Bild. In der vergleichenden Analyse der Gebrauchskreuzungen unterschieden sich diese untereinander nur

geringfügig. Im Gegensatz dazu zeigte die BIE als Reinzucht ein insgesamt intensiveres sensorisches Profil und hob sich in mehreren Geruchs- und Geschmacksattributen von den Kreuzungen ab. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass sensorische Unterschiede eher zwischen Reinzuchten und Kreuzungen als innerhalb der Kreuzungsgruppen auftreten, jedoch auch hier in einem begrenzten Umfang. Auch die Frikassee-Studie zeigte überwiegend geringe sensorische Unterschiede zwischen den untersuchten Produkten. Für eine Vermarktung, die primär auf geschmacklicher Differenzierung basiert, liefern diese Ergebnisse somit nur begrenzte Ansatzpunkte.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass die erneute Kreuzung von Reinzuchten zur „Leistungssteigerung“ aus sensorischer Perspektive kaum gerechtfertigt erscheint. Die erwarteten sensorischen Vorteile durch höhere Mast- oder Legeleistung lassen sich empirisch nicht bestätigen. Gleichzeitig besteht die Gefahr, dass durch eine zunehmende leistungsorientierte Weiterentwicklung genau jene Merkmale verwässert werden, die Reinzuchten im Kontext nachhaltiger Nutzung ursprünglich auszeichnen. Für Konsumierende wird zudem zunehmend schwer nachvollziehbar, warum lokale Reinzuchten erneut gekreuzt werden, wenn sich die resultierenden Produkte sensorisch kaum von etablierten Standardhühnern unterscheiden.

Zusammenfassend zeigen die deskriptiven sensorischen Analysen, dass lokale Reinzuchten und Gebrauchskreuzungen sensorisch keine deutliche Überlegenheit gegenüber kommerziellen Standardprodukten aufweisen. Die Vermarktungspotenziale lokaler Rassen liegen daher weniger in objektiv messbaren oder sensorisch beschreibbaren Produktunterschieden, sondern vielmehr in einem erweiterten (Prozess-)Qualitätsverständnis, das Aspekte wie Biodiversitätserhalt, Tierwohl, regionale Identität und Transparenz entlang der Wertschöpfungskette integriert. Gerade die Reinzuchten bieten hier ein klareres, kommunizierbares Profil als komplexe Kreuzungssysteme und könnten somit langfristig bessere Ansatzpunkte für eine nachhaltige Nutzung und Vermarktung darstellen.

Analyse von Vermarktungschancen: Die vorliegenden Ergebnisse aus Fokussettings, Privathaushalten (HUT-Studie), dem Realexperiment in der Gemeinschaftsverpflegung, dem Central-Location-Test sowie den Experteninterviews zeigen übereinstimmend, dass die Vermarktung lokaler Hühnerrassen und von Zweinutzungshühnern weniger über klar wahrnehmbare sensorische Produktvorteile gesteuert wird als vielmehr über Kontextfaktoren, Einstellungen und Wissensstände der Konsumierenden. Eine Akzeptanz, die wahrgenommene Qualität und Zahlungsbereitschaft werden demnach nicht primär durch die Hühnerrasse/ Kreuzung selbst bestimmt, sondern durch Teilstückwahl, Portionswahrnehmung, Zubereitungsform sowie durch gezielte Informationsvermittlung. Insbesondere die Ergebnisse aus dem HUT und dem Central-Location-Test mit Frikassee verdeutlichen, dass zwischen lokalen Reinzuchtrassen und kommerziellen Standardhühnern kaum signifikante Unterschiede in den sensorischen Attributen festgestellt werden konnten. Auch im Realexperiment in der Mensa zeigte sich, dass die lokalen Kreuzungen ohne zusätzliche Information nicht grundsätzlich besser bewertet wurden. Diese Befunde unterstreichen, dass der „reine Geschmack“ als alleiniges Verkaufsargument für lokale Rassen nur ein begrenztes Vermarktungspotenzial besitzt. Dies zeigen auch die Ergebnisse der HUT-Studie, in der zwar eine grundsätzlich hohe Akzeptanz und positive Haltung gegenüber regionalen und ökologischen Produkten vorhanden war, diese sich jedoch nicht automatisch in eine höhere Zahlungsbereitschaft oder verändertes Kaufverhalten übersetzte.

Ein zentrales Ergebnis der durchgeführten Studien ist die große Bedeutung der Informationsvermittlung. Sowohl im Realexperiment (Mensastudie) als auch in der HUT-Studie zeigte sich, dass Informationen zur Agrobiodiversität, zum Artenschutz und zum Erhalt lokaler Rassen einen entscheidenden Faktor für die erfolgreiche Vermarktung lokaler Hühnerrassen darstellen. Gleichzeitig wurde die bestehende Problematik der „Blackbox Geflügel“ in der Vermarktungskette deutlich: Über die gesetzlich verpflichtenden Angaben hinaus ist die Herkunft (insbesondere in der Gemeinschaftsverpflegung) häufig kaum transparent. Kantinenbetreiber und Großküchen konnten vielfach nicht nachvollziehen und in den durchgeführten Studien auch oft nicht benennen, aus welchen Erzeugerbetrieben oder genetischen Linien das eingesetzte (kommerzielle) Geflügelfleisch stammte. Diese Intransparenz erschwert nicht nur die gezielte Vermarktung lokaler Rassen, sondern verhindert auch eine glaubwürdige Kommunikation gegenüber den Konsumierenden. Die teils zurückhaltenden oder irritierten Reaktionen des Großhandels auf Nachfragen zur Genetik und Herkunft während des Einkaufs kommerzieller Hühner verdeutlichen zusätzlich, dass entlang der Wertschöpfungskette strukturelle Hemmnisse bestehen. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Direktvermarktung eine besondere Bedeutung. Zwar erfordert sie höhere kommunikative und logistische Aufwände, bietet jedoch die Möglichkeit, Herkunft, Haltung, Tierwohl und Zuchtziele unmittelbar zu vermitteln. Studien zur Direktvermarktung zeigen, dass insbesondere bei erklärungsbedürftigen Produkten (wie Zweinutzungshühnern oder alten, lokalen Landrassen) persönliche Ansprache, Storytelling (im Sinne von „Erhalt durch Aufessen“) sowie Vertrauensaufbau zentrale Erfolgsfaktoren darstellen. Die Ergebnisse der Fokussettings und der Experteninterviews mit direktvermarktenden Landwirten bestätigen, dass Konsumierende bereit sind, neue Produkte auszuprobieren und höhere Preise zu akzeptieren, wenn sie den Mehrwert verstehen und als glaubwürdig empfinden. Gleichzeitig verdeutlichen die Ergebnisse, dass Konsumierende diese Informationen nicht eigenständig nachfragen oder aktiv recherchieren. Vielmehr müssen sie gezielt, niedrigschwellig und kontextbezogen an das Thema herangeführt werden. Die hypothetische Zahlungsbereitschaft für Bio- und Regionalprodukte ist grundsätzlich vorhanden, ihre praktische Umsetzung scheitert jedoch häufig an mangelnder Sichtbarkeit, fehlendem Wissen und alltagspraktischen Hürden.

Die Ergebnisse legen nahe, dass neben klassischen Leistungs- und sensorischen Qualitätsparametern weitere, bislang wenig genutzte Attribute für die Vermarktung relevanter sein könnten. Dazu zählen die besonderen Wesen der Tiere (Wachsamkeit), die positive Wahrnehmung durch Tierhalter für den Erhalt der Artenvielfalt der heimischen Nutztierassen, sowie ästhetische Aspekte, die in den sensorischen Studien zwar nicht abgebildet werden können, jedoch in Experteninterviews und Fokussettings wiederholt als relevant benannt wurden. Es ist kritisch zu hinterfragen, wo die Grenze zwischen funktionaler Weiterentwicklung und erneuter Spezialisierung verläuft. Eine zunehmende Ausrichtung auf legebetonte oder mastbetonte Zweinutzungslinien droht das Grundprinzip des Zweinutzungshuhns zu unterminieren. Wird das Konzept zu stark leistungsgetrieben weiterentwickelt, verliert es seine ethische, ökologische und tierwohlbezogene Legitimation und nähert sich erneut spezialisierten Hochleistungssystemen an.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der durchgeführten Vermarktungsstudien im Rahmen des Projektes ÖkoGen, dass erfolgreiche Vermarktungsstrategien für lokale Hühnerrassen und Zweinutzungshühner nicht allein auf sensorische Differenzierung setzen können bzw. sollten. Vielmehr bedarf es integrierter Ansätze, die Transparenz entlang der Wertschöpfungskette schaffen, Wissensvermittlung aktiv gestalten und emotionale sowie gesellschaftliche Mehrwerte (Biodiversitätserhalt, Tierwohl und regionale Identität) stärker in den Vordergrund rücken. Nur durch

diese Kombination kann die vorhandene, bislang jedoch schwer mobilisierbare Zahlungsbereitschaft langfristig in reale Kaufentscheidungen überführt werden.

—> **Was bedeutet das für die Praxis und die Vermarktung der Tiere?** Die Vermarktung lokaler Hühnerrassen und Zweinutzungshühner kann weniger über sensorische Produktunterschiede erfolgen, sondern muss sich vor allem über Kontextfaktoren wie Herkunft, Produktionsweise und gesellschaftlichen Mehrwert behaupten. Erfolgreiche Vermarktungsstrategien sollten daher gezielt auf transparente Wertschöpfungsketten, Informationsvermittlung und Storytelling setzen, um Aspekte wie den Agro-Biodiversitätserhalt sichtbar zu machen. Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere eine Direktvermarktung und kurze Lieferketten geeignete Strukturen bieten, um diese Informationen glaubwürdig zu kommunizieren und Vertrauen aufzubauen. Ohne eine aktive und verständliche Kommunikation der Mehrwerte der lokalen Rassen kann die grundsätzlich vorhandene Zahlungsbereitschaft vieler Konsumierender in der Praxis nicht ausgeschöpft werden.

AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)

i. Hahnenversuch (Experimentell)

Der experimentelle Hahnenmastversuch zielte daher darauf ab, die Mastleistung, Futterraufnahme und Futtereffizienz der ausgewählten Zweinutzungskreuzungen unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen. Ein besonderer Fokus lag auf dem Vergleich einer Kontrollration mit einer energiereduzierten Ration unter Einbezug gesiebter Luzerne, um deren Auswirkungen auf Leistung und Effizienz differenziert bewerten zu können. Durch die kontrollierte Versuchsanordnung sollten genetische Effekte sowie potenzielle Interaktionen zwischen Genotyp und Fütterung systematisch erfasst werden.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Genetik der zentrale Einflussfaktor für Futterverbrauch, Wachstum und Futterverwertung ist, wobei der Mutterlinie eine besonders hohe Bedeutung zukommt. Sowohl vor Beginn der Versuchsfütterung als auch während der Mastphase erklärten genetische Effekte einen großen Anteil der beobachteten Varianz. Die deutlich höheren Futterraufnahmen, Lebendmassen und täglichen Zunahmen der RG-Kreuzungen im Vergleich zu den WR-Kreuzungen entsprechen den Erwartungen an eine mastbetonte Genetik und stehen im Einklang mit Ergebnissen anderer Studien zu Zweinutzungskreuzungen (Baldinger & Bussemas, 2021a; Lambertz et al., 2018). Der Einfluss der Vatterasse war im Vergleich zur Mutterlinie geringer, jedoch konsistent und signifikant. Insbesondere die BIE-Kreuzungen wiesen höhere tägliche Zunahmen und Lebendmassen auf als ALT- und RAM-Kreuzungen. Dies zeigt, dass auch lokale Rassen über Unterschiede in ihrem Potenzial hinsichtlich der Hahnenmast verfügen und gezielt in Kreuzungsprogramme integriert werden könnten, sofern eine Verbesserung der Mastleistung angestrebt wird. Dennoch blieb der Effekt der Vatterasse stets deutlich hinter jenem der Mutterlinie zurück, was die dominante Rolle der kommerziellen Lege- bzw. Mastgenetik unterstreicht.

Die Luzernefütterung hatte im experimentellen Setting nur einen vergleichsweise geringen Einfluss auf Lebendmasse und tägliche Zunahme, führte jedoch zu einem deutlich erhöhten Futterverbrauch und einer signifikant schlechteren Futterverwertung. Dieser Befund spricht dafür, dass die Tiere versuchten, die geringere Energiedichte der Luzerneration durch eine höhere Futterraufnahme zu kompensieren, was jedoch nur unzureichend gelang. Als mögliche Ursachen kommen neben der niedrigeren Energiekonzentration insbesondere Selektions- und Entmischungseffekte in Betracht, da die Rationen nicht gekrümelt waren und dies eine selektive Futterraufnahme begünstigt haben könnte. Darüber hinaus ist ein Einfluss antinutritiver Faktoren, insbesondere von Saponinen, nicht auszuschließen (Sen et al., 1998). Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Qualität der verwendeten Luzerne und damit ihr Beitrag zur Deckung des Aminosäurebedarfs der Tiere deutlich besser hätte sein können (Blume et al., 2021a). Eine sinkende Futterraufnahme bei steigenden Gehalten an Luzerne wie bei Kirn et al. (2023) wurde nicht beobachtet. Trotz dieser Effekte zeigen die Ergebnisse, dass Hähne – abhängig von der Qualität der Luzerne – in der Endmast mit Anteilen von bis zu 20 % gesiebter Luzerne gefüttert werden können. Bei der Wahl der Luzerne sollte darauf geachtet werden, dass je nach Erntezeitpunkt und Verarbeitung die Nährstoffgehalte stark schwanken können. Die Luzerne ersetzt zudem keine hochwertigen Eiweißkomponenten. Zudem zeigte sich, dass Energiegehalte deutlich unter 1,5 MJ ME/kg für Hähne in der Endmast nicht zu empfehlen sind, da geringere Gehalte nicht ausreichend über eine höhere Futterraufnahme kompensiert werden können. Energie muss entsprechend über andere Mischungskomponenten, z.B. in Form von Mais, zugeführt werden.

Mit zunehmendem Alter verschlechterte sich die Futterverwertung deutlich, während die täglichen Zunahmen zwischen der 14. und 16. LW ihr Maximum erreichten und anschließend wieder abnahmen. Diese altersabhängige Entwicklung entspricht typischen Wachstumskurven langsam wachsender

Genotypen und wurde auch in anderen Untersuchungen beschrieben (Werner et al., 2023). Vor diesem Hintergrund erscheint ein früherer Schlachtzeitpunkt ökonomisch sinnvoll, da eine Verlängerung der Mastdauer vor allem mit steigenden Futterkosten bei nur geringem Gewichtszuwachs verbunden ist.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse des experimentellen Hahnenmastversuchs, dass die Wahl der Genetik der entscheidende Hebel zur Leistungssteuerung ist, während Luzerne als Futtermittel zwar eingesetzt werden kann, jedoch nicht zur Leistungssteigerung beiträgt und unter den untersuchten Bedingungen mit Effizienzverlusten verbunden ist. Reduzierte Futteraufnahmen sowie geringere Tageszunahmen durch Luzernefütterung wie bei Pleger, Weindl, Weindl, Carrasco, et al. (2020) wurden nicht beobachtet.

ii. Hahnenversuch (Praxis)

Ergebnisse aus wissenschaftlichen Fütterungsstudien sind teilweise nur sehr eingeschränkt auf die Praxis übertragbar, da sich Haltungsbedingungen, aber auch Fütterungsbedingungen und Management stark unterscheiden können. Einer der größten Unterschiede ergibt sich aus der Gruppengröße, die im Versuch meist kleiner ist und einen besseren Zugang zu Ressourcen ermöglicht. Ein weiterer, möglicherweise noch bedeutender Faktor, ist der in der ökologischen Landwirtschaft vorgeschriebene Auslauf, der den Tieren für mindestens ein Drittel ihrer Lebenszeit gewährt werden muss. Dieser, zusammen mit einer möglichen Mobilstallhaltung, führt bei den Tieren zu einem deutlich erhöhten Energie- und Nährstoffbedarf für Temperaturregulation, Aktivität und möglicherweise auch Prozesse der Immunabwehr. Daher war ein Ziel die unter Versuchsbedingungen gewonnenen Erkenntnisse auf die Praxis zu übertragen und die Auswirkung verschiedener Fütterungsvarianten unter ökologischen Praxisbedingungen zu untersuchen.

Im Vergleich zum experimentellen Versuch lagen sowohl der Futterverbrauch als auch die täglichen Zunahmen unter Praxisbedingungen deutlich niedriger. Trotz höherer Startgewichte aus der Aufzuchtphase blieben die Tiere im Praxisversuch im weiteren Verlauf klar hinter den im Experiment erzielten Leistungen zurück. Diese Unterschiede sind vermutlich auf eine Kombination mehrerer Einflussfaktoren zurückzuführen, darunter insbesondere die geringere Nährstoff- und Energiedichte der Rationen, eine deutlich geringere Futteraufnahme sowie der höhere Erhaltungsbedarf durch Auslaufnutzung und erhöhte Aktivität. Auch das höhere Tier-Fressplatz-Verhältnis und mögliche Futterverdrängung durch die Aufnahme von Pflanzenmaterial im Auslauf dürften eine Rolle gespielt haben (Schütz & Jensen, 2001).

Die Effekte der Luzernefütterung zeigten sich unter Praxisbedingungen weniger einheitlich als im Experiment und waren stark genotypabhängig. Während die BIE-Kreuzungen unter Luzernefütterung eine höhere Futteraufnahme aufwiesen, ohne diese in entsprechend höhere Zuwächse umzusetzen, reagierten die RAM-Kreuzungen deutlich robuster. Bei Letzteren führte die Luzernefütterung weder zu einer erhöhten Futteraufnahme noch zu einer signifikant schlechteren Futterverwertung. Auffällig war zudem, dass sich die Unterschiede zwischen den Fütterungsvarianten mit zunehmendem Alter verstärkten, was darauf hindeutet, dass die Kompensationsfähigkeit der Tiere mit fortschreitender Mastdauer abnimmt. Eine geringere Akzeptanz der gesiebten Luzerne aufgrund höherer Gehalte an bestimmten Saponinen (u. a. Zanhicssäure, Medicagensäure) und der fehlenden Gewöhnung in der Aufzucht konnte im Rahmen der Studie nicht beobachtet werden, wird aber von anderen Untersuchungen berichtet (Pleger, Weindl, Weindl, Carrasco, et al., 2020; Pleger, Weindl, Weindl, Messinger, et al., 2020).

Die deutlich geringeren Futteraufnahmen unter Praxisbedingungen führten im Vergleich zum Experiment zu einer insgesamt niedrigeren Futterverschwendung. Während im experimentellen Versuch aufgrund der sehr hohen Aufnahmemengen von teilweisen Futterverlusten ausgegangen

werden muss, scheinen diese unter Praxisbedingungen eine geringere Rolle gespielt zu haben. Dies wirkte sich jedoch nicht bei allen Kreuzungen gleichermaßen auf die Effizienz aus: Während bei den BIE×WR-Kreuzungen der Futteraufwand je kg Lebendmasse in der Praxis geringer war als im Experiment, verschlechterte sich dieser bei den RAM×WR-Kreuzungen aufgrund der geringeren Zuwächse.

Die Ergebnisse des Praxisversuchs verdeutlichen, dass unter realen Haltungsbedingungen nicht allein die genetische Leistungsfähigkeit, sondern vor allem die Anpassungsfähigkeit der Tiere an Fütterung und Umwelt entscheidend ist. Die RAM-Kreuzung erwies sich als vergleichsweise robust gegenüber Energieverdünnung, Luzernefütterung und veränderten Haltungsbedingungen, während die BIE-Kreuzung deutlich sensibler reagierte.

iii. Hennenversuch (Experimentell)

Auch bei den Hennen stellte sich die Frage nach dem Einfluss der Verfütterung erhöhter Gehalte gesiebter Luzerne auf Futterverbrauch, Gewichtsentwicklung, Legeleistung und Merkmale der Eiqualität. Diesen Fragen wurde im Rahmen eines Exaktversuchs unter experimentellen Bedingungen nachgegangen.

Das Leistungsniveau der Legehennen im Versuch lag insgesamt deutlich unter den in anderen Projekten mit vergleichbarer Genetik berichteten Werten (Hörning, 2023; Schreiter et al., 2024). Eine mögliche Ursache ist eine verzögerte Gewichtsentwicklung infolge von Problemen während der Aufzucht (Kannibalismus, Parasitenbefall etc.) sowie eine energiedefizitäre Fütterung. Die Bedeutung der Aufzuchtphase für die spätere Legeleistung wird dadurch erneut bestätigt. Geringe Körpergewichte zu Legebeginn können nachweislich die Legeleistung von Hennen reduzieren. Gesundheitsprobleme, Stressoren oder eine unzureichende Nährstoffversorgung in dieser Phase können langfristige Effekte haben und lassen sich später nur begrenzt kompensieren (Bahry et al., 2023). Wahrscheinlich spielten weitere Faktoren eine Rolle: bspw. führte ein Futterwechsel in Kombination mit einem Temperaturanstieg zu einem Einbruch der Legeleistung in Periode 3. Zudem könnte das Auftreten von Kannibalismus in einzelnen Abteilen während der Legeperiode negative Auswirkungen auf die Legeleistung gehabt haben (Niebuhr et al., 2006).

Die Genetik war in allen untersuchten Parametern der dominierende Einflussfaktor wie auch bei Baldinger & Günther (2018). Die Mutterlinie hatte den größten Effekt auf Lebendmasse und Futteraufwand: RG-Töchter waren erwartungsgemäß deutlich schwerer, wiesen jedoch eine geringere Legeleistung und einen höheren Futteraufwand pro kg Eimasse auf als WR-Töchter. Damit bestätigt sich der grundsätzliche Zielkonflikt zwischen Fleisch- und Legeleistung bei Zweinutzungskreuzungen. Auch die Vatterrasse hatte einen erheblichen Einfluss, wobei sich die Rangierung bzgl. Lebendmasse und Legeleistung anders gestaltete, als von der Rassebeschreibung der Ausgangsrassen zu erwarten gewesen wäre (Bund Deutscher Rassegeflügelzüchter, 2026). RAM-Töchter zeichneten sich durch die höchste Legeleistung, die beste Futterverwertung und die stabilsten Eierschalen aus, produzierten jedoch einen hohen Anteil kleiner Eier und wiesen eine vergleichsweise geringe Lebendmasse auf. BIE-Töchter waren am schwersten und legten die größten Eier, zeigten jedoch eine geringere Legeleistung und eine mittlere Effizienz. ALT-Töchter wiesen insgesamt die geringste Legeleistung auf und reagierten besonders sensibel auf die Luzernefütterung, was sich auch in höheren Verlusten widerspiegelte. Daraus ergibt sich unter den untersuchten Bedingungen ein funktionaler Nachteil der ALT-Genetik.

Die Luzernefütterung hatte im Gegensatz zu anderen Studien (Pleger, Weindl, Weindl, Messinger, et al., 2020) keinen Einfluss auf den durchschnittlichen Futterverbrauch, führte jedoch zu einer leichten Reduktion der Körpermasse und – bei einzelnen Kreuzungen – zu einer signifikant niedrigeren

Legeleistung. Diese Effekte sprechen dafür, dass die Luzernebeigabe vor allem als Energieverdünnung wirkte (Landers et al., 2005). Entsprechend der Literatur sinken Körpergewicht und Legeleistung bei Energierestriktion nahezu linear (Sloan et al., 1999), was darauf hindeutet, dass die Hennen unter Luzernefütterung zumindest zeitweise unterversorgt waren. Eine weitere Ursache für die geringeren Leistungen können unterschiedliche Gehalte und Verdaulichkeiten der Aminosäuren in den beiden Futtermitteln sein. Folglich kann es sein, dass die Hennen der Luzernegruppe weniger Aminosäuren für die Eiproduktion zur Verfügung hatten. Eine vollständige Kompensation durch eine erhöhte Futterraufnahme war nicht bei allen Kreuzungen möglich. Lediglich RAM×WR- und BIE×WR-Hennen konnten die geringere Energiedichte teilweise ausgleichen, während insbesondere ALT×WR-Hennen deutlich schlechter mit der Luzerneration zurechtkamen. Dies unterstreicht erneut die Bedeutung der genetischen Anpassungsfähigkeit an nährstoffreduzierte Rationen bzw. bestimmte Komponenten wie Luzerne (Ammer et al., 2017; Kirn et al., 2024; Leiber et al., 2024). Insgesamt war der Futteraufwand deutlich höher als in anderen Studien (Lambertz et al., 2018; Leiber et al., 2024); wobei zu beachten ist, dass bei der Bewertung der tatsächlichen Ressourceneffizienz die Nährstoffdichte bzw. der Anteil human verwertbarer Komponenten berücksichtigt werden sollte (Ertl et al., 2016).

Die Eiquantität war überwiegend genetisch determiniert. Der Anteil an S-Eiern und die Eigewichte variierten stark zwischen den Kreuzungen, wobei RAM-Töchter trotz geringerer Eigewichte die höchste Eimasse produzierten. Im Vergleich zu anderen Zweinutzungskreuzungen müssen die durchschnittlichen Eigewichte als gering eingestuft werden (Baldinger & Bussemas, 2021b; Lambertz et al., 2018), was aber möglicherweise ebenfalls nicht für die Kreuzungen spricht, sondern mit der suboptimalen Gewichtsentwicklung der Hennen in einen Zusammenhang gebracht werden kann (Röhe et al., 2019). Im Gegensatz zu anderen Studien (Grela et al., 2014; Laudadio et al., 2014; Mourão et al., 2006; Pleger, Weindl, Weindl, Messinger, et al., 2020) hatte die Luzernefütterung in dieser Untersuchung keinen Einfluss auf die Eigewichte. Die Bruchfestigkeit der Eier war bei WR-Kreuzungen deutlich höher als bei RG-Kreuzungen, ähnlich den Beobachtungen von Hammershøj et al. (2021), und wurde durch Luzernefütterung leicht verbessert, wobei dieser Effekt im Vergleich zur Genetik nachrangig war. Ein klarer und konsistenter Effekt der Luzernefütterung zeigte sich in der Dotterfarbe, die unter Luzerne signifikant intensiver ausfiel. Dieser Effekt ist aus der Literatur gut bekannt (Grela et al., 2014; Laudadio et al., 2014; Mourão et al., 2006) und kann aus Vermarktungssicht von Bedeutung sein, auch wenn er keine Leistungssteigerung darstellt.

Die Einordnung der Ergebnisse im Kontext der Literatur zeigt, dass die Wirkung von Luzerne stark von Qualität, Aufbereitung und Einsatzniveau abhängt. Während Studien mit hochwertiger Luzerneblattmasse und niedrigem Rohfasergehalt teilweise neutrale oder sogar positive Effekte berichten (Laudadio et al., 2014), führen Ganzpflanzenluzerne, Silierung oder Pelletierung häufig zu Leistungseinbußen oder gesundheitlichen Problemen (Weindl et al., 2023). Antinutritive Faktoren wie Saponine sowie mögliche toxische Abbauprodukte spielen hierbei eine zentrale Rolle (ebd.). Die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen, dass Luzerne nur unter klar definierten Voraussetzungen sinnvoll eingesetzt werden kann. Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse sind Gehalte von mehr als 5% gesiebte Luzerne in der Fütterung von Legehennen nicht zu empfehlen.

iv. Gemeinsame Diskussion und Schlussfolgerungen

Über alle drei Versuche hinweg zeigt sich, dass die Genetik der mit Abstand wichtigste Einflussfaktor für Leistung, Effizienz und Anpassungsfähigkeit ist. Die Fütterung mit Luzerne kann unter bestimmten Bedingungen umgesetzt werden, stellt jedoch keinen Ersatz für eine adäquate Energieversorgung dar und ist – rein mengenmäßig – mit Effizienzverlusten verbunden. Hierbei sind jedoch die möglichen Vorteile des Einsatzes von Luzerne als Fruchtfolgeglied und regionale Komponente sowie deren

Preiswürdigkeit noch nicht berücksichtigt. Unter Praxisbedingungen limitiert das Zusammenspiel aus Fütterung, Haltung und Verhalten das Leistungspotenzial deutlich stärker als im experimentellen Setting. Zweinutzungssysteme sind daher nur dann wirtschaftlich tragfähig, wenn Leistungseinbußen entweder ökonomisch kompensiert oder über entsprechende Vermarktungsstrategien abgedeckt werden können (Damme, 2015). Luzerne kann hierbei ein Baustein sein, insbesondere bei regionaler Verfügbarkeit oder ökologischen Vorteilen, sollte jedoch stets genotyp- und systemspezifisch eingesetzt werden.

Die Aussagekraft der Ergebnisse ist durch mehrere Faktoren eingeschränkt. Die Qualität und Verdaulichkeit der eingesetzten Luzerne wurden nicht vollständig erfasst, Futtermittelverluste konnten insbesondere im experimentellen Versuch nicht quantifiziert werden, und zusätzliche Nährstoffaufnahmen im Auslauf unter Praxisbedingungen blieben unberücksichtigt. Zudem unterscheiden sich Management- und Umweltbedingungen zwischen Experiment und Praxis deutlich, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse begrenzt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Leistungsfähigkeit von Zweinutzungskreuzungen maßgeblich durch die Genetik bestimmt wird. RG-Kreuzungen sind für die Mast klar überlegen, während WR-Kreuzungen in der Legeleistung und Effizienz Vorteile aufweisen. Unter den Vaterrassen zeigten RAM-Kreuzungen die höchste Robustheit gegenüber Energieverdünnung und Praxisbedingungen.

Die Fütterung mit Luzerne ist grundsätzlich möglich, führt jedoch in den meisten Fällen zu einem erhöhten Futtermittelverbrauch. Ihr Einsatz erscheint nur dann sinnvoll, wenn ökonomische oder ökologische Vorteile dies rechtfertigen und geeignete Genotypen eingesetzt werden. Zukünftige Forschung sollte sich insbesondere auf die Bestimmung der Kompensationsgrenzen bei Energieverdünnung, die Optimierung der Luzerneaufbereitung sowie auf langfristige Effekte auf Tiergesundheit und Verhalten konzentrieren.

AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)

Das AP Zuchtplanung befasste sich mit der Entwicklung einer Applikation zur Datenerfassung und einer Applikation zur Erfassung von Boniturdaten. Es ist zu erwähnen, dass dies im Gesamtkonzept des Projektes nicht geplant war. Es zeigte sich aber in der Diskussion mit Projektpartnern und auch dem Projektträger, dass hier ein Bedarf besteht, welcher im Projekt ÖkoGen gedeckt werden könnte. Besonders bei lokalen Rassen ist die Verfügbarkeit von Daten ein großes Problem, was sowohl die praktische, als auch das wissenschaftliche Arbeiten mit diesen Rassen erschwert. Die im Projekt ÖkoGen entwickelte Applikation Animal Record könnte eine deutliche Verbesserung hinsichtlich der Verfügbarkeit von Phänotypen bei lokalen Rassen sein. Animal Record ist frei verfügbar und mit keinerlei Kosten für den Anwender verbunden. Somit könnten mit der Applikation Daten gesammelt werden die helfen könnten subjektive Aussagen bezüglich der Qualität der Produkte von lokalen Rassen objektiv zu belegen.

In den vergangenen Jahren kam es zu einer unvorhersehbaren Entwicklung in Bezug auf genomische Information. Auch bei lokalen Rassen liegt hier ein enormes Potential. Die im Projekt Ökogen entwickelte Applikation bietet die Möglichkeit der Verknüpfung von SNP Daten mit Phänotypen und es ist möglich mit der Applikation Animal Record andere Programme anzusprechen, welche dann zum Beispiel genomische Inzuchtkennzahlen oder genomische Verwandtschaften berechnen. Besonders die genomischen Verwandtschaften könnten dann in Zukunft bei der Anpaarungsplanung und/oder beim Tieraustausch als Hilfsmittel verwendet werden, da sie wesentlich genauer sind als zum Beispiel pedigreebasierte Kennzahlen.

Auch die in ÖkoGen entwickelte Bonitur Applikation stellt ein nützliches Tool für die Praxis dar. In der Praxis ist es heute nicht unüblich, dass Boniturergebnisse in Form von Papierlisten aufbewahrt werden oder im Anschluss an die Bonitur digitalisiert werden. Es ist offensichtlich, dass eine Übertragung von Papierlisten eine Fehlerquelle darstellen kann, zum Beispiel durch Zahlendreher. Zusätzlich könnte die Applikation genutzt werden um Bonituren zu dokumentieren, zum Beispiel gegenüber Behörden. Es ist davon auszugehen, dass eine systematische und auch langfristige Anwendung der Bonitur Applikation sich positiv auf das Tierwohl und die Tiergesundheit auf dem Betrieb auswirken werden. Für die Zukunft wäre es sinnvoll, wenn beide Applikationen nicht nur unter dem Betriebssystem Android laufen würden, sondern es ebenfalls eine Version gibt welche auf dem Betriebssystem Apple lauffähig ist. Ein weiterer Punkt der noch zu klären ist wäre, wer in Zukunft für die Pflege und Weiterentwicklung der beiden Applikationen zuständig ist. Aktuell erfolgt dies noch beim Projektpartner Universität Kassel, da die Applikationen auch in anderen Forschungsprojekten verwendet werden.

Ein weiterer Schwerpunkt in dem AP sollte die Auswertung der genomischen Information, in Form von SNP-Chip Daten und kompletten Genomsequenzen. Im Projekt ÖkoGen wurde ein SNP-Chip verwendet, welcher von der Firma Lohmann Breeders entwickelt wurde. Dieser Chip ist konventionell nicht verfügbar und hat eine geringere SNP Dichte, als konventionell verfügbare SNP-Chips. Dies erschwert die Vergleichbarkeit von Ergebnissen aus der Literatur mit den Ergebnissen dieses Arbeitspakets. Die für die Reinzuchten ermittelten genomischen Inzuchtkoeffizient waren extrem niedrig und wurden somit als unplausibel eingestuft. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Markerdichte zu gering war und somit viele kleine kurze ROHs nicht erkannt worden sind.

Eine Möglichkeit den Nachteil der geringen Markerdichte auszugleichen wäre die Anwendung von Imputing auf Sequenzebene. Die hierfür benötigten Voraussetzungen wurden im Projekt ÖkoGen geschaffen, allerdings war die Auswertung der Daten nicht möglich. Durch die enge Verzahnung der Projekte ÖkoGen und RegioHuhn werden diese Arbeiten im Projekt RegioHuhn weitergeführt.

Bezüglich der Zuchtplanung sollte zwischen der Zuchtplanung in Feldbeständen und der Zuchtplanung in potentiellen Nukleusherden unterschieden werden. Für die Zuchtplanung in Feldbeständen wurde im Projekt ÖkoGen eine Situation simuliert wo es vier verschiedene Cluster gab und es kam zu einem Austausch von männlichen Zuchttieren zwischen den Clustern. Es wurden drei verschiedene Erblichkeitsniveaus simuliert die Entwicklung von Zuchtwerten und Varianzen der Zuchtwerte bewertet. In den Simulationen konnte ein positiver Effekt der Rotation beobachtet werden. Bei allen drei Erblichkeitsniveaus kam es nach Beginn des Austausches von Zuchttieren zu einem Anstieg der Varianz, welcher erwartungsgemäß in den folgenden Generationen wieder abnahm. Es sollten weitere Simulationen durchgeführt werden um den Austausch von Zuchttieren in Feldbeständen zu optimieren. Es wäre auch theoretisch möglich den Austausch von Zuchttieren in die Applikation Animal Record zu integrieren. Dies würde allerdings voraussetzen, dass interessierte Halter die Applikation auch nutzen. Sollten sich die Entwicklungen im Bereich der genomischen Information fortsetzen könnte dies auch in die Zuchtplanung für Feldbestände integrieren lassen.

Betrachtet man das Leistungsniveau von lokalen Hühnerrassen, im Vergleich zu konventionellen Legehybriden ist offensichtlich, dass eine wirtschaftlich rentable Nutzung dieser Rassen nicht möglich ist. Eine theoretische Möglichkeit wäre die Erzeugung von Kreuzungen aus Wirtschaftsgeflügel und lokalen Rassen. Es ist offensichtlich, dass für diesen Ansatz Nukleusherden der lokalen Rassen benötigt werden, um eine kontinuierliche Verfügbarkeit von Kreuzungstieren sicherzustellen. Die Etablierung von Nukleusherden erfordert ebenfalls eine Zuchtplanung, die aber nicht direkt mit der Zuchtplanung von Feldbeständen zu vergleichen ist. Die Herausforderung in der Zuchtplanung ist es, ein System zu entwickeln welches mit relativ kleinen Tierzahlen genetischen Fortschritt erzielt und zeitgleich ein erfolgreiches Inzuchtmanagement etabliert. Ein Vorteil bei der Erstellung von Nukleusherden ist das hier systematisch auch mit genomischer Information Zuchtplanung betrieben werden kann. Theoretisch stehen also zwei Selektionsstrategien zur Verfügung. Einmal könnte eine sogenannte Abschnittsselektion (Truncation Selection) durchgeführt werden. Bei dieser Form der Selektion werden die Entscheidungen alleine auf der Basis der Zuchtwerte getroffen und die Verwandtschaft zwischen den Selektionskandidaten wird nicht beachtet. Eine Alternative zur Abschnittsselektion ist die sogenannte Optimum Contribution Selection. Bei dieser Form der Selektion wird auch die Verwandtschaft zwischen den Selektionskandidaten beachtet und zwar in der Art und Weise, dass eine bestimmte Steigerung der durchschnittlichen Verwandtschaft zwischen den Selektierten Tieren nicht überschritten wird. Die im Rahmen von ÖkoGen durchgeführten Simulationen konnten den Vorteil der Optimum Contribution Selection bezüglich der Inzuchtrate bestätigen, was auch zu erwarten war. In den Simulationen wurden lediglich zwei Merkmale beachtet. Der Grund hierfür war, dass zuerst einmal gezeigt werden soll das die Etablierung von Nukleusherden mit einer zielgerichteten Verbesserung des genetischen Niveaus der Nukleusherden möglich ist. Es ist offensichtlich, dass die in ÖkoGen durchgeführten Simulationen lediglich ein Startpunkt für die systematische Zuchtplanung in Nukleusherden von lokalen Hühnerrassen darstellen. Um die zukünftige Zuchtplanung auf eine solide Basis zu stellen ist eine umfangreiche Phänotypisierung der Nukleusherden unumgänglich, auch wenn offensichtlich nicht alle Phänotypen bei der Selektionsentscheidung beachtet werden. In Nukleusherden von lokalen Hühnerrassen können die Phänotypen in der Regel mit genomischer

Information kombiniert werden. Somit baut sich mit der Zeit ein sehr guter Datensatz auf welcher die Integration von weiteren Merkmalen in das Zuchtziel erleichtert.

In allen Simulationen konnte eine abnehmende Varianz beobachtet werden, was auch zu erwarten ist. Bei den lokalen Rassen zeigt sich aber eine sehr hohe Varianz bezüglich der Leistung und somit ist eine Abnahme der Varianz nicht grundsätzlich negativ zu bewerten, da durch die Abnahme der Varianz die Homogenität der Herde steigt, was für die Erstellung der Kreuzungstiere von Vorteil sein könnte. Die in ÖkoGen begonnen Zuchtplanungsrechnungen sollten in das Projekt RegioHuhn integriert werden und dort fortgesetzt werden.

x. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse

AP 1 Endoparasiten-Resistenz & AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz & AP 3 Knochenstabilität



Bundesministerium
für Landwirtschaft, Ernährung
und Heimat



BÖL
BUNDESPROGRAMM
ÖKOLOGISCHER LANDBAU

Tiergesundheit lokaler Hühnerrassen und ihrer Kreuzungen mit Leistungshennen

Abwehr von Krankheitserregern und Knochengesundheit – Charakterisierung funktionaler Merkmale für eine nachhaltige und ökologische Nutzung des Haushuhns (ÖkoGen)



Abb. 1: Ramelsloher im Freiland

Steckbrief

Die ökologische Geflügelhaltung erfordert robuste, anpassungsfähige Hühner, die unter ökologischen Bedingungen gesund und leistungsfähig bleiben. Das Projekt ÖkoGen untersucht funktionelle Merkmale gezielter Kreuzungen traditioneller Rassen mit moderner Leistungsgenetik, um praxistaugliche, wissenschaftlich fundierte Zuchtstrategien zur Stärkung der Tiergesundheit und des Tierwohls sowie zum Erhalt der genetischen Vielfalt zu entwickeln.

Projektlaufzeit: 10/2022 – 03/2026



Empfehlungen für die Praxis

Tiergesundheit hat viele Ebenen des Wohlbefindens eines Tieres und ist eng mit dem Tierschutz verbunden. Gesunde Tiere sollen frei von Krankheiten und Schmerzen sein und eine gute Beweglichkeit aufweisen. Im Projekt wurden drei Ebenen der Tiergesundheit untersucht, aus denen sich folgende Empfehlungen ableiten lassen:

Parasitenabwehr
Parasitäre Infektionen wie etwa der Befall mit Spulwürmern (*Ascaridia galli*) sind eine Herausforderung in der Freilandhaltung. Die Behandlung ist vor allem im ökologischen Landbau kaum möglich. Eine gute Abwehr gegen Parasiten ist von großer Bedeutung.

Immunkompetenz
Eine gute Immunkompetenz ist alters- und leistungsabhängig. Damit ist sie sowohl relevant für die Widerstandsfähigkeit von Wirtschaftsgeflügel in der Freilandhaltung (insbesondere bei Eintag von Viren durch Wildvögel) als auch für rassespezifische Impfkonzepte.

Brustbeingsundheit
Brustbeinbrüche sind wie bei Hybridherkünften auch bei den Kreuzungen ein tierschutzrelevantes Problem. Es ist daher auf eine schonende und artgerechte Haltung dieser Tiere ab dem ersten Einstelltag zu achten.

Eine gute Tiergesundheit und Robustheit ist ein wesentlicher Garant für hohes Tierwohl und gute Leistungen

Steffen Weigend



Abb. 2: Kreuzung Altsteier mit Legegenetik

Gefördert durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.
www.bundesprogramm.de / www.oekolandbau.de

Kategorie

Hintergrund

Traditionelle Hühnerrassen (Altsteier, Ramelsloher, Bielefelder Kennhuhn) sowie deren Kreuzungen mit legestarken Elternhennen (White Rock) werden hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber parasitären Infektionen, ihrer Immunkompetenz und Brustbeingsundheit untersucht, die wesentliche Schwerpunkte für gesunde Tiere in der ökologischen und Freilandhaltung darstellen. Das geringe Leistungsvermögen der lokalen Rassen ist für Landwirte oftmals nicht wirtschaftlich. Die Kreuzung mit Legetieren verdoppelt nahezu die Legeleistung. Ihre Immunkompetenz, Abwehrfähigkeit gegen Parasiten (*Ascaridia galli*) sowie Anfälligkeit gegenüber Brustbeinbrüchen im Kontext des verbesserten Leistungsniveaus sollten untersucht werden, um ihr Potenzial für die ökologische Geflügelhaltung zu bewerten.



Abb. 3: Kreuzung Ramelsloher mit Mastgenetik

Ergebnisse

Parasitenabwehr

Bei allen Genotypen, einschließlich der Kreuzungen, führte ein Befall mit Spulwürmern zu keiner wesentlichen Verringerung des Wachstums oder der Legeleistung, wenngleich sich rasseabhängige Unterschiede in der Befallsstärke zeigten. Diese hatten aber keinen Effekt und man kann von einer guten Widerstandsfähigkeit in der Freilandhaltung ausgehen. Im Vergleich zu den Rassen hatten die Kreuzungen eine relativ einheitliche gute Abwehrreaktion gegenüber dem Erreger.

Immunkompetenz

Die zelluläre Immunkompetenz ist bereits nach dem Schlupf rassespezifisch unterschiedlich. Bei Reinzuchten bleibt sie ab der 3. Lebenswoche stabil, während Kreuzungen über die 6. Woche hinaus eine verminderte Frequenz von Immunzellen zeigen, die z.B. für eine Virusabwehr wichtig sind. Auch die Resistenz gegenüber Influenzaviren ist rasseabhängig: Ramelsloher zeigen die geringsten Symptome und höchsten Überlebensraten, eine Virusübertragung tritt nur bei Altsteirern auf. Die Immunreaktion auf die NDV-

Lebendimpfung ist ebenfalls rassespezifisch: Altsteier profitieren von einer zweiten Impfung, während diese bei Bielefelder Reinzuchten zellulär nachteilig wirkt. Dieser Effekt wird bei Kreuzungen jedoch ausgeglichen.

Brustbeingsundheit

Brustbeinbrüche stellen auch bei den lokalen Rassen und deren Kreuzungen ein Problem dar. Erste Brüche treten bereits mit der Legeperiode (35.LW) auf. Am Ende der Legeperiode (72.LW) wurden bei den Rassen zwischen 15% (Bielefelder Kennhuhn) und 54% (Ramelsloher) Tiere mit mittelschweren Brüchen gefunden, vorrangig an der kaudalen Spitze, während der Anteil bei den Kreuzungen zwischen 30% (Bielefelder Kennhuhn x White Rock) und 52% (Ramelsloher x White Rock) variierte. Zu berücksichtigen ist, dass die Legeleistung der Kreuzungen etwa doppelt so hoch ist wie bei den Rassetieren. Das geringere Risiko von Brustbeinbrüchen der Bielefelder wirkt sich positiv auf die Kreuzungen aus. Es wurden keine Hinweise für physiologische Defizite im Kalziumhaushalt der Kreuzungen gefunden, die eine Nutzung der Kreuzungen einschränken würden.



Abb. 4: Freilandhaltung

Projektbeteiligte:
Prof. Dr. Inga Tiemann & Josefine Stuff, Uni Bonn / HS Osnabrück, Osnabrück
Dr. Ulrike Blohm & Luise Freier, FLI Riems, Riems
Apl. Prof. Dr. Steffen Weigend & Nina Götzke, FLI Mariensee, Mariensee
Prof. Dr. Jens Tetens & Dr. Alexander Mott, Universität Göttingen, Göttingen
Prof. Dr. Daniel Möhrlein, Prof. Dr. Antje Risius & Dr. Claire Siebermorgen, Universität Göttingen, Göttingen
Dr. Margret Krieger, Universität Kassel, Kassel
Prof. Dr. Dirk Hinrichs & Maximilian Volk, Universität Kassel, Kassel

Link zu ausführlichen Informationen
<nicht verfügbar>

177

AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & Hochschule Osnabrück)



Umgang mit Gebrauchskreuzungen im ökologischen Landbau

Verhalten und Tierwohl – Charakterisierung funktionaler Merkmale für eine nachhaltige und ökologische Nutzung des Haushuhns (ÖkoGen)



Abb. 1: Gebrauchskreuzungen (hier ALT x WR) im Auslauf.

Steckbrief

Die ökologische Geflügelhaltung erfordert robuste, anpassungsfähige Hühner, die unter ökologischen Bedingungen gesund und leistungsfähig bleiben. Das Projekt ÖkoGen untersucht funktionelle Merkmale gezielter Kreuzungen traditioneller Rassen mit moderner Leistungsgenetik, um praxistaugliche, wissenschaftlich fundierte Zuchtstrategien zur Stärkung der Tiergesundheit und des Tierwohls sowie zum Erhalt der genetischen Vielfalt zu entwickeln.

Projektlaufzeit: 10/2022 – 09/2025

Empfehlungen für die Praxis

An Genetik/Linien angepasste Haltung statt Standardlösungen

Jede Kreuzung reagiert unterschiedlich auf Umweltbedingungen – was bei einer Kreuzung gut funktioniert, ist bei der anderen gegenteilig. Statt pauschaler Konzepte braucht es an Kreuzungstypen angepasste Haltungssysteme, die spezifisch auf die jeweiligen Eigenschaften abgestimmt sind (z.B. Auslaufnutzung). Tierwohl aktiv gestalten

Aktivere Rassen stellen höhere Anforderungen an eine abwechslungsreiche Haltungsumwelt. Ein gezieltes, aktives Beschäftigungsmanagement (Luzerne, Picksteine, Grit, Stroh, ...) angepasst an das Verhalten der Tiere, ist daher essenziell, um Stress zu vermeiden und positives Tierwohl zu fördern.

Was kann welche Kreuzung

Während die White Rock-Kreuzungen besser bei den morphologischen Tierwohlindikatoren abschneiden, sind die Ranger-Kreuzungen weniger ängstlich. Die legebetonnte Kreuzungen nutzen das Freiland intensiv.

Technik gezielt nutzen

Digitale Methoden wie Sensorik, automatisiertes Monitoring und KI-gestützte Auswertung können zukünftig das Management unterstützen und frühzeitige Interventionen ermöglichen.

„Eine tierwohloptimierte Haltung erfordert Anpassungen im Management, die sich an der einzelnen Rasse oder Kreuzung ausrichten.“

Inga Tiemann



Abb. 2: Beschäftigungsmanagement an das Verhalten anpassen (BE x WR).

Gefördert durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau. www.bundesprogramm.de / www.oekolandbau.de



Abb. 3: Gemischtgeschlechtliche Aufzucht ist möglich (ALT x WR & RAM x WR).

Hintergrund

Die ökologische Geflügelhaltung steht vor besonderen Herausforderungen: Ökologische Bedingungen erfordern angepasste und resiliente Tiere. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Tierwohl, Robustheit und Nachhaltigkeit. Mit dem Projekt ÖkoGen wurde ein Ansatz entwickelt, der sich der Zucht robuster, anpassungsfähiger Hühner widmet – insbesondere durch gezielte Kreuzungen traditioneller Rassen mit moderner Leistungsgenetik. Ziel ist die Entwicklung einer ökologischen Zuchtstrategie, die sowohl wissenschaftlich fundiert als auch praxistauglich ist. Dabei spielt das Verhalten der Tiere eine zentrale Rolle: Durch die gezielte Förderung positiver Verhaltensmerkmale kann nicht nur das Tierwohl verbessert, sondern auch die Anpassungsfähigkeit an ökologische Haltungsbedingungen gestärkt werden.

Ergebnisse

Untersuchte Gebrauchskreuzungen

Altsteirer, Bielefelder und Ramelsloher x White Rock bzw. Ranger unter ökologischen Bedingungen.

Technische Innovationen

Forschungsbasierte Methodenentwicklung in Bezug auf Federpicken und dessen Prävention, sowie zur Erfassung der Auslaufnutzung und positiven Tierwohlindikatoren:

- Federmessgerät: Ein Kraftsensor misst den Zug an Federn, um frühzeitig Hinweise auf Federpicken zu erkennen.
- Auslauferfassung: Eine RFID-Technik an Flügelmarken ermöglicht die lückenlose Verfolgung der Auslaufnutzung vom ersten Tag bis zum Lebensende.
- KI-erfasster Tierwohlindikator: KI-gestütztes Tracking liefert objektive Daten zur Bewertung positiver Tierwohlindikatoren, wie Spielverhalten.

Verhaltenstests

In den Verhaltenstest entwickelt jede Kreuzung ein eigenes Profil, das im zweiten Schritt mit den Haltungsempfehlungen verknüpft wird. Damit soll erreicht werden, dass jeder Landwirt:in aus der Diversität der Kreuzungen die passende für den Betrieb findet.

In den Versuchen konnte beobachtet werden, dass die Verhaltensmuster mit der Erkenntnis übereinstimmen, dass Persönlichkeitsunterschiede das Verhalten wesentlich stärker beeinflussen als allgemeine Rassenunterschiede in Bezug auf die verschiedenen Kreuzungen – auffällig ist jedoch, dass vor allem die Mutterlinie, also ob lege- oder mastbetonte Kreuzung, vermutlich einen Einfluss auf das Tierwohl und das Verhalten hat.

Haltungssysteme, insbesondere ein gut strukturierter Außenklima- und Auslaufbereich, beeinflussen Verhalten teils stärker als genetische Faktoren – wichtig für die Passfähigkeit zwischen Tier und Haltungsverfahren



Abb. 4: Ganzheitliche Nutzung des Auslaufs.



Die ausführlichen Ergebnisse des Projektes

28190E048F finden Sie unter:

www.orgprints.org/XXXX/

Weitere Informationen: <https://www.naturland.de/de/erzeuger/praxisforschung/regiohuhn.html>

Projektbeteiligte:
 Prof. Dr. Jens Tetens & Dr. Alexander Mott, Universität Göttingen, Göttingen
 Prof. Dr. Ulrike Blohm & Dr. Luise Freier, FLI Riems, Riems
 Prof. Dr. Saeffen Weigen & Dr. Nina Götzke, FLI Mariensee, Mariensee
 Prof. Dr. Inga Tiemann & Josefine Stuff, Uni Bonn / HS Osnabrück, Osnabrück
 Prof. Dr. Daniel Merlein, Prof. Dr. Antje Risius & Dr. Claire Siebenmorgen, Universität Göttingen, Göttingen
 Dr. Magret Krieger, Universität Kassel, Kassel
 Prof. Dr. Dirk Hinrichs & Maximilian Volk, Universität Kassel, Kassel

Kontakt:
 Hochschule Osnabrück
 Emsweg 3, D-4090 Osnabrück
 Inga Tiemann
 i.tiemann@hs-osnabrueck.de / Tel. +49 541 969 5351

Abb. 1, © Josefine Stuff
 Abb. 2, © Josefine Stuff
 Abb. 3, © Josefine Stuff
 Abb. 4, © Josefine Stuff

Kategorie



Gebrauchskreuzungen im ökologischen Landbau: Qualität erkennen und erfolgreich vermarkten

Charakterisierung funktionaler Merkmale für eine nachhaltige und ökologische Nutzung des Haushuhns (ÖkoGen) – Qualität & Vermarktung



Abb. 1: Zubereitungsoptimierung (längere Garzeit, geringere Temperatur)

Steckbrief

Ziel des Projektes ist die Charakterisierung von lokalen Hühnerrassen und deren Kreuzungen mit Elterntieren von Wirtschaftslinien der Mast- sowie Legeerichtung aus dem assoziierten Projekt „RegioHuhn“.

Projektlaufzeit: 10/2022 – 09/2025

Empfehlungen für die Praxis

Zielgruppenspezifische Vermarktungsstrategien entwickeln
Eine erfolgreiche Vermarktung erfordert eine klare Ausrichtung an unterschiedlichen Zielgruppen und Absatzkanälen. Während lokale Rassen und deren Kreuzungen besonders für Klein- und Spitzgastronomie geeignet sind, sind sie für die Gemeinschaftsverpflegung nur eingeschränkt einsetzbar.

Kreuzungspartner an Betriebsausrichtung anpassen
Kreuzungen lokaler Rassen mit einer Mastlinie (Ranger) sind wachstumstärker und bieten leichte Vorteile bei der Fleischbeschaffenheit.

Information als Schlüssel zur Marktakzeptanz nutzen
Transparente, zielgruppenspezifisch aufbereitete Informationen zu Herkunft, Produktionsweise und Besonderheiten der Tiere können die sensorische Akzeptanz der Produkte und die Zahlungsbereitschaft erhöhen. Die Kommunikation sollte dabei weniger auf sensorische Unterschiede als auf Werte wie Regionalität, Erhalt von Biodiversität oder das Produktionskonzept abstellen. **Ganzkörpervermarktung erschließen**
Ein Teil der Verbraucherschaft (höheres Einkommen, hohe Kochkompetenz, hoher Regionalitätsbezug, Kinder im Haushalt) ist offen für die Verwendung von Ganzkörpern im Privathaushalt - hier ist (Direkt-)Vermarktung gut anschlussfähig.

„Spitzenköche lobten die Fleischqualität der Rassehühner, aber in Mensen ist die Vermarktung aufgrund sehr heterogener Teilstücke und höherer Preise schwierig. Die Nutzung ganzer Hähnchen in Privathaushalten bietet Chancen, ist aber auch herausfordernd.“



Abb. 2: Gezielte Informationen über lokale Rassen notwendig.

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft www.bundesprogramm.de / www.oekolandbau.de



Hintergrund

Die ökologische Gefügelhaltung steht vor besonderen Herausforderungen, denn vor allem der Ökolandbau benötigt angepasste und resiliente Tiere. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Tierwohl, Robustheit und Nachhaltigkeit. Mit dem Projekt ÖkoGen wurde ein Ansatz entwickelt, der sich der Zucht robuster, anpassungsfähiger Hühner widmet – insbesondere durch gezielte Kreuzungen lokaler Rassen mit moderner Leistungsgenetik. Im Projekt wurde daher die **Produktqualität** von Schlachtkörpern, Fleisch und Eiern objektiv untersucht. Auch die **Akzeptanz und Nutzbarkeit** aus Verbrauchersicht sollten für verschiedene Kontexte untersucht werden, um **Chancen und Hemmnisse für die Vermarktung** zu identifizieren. Im Vordergrund standen dabei Privathaushalte, Gastronomie und Gemeinschaftsverpflegung.



Abb. 3: Information kann die Akzeptanz, z.B. in der Mensa steigern.

Ergebnisse

Untersuchte Gebrauchskreuzungen

Altsteirer, Bielefelder und Ramelsloher wurden mit White Rock bzw. Ranger Hennen gekreuzt unter ökologisch gefüttert. Die Bewertung erfolgte für unterschiedliche Schlachttalter (12, 14, 16 und 18 Lebenswochen), um Effekte von Kreuzung und Alter auf Fleischleistung und -qualität abzubilden.

Fleischqualitätsparameter

Ranger-Kreuzungen zeigten im Vergleich zu White-Rock-Kreuzungen deutlich höhere Leistungen. Dazu zählen höhere mittlere Schlachtgewichte, ein gesteigerter Ausschlagungsgrad sowie signifikant höhere Brust- und Keulengewichte. Auch das Verhältnis von Brust zu Karkasse war bei Ranger-Kreuzungen höher. Diese Unterschiede unterstreichen das Potenzial leistungsorientierter Kreuzungen für die Erzeugung marktfähiger Schlachtkörper. Die Fleischqualitätsparameter waren insgesamt homogen. Ranger-Kreuzungen wiesen stabilere pH-Werte sowie eine leicht verbesserte Wasserhaltefähigkeit auf. Das Fleisch war minimal zarter (d.h. mit geringer Scherkraft).

Sensorische Bewertung

Die sensorische Qualität wurde in vier Studien mit verschiedenen Produkten mit geschulten Prüfpersonen untersucht. Dabei zeigten sich keine bzw. nur minimale sensorische Unterschiede zwischen den Kreuzungen. Auch bei praxisnaher kulinarischer Verwendung wie Brustfleisch, Brühe, Frikassee oder Fleischbällchen ergaben sich keine relevanten Abweichungen in sensorischen Eigenschaften. Die Wahl des Kreuzungspartners ist aus sensorischer Sicht irrelevant.

Konsumentenakzeptanz und Vermarktung

Ein breites Studiendesign mit Konsumententests, Expertenkooperationen, Home-Use-Tests und Realexperimenten wurde zur Bewertung von Vermarktungsoptionen eingesetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass keine relevanten sensorischen Akzeptanzunterschiede im Vergleich zu kommerziellen Rassen bestehen. Sensorische Merkmale stellen somit kein Vermarktungshindernis dar, eignen sich jedoch auch nicht zur Bewertung der Produkte. Information zum Biodiversitätsverlust kann die Akzeptanz steigern.

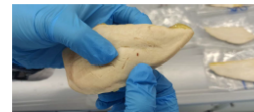


Abb. 4: Ranger-Kreuzungen schneiden in Fleischbewertung besser ab.

Projektbeteiligte:

Prof. Dr. Jens Tetens, Dr. Alexander Mott, Emel Zergani, Prof. Dr. Daniel Möriem, Prof. Dr. Anja Risius, Claire Siebenmorgen, Dr. Johanna Möriem, Wal Lwin Do, Universität Göttingen
Prof. Dr. Ulrike Blohm & Luise Freier, FLI Riems
Prof. Dr. Steffen Weigand & Dr. Nina Götzke, FLI Mariensee
Prof. Dr. Inga Tiemann & Josefine Stuff, Campus Frankenforst, Universität Bonn / Lehr- und Forschungsbetrieb Waldhof, Hochschule Osnabrück
Prof. Dr. Dirk Hinrichs, Dr. Maggi Krieger, Maximilian Voik, Universität Kassel



Die ausführlichen Ergebnisse des Projektes 2819OE048f finden Sie unter: www.orgprints.org/XXXX

Weitere Informationen: <https://www.naturland.de/de/erzeuger/praxisforscher/g/regiohuhn.html>

Kontakt:
Georg-August-Universität Göttingen
Abteilung Produktqualität tierischer Erzeugnisse
Kellnerweg 6, 37077 Göttingen
Prof. Dr. Daniel Möriem

Abb. 1-4 © Claire Siebenmorgen

AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)



Fütterung von Gebrauchskreuzungen im ökologischen Landbau

Tierernährung – Charakterisierung funktionaler Merkmale für eine nachhaltige und ökologische Nutzung des Haushuhns (ÖkoGen)



Abb. 1: Kükenstarter mit 5 % gesiebter Luzerne

Steckbrief

Ziel des Projektes ist die Charakterisierung von lokalen Hühnerrassen und deren Kreuzungen mit Elterntieren von Wirtschaftslinien der Mast- sowie Legerichtung aus dem assoziierten Projekt „RegioHuhn“.

Kooperationspartner: Hochschule Osnabrück, Universität Bonn, Friedrich-Loeffler-Institut Mariensee, Friedrich-Loeffler-Institut Riems, Universität Göttingen und Universität Kassel

Projektlaufzeit: 10/2022 – 03/2026

Empfehlungen für die Praxis

Energiereduzierte Fütterung

Eine Absenkung des Energiegehaltes führt zu einer höheren Futtermittelverwertung aber nicht unbedingt zu höheren Zunahmen. Energiegehalte deutlich unter 11,5 MJ ME/kg Alleinfuttermittel sind für Hähne in der Endmast nicht zu empfehlen, da geringere Gehalte nicht ausreichend über eine höhere Futtermittelverwertung kompensiert werden.

Luzerne in der Fütterung von Hähnen und Hennen

Luzerne in gesiebter Form enthält höhere Konzentrationen an essentiellen Aminosäuren und geringere Fasergehalte als die Ganzpflanze und erscheint mit ihren geringen Energiegehalten geeignet für die Erstellung von energiereduzierten Geflügelrationen. Bei der Wahl der Luzerne muss darauf geachtet werden, dass je nach Erntezeitpunkt und Verarbeitung die Nährstoffgehalte stark schwanken können. Die enthaltene Rohfaser und pflanzeigene Inhaltsstoffe wie Saponine können zudem die Verdaulichkeit senken. Luzerne kann daher teilweise Kraftfutter ersetzen, allerdings keine hochwertigen Eiweißfuttermittel. Fehlende Energie muss z. B. in Form von Mais ergänzt werden.

Hähne können abhängig von der erreichten Qualität mit bis zu 20 % gesiebter Luzerne in der Endmastration gefüttert werden. Für Hennen sind Gehalte von mehr als 5 % gesiebter Luzerne nicht zu empfehlen.

„Wie extensiv man füttern kann, hängt von den verfügbaren Ressourcen, der Kompensationsbreite der Tiere und den betrieblichen Zielen ab.“

Margret Krieger



Abb. 2: Hähne auf einer Auslauffläche im Praxisversuch (ALT x WR).

Gefördert durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.
www.bundesprogramm.de / www.oekolandbau.de



Hintergrund

Die Fütterung hat einen großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit, die Ressourceneffizienz und das Tierwohl. In der ökologischen Geflügelhaltung bestehen in Bezug auf die Fütterung wesentliche Einschränkungen, darunter die Verwendung regionaler, ökologischer Komponenten, der Verzicht auf freie Aminosäuren, die Gewährung von Auslauf sowie die tägliche Gabe von Raufutter. Eine besondere Herausforderung besteht darin, die Tiere trotz dieser Einschränkungen bedarfsgerecht zu versorgen. Für die untersuchten Kreuzungen liegen bislang keine spezifischen Fütterungsempfehlungen vor. Daher sollten im Projekt ÖkoGen neben der Untersuchung funktionaler Merkmale auch unterschiedliche Fütterungsstrategien erprobt und darauf aufbauend praxistaugliche Fütterungsempfehlungen entwickelt werden.



Abb. 3.: Hennen im Legeabteil des Versuchsstalls (ALT x WR).

Ergebnisse

Untersuchungen

Kreuzungen aus lokalen Rassen Altsteirer (ALT), Bielefelder (BIE) und Rameisloher (RAM) mit Wirtschaftsgeflügelrassen White Rock (WR) oder Ranger (RG) in zwei Fütterungsstudien: Studie (1): Hähne und Hennen in Bodenhaltung ohne Auslauf, 100 % Bio-Fütterung, je zwei Fütterungsvarianten und fünf Wiederholungen; Mastversuch mit Schlachtung der Hähne im Alter von 12, 14, 16 und 18 Wochen; Erfassung der Legeleistung der Hennen bis zum Alter von 40 Wochen. Studie (2): Hähne der WR-Kreuzungen unter ökologischen Praxisbedingungen im Mobilstall, zwei Fütterungsvarianten; Mastversuch mit Schlachtung im Alter von 14 Wochen.

Ergebnisse

Energieabsenkung durch Luzerne im Versuch führte zu höheren Futtermittelverwertungen bei gleichbleibenden Zunahmen der Hähne. Die Kreuzungen reagierten dabei unterschiedlich:

- einige holten vorangegangene Wachstumsrückstände später wieder auf
- andere reagierten empfindlicher, u.a. durch geringere Futterakzeptanz

Abgesenkte Nährstoffgehalte unter Praxisbedingungen führten zu deutlichen Leistungseinbußen bei den Hähnen:

- Futtermittelverwertung in Versuchen möglicherweise überschätzt,
- Deutlich höherer Bedarf der Tiere bei Mobilstallhaltung und Auslauf
- Optimale Fütterung und optimales Schlachteralter abhängig von betrieblicher Zielsetzung

Hennen zeigten:

- unterschiedliche Akzeptanz der Luzerne-Variante
- um 7 % niedrigere Leistungen bei Luzernefütterung

Take-Home Message

- Luzerne kann Kraftfutter teilweise ersetzen
- Hähne vertragen mehr Luzerne als Hennen
- Mobilstall- und Auslaufhaltung erhöhen Energiebedarf und verringern ggfs. Futtermittelverwertung
- Starke Energieabsenkung reduziert Mastleistung



Abb. 4: Mobilstall mit Auslauf im Praxisversuch.



Die ausführlichen Ergebnisse des Projektes

28190E048F finden Sie unter:
www.orgprints.org/0000/

Weitere Informationen:
<https://www.naturland.de/de/erzeuger/praxisforschung/regiohuhn.html>

Projektbeteiligte:
Prof. Dr. Jens Tetens, Dr. Alexander Mott, Emel Zergani, Prof. Dr. Daniel Morlein, Prof. Dr. Antje Rissius, Claire Siebenmorgen, Wai Lwin Oo, Universität Göttingen
Prof. Dr. Ulrike Blohm & Luise Freier, FLI Riems
Prof. Dr. Steffen Waigand & Dr. Nina Götsche, FLI Mariensee
Prof. Dr. Inga Tiemann & Josefine Stoff, Campus Frankenforst, Universität Bonn / Lehr- und Forschungsbetrieb Waldhof, Hochschule Osnabrück
Prof. Dr. Dirk Hinrichs, Dr. Margret Krieger, Maximilian Volk, Uni Kassel

Kontakt:
Universität Kassel, Fachgebiet Nutztierethologie und Tierhaltung
Nordbahnhofstraße 1a, D-37213 Witzenhausen
Dr. Margret Krieger
margret.krieger@uni-kassel.de / Tel. +49 5512 1661

Abb. 1 - 3 © Margret Krieger
Abb. 4 © Jonas Dorn

Kategorie

AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



BÖLN
Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

Datenerfassung und Zuchtplanung

Charakterisierung funktionaler Merkmale für eine nachhaltige und ökologische Nutzung des Haushuhns (ÖkoGen)



Abb. 1: Reinzuchttiere (hier Altsteiner) im Stall.

Steckbrief
Die ökologische Geflügelhaltung erfordert robuste, anpassungsfähige Hühner, die unter ökologischen Bedingungen gesund und leistungsfähig bleiben. Das Projekt ÖkoGen untersucht funktionelle Merkmale gezielter Kreuzungen traditioneller Rassen mit moderner Leistungsgenetik, um praxistaugliche, wissenschaftlich fundierte Zuchtstrategien zur Stärkung der Tiergesundheit und des Tierwohls sowie zum Erhalt der genetischen Vielfalt zu entwickeln.

Projektlaufzeit 10/2022 – 09/2025

Empfehlungen für die Praxis

Zuchtplanung in Nukleusherden und Feldbeständen
Simulationen zur Zuchtplanung zeigen, dass die Zuchtplanung für Feldbestände andere Ansätze benötigt, als die Zuchtplanung in den Nukleusherden. Genomische Information sollte fester Bestandteil der Zuchtplanung in den Nukleusherden werden und in Kombination mit Optimum Contribution Selection verwendet werden.

Verwendung genomischer Information
Es konnte gezeigt werden, dass genomische Information zur Rassezuordnung bei den verwendeten Reinzuchten geeignet war.

„Datenaufnahme im 21. Jahrhundert sollte nicht mehr mit Zettel und Stift durchgeführt werden.“

Maximilian Volk

Datenaufnahme und Herdenmanagement
Eine standardisierte und reproduzierbare Erfassung von Daten reduziert Dokumentationsaufwand im betrieblichen Alltag. Die Protokoll Funktion kann als Herdenmanagementsystem genutzt werden. Mit tierindividuell aufgenommenen Daten ist zudem Zuchtplanung möglich.

Betriebliche Eigenkontrolle der Tiergesundheit
Die vorgeschriebene betriebliche Eigenkontrolle der Tiere kann direkt digital mit dem Bonitur-Tool leitfadengestützt durchgeführt werden. Weiterverarbeitung der Bonituren als Export in Excel oder Statistik-Programmen möglich.



Abb. 2: Screenshots der Apps „Animal-Record“ und „Bonitur-Tool“.

Ergebnisse

Hintergrund
Lokale Hühnerrassen sind ein unersetzliches kulturelles Erbe unserer Vorfahren und müssen für folgende Generationen erhalten werden. Des Weiteren sind sie der Schlüssel zur Anpassung der Zucht an zukünftige nicht vorhersagbare Produktionsbedingungen.

Aktuell vollzieht sich eine Verschiebung der Zuchtziele die maßgeblich auf Leistung abzielen hin zu Lebensleistung und Tiergesundheit. Lokal gut angepasste Rassen besitzen Eigenschaften, die zu Widerstandsfähigkeit beitragen und damit in dieses neue Zuchtschema passen. Diese Eigenschaften müssen jedoch sowohl für die Forschung als auch für die betriebliche Eigenkontrolle festgehalten werden können.



Abb. 3: Hauptkomponentenanalyse von genotypisierten Reinzuchtieren.

Datenaufnahme-Tool
Das Datenaufnahme-Tool „Animal-Record“ ist eine für das Betriebssystem Android programmierte Applikation. Mit ihr können Phänotypen wie Leistung, Krankheiten und Behandlungen und mehr aufgezeichnet werden. Weitere wichtige Funktionen:

- Betrieb anlegen und Tiere hinzufügen
- Aufzeichnung tierindividueller Daten
- Tier-Identifizierung mit QR-/Bar- oder NFC-Codes
- Offline-Modus für Nutzung in ländlichen Regionen
- Verknüpfung der Daten mit Genotypen möglich

Zuchtplanung in Nukleusherden und Feldbeständen
Ergebnisse von Simulationen haben gezeigt, dass in den Nukleusherden Optimum Contribution Selection (OCS) ein hohes Potential bezüglich des Inzuchtmanagements hat. So waren die durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten nach 5 Generationen Selektion deutlich niedriger als bei der klassischen Abschnittsselektion.

Verwendung genomischer Information
Im Rahmen von AP7 konnten pro Rasse mehr als 500 Tiere mit einem SNP Chip Genotypisiert werden. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis einer Hauptkomponentenanalyse und zeigt deutlich, dass eine Rasseinteilung anhand der Genotypen möglich ist.

Neben der Genotypisierung erfolgte auch die Ermittlung der kompletten Genomsequenz von 20 Tieren pro Rasse. Es konnte gezeigt werden, dass die SNP Dichte für eine sinnvolle Berechnung von genomischen Inzuchtkennzahlen zu gering war. Die Arbeiten werden im Projekt Regio Huhn fortgesetzt, wo eine Kombination von SNP und Sequenzdaten erfolgt, was wiederum eine Berechnung von plausiblen genomischen Inzuchtkennzahlen ermöglicht.

Bonitur-Tool
Mit dem Bonitur-Tool können anhand von Indikatoren-Sets aus Boniturfeldtänden vollständige Tierbeurteilungen durchgeführt werden:

- Normalbeurteilung (Einzelindikatoren)
- Detailkontrolle (Indikatoren in der Übersicht)
- Detailkontrolle (Anzahl/Zähler pro Gruppen)

Die ausführlichen Ergebnisse des Projektes 2819OE048F finden Sie unter:
www.orgprints.org/XXXX/

Weitere Informationen:
<https://www.naturland.de/de/erzeuger/praxisforscherun/regiohuhn.html>



Abb. 4: Reinzuchttiere (hier Bielefelder) im Wintergarten.

Kontakt:
Universität Kassel
Nordbahnhofstr. 1a
Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften - Fachgebiet Tierzucht
Dirk Hinrichs und Maximilian Volk

Email:
dhinrichs@agr.uni-kassel.de
Telefon: 05542/98-1677

Abb. 1, 4. © Frieder Broszat

Kategorie

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft
www.bundesprogramm.de / www.oekolandbau.de

xI. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellung

AP 1 Endoparasiten-Resistenz (Universität Göttingen)

Das Hauptziel von Arbeitspaket 1 bestand darin, die Resistenz lokaler Hühnerrassen sowie deren Kreuzungen mit kommerziellen Linien gegenüber den Endoparasiten *Ascaridia galli* und *Heterakis gallinarum* systematisch zu untersuchen. Dabei sollte ein detailliertes Verständnis rassespezifischer Unterschiede in der Parasitenresistenz entwickelt und deren Zusammenhänge mit Leistungsparametern, Immunantworten sowie potenziellen Zuchtstrategien analysiert werden.

Ursprünglich war geplant, kontrollierte Infektionsexperimente sowohl mit juvenilen als auch mit adulten Tieren durchzuführen, um altersabhängige Anfälligkeiten für Infektionen umfassend zu bewerten. Diese Versuche sollten einen direkten Vergleich der Resistenzniveaus zwischen lokalen Rassen, deren Kreuzungen und kommerziellen Linien ermöglichen. Parallel dazu war vorgesehen, Leistungsparameter wie Körpergewicht, Futteraufnahme und Legeleistung systematisch zu erfassen, um mögliche Zielkonflikte zwischen Produktivität und Parasitenresistenz zu identifizieren. Post-mortem-Analysen sollten die Parasitenlast quantitativ erfassen, wobei Wurmbürde, Parasitenlänge und Geschlecht dokumentiert werden sollten, um Einblicke in Infektionsdynamik und Parasitenbiologie zu gewinnen. Ergänzend zu diesen phänotypischen Untersuchungen waren Blutentnahmen für serologische Analysen mittels ELISA sowie für DNA-Gewinnung geplant, um genomische Analysen zur Schätzung genetischer Parameter der Parasitenresistenz durchzuführen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten schließlich in umfassendere Zuchtprogramme (AP6) einfließen, um die Selektion widerstandsfähiger Hühnerrassen zu unterstützen.

Die bisherigen Arbeiten zeigen, dass wesentliche Fortschritte in Richtung der gesteckten Ziele erzielt werden konnten. Die Infektionsexperimente wurden erfolgreich sowohl mit juvenilen als auch mit adulten Hühnern durchgeführt, wobei Kontroll- und Infektionsgruppen etabliert wurden. Die abgeschlossenen Post-mortem-Bewertungen dokumentieren deutliche rasse- und kreuzungsspezifische Unterschiede in der Parasitenlast. Leistungsparameter wurden systematisch erfasst, und die Analysen der Zusammenhänge zwischen Produktivität und Parasitenresistenz sind derzeit in Bearbeitung. Die Blutprobenentnahmen erfolgten planmäßig, wobei erste ELISA-Ergebnisse erhebliche Unterschiede in der Immunantwort zwischen den Rassen aufzeigen. Die SNP-basierte Genotypisierung wurde abgeschlossen und den Projektpartnern von AP6 zur Verfügung gestellt. Erste genomweite Assoziationsanalysen haben bereits potenzielle Loci identifiziert, die mit den beobachteten Resistenzunterschieden korrelieren.

Trotz des weitgehend planmäßigen Projektverlaufs traten einige Abweichungen vom ursprünglichen Zeitplan auf. Bei den adulten Tieren kam es zu geringfügigen Verzögerungen aufgrund logistischer Herausforderungen, insbesondere durch standortübergreifende Transporte und die notwendige Abstimmung mit dem LAVES zur Einreichung von Tierversuchsgenehmigungen. Darüber hinaus deuten erste Ergebnisse auf bisher nicht antizipierte Genotyp-Umwelt-Interaktionen hin, die die Resistenzausprägung beeinflussen - ein Aspekt, der im ursprünglichen Projektantrag nicht explizit berücksichtigt worden war.

Die erzielten Ergebnisse eröffnen mehrere vielversprechende Ansätze für zukünftige Forschungsarbeiten. Eine vertiefte Untersuchung der genetischen Grundlagen könnte spezifische Gene identifizieren, die für eine hohe Resistenz gegenüber *A. galli* und *H. gallinarum* verantwortlich sind. Zudem sollte die mögliche Rolle epigenetischer Mechanismen untersucht werden, die die Genexpression unter dem Einfluss verschiedener Umweltfaktoren modulieren. Langfristige Beobachtungen der Parasitenresistenz über mehrere Legezyklen hinweg könnten Aufschluss über die Stabilität und Robustheit dieser Eigenschaften geben. Die Integration der gewonnenen Daten in bestehende Zuchtprogramme könnte helfen, Kreuzungsstrategien zu optimieren und die Selektion von Kernherden für eine verbesserte Resistenz zu unterstützen. Nicht zuletzt erscheint es wichtig, die Beziehung zwischen Parasitenresistenz und Tierschutzaspekten wie Verhalten, Knochenstabilität und Eignung für Freilandhaltung zu analysieren, um ein ganzheitliches Verständnis für nachhaltige Geflügelzucht zu entwickeln.

Insgesamt wurden die Kernziele von AP 1 erfolgreich erreicht, wodurch sowohl phänotypische als auch genotypische Erkenntnisse zur Endoparasitenresistenz gewonnen werden konnten. Die Ergebnisse bilden eine solide Grundlage für nachfolgende Zuchtinitiativen und eröffnen neue Perspektiven für das Verständnis der komplexen Wechselwirkungen zwischen Genetik, Umwelt und Gesundheit bei Hühnern.

AP 2 Immunkompetenz & Virusresistenz (Friedrich-Loeffler-Institut)

Bei den Elternrassen ALT, BIE und RAM wurden alle geplanten Untersuchungen und Versuche abgearbeitet und ausgewertet.

Da die geplante Untersuchung der Immunität nach NDV-Impfung bei den Tieren im Produktionsverlauf nicht ausreichte, um Unterschiede zwischen den Rassen zu beschreiben, wurden zusätzlich für alle Elternrassen und für die xWR- und xRG-Kreuzungen jeweils experimentelle Prime/Boost Immunisierungen über 8 Wochen durchgeführt und für die Elternrassen und xWR-Kreuzungen humoral und zellulär ausgewertet. Die Auswertung dieser Experimente mit xRG-Kreuzungen steht noch aus.

Wegen der überraschenden Unterschiede im Vorhandensein von T Zellen direkt nach Schlupf wurde zur Untersuchung der Funktionalität ebenfalls zusätzlich ein weiteres Influenza Experiment mit den ETK durchgeführt und ausgewertet. Eine Wiederholung für xWR- und xRG-Kreuzungen ist hier nicht vorgesehen.

Alle Untersuchungen der xWR- und xRG-Kreuzungen im Produktionsverlauf und nach NDV-Impfung sind abgeschlossen, hier fehlt noch die Auswertung der Daten für die xRG-Kreuzungen.

Leider konnten die Influenza Experimente mit den 6 Wochen alten Tieren der xWR-Kreuzungen noch nicht begonnen werden, da wegen der angespannten HPAIV Situation in Deutschland ein Transport der Bruteier aus einer Restriktionszone nicht möglich war. Durch die Verschiebungen ergaben sich dann Wartezeiten im Hochsicherheitstierstall. Der Versuch ist jetzt nach Projektende für Juli 2026 geplant. Nach den Ergebnissen mit den massiven bakteriellen und sicher schmerzhaften Bauchfell- und Eileiterentzündungen bei den infizierten Tieren in der 35. LW soll aus Tierschutzgründen auf diesen Versuch bei den xWR-Kreuzungen verzichtet werden.

Die bisherigen Ergebnisse konnten in zwei Publikationen zusammengefasst werden. doi: 10.1016/j.psj.2025.105565 & doi: 10.1186/s13567-025-01689-4.

Nach Abschluss des xWR-Influenza-Experimentes und der Auswertung der xRG-Daten sollen die Ergebnisse der Kreuzungen bis Ende 2026 in einer weiteren Publikation veröffentlicht werden.

Die bisherigen Ergebnisse wurden darüber hinaus in einer Promotionsarbeit an der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig vorgelegt. Luise Freier: Breed-Specific Immunocompetence and Viral Resilience in Local Chicken Breeds: Insights into Genetic Diversity and Animal Health. Die Verteidigung der Arbeit und damit der Abschluss der Promotion wird noch im ersten Halbjahr 2026 stattfinden.

Alle Versuche fanden unter experimentellen Standardbedingungen statt, um den direkten Einfluss der Genetik auf die Immunität zu überprüfen. Kommende Versuche werden zeigen müssen, welchen Einfluss weitere Faktoren wie Fütterung, Temperatur, Stallmanagement etc. auf die Immunität und damit die Tiergesundheit haben. Außerdem ist zu überlegen, ob gerade im Hinblick auf die Ergebnisse zu den NDV-Impfungen weitere Rassen und Kreuzungen hinsichtlich ihres optimalen Impfschemas untersucht werden sollten, um Impflücken und damit NDV-Ausbrüche zu vermeiden.

AP 3 Knochenstabilität (Friedrich-Loeffler-Institut)

Im Vergleich zur ursprünglichen Planung, sechs Rassen und davon ausgehend sechs Kreuzungen mit Elterntieren der Legerichtung und der Mastrichtung in die Untersuchungen einzubeziehen, wurde die Anzahl der Ausgangsrassen in Absprache mit dem Projektträger zu Beginn des Projektes auf die drei Rassen ALT, BIE und RAM reduziert und drei Kreuzungen mit Legetieren begrenzt. Wesentlich dafür war, dass die Rassen Ostfriesische Möwe, Mechelner und Augusburger im Projekt RegioHuhn nicht weitergeführt wurden. Des Weiteren wurde der Fokus bei den Knochenmerkmalen auf die legebetonten Kreuzungen gelegt, da diese Merkmale insbesondere bei der langen Haltungszeit von Legehennen von Bedeutung sind. Je Genotyp waren 60 Hennen für die Prüfung während der Legeperiode vorgesehen. Bei den Reinzuchten wurden die Hennen in der 18. LW mit einer Besatzdichte von 4,5 Tieren/m² eingestallt. In der Zeit bis zur 50. Lebenswoche traten Verluste auf bzw. mussten Tiere aufgrund von Tierschutzauflagen aus dem Versuch genommen werden (Details siehe Material und Methoden/Reinzuchten/Legeperiode). Da die Entscheidung, welche Tiere in die Röntgenuntersuchungen und Blutentnahmen einbezogen werden zu Versuchsbeginn getroffen werden musste ergab sich, dass von den Reinzuchtieren nur 38 ALT-, 28 BIE- und 45 RAM-Hennen durchgehend bis zur 72. LW zur Verfügung standen. Der Beginn des zweiten Durchgangs mit den Kreuzungstieren verzögerte sich um ca. sechs Monate, bedingt durch eine Verzögerung der Tierversuchsgenehmigung durch die zuständige Tierschutzbehörde sowie einer anfänglich fehlenden Genehmigung für die Bruterei (ITT) nach §11 des Tierschutzgesetzes. Die Kreuzungstiere wurden in der 18. Lebenswoche mit einer verringerten Besatzdichte von 2,5 Tieren/m² in den Legebereich eingestallt. Diese zeitlichen Verzögerungen begründen, dass die erhobenen Daten zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht vollumfänglich ausgewertet werden konnten.

Die geplanten longitudinalen Merkmalerhebungen während der Legeperiode (Röntgenuntersuchungen, Blutentnahmen) konnten mit leichten Modifikationen im Lebensalter vollumfänglich erreicht werden. Bei den Kreuzungstieren wurde ein zusätzlicher Prüftermin in der 24. LW eingefügt, um die Phase des deutlich früheren Anstiegs der Legeleistung zu erfassen. Da die Prüfperiode bis zur 72. LW erweitert wurde, wurde in der 70. LW ein letzter Prüftermin eingeplant. Ebenso wurde die Erfassung der Knochenmineraldichte post mortem der drei Knochentypen Sternum, Tibiotarsus und Humerus mittels Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie (DXA) im Lehr- und Versuchsgut der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München realisiert.

Die Legeleistung pro Abteil wurde wie geplant täglich erfasst als auch die Körpergewichte in dem jeweils geplanten Lebensalter. Basierend auf dem Weihenstephaner Muldennest (WSMN) wurden individuelle Legeleistungen erfasst und die Eizahl im Nest auf einer täglichen Basis mit der vom Nest erfassten Eizahl abgeglichen. In der Phase der Reinzuchten bis ca. 50. LW traten dabei technische Schwierigkeiten auf, bedingt durch Probleme in der Software, die die Fa. BigDutchman erst im Januar 2024 zumindest größtenteils beheben konnte. Die nachträgliche Zuordnung der Eier zu den Hennen war sehr zeitaufwendig und nicht vollständig realisierbar. Dennoch liegen jetzt nutzbare Daten vor. Es gibt jedoch einige Nachteile des WSMN für eine individuelle Erfassung der Legeleistung und Zuordnung des Eies zur Henne. Der Abgleich der täglichen Zählungen der Eier mit der Hand mit den Nestdaten zeigt, dass die Nestdaten eine Genauigkeit von 94-96% aufweisen. Ein Teil der Eier wurde im Nest ohne eine Hennenummer erfasst. Ein weiterer Nachteil ist, dass nicht alle Hennen zur Eiablage das Nest aufsuchen, sondern das Ei im Scharrraum oder auf dem Kotkasten ablegen. Diese Eier sind nicht zuordenbar. Im Projekt RegioHuhn versuchen wir ein Verfahren zu entwickeln, basierend auf einer bayes'sche Statistik unter Einbeziehung von Nestverhaltens- und Legeverhaltensparametern, um mit Wahrscheinlichkeiten die nicht zugeordneten Eier nachträglich einem Tier zuzuordnen. Dennoch bleibt festzustellen, dass eine Genauigkeit der Erfassung der individuellen Legeleistung, wie sie im Einzelkäfig

gegeben ist, mit dem WSMN nicht erreichbar sein wird. Das ist insbesondere für die in dieser Studie durchgeführten Untersuchungen kritisch, hat aber auch Bedeutung für die Zucht.

Merkmale der Eiquantität (Eigewicht, Schalengewicht, Bruchfestigkeit der Eischale, Dotterfarbe und -gewicht, Haugh Units) wurden in der 30., 50. und 70.LW erfasst. Diese Daten sind noch nicht ausgewertet, da die Zuordnung zur Henne aufgrund der angeführten Probleme des WSMN zeitaufwendig und wahrscheinlich nicht vollständig möglich sein wird. Daher sind diese Daten nicht Bestandteil des Berichtes. Außerdem wurde aus dem Blut von den Tieren DNA isoliert und diese mit einem spezifischen 52K SNP Chip der EW-Group genotypisiert. Die Daten stehen dem RegioHuhn Konsortium für weiterführende genomische Analysen zur Verfügung.

Bei einer Stichprobe von 24 durchgehend im Versuch stehenden Hennen jeden Genotyps wurden die Blutparameter Gesamtkalzium, ionisiertes Kalzium und Phosphat sowie die Knochenumsatzmarker Osteocalcin und CTX-I und die Sexualhormone 17β -Estradiol und FSH an jedem der Prüfzeitpunkte entsprechend der Planung bestimmt. Diese Bestimmungen konnten jeweils immer erst am Ende des Versuchszeitraum abgeschlossen werden, da die Proben randomisiert analysiert wurden um zu vermeiden, dass Chargen- und Platteneffekte der ELISA Testkits die Ergebnisse beeinflussen. Daher lagen für die Kreuzungstiere die finalen Daten erst Anfang März 2026 vor. Darüber hinaus waren die Chargen der ersten FSH-ELISA Testkits fehlerhaft und lieferten falsche bzw. nicht zwischen Wiederholungen einer Probe reproduzierbare Werte. Diese Testkits wurden nach längeren Verhandlungen Mitte 2025 von der Fa. Antibodies-online GmbH komplett umgetauscht, so dass alle Analysen wiederholt werden mussten.

AP 4 Verhalten & Tierwohl (Universität Bonn & Hochschule Osnabrück)

Die Zielsetzungen des Vorhabens wurden im ursprünglichen Projektplan klar definiert: Für die lokalen Rassen und die verschiedenen Kreuzungen sollten bis Ende 2023 bzw. Mitte 2024 jeweils die Verhaltenstests abgeschlossen, die Nutzung von Ausläufen erfasst und die Zusammenhänge zwischen morphologischen Bonitur-Ergebnissen, Verhalten und Auslaufnutzung analysiert sein. Parallel dazu war die Ableitung praxisrelevanter Empfehlungen vorgesehen.

Was erreicht wurde:

Die Analyse des Zusammenhangs zwischen Bonitur, Verhalten und Auslaufnutzung erfolgte ab 2025, nachdem eine ausreichende Datengrundlage vorlag. Erst nachdem die RFID-basierten Messungen vorlagen, konnten die Daten zusammengeführt und ausgewertet werden. Die zusätzlichen Messungen von Stress-Hormonen (Glukokortikoid-Metaboliten) wurden erst im Rahmen der Projektverlängerung 2025/2026 integriert und erweiterten den Analyseumfang.

Die Verhaltenstests mit den Kreuzungen wurden in zwei Schritten durchgeführt. Die White-Rock-Kreuzungen konnten bereits im Juli 2023 vollständig getestet werden, da sie Teil einer vorgezogenen Testserie waren. Die restlichen Kreuzungen (einschließlich der Ranger-Kreuzungen) wurden erst im Dezember 2024 abgeschlossen.

Die Auslaufnutzung wurde erst 2024 erfasst, da der Auslaufbereich im selben Jahr fertiggestellt wurde. Die ersten Messungen erfolgten ohne RFID-Technik; ab August 2025 wurde RFID-Technik installiert, wodurch eine individualisierte Erfassung möglich wurde.

Die praxisrelevanten Empfehlungen wurden erst im Februar 2026 fertiggestellt. Der Abschlussbericht, die Praxis-Merkblätter und die Vorbereitung der abschließenden Workshops wurden erst nach der Datenintegration und den Rückmeldungen aus der WiTa 2026 (25.–28. Februar) finalisiert.

Bewertung der Abweichungen

Die größten Abweichungen betrafen die zeitlichen Verschiebungen und die inhaltliche Erweiterung des Vorhabens. Bauliche Verzögerungen beim Auslauf und die späte Verfügbarkeit der RFID-Technik waren die Hauptgründe für die Verzögerung.

Dennoch wurden alle im Projektplan festgeschriebenen Kernziele erreicht: Die Verhaltenstests für alle lokalen Rassen und Kreuzungen liegen vor, die Auslaufnutzung wurde erfasst, die Bonitur-Daten konnten in ein differenziertes Bewertungsschema überführt werden und praxisrelevante Empfehlungen für die ökologische Geflügelhaltung wurden entwickelt und an die Partner von RegioHuhn weitergegeben.

Weiterführende Fragestellungen für Anschlussprojekte

Auf Basis der erzielten Erkenntnisse und der noch offenen Punkte ergeben sich mehrere konkrete Forschungsfragen, die als Basis für ein möglicher zweites Förderungs- oder Anschlussprojekt dienen können:

1. Stress-Physiologie im Kontext von Aktivitätsmustern – Wie unterscheiden sich die Kortikosteroid-Metabolitenprofile zwischen Phasen intensiver Auslaufnutzung und Phasen mit geringer Aktivität, und wie lässt sich das mit dem beobachteten Spiel- und Feder-Pick-Verhalten verknüpfen? Die Klärung, ob die nach der Wiedereröffnung des Auslaufs beobachteten

Corticosteron-Anstiege „Eustress“ (positive Aktivierung) oder Belastungs-Stress darstellen, ist für die Interpretation von Stress-Biomarkern entscheidend.

2. Validierung positiver Tierwohl-Indikatoren – Welche Kombination aus Verhaltenstests (z. B. Spiel, Exploration) und physiologischen Messungen liefert einen robusten Index für positive affektive Zustände?

3. Optimierung des Managements zur Maximierung der Auslaufnutzung – Wie kann die Nutzung der Außenbereiche, insbesondere von den Kreuzungen, die bislang weniger aktiv waren, erhöht werden? Praktische Leitlinien könnten Landwirten bei der Einführung neuer Haltungsbedingungen helfen.

4. Wirtschaftlich-technische Bewertung des Tierwohls – Welcher ökonomischer Nutzen entsteht?

5. Skalierbarkeit der RFID-basierten Sensorik – Wie lässt sich das bereits validierte RFID-System auf Betriebe ausdehnen? Technische Anpassungen, Datenaggregationsstrategien und Cloudlösungen stehen hier im Fokus.

AP 5 Qualität & Vermarktung (Universität Göttingen)

Im Arbeitspaket 5 war vorgesehen, die Produktqualität von Fleisch und Eiern aus verschiedenen Reinzucht- und Kreuzungsherkünften objektiv zu charakterisieren sowie deren sensorische und verbraucherseitige Akzeptanz zu untersuchen und daraus Vermarktungsperspektiven abzuleiten. Die geplanten chemisch-physikalischen Untersuchungen zur Fleischqualität (u. a. Farbe, pH-Wert, Lagerverlust und instrumentelle Zartheit) wurden vollständig durchgeführt und ausgewertet. Ergänzend erfolgten deskriptive sensorische Analysen mit trainierten Panelisten anhand standardisierter Zubereitungen (Sous-vide gebratene Brust, Hühnerbrühe, Hackfleischbällchen sowie Frikassee/Blankett), wodurch sensorische Unterschiede zwischen den Herkünften objektiv erfasst werden konnten. Die ursprünglich vorgesehene Analyse flüchtiger, aromaaktiver Substanzen mittels GC/MS konnte hingegen aufgrund begrenzter personeller Ressourcen nicht realisiert werden. Untersuchungen zum ernährungsphysiologischen Wert, insbesondere zum Fettsäuremuster und zu bioaktiven Peptiden im Fleisch, wurden im Rahmen einer Masterarbeit durchgeführt. Ebenso wurde das Fettsäuremuster im Eidotter verschiedener Herkünfte zu mehreren Legezeitpunkten analysiert, um mögliche Zusammenhänge zwischen Tierwohl und Produktqualität zu untersuchen. Im Bereich der Vermarktungs- und Akzeptanzforschung wurden statt klassischer Fokusgruppen praxisnahe Erhebungen mit Gastronomiebetrieben durchgeführt, denen Tiere verschiedener Rassen zur Verarbeitung zur Verfügung gestellt wurden. Die anschließenden Fragebogen- und Interviewauswertungen lieferten erste Hinweise zu sensorischen Eigenschaften sowie zu geeigneten Zubereitungs- und Verarbeitungsmöglichkeiten. Die darauf aufbauende quantitative Verbraucherforschung wurde wie geplant umgesetzt: Eine Home-Use-Test-Studie mit 108 Konsumierenden untersuchte praktische Umsetzung, Geschmacksevaluation, Kocherlebnis und Verwendung von Ganzkörpern im Privathaushalt. Zusätzlich wurde ein Realexperiment in der lokalen Mensa durchgeführt, bei dem eine Informationsintervention zur Produktkommunikation getestet wurden. Mit insgesamt 642 Teilnehmenden wurden zusätzliche Erkenntnisse zur Verbraucherakzeptanz unter realen Verzehrbedingungen gewonnen. Der ursprünglich geplante Praxisworkshop mit Gastronomen konnte aufgrund zeitlicher und finanzieller Engpässe nicht umgesetzt werden; stattdessen wurden sieben Experteninterviews mit Vertretern aus Gastronomie, Gemeinschaftsverpflegung und Praxis durchgeführt und ausgewertet. Insgesamt konnten die zentralen Projektziele zur Charakterisierung der Produktqualität sowie zur Untersuchung der Verbraucherakzeptanz weitgehend erreicht werden. Die Ergebnisse unterstreichen insbesondere die Bedeutung geeigneter Zubereitungsformen und zielgerichteter Informationsvermittlung für die Akzeptanz lokaler Hühnerrassen bzw. entsprechenden Kreuzungen. Weiterführende Fragestellungen ergeben sich insbesondere hinsichtlich der vertieften chemisch-analytischen Charakterisierung von Aromaprofilen, der Skalierbarkeit der Vermarktung in Gastronomie und die Umsetzbarkeit in der Gemeinschaftsverpflegung.

AP 6 Tierernährung (Universität Kassel)

Im Arbeitspaket 6 des Projekts ÖkoGen war ursprünglich die Entwicklung praxisnaher Strategien für eine bedarfsgerechte, effiziente und ökologisch nachhaltige Fütterung von Zweinutzungshühnern vorgesehen. Ausgangspunkt bildeten Leistungs- und Futterraufnahmedaten aus dem assoziierten Projekt RegioHuhn, auf deren Basis Versuchsrationen für sechs vielversprechende Gebrauchskreuzungen entwickelt und unter kontrollierten sowie praxisnahen Bedingungen geprüft werden sollten. Ziel war es, aus den Ergebnissen konkrete Fütterungsempfehlungen sowie einen Management Guide für Praxisbetriebe und Vermehrungsbetriebe abzuleiten.

Im Folgenden werden die ursprünglich formulierten Ziele den tatsächlich erreichten Ergebnissen gegenübergestellt und daraus weiterführende Fragestellungen abgeleitet.

Erreichte Ziele und Umsetzung des ursprünglichen Arbeitsprogramms

Ein zentrales Ziel von AP6 war die experimentelle Prüfung der Eignung ausgewählter Zweinutzungskreuzungen unter den Bedingungen einer 100 %-Bio-Fütterung. Dieses Ziel wurde erreicht. Sowohl im experimentellen Hahnenmastversuch als auch im Hennenversuch und im ergänzenden Praxistest konnten umfangreiche Leistungs-, Futterraufnahme-, Effizienz- und Qualitätsdaten für alle sechs untersuchten Kreuzungen erhoben werden. Damit liegen erstmals systematische Daten zur Reaktion identischer Genotypen auf unterschiedliche Fütterungsstrategien in Mast und Legephase vor.

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil des ursprünglichen Konzepts war die Untersuchung energiereduzierter Rationen mit erhöhtem Luzerneanteil. Dieses Ziel wurde vollständig umgesetzt. Die Versuche erlaubten eine differenzierte Bewertung der Auswirkungen von Luzerne auf Futterraufnahme, Wachstum, Futtermittelverwertung, Legeleistung und Eiquantität unter experimentellen und praxisnahen Bedingungen. Dabei konnten klare genotypabhängige Unterschiede in der Kompensationsfähigkeit und Effizienz aufgezeigt werden, die für die praktische Fütterung von hoher Relevanz sind.

Auch der Praxistest unter ökologischen Haltungsbedingungen mit Auslauf wurde erfolgreich durchgeführt. Er erwies sich als besonders wertvoll, da er zeigte, dass Leistungsdaten aus experimentellen Versuchen nur eingeschränkt auf die Praxis übertragbar sind. Die Ergebnisse verdeutlichten den starken Einfluss von Haltung, Aktivitätsniveau und Umweltbedingungen auf Futterraufnahme und Leistungsfähigkeit und lieferten wichtige Hinweise für die Bewertung von Fütterungsstrategien im realen Betriebsgeschehen.

Darüber hinaus wurde das ursprünglich formulierte Ziel, Produktqualitäten zu erfassen, weitgehend erreicht. Neben Schlachtgewichten und Teilstückgewichten bei Hähnen wurden im Hennenversuch umfangreiche Daten zur Eiquantität (Eigewicht, Eigrößenverteilung, Bruchfestigkeit, Dotterfarbe) erhoben. Diese Ergebnisse ergänzen die Leistungsdaten sinnvoll und ermöglichen eine ganzheitlichere Bewertung der Kreuzungen.

Nicht oder nur teilweise erreichte Ziele

Einige der ursprünglich geplanten Ziele konnten im Rahmen von AP6 nicht oder nur eingeschränkt erreicht werden. So war vorgesehen, bei der Rationsgestaltung vorrangig heimische Proteinträger aus ökologischer Erzeugung einzusetzen. Um die geplanten Nährstoffgehalte, insbesondere bei Methionin/Cystin und Lysin, zu erreichen, war jedoch der zusätzliche Einsatz von Proteinträgern wie Sojakuchen erforderlich. Eine vollständige Abbildung rein heimischer Eiweißstrategien konnte daher nicht umgesetzt werden.

Ebenso war eine Kostenoptimierung der Rationen vorgesehen. Aufgrund der starken Volatilität der Rohwarenpreise sowie des Fokus auf die biologische Leistungsbewertung wurde keine ökonomische Analyse der Fütterungsstrategien durchgeführt. Entsprechend erfolgte auch keine monetäre Bewertung der Effizienzunterschiede zwischen Rationen und Genotypen.

Weiterhin konnte der Verfettungsgrad der Hennen nicht bestimmt werden. Die geplante Entnahme von Junghennen zur weiterführenden Analyse unterblieb, da die Tierzahlen hierfür nicht ausreichten. Damit fehlen ergänzende Informationen zur Körperzusammensetzung, die insbesondere für die Interpretation der Effekte energiereduzierter Rationen von Bedeutung gewesen wären.

Ein zentrales Ziel von AP6 war die Ableitung konkreter Fütterungsempfehlungen für die untersuchten Kreuzungen sowie für die lokalen Reinzuchten. Dieses Ziel wurde in der ursprünglich vorgesehenen Form nicht erreicht. Weder konnten verbindliche Nährstoffbedarfe herausgearbeitet noch ein Management Guide erstellt werden. Stattdessen zeigte sich im Verlauf der Versuche, dass die hohe Genotypabhängigkeit der Reaktionen sowie der starke Einfluss der Haltungsumwelt einer pauschalen Empfehlung entgegenstehen.

Erzielte Erkenntnisse mit hoher Praxisrelevanz

Trotz der genannten Einschränkungen konnten im Rahmen von AP6 wesentliche praxisrelevante Erkenntnisse gewonnen werden, die unmittelbar in das betriebliche Fütterungsmanagement einfließen können. Dazu zählen unter anderem:

- die Erkenntnis, dass bei Luzernefütterung eine ausreichende Energieversorgung zwingend sicherzustellen ist, da eine vollständige Kompensation über höhere Futteraufnahmen nur eingeschränkt und genotypabhängig möglich ist,
- der Hinweis, dass der Einsatz von Luzerne bei Legehennen auf niedrige Einsatzniveaus ($\leq 5\%$) begrenzt werden sollte, um Leistungseinbußen zu vermeiden,
- die Bedeutung der Haltungsumwelt (Auslauf, Temperatur, Aktivitätsniveau) für Futteraufnahme und Leistung,
- die Identifikation von robusteren Kreuzungen, die besser mit energiereduzierten Rationen und Praxisbedingungen umgehen können.

Gerade der Praxistest lieferte wichtige Hinweise, dass Fütterungsstrategien stets im Kontext des gesamten Haltungssystems betrachtet werden müssen und dass Ergebnisse aus kontrollierten Versuchen nicht ohne Weiteres übertragbar sind.

Hinweise auf weiterführende Fragestellungen und Forschungsbedarf

Aus den Ergebnissen von AP6 ergibt sich weiterer Forschungsbedarf. Zentrale offene Fragestellungen betreffen insbesondere:

- die Bestimmung genotypspezifischer Kompensationsgrenzen bei energiereduzierten Rationen,
- die Optimierung der Luzerneaufbereitung (Anteil Blattmasse, Struktur, Verarbeitung), um negative Effekte auf Leistung und Effizienz zu minimieren,
- die Erfassung der Körperzusammensetzung (insbesondere Verfettungsgrad) zur besseren Bewertung der Energienutzung,
- die Verknüpfung biologischer Leistungsdaten mit ökonomischen Bewertungen, um praxisnahe Entscheidungsgrundlagen zu schaffen,
- sowie die Entwicklung adaptiver, systemspezifischer Fütterungskonzepte.

Zudem zeigt sich, dass für Zweinutzungssysteme weniger die Erarbeitung allgemeingültiger Bedarfszahlen, sondern vielmehr das Verständnis der Interaktionen zwischen Genetik, Fütterung und Haltung entscheidend ist. Künftige Forschung sollte daher stärker auf integrierte, praxisnahe Versuchsansätze setzen, die diese Wechselwirkungen gezielt berücksichtigen.

Zusammenfassende Bewertung

Zusammenfassend konnte AP6 wesentliche Erkenntnisse zur Leistungsfähigkeit, Anpassungsfähigkeit und Effizienz verschiedener Zweinutzungskreuzungen unter ökologischen Fütterungsbedingungen liefern. Auch wenn zentrale ursprüngliche Ziele – insbesondere die Ableitung konkreter Fütterungsempfehlungen und die Entwicklung eines Management Guides – nicht erreicht wurden, stellt die Arbeit eine wichtige Grundlage für die Weiterentwicklung genotypspezifischer und systemangepasster Fütterungsstrategien dar. Die gewonnenen Ergebnisse tragen damit wesentlich zum Verständnis der Grenzen und Potenziale von Zweinutzungssystemen im ökologischen Landbau bei und bilden einen Ausgangspunkt für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

AP 7 Zuchtplanung (Universität Kassel)

Im Arbeitspaket 7 sollten umfangreiche Zuchtplanungsrechnungen und genomische Charakterisierung der Reinzuchten. In Absprache mit dem Projektträger wurden die Ziele modifiziert und die Entwicklung einer Datenerfassung und Boniturapplikation für Smartphones und Tablets entwickelt. Die Entwicklung dieser Applikation war aufwendiger als gedacht. Allerdings konnte auf allen Projekttreffen ein großes Interesse der Praxis, besonders an der Boniturapplikation, beobachtet werden. Aktuell befindet sich die Applikation im Praxistest und wird in mehreren anderen Forschungsvorhaben verwendet. Auf dem Abschlussworkshop des Projektes ÖkOgen am 28.01.2026 wurde die App von einem Vertreter des Verbandes Bioland angefragt, ebenso wie von einem Mitarbeiter der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung in Eberswalde. Es ist anzumerken, dass die Applikationen aktuell auf das Betriebssystem Android beschränkt sind. Es wäre wünschenswert, wenn in Zukunft auch Versionen der Applikationen verfügbar wären, welche unter dem Betriebssystem Apple lauffähig sind.

Es wurden Simulationsstudien bezüglich der Rotation von Zuchttieren in vier verschiedenen Clustern durchgeführt und der positive Effekt der Zuchttierrotation zwischen vier Clustern wurde für ein hypothetisches Merkmal gezeigt. Der Erblichkeitswert des hypothetischen Merkmals lagen bei 0,10, 0,25 oder 0,40. Dies entspricht einer niedrigen, mittleren und hohen Erblichkeit. Somit konnte gezeigt werden, dass in einer Optimierung des Zuchttierausstausches noch unausgeschöpftes Potential liegt. Um dieses Potential auch in die Praxis zu bringen ist es in Zukunft erforderlich die hier gewonnenen Erkenntnisse in einfacher und verständlicher Weise den Haltern lokaler Hühnerrassen zu präsentieren. Dies könnte zum Beispiel auf Veranstaltung der GEH erfolgen.

Bei der Etablierung von Nukleusherden ist die Rotation von Zuchttieren schwieriger und ausserdem gibt es in dieser Situation grundsätzlich andere Bedingungen, was die Selektion der Elterntiere der nächsten Generation angeht. Die im Rahmen dieses AP durchgeführten Simulationsstudien konnten erwartungsgemäß das hohe Potential der Optimum Contribution Selection bezüglich des genomischen Inzuchtmanagements bestätigen.

Die genomische Charakterisierung der lokalen Rassen konnte nicht durchgeführt werden. Es zeigte sich, dass die SNP-Markerdichte des verwendeten Chips nicht hoch genug war. In diesem Arbeitspaket wurden zusätzlich zu SNP Daten auch von einer ausreichenden Anzahl von Tieren die komplette Genomsequenz ermittelt. Eine Kombination von Sequenz und SNP Markerdaten könnte das Problem der zu geringen Markerdichte beheben. Die Durchführung war in diesem AP aber nicht möglich, da die Entwicklung der Applikationen im ursprünglichen Arbeitsplan nicht vorgesehen war. Die in diesem AP gewonnenen molekularen Daten werden auch im Projekt RegioHuhn verwendet und durch genomische Daten aus dem Projekt RegioHuhn ergänzt. Gerade bei kleinen lokalen Rassen ist die Anzahl der Tiere oftmals ein begrenzender Faktor. Eine Weiterführung der Arbeiten im Projekt RegioHuhn stellt somit eine gute Option da, weil Auswertungsroutinen aus diesem AP weiter genutzt werden können.

Zusammenfassend konnte AP7 eine Applikation von hoher Praxisrelevanz entwickelt werden. Diese Applikation kann zu einer Verbesserung des Tierwohls und der Tiergesundheit in der Praxis führen, da sie die betriebliche Eigenkontrolle erleichtert und weniger fehleranfällig ist, als zum Beispiel Papierlisten. Des Weiteren erleichtert sie die Dokumentationspflicht, da die Daten direkt in Listen exportiert werden können. Die in AP7 begonnenen Arbeiten bezüglich der genomischen Charakterisierung und Zuchtplanungssimulationen werden im Projekt RegioHuhn fortgesetzt.

XII. Zusammenfassung

Die Ergebnisse des Projekts ÖkoGen liefern einen umfassenden Einblick in das Potenzial lokaler Hühnerrassen und deren Gebrauchskreuzungen im ökologischen Landbau. Untersucht wurden zentrale Bereiche wie Tiergesundheit (Parasitenresistenz, Immunität, Knochenstabilität), Tierwohl, Produktqualität, Vermarktung, Tierernährung und Zuchtplanung. Im Folgenden werden die Hauptergebnisse nach diesen Themenfeldern zusammengefasst:

1. Tiergesundheit und Parasitenresistenz

Die lokalen Hühnerrassen und deren Kreuzungen zeigten eine hohe Resilienz gegenüber Endoparasiten wie *Ascaridia galli*, was sich in stabilen Leistungsparametern trotz Infektionen widerspiegelt. Die Ergebnisse belegen, dass der genetische Hintergrund die Reaktion auf Parasiteninfektionen maßgeblich beeinflusst. Während einige Genotypen eine Toleranzstrategie verfolgen (hohe Parasitenlast, geringe Antikörperantwort, aber stabile Leistung), zeigen andere eine klassische Resistenz (reduzierte Parasitenlast durch eine stärkere Immunantwort). Kreuzungsansätze mit kommerziellen Linien führten zu homogeneren Reaktionsprofilen und stabileren Leistungsmerkmalen, ohne die Parasitenlast zwingend zu reduzieren. Altersbedingte Unterschiede in der Immunantwort sowie die Persistenz von Parasitenstadien in der Umwelt unterstreichen die Bedeutung integrierter Managementstrategien.

2. Immunkompetenz und Virus Resilienz

Bereits direkt nach dem Schlupf konnte bei den lokalen Rassen eine signifikant verschiedene Immunkompetenz gemessen werden, die sich schnell vereinheitlicht, wohingegen die Kreuzungen über einen längeren Entwicklungsabschnitt eine geringere zelluläre Immunkompetenz zeigen. Die lokalen Rassen unterscheiden sich weiterhin in der Resilienz gegenüber Influenza Virusinfektionen und der Transmission des Virus. Die Impfantwort nach NDV Impfung zeigt nicht nur Unterschiede in der Dauer der Immunität sondern auch Unterschiede in der zellulären Immunität von Erhöhung der Protektion durch Booster-Immunsierung bis hin zu Toleranz. Letzteres zeigt, dass angepasste Impfschemata für verschiedene Rassen nötig sind.

2. Knochenstabilität

Die Untersuchungen zur Brustbeingesundheit ergaben, dass Kreuzungen aus lokalen Rassen und leistungsstarken Elterntieren höhere Legeleistungen aufweisen, jedoch auch ein erhöhtes Risiko für Brustbeinfrakturen tragen. Die Mutterlinie hatte einen maßgeblichen Einfluss auf Mastleistung und Futtereffizienz. Die physiologischen Analysen zeigten, dass die höhere Legeleistung der Kreuzungstiere nicht zwangsläufig zu pathologischen Veränderungen im Kalziumhaushalt führt. Die Ergebnisse bestätigen, dass Frakturen und Deformationen des Brustbeins als getrennte Merkmale betrachtet werden müssen und dass neben der Genetik auch Haltungsbedingungen wie Legebeginn und Fütterung eine Rolle spielen.

4. Tierwohl und Verhalten

Morphologische Bonituren und Verhaltenstests belegten ein insgesamt hohes Tierwohlniveau in allen Gruppen, wobei Kreuzungen tendenziell besser bewertet wurden als Reinzuchten. Die Aktivitätsmuster und individuellen Präferenzen (insbesondere bei der Auslaufnutzung) zeigten erhebliche Unterschiede, was auf Persönlichkeitsmerkmale und individuelle Bedürfnisse der Tiere hinweist. Technologische Innovationen wie RFID- und KI-gestützte Systeme ermöglichten eine

differenzierte, objektivere Erfassung von Verhalten und Tierwohl. Es wurde deutlich, dass Tierwohl nicht „one-size-fits-all“ ist, sondern differenzierte Haltungssysteme erfordert. Die Validierung positiver Tierwohlindikatoren (z.B. Spielverhalten, affektive Zustände) steht noch am Anfang, ist aber methodisch und praktisch relevant.

5. Produktqualität und Vermarktung

Die sensorischen Analysen und Marktstudien zeigten, dass sich lokale Rassen und Gebrauchskreuzungen nur geringfügig von kommerziellen Standardprodukten unterscheiden. Der geschmackliche Unterschied ist kein tragfähiges Vermarktungsargument. Die Vermarktungspotenziale liegen vielmehr in Aspekten wie Biodiversitätserhalt, Tierwohl, regionaler Identität und Transparenz. Informationsvermittlung und Storytelling sind entscheidend, um die Zahlungsbereitschaft der Konsumierenden zu aktivieren. Direktvermarktung und kurze Wertschöpfungsketten bieten hierfür die besten Ansätze. Die Gefahr einer zu starken Leistungsauslese besteht darin, die ursprünglichen Merkmale und Werte lokaler Rassen zu verwässern.

6. Tierernährung

Die genetische Ausstattung und Anpassungsfähigkeit bestimmten maßgeblich die Leistungsfähigkeit und Effizienz der Tiere. Der Einsatz von Luzerne als regionales Futtermittel ist unter bestimmten Voraussetzungen möglich, führt jedoch in der Regel zu Effizienzverlusten, ohne die Leistung zu steigern. Unter Praxisbedingungen ist die Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Fütterungs- und Haltungsbedingungen besonders wichtig. Zweinutzungskreuzungen sind wirtschaftlich tragfähig, wenn Leistungseinbußen kompensiert oder durch geeignete Vermarktung aufgefangen werden.

7. Zuchtplanung und Digitalisierung

Ein zentrales Ergebnis war die Entwicklung digitaler Datenerfassungswerkzeuge (Animal Record), die für lokale Rassen neue Möglichkeiten in der Zucht und im Management eröffnen. Simulationen bestätigten, dass systematische Zuchtprogramme mit genomischer Unterstützung zur nachhaltigen Nutzung und Erhaltung genetischer Ressourcen beitragen können. Die Zuchtplanung sollte differenziert zwischen Feldbeständen und Nukleusherden erfolgen, wobei die Integration genomischer Informationen langfristig eine höhere Präzision und Diversitätssicherung ermöglicht.

Fazit:

Das Projekt ÖkoGen zeigt, dass lokale Hühnerrassen und deren Kreuzungen bedeutende genetische Ressourcen für den ökologischen Landbau darstellen. Sie ermöglichen leistungsfähige und nachhaltige Produktionssysteme, vorausgesetzt, dass Genetik, Haltung, Fütterung und Vermarktung systematisch und ganzheitlich abgestimmt sind. Die Integration digitaler und genomischer Werkzeuge eröffnet zusätzliche Potenziale für die Zukunft der ökologischen Geflügelhaltung.

xiii. Literaturverzeichnis

- Alabi, O. J., Malik, A. D., Ng'ambi, J. W., Obaje, P., & Ojo, B. K. (2017). Effect of Aqueous Moringa Oleifera (Lam) Leaf Extracts on Growth Performance and Carcass Characteristics of Hubbard Broiler Chicken. *Revista Brasileira De Ciência Avícola*, 19(2), 273–280. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0373>
- Alfonso-Carrillo, Clara, Cristina Benavides-Reyes, Jon de los Mozos, u. a. 2021. „Relationship between Bone Quality, Egg Production and Eggshell Quality in Laying Hens at the End of an Extended Production Cycle (105 Weeks)“. *Animals : an Open Access Journal from MDPI* 11 (3): 623. <https://doi.org/10.3390/ani11030623>.
- Altmann, B., Geisler, S., Morthorst, F., Angeli, S., Bortolini, S., Gauly, M., Hummel, J., Sünder, A., Mörlein, D., Traulsen, I. & Ammer, S. (2023). Animal performance and meat quality of two slow-growing chicken genotypes fed insects reared on municipal organic waste. *Journal Of Insects As Food And Feed*, 9(11), 1445–1459. <https://doi.org/10.1163/23524588-20230035>
- Ameer, A., Saleem, F., Keating, C., Afzal, F., Irshad, H., Ahmed, K., Sattar, S., Ijaz, U. Z. & Javed, S. (2026). Avian cecal microbiome response and resilience to Newcastle disease are dictated by breed background. *Frontiers in Systems Biology*, 5, 1659648. <https://doi.org/10.3389/fsysb.2025.1659648>
- Ammer, S., Quander, N., Posch, J., Maurer, V., & Leiber, F. (2017). Mastleistung von Bruderhähnen bei Fütterung mit unterschiedlichen Proteinquellen. *Agrarforschung Schweiz*, 8(4), 120–125. <https://orgprints.org/id/eprint/31447/>
- Anthony, R. M., Rutitzky, L. I., Urban, J. F. Jr., Stadecker, M. J., & Gause, W. C. (2007). Protective immune mechanisms in helminth infection. *Nature Reviews Immunology*, 7(12), 975–987. <https://doi.org/10.1038/nri2199>
- Arango, J., Wolc, A., Owen, J., Weston, K. & Fulton, J. E. (2024). Genetic Variation in Natural and Induced Antibody Responses in Layer Chickens. *Animals*, 14(11), 1623. <https://doi.org/10.3390/ani14111623>
- Bahry, M. A., Hanlon, C., Ziezold, C. J., Schaus, S., & Bédécarrats, G. Y. (2023). Impact of growth trajectory on sexual maturation in layer chickens. *Frontiers in Physiology*, 14, 1174238. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1174238>
- Bain, M. M., Y. Nys, und I. C. Dunn. 2016. „Increasing Persistency in Lay and Stabilising Egg Quality in Longer Laying Cycles. What Are the Challenges?“ *British Poultry Science* 57 (3): 330–38. <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1161727>.
- Baldinger, L., & Bussemas, R. (2021a). Dual-purpose production of eggs and meat — Part 1: cockerels of crosses between layer and meat breeds achieve moderate growth rates while showing unimpaired animal welfare. *Organic Agriculture*, 11(3), 489–498. <https://doi.org/10.1007/s13165-021-00357-z>
- Baldinger, L., & Bussemas, R. (2021b). Dual-purpose production of eggs and meat—part 2: hens of crosses between layer and meat breeds show moderate laying performance but choose feed with less protein than a layer hybrid, indicating the potential to reduce protein in diets. *Organic Agriculture*, 11(1), 73–87. <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00328-w>
- Baldinger, L., & Günther, I. (2018). Vergleich der Mast- und Legeleistung von sechs Zweinutzungs-Hühnerherkünften zur Abschätzung ihrer Eignung für eine privatwirtschaftlich unabhängige Geflügelzucht für die ökologische Landwirtschaft. Thünen Institut für Ökologischen Landbau. https://oekotierzucht.de/wp-content/uploads/2025/06/endbericht-zweinutzungshuhn-ti_ol-oetz.pdf
- Bauer, C. (2006). Helminthosen des Nutzgeflügels. In T. Schnieder (Ed.), *Veterinärmedizinische Parasitologie* (6th ed., pp. 600–633). Parey. <https://dx.doi.org/10.1055/b-0034-47408>

- Baur, Sarah, Christina Rufener, Michael J. Toscano, und Urs Geissbühler. 2020. „Radiographic Evaluation of Keel Bone Damage in Laying Hens—Morphologic and Temporal Observations in a Longitudinal Study“. *Frontiers in Veterinary Science* 7 (März). <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00129>.
- Bayer, E., Meyer-Höfer, M. von, & Kühl, S. (2023). Hotspot analysis for organic laying hen husbandry—identification of sustainability problems as potential risk points to lose consumers’ trust. *Organic Agriculture*, 13(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s13165-023-00426-5>
- Behdad Tarbiat, B., Jansson, D. S., & Höglund, J. (2015). Environmental tolerance of free-living stages of the poultry roundworm *Ascaridia galli*. *Veterinary Parasitology*, 209(1–2), 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.01.024>
- Bioland. (2020). Bioland und Demeter erteilen Geschlechtsbestimmung im Ei eine Absage: Pressemitteilung Bioland – Bundesverband, Mainz, 09.04.2020. Veröffentlicht auf der Website der Landwirtschaftskammer NRW. <https://www.oekolandbau.nrw.de/bioland-und-demeter-erteilen-geschlechtsbestimmung-im-ei-eine-absage>
- Bishop, S. C. (2012). A consideration of resistance and tolerance for ruminant nematode infections. *Frontiers in Genetics*, 3, 168. <https://doi.org/10.3389/fgene.2012.00168>
- Bishop, S. C., R. H. Fleming, H. A. McCormack, D. K. Flock, und C. C. Whitehead. 2000. „Inheritance of Bone Characteristics Affecting Osteoporosis in Laying Hens“. *British Poultry Science* 41 (1): 33–40. <https://doi.org/10.1080/00071660086376>.
- Blume, L., Hoischen-Taubner, S., & Sundrum, A. (2021a). Alfalfa - a regional protein source for all farm animals. *Landbauforschung Journal of Sustainable and Organic Agriculture*, 71(1), 1–13. <https://doi.org/10.3220/LBF1615894157000>
- Blume, L., Hoischen-Taubner, S., & Sundrum, A. (2021b). Effects of alfalfa leaf mass as a part of organic feeding strategies on growth and slaughtering performance of dual-purpose roosters: a preliminary study. *European Poultry Science*, 85, 1–17. <https://doi.org/10.1399/eps.2021.341>
- Bund Deutscher Rassegeflügelzüchter. (2026). Rasetafeln Hühner. https://www.bdr.de/media/docs/Rasetafeln_Huehner.pdf
- Carrasco, L. S., Bellof, G., & Schmidt, E. (2014). Nutrients deposition and energy utilization in slow-growing broilers fed with organic diets containing graded nutrient concentration. *Livestock Science*, 161, 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.028>
- Coop, R. L., & Kyriazakis, I. (1999). Nutrition-parasite interaction. *Veterinary Parasitology*, 84(3–4), 187–204. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(99\)00070-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(99)00070-9)
- Dalgaard, T. S., Rebel, J. M., Bortoluzzi, C. & Kogut, M. H. (2022). Factors modulating the avian immune system. In *Elsevier eBooks* (S. 419–435). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818708-1.00004-x>
- Damme, K. (2015). Economics of Dual-Purpose Breeds (Lohmann Information No. 2). <https://lohmman-breeders.com/lohmmaninfo/economics-of-dual-purpose-breeds/>
- Daş, G., Hennies, M., Sohnrey, B., & Gauly, M. (2017). A comprehensive evaluation of an ELISA for the diagnosis of the two most common ascarids in chickens using plasma or egg yolks. *Parasites & Vectors*, 10, 187. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2121-9>
- Daş, G., Kaufmann, F., Abel, H., & Gauly, M. (2010). Effect of extra dietary lysine in *Ascaridia galli* infected grower layers. *Veterinary Parasitology*, 170(3–4), 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.02.026>
- Duenk, Pascal, Henk Bovenhuis, Pauline Willemsen, u. a. 2025. „Genetic analysis of keel bone fractures in laying hens housed in a quasi-commercial aviary“. *Poultry Science* 104 (12): 106067. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.106067>.
- Dunn, Ian C., Dirk-Jan De Koning, Heather A. McCormack, u. a. 2021. „No Evidence That Selection for Egg Production Persistency Causes Loss of Bone Quality in Laying Hens“. *Genetics, Selection, Evolution: GSE* 53 (1): 11. <https://doi.org/10.1186/s12711-021-00603-8>.

- Ertl, P., Knaus, W., & Zollitsch, W. (2016). An approach to including protein quality when assessing the net contribution of livestock to human food supply. *Animal*, 10(11), 1883–1889. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000902>
- Eusemann, Beryl Katharina, Antonia Patt, Lars Schrader, Steffen Weigend, Christa Thöne-Reineke, und Stefanie Petow. 2020. „The Role of Egg Production in the Etiology of Keel Bone Damage in Laying Hens“. *Frontiers in Veterinary Science* 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00081>.
- Eusemann, Beryl Katharina, Ulrich Baulain, Lars Schrader, Christa Thöne-Reineke, Antonia Patt, und Stefanie Petow. 2018. „Radiographic Examination of Keel Bone Damage in Living Laying Hens of Different Strains Kept in Two Housing Systems“. *PLOS ONE* 13 (5): e0194974. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194974>.
- Falconer, D. S., & Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics* (4th ed.). Addison Wesley Longman.
- Fleming, R. H., H. A. McCormack, und C. C. Whitehead. 1998. „Bone Structure and Strength at Different Ages in Laying Hens and Effects of Dietary Particulate Limestone, Vitamin K and Ascorbic Acid“. *British Poultry Science* 39 (3): 434–40. <https://doi.org/10.1080/00071669889024>.
- Fulton, J. E., Lund, A. R., McCarron, A. M., Pinegar, K. N., Korver, D. R., Classen, H. L., et al. (2016a). MHC variability in heritage breeds of chickens. *Poultry Science*, 95(2), 393–399. <https://doi.org/10.3382/ps/pev363>
- Fulton, J. E., McCarron, A. M., Lund, A. R., Pinegar, K. N., Wolc, A., Chazara, O., et al. (2016b). A high-density SNP panel reveals extensive diversity, frequent recombination and multiple recombination hotspots within the chicken major histocompatibility complex B region between BG2 and CD1A1. *Genetics, Selection, Evolution*, 48, 1. <https://doi.org/10.1186/s12711-015-0181-x>
- Gauly, M., Bauer, C., Mertens, C., & Erhardt, G. (2001). Effect and repeatability of *Ascaridia galli* egg output in cockerels following a single low dose infection. *Veterinary Parasitology*, 96(4), 301–307. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(00\)00445-3](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(00)00445-3)
- Gauly, M., Duss, C., & Erhardt, G. (2007). Influence of *Ascaridia galli* infections and anthelmintic treatments on the behaviour and social ranks of laying hens (*Gallus gallus domesticus*). *Veterinary Parasitology*, 146(3–4), 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.03.005>
- Gauly, M., Kanan, A., Brandt, H., Weigend, S., Moors, E., & Erhardt, G. (2008). Genetic resistance to *Heterakis gallinarum* in two chicken layer lines following a single dose infection. *Veterinary Parasitology*, 155(1–2), 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.04.008>
- Gharaibeh, S. & Mahmoud, K. (2013). Decay of maternal antibodies in broiler chickens. *Poultry Science*, 92(9), 2333–2336. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03249>
- Grela, E. R., Ognik, K., Czech, A., & Matras, J. (2014). Quality assessment of eggs from laying hens fed a mixture with lucerne protein concentrate. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 23(3), 236–243. <https://doi.org/10.22358/jafs/65686/2014>
- Gul, H., Habib, G., Khan, I. M., Rahman, S. U., Khan, N. M., Wang, H., Khan, N. U. & Liu, Y. (2022). Genetic resilience in chickens against bacterial, viral and protozoal pathogens. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1032983. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1032983>
- Habig, Christin, Annett Weigend, Ulrich Baulain, Stefanie Petow, und Steffen Weigend. 2021. „Influence of Age and Phylogenetic Background on Blood Parameters Associated With Bone Metabolism in Laying Hens“. *Frontiers in Physiology* 12: 678054. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.678054>.
- Hammershøj, M., Kristiansen, G. H., & Steenfeldt, S. (2021). Dual-Purpose Poultry in Organic Egg Production and Effects on Egg Quality Parameters. *Foods*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/foods10040897>

- Hanlon, Charlene, Kayo Takeshima, Elijah G. Kiarie, und Grégory Y. Bédécarrats. 2021. „Bone and eggshell quality throughout an extended laying cycle in three strains of layers spanning 50 years of selection“. *Poultry Science* 101 (3): 101672. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101672>.
- Haunshi, S., Shanmugam, M., Padhi, M. K., Niranjana, M., Rajkumar, U., Reddy, M. R., & Panda, A. K. (2012). Evaluation of two Indian native chicken breeds for reproduction traits and heritability of juvenile growth traits. *Tropical Animal Health and Production*, 44(5), 969–973. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9994-y>
- Hassan, M. S. & Sharif, S. (2025). Immune responses to avian influenza viruses in chickens. *Virology*, 603, 110405. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2025.110405>
- Hildebrand, Lisa, Saskia Neukirchen, Mareike Fellmin, u. a. 2026. „Comparison of Keel Bone Traits, Eggshell Production, and Physiological Parameters between a Hybrid Layer and Two Low-Performing Chicken Genotypes“. *Frontiers in Physiology* 17 (März). <https://doi.org/10.3389/fphys.2026.1782139>.
- Hocking, P. M., D. A. Sandercock, S. Wilson, und R. H. Fleming. 2009. „Quantifying Genetic (Co)Variation and Effects of Genetic Selection on Tibial Bone Morphology and Quality in 37 Lines of Broiler, Layer and Traditional Chickens“. *British Poultry Science* 50 (4): 443–50. <https://doi.org/10.1080/00071660903110927>.
- Hocking, P. M., M. Bain, C. E. Channing, R. Fleming, und S. Wilson. 2003. „Genetic Variation for Egg Production, Egg Quality and Bone Strength in Selected and Traditional Breeds of Laying Fowl“. *British Poultry Science* 44 (3): 365–73. <https://doi.org/10.1080/0007166031000085535>.
- Humphrey, B. D., & Klasing, K. C. (2004). Modulation of nutrient metabolism and homeostasis by the immune system. *World's Poultry Science Journal*, 60(1), 90–100. <https://doi.org/10.1079/WPS20037>
- Hörning, B. (2023). Zur Umsetzung des Kükentötungsverbots in Deutschland. *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, 101. <https://doi.org/10.12767/buel.v101i3.495>
- Hörning, B., Schmelzer, E., Kaiser, A., Günther, I., Böttcher, F., Rapp, F., Manek, G., Zumbach, B., & Keppler, C. (2020). Konzeption einer Ökologischen Hühnerzucht - mit besonderer Beachtung einer möglichen Zweinutzung. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. <https://orgprints.org/id/eprint/38589/>
- Ibrahim, D., Goshu, G., Esatu, W., & Cahaner, A. (2019). Dual-purpose production of genetically different chicken crossbreeds in Ethiopia. 2. Egg and meat production of the final-crossbreed females and males. *Poultry Science*, 98(9), 3405–3417. <https://doi.org/10.3382/ps/pez137>
- Icken, W., D. Cavero, M. Schmutz, und R. Preisinger. 2012. „New phenotypes for new breeding goals in layers“. *World's Poultry Science Journal* 68 (3): 387–400. <https://doi.org/10.1017/S0043933912000505>.
- Jansen, Simon, Ulrich Baulain, Christin Habig, u. a. 2020. „Relationship between Bone Stability and Egg Production in Genetically Divergent Chicken Layer Lines“. *Animals* 10 (5): 5. <https://doi.org/10.3390/ani10050850>.
- Jansson, D. S., Nyman, A., Vågsholm, I., Christensson, D., Göransson, M., Fossum, O., & Höglund, J. (2010). Ascarid infections in laying hens kept in different housing systems. *Avian Pathology*, 39(6), 525–532. <https://doi.org/10.1080/03079457.2010.527923>
- Jung, Lisa, Sonja Hillemacher, Inga Tiemann, Mascha Lepke, und Dirk Hinrichs. 2024. „Presence of Keel Bone Damage in Laying Hens, Pullets and Roosters of Local Chicken Breeds“. *PloS One* 19 (1): e0297586. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297586>.
- Jung, S., Bae, Y. S., Kim, H. J., Jayasena, D. D., Lee, J. H., Park, H. B., Heo, K. N. & Jo, C. (2013). Carnosine, anserine, creatine, and inosine 5'-monophosphate contents in breast and thigh meats from 5

- lines of Korean native chicken. *Poultry Science*, 92(12), 3275–3282. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03441>
- Kapczynski, D. R. & King, D. J. (2005). Protection of chickens against overt clinical disease and determination of viral shedding following vaccination with commercially available Newcastle disease virus vaccines upon challenge with highly virulent virus from the California 2002 exotic Newcastle disease outbreak. *Vaccine*, 23(26), 3424–3433. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2005.01.140>
- Kaplan, R. M. (2004). Drug resistance in nematodes of veterinary importance: A status report. *Trends in Parasitology*, 20(10), 477–481. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2004.08.001>
- Kaufmann, F., Daş, G., Sohney, B., & Gaulty, M. (2011). Helminth infections in laying hens kept in organic free range systems in Germany. *Livestock Science*, 141(2–3), 182–187. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.05.015>
- Kerschitzki, Michael, Thomas Zander, Paul Zaslansky, Peter Fratzl, Ron Shahar, und Wolfgang Wagermaier. 2014. „Rapid alterations of avian medullary bone material during the daily egg-laying cycle“. *Bone* 69 (Dezember): 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2014.08.019>.
- Kingori, A. M., Wachira, A. M., & Tuitoek, J. K. (2014). Influence of Energy Intake on Egg Production and Weight in Indigenous Chickens of Kenya. *International Journal of Poultry Science*, 13, 151–155. <https://doi.org/10.3923/ijps.2014.151.155>
- Kirn, I., Hofmann, P., Weindl, P. A., Lambertz, C., & Bellof, G. (2024). Using compensatory growth by reducing dietary energy and essential amino acid contents for male Auburn and B.U.T.6 turkeys in organic farming. *European Poultry Science*, 88, 1–18. <https://doi.org/10.1399/eps.2024.405>
- Kirn, I., Weindl, P. A., Born, S., & Bellof, G. (2023). Luzernetrockenblätter aus unterschiedlichen Luzernesorten in der ökologischen Masthühnerfütterung. In V. Bibic & K. Schmidtke (Eds.), *One Step Ahead - einen Schritt voraus: Beiträge zur 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Frick, 7. bis 10. März 2023 (1. Auflage, pp. 1317–1332). Verlag Dr. Köster.
- Klasing, K. C. (2007). Nutrition and the immune system. *British Poultry Science*, 48(5), 525–537. <https://doi.org/10.1080/00071660701671336>
- Kölling, K., A. Hofmeier, und M. Merckenschlager. 1992. „Das Ionisierte Calcium Im Blut Des Haushuhnes: Abhängigkeit von Alter Und Geschlecht“. *Journal of Veterinary Medicine Series A* 39 (1–10): 105–114. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1992.tb00162.x>.
- Lambertz, C., Wuthijaree, K., & Gaulty, M. (2018). Performance, behavior, and health of male broilers and laying hens of 2 dual-purpose chicken genotypes. *Poultry Science*, 97(10), 3564–3576. <https://doi.org/10.3382/ps/pey223>
- Landers, K. L., Woodward, C. L., Li, X., Kubena, L. F., Nisbet, D. J., & Ricke, S. C. (2005). Alfalfa as a single dietary source for molt induction in laying hens. *Bioresource Technology*, 96(5), 565–570. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.06.013>
- Laudadio, V., Ceci, E., Lastella, N., Introna, M., & Tufarelli, V. (2014). Low-fiber alfalfa (*Medicago sativa* L.) meal in the laying hen diet: Effects on productive traits and egg quality. *Poultry Science*, 93(7), 1868–1874. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03831>
- Lavoie, E. T. (2005). Avian immunosenescence. *AGE*, 27, 281–285. <https://doi.org/10.1007/s11357-005-4561-y>
- Leiber, F., Helbing, M., Steiner, A. K., Teslia, V., Amsler, Z., Quander-Stoll, N., & Vitra, A. (2024). Hat der Raufutteranteil eine besondere Bedeutung für Zweinutzungshennen? *Agrarforschung Schweiz*, 15. <https://doi.org/10.34776/afs15-89>
- Liu, G., Dunnington, E. A., & Siegel, P. B. (1995). Correlated responses to long-term divergent selection for eight-week body weight in chickens: Growth, sexual maturity, and egg production. *Poultry Science*, 74(8), 1259–1268. <https://doi.org/10.3382/ps.0741259>

- Liu, S. K., Niu, Z. Y., Min, Y. N., Wang, Z. P., Zhang, J., He, Z. F., Li, H. L., Sun, T. T., & Liu, F. Z. (2015). Effects of dietary crude protein on the growth performance, carcass characteristics and serum biochemical indexes of Lueyang black-boned chickens from seven to twelve weeks of age. *Revista Brasileira De Ciência Avícola*, 17(1), 103–108. <https://doi.org/10.1590/1516-635x1701103-108>
- Maliwan, P., Molee, W., & Khempaka, S. (2019). Response of Thai indigenous crossbred chickens to various dietary protein levels at different ages. *Tropical Animal Health and Production*, 51(6), 1427–1439. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01825-1>
- Minozzi, G., Bidanel, J. P., Minvielle, F., Bed’Hom, B., Gourichon, D., Baumard, Y., & Pinard-van der Laan, M. H. (2008). Crossbreeding parameters of general immune response traits in White Leghorn chickens. *Livestock Science*, 119(1–3), 221–228. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.04.007>
- Mora, L., Sentandreu, M. A. & Toldrá, F. (2007). Hydrophilic Chromatographic Determination of Carnosine, Anserine, Balenine, Creatine, and Creatinine. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 55(12), 4664–4669. <https://doi.org/10.1021/jf0703809>
- Morzell, M. & Van De Vis, H. (2002). Effect of the slaughter method on the quality of raw and smoked eels (*Anguilla anguilla* L.). *Aquaculture Research*, 34(1), 1–11. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00754.x>
- Mourão, J. L., Ponte, P., Prates, J., Centeno, M., Ferreira, L., Soares, M., & Fontes, C. (2006). Use of β -Glucanases and β -1,4-Xylanases to Supplement Diets Containing Alfalfa and Rye for Laying Hens: Effects on Bird Performance and Egg Quality. *Journal of Applied Poultry Research*, 15(2), 256–265. <https://doi.org/10.1093/japr/15.2.256>
- Mueller, S., Kreuzer, M., Siegrist, M., Mannale, K., Messikommer, R. E., & Gangnat, I. (2018). Carcass and meat quality of dual-purpose chickens (Lohmann Dual, Belgian Malines, Schweizerhuhn) in comparison to broiler and layer chicken types. *Poultry Science*, 97(9), 3325–3336. <https://doi.org/10.3382/ps/pey172>
- Muir, W. M., Wong, G. K., Zhang, Y., Wang, J., Groenen, M. A. M., Crooijmans, R. P. M. A., Megens, H., Zhang, H., Okimoto, R., Vereijken, A., Jungerius, A., Albers, G. A. A., Lawley, C. T., Delany, M. E., MacEachern, S., & Cheng, H. H. (2008). Genome-wide assessment of worldwide chicken SNP genetic diversity indicates significant absence of rare alleles in commercial breeds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(45), 17312–17317. <https://doi.org/10.1073/pnas.0806569105>
- Nasr, Mohammed A. F., Christine J. Nicol, und Joanna C. Murrell. 2012. „Do Laying Hens with Keel Bone Fractures Experience Pain?“ *PLOS ONE* 7 (8): e42420. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042420>.
- Niebuhr, K., Zaludik, K., Gruber, B., Thenmaier, I., Lugmair, A., Baumung, R., & Troxler, J. (2006). Untersuchungen zum Auftreten von Kannibalismus und Federpicken in alternativen Legehennenhaltungen in Österreich - Empfehlungen für die Praxis. https://dafne.at/content/report_release/547e04a9-2153-4017-9740-1211d047baff_0.pdf
- Nolte, T., Jansen, S., Weigend, S., Moerlein, D., Halle, I., Link, W., Hummel, J., Simianer, H., & Sharifi, A. R. (2020). Growth Performance of Local Chicken Breeds, a High-Performance Genotype and Their Crosses Fed with Regional Faba Beans to Replace Soy. *Animals*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/ani10040702>
- Norup, L. R., Dalgaard, T. S., Pleidrup, J., Permin, A., Schou, T. W., Jungersen, G., Fink, D. R., & Juul-Madsen, H. R. (2013). Comparison of parasite-specific immunoglobulin levels in two chicken lines during sustained infection with *Ascaridia galli*. *Veterinary Parasitology*, 191(1–2), 187–190. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.07.031>

- Olushola John, A. (2011). Effect of dietary lysine to energy ratio on performance of unsexed indigenous Venda chickens. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6, Article 5, 517–524. <https://doi.org/10.3923/ajava.2011.517.524>
- Owen, J. P., Delany, M. E., & Mullens, B. A. (2008). MHC haplotype involvement in avian resistance to an ectoparasite. *Immunogenetics*, 60(10), 621–631. <https://doi.org/10.1007/s00251-008-0314-2>
- Permin, A., & Ranvig, H. (2001). Genetic resistance to *Ascaridia galli* infections in chickens. *Veterinary Parasitology*, 102(1–2), 101–111. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(01\)00525-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(01)00525-8)
- Permin, A., Bojesen, M., Nansen, P., Bisgaard, M., Frandsen, F., & Pearman, M. (1997). *Ascaridia galli* populations in chickens following single infections with different dose levels. *Parasitology Research*, 83, 614–617. <https://doi.org/10.1007/s004360050306>
- Petkevičius, S., Bach Knudsen, K. E., & Murrell, K. D. (2003). Effects of *Oesophagostomum dentatum* and dietary carbohydrates on morphology of the large intestine of pigs. *Veterinary Parasitology*, 116(2), 125–138. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(03\)00260-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(03)00260-7)
- Pleger, L., Weindl, P. N., Weindl, P. A., Carrasco, L. S., Leitao, C., Zhao, M., Schade, B [Benjamin], Aulrich, K., & Bellof, G. (2020). Effects of increasing alfalfa (*Medicago sativa*) leaf levels on the fattening and slaughtering performance of organic broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(5), 1317–1332. <https://doi.org/10.1111/jpn.13353>
- Pleger, L., Weindl, P. N., Weindl, P. A., Messinger, D., Bellof, G., Wiesinger, K., Reichert, E., Saller, J., & Pflanz, W. (2020). Einsatz von Luzernetrockenblatt in der ökologischen Legehennenfütterung. *Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern Öko-Landbautag 2020*. <https://orgprints.org/id/eprint/39539/>
- Pleidrup, J., Dalgaard, T. S., Norup, L. R., Permin, A., Schou, T. W., Vadekær, D. F., Jungersen, G., Sørensen, P., & Juul-Madsen, H. R. (2014). *Ascaridia galli* infection influences the development of both humoral and cell-mediated immunity after Newcastle Disease vaccination in chickens. *Vaccine*, 32(3), 383–392. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2013.11.034>
- Raymond, Biaty, Anna Maria Johansson, Heather Anne McCormack, u. a. 2018. „Genome-Wide Association Study for Bone Strength in Laying Hens“. *Journal of Animal Science* 96 (7): 2525–35. <https://doi.org/10.1093/jas/sky157>.
- Restif, O., & Koella, J. C. (2004). Current evolution of resistance and tolerance to pathogens. *The American Naturalist*, 164(4), E90–E102. <https://doi.org/10.1086/423713>
- Rezaei, M., Yngvesson, J., Gunnarsson, S., Jönsson, L., & Wallenbeck, A. (2018). Feed efficiency, growth performance, and carcass characteristics of a fast- and a slower-growing broiler hybrid fed low- or high-protein organic diets. *Organic Agriculture*, 8(2), 121–128. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0178-6>
- Riber, Anja B., Teresa M. Casey-Trott, und Mette S. Herskin. 2018. „The Influence of Keel Bone Damage on Welfare of Laying Hens“. *Frontiers in Veterinary Science* 5: 6. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00006>.
- Roberts, J. R. (2004). Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *Journal of Poultry Science*, 41, 161–177. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/41/3/41_3_161/_pdf/-char/en
- Rossi, M., & Pompei, C. (1995). Changes in some egg components and analytical values due to hen age. *Poultry Science*, 74(1), 152–160. <https://doi.org/10.3382/ps.0740152>
- Rufener, Christina, Sarah Baur, Ariane Stratmann, und Michael J. Toscano. 2018. „A Reliable Method to Assess Keel Bone Fractures in Laying Hens From Radiographs Using a Tagged Visual Analogue Scale“. *Frontiers in Veterinary Science* 5 (Juni). <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00124>.

- Råberg, L., Graham, A. L., & Read, A. F. (2009). Decomposing health: Tolerance and resistance to parasites in animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1513), 37–49. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0184>
- Röhe, I., Urban, J., Dijkslag, A., Te Paske, J., & Zentek, J. (2019). Impact of an energy- and nutrient-reduced diet containing 10% lignocellulose on animal performance, body composition and egg quality of dual purpose laying hens. *Archives of Animal Nutrition*, 73(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2018.1551950>.
- Schreiter, R., Fitz, L., Giehl, L., Born, S., Damme, K., & Hofmann, P. (2024). Wie effizient ist die Zweinutzung in der Biohaltung? *DGS Magazin*, 76(7), 20–25.
- Schütz, K. E., & Jensen, P. (2001). Effects of Resource Allocation on Behavioural Strategies: A Comparison of Red Junglefowl (*Gallus gallus*) and Two Domesticated Breeds of Poultry. *Ethology*, 107(8), 753–765. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0310.2001.00703.x>
- Sen, S., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (1998). Alfalfa Saponins and Their Implication in Animal Nutrition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(1), 131–140. <https://doi.org/10.1021/jf970389i>
- Shini, S., Huff, G. R., Shini, A., & Kaiser, P. (2010). Understanding stress-induced immunosuppression: Exploration of cytokine and chemokine gene profiles in chicken peripheral leukocytes. *Poultry Science*, 89(4), 841–851. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00483>
- Siekman, L., Meier-Dinkel, L., Janisch, S., Altmann, B., Kaltwasser, C., Sürle, C., & Krischek, C. (2018). Carcass Quality, Meat Quality and Sensory Properties of the Dual-Purpose Chicken Lohmann Dual. *Foods*, 7(10). <https://doi.org/10.3390/foods7100156>
- Sinclair-Black, Micaela, R. Alejandra Garcia, und Laura E. Ellestad. 2023. „Physiological Regulation of Calcium and Phosphorus Utilization in Laying Hens“. *Frontiers in Physiology* 14 (Februar). <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1112499>.
- Sloan, D. R., Mather, F. B., & Harms, R. H. (1999). Short-Term Energy Restriction and Performance of Commercial Laying Hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 8(2), 146–151. <https://doi.org/10.1093/japr/8.2.146>
- Song, B., Tang, D., Yan, S., Fan, H., Li, G., Shahid, M. S., Mahmood, T., & Guo, Y. (2021). Effects of age on immune function in broiler chickens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12, 42. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00559-1>
- Sosnówka-Czajka, E., Skomorucha, I., & Muchacka, R. (2017). Effect of Organic Production System on the Performance and Meat Quality of Two Purebred Slow-Growing Chicken Breeds. *Annals of Animal Science*, 17(4), 1197–1213. <https://doi.org/10.1515/aoas-2017-0009>
- Stehr, M., Sciascia, Q., Metges, C. C., Gauly, M., & Daş, G. (2018). Co-expulsion of *Ascaridia galli* and *Heterakis gallinarum* by chickens. *International Journal for Parasitology*, 48(13), 1003–1016. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2018.05.014>
- Stratmann, Ariane, Ernst K. F. Fröhlich, Alexandra Harlander-Matauschek, u. a. 2015. „Soft Perches in an Aviary System Reduce Incidence of Keel Bone Damage in Laying Hens“. *PloS One* 10 (3): e0122568. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122568>.
- Thapa, S., Hinrichsen, L. K., Brenninkmeyer, C., Gunnarsson, S., Heerkens, J. L., Verwer, C., Niebuhr, K., Willett, A., Grilli, G., Thamsborg, S. M., Sørensen, J. T., & Mejer, H. (2015). Prevalence and magnitude of helminth infections in organic laying hens (*Gallus gallus domesticus*) across Europe. *Veterinary Parasitology*, 214(3–4), 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.10.009>
- Thøfner, Ida C. N., Jan Dahl, und Jens Peter Christensen. 2021. „Keel Bone Fractures in Danish Laying Hens: Prevalence and Risk Factors“. *PLOS ONE* 16 (8): e0256105. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256105>.

- Tiemann, I., Hillemacher, S., & Wittmann, M. (2020). Are Dual-Purpose Chickens Twice as Good? Measuring Performance and Animal Welfare throughout the Fattening Period. *Animals*, 10(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani10111980>
- van der Most, P. J., de Jong, B., Parmentier, H. K., & Verhulst, S. (2011). Trade-off between growth and immune function: A meta-analysis of selection experiments. *Functional Ecology*, 25, 74–80. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01800.x>
- Weindl, P. N., Weindl, P. A., Schmidt, E., Pleger, L., Messinger, D., Aulrich, K., Schade, B [B.], Lehmann, M., & Bellof, G. (2023). Photosensitisation and green egg yolks in laying hens caused by the feeding of ensiled alfalfa leaves. *British Poultry Science*, 64(2), 242–251. <https://doi.org/10.1080/00071668.2022.2137387>
- Werner, D., Bussemas, R., & Baldinger, L. (2023). Crossing the Old Local Breed Deutsches Lachshuhn with the Layer Breed White Rock: Effects on Laying Performance of the Females and Fattening Performance of the Males. *Animals*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/ani13192999>
- Whitehead, C. C. 2004. „Overview of Bone Biology in the Egg-Laying Hen“. *Poultry Science* 83 (2): 193–99. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.193>.

xiv. Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt (Printmedien, Newsletter usw.), bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

2023

- Freier, L., Tiemann, I., Weigend, S., Blohm, U. (2023). Comparative Immune Competence Analysis of Three Local Chicken Breeds. Junior Scientist Symposium of the Friedrich-Loeffler-Institute, Jena.
- Risius, A., Tiemann, I., Sharifi, R., Mörlein, D., Weigend, S., Krieger, M., & Hinrichs, D. (2023). Diversität verteilen? Alte Nutztierassen erhalten durch vielfältige Nutzung und Vermarktungswege. In V. Bibic & K. Schmidtke (Hrsg.), One Step Ahead - einen Schritt voraus: Beiträge zur 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Frick, 7. bis 10. März 2023, <https://orgprints.org/id/eprint/50746/>
- Siebenmorgen, C., Mörlein, J., Strack, M., Mörlein, D. (2023): Erhalt durch Aufessen: Kreuzungen regional-historischer Hühnerrassen mit Wirtschaftslinien (2): Sensorik und Konsumentenakzeptanz. Gemeinschaftstagung der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde (DGfZ) und der Gesellschaft für Tierwissenschaften e.V. (GfT), Halle (Saale).
- Siebenmorgen, C., Mörlein, J., Strack, M., Mörlein, D. (2023). Erhalt durch Aufessen: Sensorische Analyse von Brühen regional-historischer Hühnerrassen und deren Gebrauchskreuzungen mit Wirtschaftslinien. DGSens, Stuttgart.
- Stuff, J., Becker, S., Hillemacher, S., Lambertz, M., Tiemann, I. (2023). Investigation of Keel Bone Damages in local chicken breeds using a refined scoring protocol. Proceedings of the European Symposium on Poultry Welfare, Prag, Tschechien.
- Wollermann, F., Mörlein, D. (2023). Erhalt durch Aufessen: Kreuzungen regional-historischer Hühnerrassen mit Wirtschaftslinien (1): Fleischqualität. Vortrag, DGfZ und GfT, Halle (Saale).
- Zergani, E., Mott, A.C., Blaschka, C., Sohnrey, B., Daş, G., Dierks, C., Tiemann, I., Weigend, S., Sharifi, A.R., Tetens, J. (2023) Resilience to endoparasitic infection in three local chicken breeds. Gemeinschaftstagung der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde (DGfZ) und der Gesellschaft für Tierwissenschaften e.V. (GfT), Halle (Saale).

2024

- Freier, L. (2024): Analyse der Immunkompetenz regionaler Hühnerrassen als Merkmal für Tiergesundheit und Züchtungsempfehlung für den ökologischen Landbau. 5. BÖL Vernetzungs- und Transferveranstaltung, Goch.
- Freier, L., Tiemann, I., Stuff, J., Weigend, S., Kuryshko, M., Abdelwhab, E. M., Blohm, U. (2024): Comparative Immune Competence Analysis of Three Local Chicken Breeds. European Veterinary Immunology Workshop, Dublin, Irland.
- Freier, L., Tiemann, I., Stuff, J., Weigend, S., Kuryshko, M., Abdelwhab, E. M., Grund, C., Blohm, U. (2024): Comparative Immune Competence Analysis of Three Local Chicken Breeds. AXVII Avian Immunology Research Group Meeting 2024, Wien, Österreich.
- Freier, L., Tiemann, I., Stuff, J., Weigend, S., Kuryshko, M., Abdelwhab, E. M., Grund, C., Blohm, U. (2024): Comparative Immune Competence Analysis of Three Local Chicken Breeds. Junior Scientist Symposium, Braunschweig.

205

- Gieseke, D. Hörning, B., Krieger, M., Hillemacher, S., Stuff, J., Tiemann, I. & Knierim, U.: (2024): Haltung von Junghähnen im ökologischen Landbau – Welche Nutzungsrichtung passt zum Betrieb? 17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen.
- Klüger, P. (2024) Vergleichende Untersuchungen auf Antikörperantworten bei drei lokalen Hühnerrassen auf *Ascaridia galli*. Masterarbeit Agrarwissenschaften, Universität Göttingen.
- Krieger, M., Haider, F., Scharch, C., Klevenhusen, F., & Hinrichs, D. (2024). Mastleistungen von Zweinutzungshähnen bei einer 100% Bio-Fütterung mit erhöhtem Luzerneblattanteil. 17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen.
- Mott, A.C., Zergani, E., Blaschka, C., Sohnrey, B., Daş, G., Schwarz, L., Dierks, C., Hennies, M., Tiemann, I., Weigend, S., Sharifi, A.R., Tetens, J. (2024) Endoparasitosen bei lokalen Hühnerrassen und deren Kreuzungen: Ergebnisse eines Infektionsversuches mit *Ascaridia galli*. 5. BÖL Vernetzungs- und Transferveranstaltung, Goch.
- Ottenweß, K.M. (2024) Bedeutung von Bruchfestigkeit und Verformung der Eischale im Hinblick auf lokale Rassen und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Bachelorarbeit Agrarwissenschaften, Universität Göttingen
- Schwarz, L., Mörlein, D., Zergani, E., Blaschka, C., Tiemann, I., Tetens, J., Mott, A.C. (2024) The effect of experimental *Ascaridia galli* infection on egg quality in three local chicken breeds. XVI European Poultry Conference, Valencia.
- Siebenmorgen, C., Mörlein, D., Strack, M., Risius, A. (2024): Akzeptanz lokaler Hühner-Gebrauchskreuzungen in einer deutschen Cafeteria. Gemeinschaftstagung der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde (DGfZ) und der Gesellschaft für Tierwissenschaften e.V. (GfT), Göttingen.
- Siebenmorgen, C., Mörlein, J., Strack, M., Mörlein, D. (2024): Preserving through consumption, Sensory analysis of broths from local chicken breeds and their crossbreeds with modern hybrids. EuroSense the 11th Conference on Sensory and Consumer Research, Dublin.
- Siebenmorgen, C., Mörlein, J., Strack, M., Mörlein, D. (2024). Erhalt durch Aufessen: Sensorische Analyse von Brühen lokaler Hühnerrassen und deren Gebrauchskreuzungen. 17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen.
- Siebenmorgen, C., Mörlein, J., Strack, M., Tetens, J., Mörlein, D. (2024). Enhancing agro-biodiversity in chicken: a sensory comparison of broths from German local chicken breeds and their crossbreeds. *Poultry Science*, Elsevier, Volume 103, Issue 6, June 2024, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103683>.
- Stuff, J., Büscher, W. & Tiemann, I. & ÖkoGen consortium (2024): Judgement bias test in dual-purpose chickens exposed to different environments. European Poultry Conference, Valencia
- Weigend, S. and Blohm, U. (2024): How much diversity is in your breakfast egg? Local breed or high-performance chickens: who is more immunologically competent? XVII Avian Immunology Research Group Meeting 2024, Wien, Österreich.
- Weigend, S., Tiemann, I., Hillemacher, S., Stuff, J., Tetens, J., Hoffmann, P., Vogt-Kaute, W., Hinrichs, D. (2024): Crossbreeding as an innovative way to preserve local chicken breeds through use in organic farming. Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Florenz.
- Zergani, E., Mott, A.C., Blaschka, C., Sohnrey, B., Daş, G., Schwarz, L., Dierks, C., Hennies, M., Tiemann, I., Weigend, S., Sharifi, A.R., Tetens, J. (2024) The antibody response to experimental *Ascaridia galli* infection in three local chicken breeds. XVI European Poultry Conference, Valencia.
- Zergani, E., Mott, A.C., Blaschka, C., Sohnrey, B., Daş, G., Schwarz, L., Dierks, C., Hennies, M., Tiemann, I., Weigend, S., Sharifi, A.R., Tetens, J. (2024) ELISA-Based assessment of the antibody response to experimental *A.galli* infection in local chicken breeds. Gemeinschaftstagung der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde (DGfZ) und der Gesellschaft für Tierwissenschaften e.V. (GfT), Göttingen.

2025

- Freier L, Stuff J, Götzke N, Preisinger R, Grund C, Tiemann I, Weigend S, Blohm U. Baseline immune profiles of local chicken breeds: linking biodiversity, animal health, and vaccination response. *Poult Sci.* 2025 Oct;104(10):105565. doi: 10.1016/j.psj.2025.105565.
- Meer, M. V., Stuff, J., Boote, J., Bunge, L., Baumann, A., Behn, H., Tiemann, I., Gültas, M. (2025): Von der Bewegungsaktivität zum Tierwohl: Ein KI-basierter Ansatz zur automatisierten Analyse positiver Tierwohlintikatoren in der Hühnerhaltung.
- Mott, A.C., Zergani, E., Möller, S., Sohnrey, B., Mörlein, D., Chen, Y., Oo, W.L., Weigend, S., Tiemann, I., Tetens, J. Egg-sploring the robustness of cross bred layers: Egg quality observations after an experimental *Ascaridia galli* infection in three local chicken breeds crossed with a commercial dual-purpose breed. *Egg & Meat Conference, Zadar, Kroatien*
- Oo, W.L., Siebenmorgen, C., Krieger, M., Mörlein, D. (2025). Promoting agrobiodiversity: Carcass characteristics and meat quality parameters of local chicken breeds crossed with commercial strains. XXth European Symposium on the Quality of Eggs and Egg products and XXVIth European Symposium on the Quality of Poultry Meat, 14.-17. September 2025, Zadar, Kroatien, 48.
- Siebenmorgen, C., Grønbeck, M., Schubert, A., Gertheiss, J., Mörlein, J. (2025): Updating descriptive sensory evaluation of chicken: proposing new protocols and statistical analysis. *Poultry Science, Elsevier, Volume 104, Issue 11, November 2025, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.10580>.*
- Siebenmorgen, C., Mörlein, D., Strack, M., Risius, A. (2025): Biodiversität auf dem Teller: Wie Informationsinterventionen die Akzeptanz lokaler Hühnerrassen in der Mensa beeinflussen. 62. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE)-Kongress, Kassel.
- Siebenmorgen, C., Mörlein, D., Strack, M., Risius, A. (2025): Consumer acceptance of local chicken crossbreeds: insights from a cafeteria experiment. *International Journal of Gastronomy and Food Science, Elsevier, Volume 42, December 2025, <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2025.101354>*
- Siebenmorgen, C., Mörlein, J., Strack, M., Risius, A., Mörlein, D. (2025): Agrobiodiversität durch Sensorik fördern: Entwicklung ganzheitlicher sensorischer Methoden zur Charakterisierung lokaler Geflügelrassen und deren Gebrauchskreuzungen, DLG-Lebensmitteltag Sensorik, Online-Konferenz.
- Siebenmorgen, C., Mörlein, J., Strack, M., Risius, A., Mörlein, D. (2025): Maintaining agrobiodiversity: Extended sensory and consumer testing of local poultry breeds and their crossbreeds with commercial strains. *Egg & Meat Conference, Zadar, Kroatien.*
- Spreckelmeyer, A. (2025): Chancen und Grenzen der Ganzkörpervermarktung von Hühnern in deutschen Privathaushalten, Masterarbeit Agribuisness, Universität Göttingen.
- Stuff, J., Büscher, W., Tiemann, I. (2025): Quantifying feather pecking motivation in dual purpose chickens using a novel measurement device. *U.S. Precision Livestock Farming Conference, Lincoln, U.S.*

2026

- Freier, L., Breithaupt, A., Kuryshko, M., Palme, D.I., Weigend, S., Abdelwhab, E.M., Blohm, U. (2026): Host genetics, lung T-cell immunity, and laying activity determine the disease outcome in avian influenza virus-infected chickens. *Vet Res.* 2026 Jan 2;57(1):18. doi: 10.1186/s13567-025-01689-4.
- Mörlein, D., Siebenmorgen, C., Mörlein, J., Strack, M., Risius, A. (2026): Maintaining agrobiodiversity: Holistic sensory and consumer testing of local chicken breeds and crossbreeds thereof with commercial lines. EAAP-Conference, Hamburg.
- Mörlein, J., Siebenmorgen, C., Grønbeck, M.S., Schubert, A., Gertheiss, J. (2026): Updating descriptive sensory evaluation of chicken. EuroSense, Oslo, Norway.
- Siebenmorgen, C., Spreckelmeyer, A., Strack, M., Mörlein, D. (2026): No parts left behind? Exploring pros and cons of cooking whole chicken dishes at homes in Germany. *Poultry Science*, Elsevier, Volume 105, Issue 2, February 2026 <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.106227>
- Stuff, J., Kruppa-Scheetz, J., Tiemann, I. (2026): Beyond the barn: Free range activity of dual-purpose chickens. World Poultry Congress, Toronto, Kanada.

Geplant:

- Mott, A.C., Möller, S., Sohnrey, B., Blaschka, C., Zergani, E., Mörlein, D., Weigend, S., Tiemann, I., Tetens, J. (2026) Performance stability of local and crossbred chickens under *Ascaridia galli* infection. 77th meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP), Hamburg
- Mott, A.C., Möller, S., Sohnrey, B., Blaschka, C., Zergani, E., Mörlein, D., Weigend, S., Tiemann, I., Tetens, J. (2026) Phenotypic resilience in local and crossbred Chickens: Performance stability under *Ascaridia galli* infection. *Poultry Science*, Elsevier. (In Preparation)
- Schwarz, L., Mörlein, D., Zergani, E., Blaschka, C., Tiemann, I., Tetens, J., Mott, A.C. (2026) Late-stage traditional laying hens show resilience to *Ascaridia galli* infections: Effects on egg quality and performance. *British Poultry Science*, Elsevier. (In Preparation)
- Stuff, J., Boote, S., Meer, M., Gültas, M., Hillemacher, S., Tiemann, I. (2026): Worm running (under revision)
- Stuff, J., Fölsing, M., Knieper, L., Hillemacher, S., Tiemann, I. (2026): Judgement bias test (under revision)

...

xv. Anhangstabellen

Anhangstabellen AP 3 Knochenstabilität

Tabelle A 1: Futteranalysen in der Reinzucht-Generation

| | | Hähnchen- starter | Hühner- küken NA grob TP | Jung- hennen AF NA 8. W | Jung- hennen AF NA 12. W | Prelay | Legehennen n-futter ÖTZ-80 | Legehennen n-futter ÖTZ-80 (2) | Legehennen n-futter ÖTZ-80 (3) | Legehennen n-futter ÖTZ-80 (4) |
|---------------|---------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Parameter | Einheit | Ergebnis in der Originalsubstanz | | | | | | | | |
| Rohasche | % | 6,3 | 7 | 5,7 | 7 | 7,5 | 12,6 | 11,1 | 11,1 | 14 |
| Rohprotein | % | 21,7 | 20,7 | 17,3 | 16,3 | 17,2 | 14,8 | 14,9 | 15,5 | 14,3 |
| Rohfett B | % | 5,4 | 6,3 | 6,3 | 5,6 | 5,6 | 5 | 5,3 | 4,9 | 4,3 |
| Stärke | % | 36,3 | 35,6 | 40,6 | 40,8 | 37,9 | 37,6 | 38,5 | 38,9 | 37,6 |
| Gesamtzucker* | % | 4,7 | 3,8 | 3,3 | 3,3 | 4 | 2,8 | 3,3 | 3,2 | 3 |
| Rohfaser | % | 4,4 | 5,2 | 5,7 | 6 | 6,3 | 5,3 | 5,6 | 5,2 | 5,3 |
| ME-Geflügel | MJ/kg | 11,9 | 11,8 | 11,9 | 11,7 | 11,4 | 10,6 | 11 | 11 | 10,5 |
| Lysin | % | 1,06 | 0,84 | 0,74 | 0,66 | 0,78 | 0,68 | 0,63 | 0,65 | 0,64 |
| Methionin | % | 0,4 | 0,38 | 0,32 | 0,29 | 0,31 | 0,26 | 0,25 | 0,27 | 0,26 |
| Calcium (Ca) | % | 1,39 | 1,35 | 1,01 | 1,56 | 1,73 | 3,82 | 3,08 | 3,2 | 3,89 |
| Phosphor (P) | % | 0,78 | 0,93 | 0,72 | 0,64 | 0,69 | 0,61 | 0,63 | 0,68 | 0,94 |
| Natrium (Na) | % | 0,17 | 0,2 | 0,14 | 0,18 | 0,22 | 0,2 | 0,19 | 0,21 | 0,44 |

* berechnet als Saccharose

Tabelle A 2: Futteranalysen in der Kreuzungs-Generation

| | | Hühner- kükenstarter | Hühner- kükenfutter fein | Hühner- kükenfutter Plus LW 8-11 fein | Junghennen- futter Plus LW 12-17 fein | Prelay fein | Legehennen- futter Naturwiese 1 fein (1) | Legehennen- futter Naturwiese 1 fein (2) | Legehennen- futter Naturwiese 1 fein (3) |
|---------------|---------|----------------------------------|--------------------------------|--|--|-------------|---|---|---|
| Parameter | Einheit | Ergebnis in der Originalsubstanz | | | | | | | |
| Rohasche | % | 5,6 | 5,4 | 5 | 5 | 7,7 | 12 | 13,1 | 12,2 |
| Rohprotein | % | 23,1 | 19,9 | 19,3 | 18,6 | 17,3 | 16,1 | 15,6 | 16,2 |
| Rohfett B | % | 7,6 | 5,1 | 6,2 | 5,9 | 5,5 | 6,3 | 6,1 | 6,3 |
| Stärke | % | 29,6 | 33,7 | 34,6 | 35 | 37,2 | 33,5 | 32,5 | 31,2 |
| Gesamtzucker* | % | 4,8 | 4,5 | 4,5 | 4,2 | 4,1 | 3,9 | 4,1 | 4,6 |
| Rohfaser | % | 6,7 | 7 | 7 | 7,1 | 6,3 | 6,7 | 7,2 | 7,1 |
| ME-Geflügel | MJ/kg | 11,8 | 11 | 11,5 | 11,3 | 11,3 | 10,7 | 10,5 | 10,5 |
| Lysin | % | 1,1 | 1,01 | 0,98 | 0,91 | 0,81 | 0,78 | 0,77 | 0,81 |
| Methionin | % | 0,4 | 0,33 | 0,32 | 0,31 | 0,3 | 0,29 | 0,27 | 0,29 |
| Calcium (Ca) | % | 0,89 | 0,81 | 0,76 | 0,78 | 1,85 | 3,64 | 4,05 | 3,62 |
| Phosphor (P) | % | 0,79 | 0,65 | 0,68 | 0,62 | 0,67 | 0,59 | 0,55 | 0,6 |
| Natrium (Na) | % | 0,16 | 0,16 | 0,14 | 0,15 | 0,18 | 0,16 | 0,18 | 0,2 |

* berechnet als Saccharose

Anhangstabellen AP 5 Qualität

Tabelle A 1: Schlachtkörpermerkmale in Abhängigkeit von Vater- bzw. Mutterrasse (Schlachalter: 12 Wochen).

| | | Lebend- gewicht | Schlacht- gewicht | Ausschlachtungs- grad | Brustgewicht | Brustaus- beute | Keulen- gewicht | Keulenaus- beute |
|--------|--------|--------------------|----------------------|--------------------------|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Vater | ALT | 1314 ± 24.6 a | 851 ± 16.9 a | 64.2±0.4 | 102 ±4.5 | 11.6 ± 0.2 | 289 ± 8.7 | 33.3 ± 0.2 |
| | BIE | 1420 ± 25.9 b | 926 ± 17.6 b | 64.3±0.4 | 104 ±4.5 | 11.3 ± 0.2 | 309 ± 8.8 | 33.4 ± 0.3 |
| | RAM | 1313 ± 21.1 a | 850 ± 14.5 a | 63.8 ±0.3 | 103±4.5 | 11.5 ± 0.2 | 291 ± 8.7 | 32.0 ± 0.3 |
| Mutter | RG | 1505 ±21.6 b | 985 ± 14.8 b | 65.0±0.33 b | 119.9±3.66 b | 11.7 ± 0.2 b | 340 ± 7.11 b | 33.4 ± 0.2 |
| | WR | 1193±17.3 a | 766 ±11.8 a | 63.2±0.28 a | 85.9±3.67 a | 11.2 ± 0.2 a | 253 ± 7.14 a | 33.1 ± 0.2 |
| ANOVA | Vater | 0.0036 | 0.0025 | 0.5446 | 0.9402 | 0.6486 | 0.2112 | 0.3586 |
| | Mutter | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0270 | 0.0000 | 0.2261 |
| | Vater* | 0.1442 | 0.2394 | 0.9267 | 0.9309 | 0.4171 | 0.8468 | 0.2763 |
| | Mutter | | | | | | | |

Tabelle A 2: Fleischqualitätsmerkmale in Abhängigkeit von Vater- bzw. Mutterrasse (Schlachalter: 12 Wochen).

| | | Lagerverlust | | Kochverlust | | Scherkraft | |
|--------|--------|--------------|---------------|-------------|------------|--------------|--------------|
| | | Brust | Keule | Brust | Keule | Brust | Keule |
| Vater | ALT | 3.98 ± 0.2 | 1.42 ± 0.05 | 18.6 ± 0.7 | 14.6 ± 0.5 | 6.07 ± 0.2 | 4.94 ± 0.2 |
| | BIE | 4.03 ± 0.2 | 1.37 ± 0.04 | 18.0 ± 0.7 | 12.8 ± 0.5 | 6.05 ± 0.2 | 5.13 ± 0.2 |
| | RAM | 4.17 ± 0.2 | 1.52 ± 0.05 | 17.4 ± 0.7 | 13.5 ± 0.5 | 5.93 ± 0.2 | 4.88 ± 0.2 |
| Mutter | RG | 3.62 ± 0.2 a | 1.38 ± 0.04 a | 18.0 ± 0.6 | 13.3 ± 0.4 | 5.74 ± 0.2 a | 4.77 ± 0.1 a |
| | WR | 4.49 ± 0.2 b | 1.50 ± 0.04 b | 18.0 ± 0.5 | 14.0 ± 0.4 | 6.29 ± 0.2 b | 5.20 ± 0.1 b |
| ANOVA | Vater | 0.8381 | 0.0675 | 0.4969 | 0.0785 | 0.8813 | 0.499 |
| | Mutter | 0.0019 | 0.0275 | 0.924 | 0.2509 | 0.0331 | 0.0231 |
| | Vater* | 0.884 | 0.1988 | 0.9523 | 0.8955 | 0.0046 | 0.2901 |
| | Mutter | | | | | | |

LS-Means, SE sowie Signifikanzniveau der Einflussfaktoren

Tabelle A 3: pH-Werte im Brust und Schenkel zu verschiedenen Messzeitpunkten (Schlachalter: 12 Wochen).

| | | Brust_20min | Brust_24h | Brust_6d | Keule_24h | Keule_6d |
|--------|--------|---------------|---------------|----------------|----------------|-------------|
| Vater | ALT | 6.51 ± 0.04 | 5.74 ± 0.02 | 5.72 ± 0.02 b | 6.16 ± 0.02 b | 6.07 ± 0.04 |
| | BIE | 6.51 ± 0.04 | 5.73 ± 0.02 | 5.68 ± 0.02 ab | 6.07 ± 0.02 a | 5.96 ± 0.04 |
| | RAM | 6.44 ± 0.04 | 5.72 ± 0.02 | 5.65 ± 0.02 a | 6.09 ± 0.02 ab | 6.02 ± 0.04 |
| Mutter | RG | 6.42 ± 0.03 a | 5.69 ± 0.02 a | 5.67 ± 0.02 | 6.10 ± 0.02 | 6.02 ± 0.04 |
| | WR | 6.55 ± 0.03 b | 5.76 ± 0.02 b | 5.70 ± 0.02 | 6.11 ± 0.02 | 6.01 ± 0.04 |
| ANOVA | Vater | 0.3238 | 0.5118 | 0.0178 | 0.0286 | 0.2226 |
| | Mutter | 0.0044 | 0.0007 | 0.1973 | 0.9331 | 0.7931 |
| | Vater* | 0.0097 | 0.3941 | 0.3137 | 0.0715 | 0.4615 |
| | Mutter | | | | | |

Tabelle A 4: Farbe im Brustfilet (Schlachalter: 12 Wochen).

| | | L*_24h | a*_24h | b*_24h | L*_6d | a*_6d | b*_6d |
|-------|-----|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Vater | ALT | 62.0 ± 0.5 | 1.71 ± 0.16 | 8.54 ± 0.16 | 59.7 ± 0.62 | 1.96 ± 0.18 | 12.7 ± 0.48 |

Abschlussbericht „ÖkoGen“

| | | | | | | | |
|--------|--------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | BIE | 61.8 ± 0.5 | 1.79 ± 0.16 | 9.02 ± 0.16 | 59.5 ± 0.62 | 1.90 ± 0.18 | 12.9 ± 0.47 |
| | RAM | 62.5 ± 0.5 | 1.83 ± 0.16 | 8.81 ± 0.16 | 61.4 ± 0.62 | 1.54 ± 0.18 | 13.2 ± 0.48 |
| Mutter | RG | 62.4 ± 0.4 | 1.40 ± 0.13 a | 8.12 ± 0.13 a | 61.2 ± 0.51 a | 1.35 ± 0.15 a | 12.2 ± 0.38 a |
| | WR | 61.8 ± 0.4 | 2.16 ± 0.13 b | 9.46 ± 0.13 b | 59.2 ± 0.51 b | 2.24 ± 0.15 b | 13.7 ± 0.38 b |
| ANOVA | Vater | 0.5531 | 0.8596 | 0.1298 | 0.0690 | 0.5204 | 0.7867 |
| | Mutter | 0.3236 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0090 | 0.0020 | 0.0113 |
| | Vater* | 0.4651 | 0.1495 | 0.5704 | 0.0979 | 0.5241 | 0.6076 |
| | Mutter | | | | | | |

Tabelle A 5: Fleischfarbe Schenkel (Schlachalter: 12 Wochen).

| | | L*_24h | a*_24h | b*_24h | L*_6d | a*_6d | b*_6d |
|--------|--------|-------------|---------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| Vater | ALT | 58.4 ± 0.36 | 5.25 ± 0.17 | 9.55 ± 0.33 | 55.2 ± 0.65 | 5.51 ± 0.34 | 9.88 ± 0.48 |
| | BIE | 58.4 ± 0.36 | 5.29 ± 0.17 | 10.46 ± 0.33 | 54.9 ± 0.64 | 5.55 ± 0.33 | 10.88 ± 0.47 |
| | RAM | 58.9 ± 0.36 | 4.79 ± 0.17 | 9.51 ± 0.33 | 56.2 ± 0.65 | 5.04 ± 0.34 | 9.55 ± 0.48 |
| Mutter | RG | 58.8 ± 0.29 | 4.78 ± 0.14 a | 9.85 ± 0.27 | 55.6 ± 0.53 | 5.50 ± 0.28 | 10.1 ± 0.38 |
| | WR | 58.4 ± 0.30 | 5.44 ± 0.14 b | 9.83 ± 0.27 | 55.3 ± 0.53 | 5.24 ± 0.28 | 10.1 ± 0.38 |
| ANOVA | Vater | 0.4638 | 0.0901 | 0.0728 | 0.2902 | 0.5020 | 0.1195 |
| | Mutter | 0.2950 | 0.0017 | 0.9545 | 0.6824 | 0.5089 | 0.9663 |
| | Vater* | 0.4909 | 0.2998 | 0.3391 | 0.4780 | 0.7824 | 0.7550 |
| | Mutter | | | | | | |

Tabelle A 6: Schlachtkörperqualitätsmerkmale in Abhängigkeit von Rasse und Fütterung (Schlachalter: 14 Wochen).

| | | Lebendgewicht | Schlachtgewicht | Ausschlachtungsgrad | Brustgewicht | Brustausbeute | Keulengewicht | Keulenausbeute |
|-----------------------|------------|----------------|-----------------|---------------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| Vater | ALT | 1599 ± 24.9 ab | 1029 ± 16.3 a | 64.0 ± 0.2 | 154 ± 7.0 | 16.3 ± 0.3 | 355 ± 9.7 | 34.3 ± 0.4 |
| | BIE | 1683 ± 25.6 b | 1089 ± 16.7 b | 64.3 ± 0.2 | 153 ± 7.1 | 15.7 ± 0.3 | 366 ± 9.8 | 34.3 ± 0.4 |
| | RAM | 1555 ± 22.5 a | 1006 ± 14.9 a | 63.9 ± 0.2 | 156 ± 7.0 | 16.6 ± 0.3 | 352 ± 9.7 | 33.9 ± 0.4 |
| Mutter | RG | 1829 ± 21.5 b | 1192 ± 14.1 b | 64.9 ± 0.2 b | 182 ± 5.7b | 17.2 ± 0.3 b | 407 ± 9.8 b | 34.3 ± 0.3 |
| | WR | 1396 ± 18.1 a | 891 ± 11.9 a | 63.2 ± 0.2 a | 126 ± 5.7a | 15.2 ± 0.3 a | 308 ± 7.9 a | 34.1 ± 0.3 |
| Fütterung | Kontrolle | 1631 ± 19.8 | 1050 ± 13.0 | 64.0 ± 0.2 | 157 ± 5.7 | 16.1 ± 0.3 | 363 ± 7.9 | 34.2 ± 0.3 |
| | Versuch | 1594 ± 19.9 | 1032 ± 13.1 | 64.1 ± 0.2 | 152 ± 5.7 | 16.3 ± 0.3 | 352 ± 7.9 | 34.2 ± 0.3 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.0008 | 0.0009 | 0.3586 | 0.9469 | 0.1033 | 0.5596 | 0.6806 |
| | Mutter | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.5765 |
| | Fütterung | 0.1821 | 0.3237 | 0.8601 | 0.5206 | 0.6394 | 0.3255 | 0.9517 |
| | Vater* | 0.1842 | 0.2094 | 0.4080 | 0.9820 | 0.8899 | 0.9681 | 0.9167 |
| | Mutter* | | | | | | | |
| | Vater* | 0.6975 | 0.8173 | 0.1414 | 0.9943 | 0.9550 | 0.9740 | 0.5668 |
| | Fütterung* | 0.6927 | 0.5638 | 0.8612 | 0.9406 | 0.9003 | 0.8378 | 0.6849 |

Tabelle A 7: Fleischqualitätsmerkmale in Abhängigkeit von Rasse und Fütterung (Schlachalter: 14 Wochen).

| | | Lagerverlust | | Kochverlust | | Scherkraft | |
|-----------------------|-----------|--------------|---------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| | | Brust | Keule | Brust | Brust | Keule | Brust |
| Vater | ALT | 3.16 ± 0.2 | 1.27 ± 0.05 | 17.0 ± 0.5 | 13.3 ± 0.3 | 6.75 ± 0.2 | 5.16 ± 0.1 |
| | BIE | 3.41 ± 0.2 | 1.22 ± 0.05 | 17.6 ± 0.4 | 13.1 ± 0.3 | 6.82 ± 0.2 | 5.52 ± 0.1 |
| | RAM | 3.38 ± 0.2 | 1.30 ± 0.05 | 16.8 ± 0.4 | 13.2 ± 0.3 | 7.01 ± 0.2 | 5.19 ± 0.1 |
| Mutter | RG | 2.88 ± 0.1 a | 1.19 ± 0.04 a | 16.5 ± 0.4 a | 12.4 ± 0.3 a | 6.76 ± 0.2 | 5.05 ± 0.1 a |
| | WR | 3.76 ± 0.1 b | 1.34 ± 0.04 b | 17.8 ± 0.4 b | 13.9 ± 0.3 b | 6.96 ± 0.2 | 5.53 ± 0.1 b |
| Fütterung | Kontrolle | 3.26 ± 0.1 | 1.25 ± 0.04 | 16.9 ± 0.4 | 12.9 ± 0.3 | 6.86 ± 0.2 | 5.24 ± 0.1 |
| | Versuch | 3.38 ± 0.1 | 1.28 ± 0.04 | 17.4 ± 0.4 | 13.4 ± 0.3 | 6.85 ± 0.2 | 5.34 ± 0.1 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.5278 | 0.5203 | 0.4061 | 0.9347 | 0.7010 | 0.1279 |
| | Mutter | 0.0000 | 0.0087 | 0.0174 | 0.0001 | 0.4551 | 0.0032 |
| | Fütterung | 0.5486 | 0.5059 | 0.2475 | 0.1829 | 0.9775 | 0.5274 |

Abschlussbericht „ÖkoGen“

| | | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Vater* | 0.8707 | 0.9566 | 0.5380 | 0.8208 | 0.1526 | 0.7545 |
| Mutter | | | | | | |
| Vater* | 0.4216 | 0.4834 | 0.0046 | 0.3493 | 0.8649 | 0.5811 |
| Fütterung | | | | | | |
| Mutter* | 0.3318 | 0.6427 | 0.4477 | 0.3678 | 0.9673 | 0.1023 |
| Fütterung | | | | | | |

Tabelle A 8: pH-Wert in Brust- bzw. Schenkelfleisch in Abhängigkeit von Rasse und Fütterung (Schlachalter: 14 Wochen).

| | | Brust_20min | Brust_24h | Brust_6d | Keule_24h | Keule_6d |
|-----------------------------|-----------|---------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
| Vater | ALT | 6.38 ± 0.03 | 5.89 ± 0.02 | 5.74 ± 0.02 b | 6.07 ± 0.01 | 6.04 ± 0.02 |
| | BIE | 6.31 ± 0.03 | 5.88 ± 0.02 | 5.72 ± 0.02 ab | 6.04 ± 0.01 | 5.98 ± 0.02 |
| | RAM | 6.30 ± 0.03 | 5.88 ± 0.02 | 5.67 ± 0.02 a | 6.04 ± 0.01 | 5.98 ± 0.02 |
| Mutter | RG | 6.35 ± 0.02 | 5.87 ± 0.02 | 5.68 ± 0.01 a | 6.04 ± 0.01 | 6.00 ± 0.02 |
| | WR | 6.32 ± 0.02 | 5.90 ± 0.02 | 5.74 ± 0.01 b | 6.05 ± 0.01 | 6.01 ± 0.02 |
| Fütterung | Kontrolle | 6.29 ± 0.02 a | 5.88 ± 0.02 | 5.70 ± 0.01 | 6.04 ± 0.01 | 5.99 ± 0.02 |
| | Versuch | 6.38 ± 0.02 b | 5.89 ± 0.02 | 5.72 ± 0.01 | 6.05 ± 0.01 | 6.01 ± 0.02 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.1104 | 0.8484 | 0.0052 | 0.1141 | 0.0852 |
| | Mutter | 0.3736 | 0.1187 | 0.0083 | 0.7195 | 0.6976 |
| | Fütterung | 0.0066 | 0.8138 | 0.5612 | 0.5233 | 0.5521 |
| | Vater* | 0.0016 | 0.9151 | | 0.1660 | 0.8138 |
| | Mutter | | | 0.6735 | | |
| | Vater* | 0.0908 | 0.6303 | | 0.3871 | 0.6733 |
| | Fütterung | | | 0.1781 | | |
| Mutter* | 0.0005 | 0.8168 | | 0.7838 | 0.6395 | |
| Fütterung | | | 0.5045 | | | |

Tabelle A 9: Farbe des Brustfleisches in Abhängigkeit von Rasse und Fütterung (Schlachalter: 14 Wochen).

| | | L*_24h | a*_24h | b*_24h | L*_6d | a*_6d | b*_6d |
|-----------------------------|-----------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Vater | ALT | 59.0 ± 0.4 | 1.21 ± 0.1 | 11.1 ± 0.3 | 59.7 ± 0.4 a | 1.60 ± 0.1 | 12.7 ± 0.3 |
| | BIE | 59.5 ± 0.4 | 1.36 ± 0.1 | 11.2 ± 0.3 | 59.6 ± 0.4 a | 1.75 ± 0.1 | 13.3 ± 0.3 |
| | RAM | 59.9 ± 0.4 | 1.30 ± 0.1 | 11.5 ± 0.3 | 61.0 ± 0.4 b | 1.38 ± 0.1 | 12.7 ± 0.3 |
| Mutter | RG | 59.8 ± 0.3 | 0.93 ± 0.1 a | 10.4 ± 0.2 a | 60.7 ± 0.3 b | 1.20 ± 0.1 a | 12.2 ± 0.3 a |
| | WR | 59.2 ± 0.3 | 1.65 ± 0.1 b | 12.2 ± 0.2 b | 59.6 ± 0.3 a | 1.95 ± 0.1 b | 13.5 ± 0.3 b |
| Fütterung | Kontrolle | 59.3 ± 0.3 | 1.37 ± 0.1 | 10.9 ± 0.2 a | 59.9 ± 0.3 | 1.63 ± 0.1 | 12.6 ± 0.3 |
| | Versuch | 59.6 ± 0.3 | 1.21 ± 0.1 | 11.6 ± 0.2 b | 60.4 ± 0.3 | 1.52 ± 0.1 | 13.2 ± 0.3 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.2576 | 0.6519 | 0.5316 | 0.0132 | 0.0851 | 0.3839 |
| | Mutter | 0.2223 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0076 | 0.0000 | 0.0007 |
| | Fütterung | 0.5415 | 0.2169 | 0.0258 | 0.2382 | 0.4299 | 0.1055 |
| | Vater* | 0.5338 | 0.5532 | 0.5996 | 0.0682 | 0.3470 | 0.5470 |
| | Mutter | | | | | | |
| | Vater* | 0.7736 | 0.4653 | 0.4914 | 0.0095 | 0.3044 | 0.0164 |
| | Fütterung | | | | | | |
| Mutter* | 0.8397 | 0.2328 | 0.3200 | 0.2382 | 0.3990 | 0.2534 | |
| Fütterung | | | | | | | |

Tabelle A 10: Farbe des Schenkelfleisches in Abhängigkeit von Rasse und Fütterung (Schlachalter: 14 Wochen).

| | | L*_24h | a*_24h | b*_24h | L*_6d | a*_6d | b*_6d |
|-----------|-----------|---------------|--------------|--------------|------------|------------|---------------|
| Vater | ALT | 57.2 ± 0.3 ab | 4.99 ± 0.1 | 8.24 ± 0.3 | 58.2 ± 0.6 | 6.25 ± 0.3 | 9.68 ± 0.4 ab |
| | BIE | 57.0 ± 0.3 a | 4.92 ± 0.1 | 8.63 ± 0.3 | 57.8 ± 0.6 | 6.43 ± 0.3 | 10.81 ± 0.4 b |
| | RAM | 58.1 ± 0.3 b | 5.00 ± 0.1 | 8.11 ± 0.3 | 58.8 ± 0.6 | 6.40 ± 0.3 | 9.37 ± 0.3a |
| Mutter | RG | 57.3 ± 0.2 | 4.90 ± 0.1 | 8.45 ± 0.2 | 58.2 ± 0.5 | 6.59 ± 0.2 | 10.28 ± 0.3 |
| | WR | 57.7 ± 0.2 | 5.04 ± 0.1 | 8.21 ± 0.2 | 58.3 ± 0.5 | 6.14 ± 0.2 | 9.63 ± 0.3 |
| Fütterung | Kontrolle | 57.4 ± 0.2 | 4.76 ± 0.1 a | 7.84 ± 0.2 a | 58.0 ± 0.5 | 6.35 ± 0.2 | 9.81 ± 0.3 |
| | Versuch | 57.5 ± 0.2 | 5.18 ± 0.1 b | 8.81 ± 0.2 b | 58.6 ± 0.5 | 6.37 ± 0.2 | 10.10 ± 0.3 |

Abschlussbericht „ÖkoGen“

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Vater | 0.0074 | 0.8938 | 0.3870 | 0.5092 | 0.8771 | 0.0127 |
| | Mutter | 0.2002 | 0.3432 | 0.4647 | 0.8326 | 0.1402 | 0.1088 |
| | Fütterung | 0.8999 | 0.0058 | 0.0026 | 0.4141 | 0.9503 | 0.4770 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater* | 0.4140 | 0.1144 | 0.4844 | 0.9282 | 0.5444 | 0.6079 |
| | Mutter | | | | | | |
| | Vater* | 0.9263 | 0.1836 | 0.7929 | 0.5284 | 0.6656 | 0.6240 |
| | Fütterung | | | | | | |
| | Mutter* | 0.4541 | 0.4612 | 0.6974 | 0.9266 | 0.4843 | 0.7508 |
| | Fütterung | | | | | | |

Tabelle A 11: Schlachtkörpermerkmale in Abhängigkeit von Genetik, Fütterung und Alter (16 bzw. 18 Wochen).

| | | Lebend- gewicht | Schlacht- gewicht | Ausschlacht- ungsgrad | Brust- gewicht | Brustaus- beute | Keulen- gewicht | Keulen- ausbeute |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Vater | ALT | 2377 ± 23.4 b | 1566 ± 15.1 ab | 65.7 ± 0.2 a | 259 ± 5.4 | 16.5 ± 0.2 a | 531 ± 7.9 a | 34.2 ± 0.2 a |
| | BIE | 2467 ± 23.4 c | 1616 ± 15.0 b | 65.4 ± 0.2 a | 268 ± 5.4 | 16.4 ± 0.2 a | 566 ± 7.9 b | 35.2 ± 0.2 b |
| | RAM | 2273 ± 23.6 a | 1520 ± 15.1 a | 66.3 ± 0.2 b | 271 ± 5.4 | 17.4 ± 0.2 b | 535 ± 7.9 a | 34.8 ± 0.2 ab |
| Mutter | RG | 2735 ± 19.7 b | 1832 ± 12.8 b | 66.7 ± 0.2 b | 329 ± 4.4b | 18.0 ± 0.2 b | 631 ± 6.5 b | 34.7 ± 0.2 |
| | WR | 2010 ± 18.5 a | 1303 ± 11.8 a | 64.8 ± 0.2 a | 203 ± 4.4a | 15.5 ± 0.2 a | 457 ± 6.5 a | 34.8 ± 0.2 |
| Fütterung | Kontrolle | 2398 ± 19.2 | 1592 ± 12.3 b | 66.1 ± 0.2 b | 272 ± 4.4 | 16.8 ± 0.2 | 553 ± 6.5 | 34.6 ± 0.2 |
| | Versuch | 2347 ± 19.2 | 1543 ± 12.3 a | 65.5 ± 0.2 a | 260 ± 4.4 | 16.7 ± 0.2 | 535 ± 6.5 | 34.9 ± 0.2 |
| Alter | 16 | 2266 ± 17.2 a | 1488 ± 11.6 a | 65.6 ± 0.1 a | 249 ± 4.4a | 16.5 ± 0.2 a | 505 ± 6.5 a | 34.1 ± 0.2 a |
| | 18 | 2479 ± 17.0 b | 1646 ± 11.4 b | 66.0 ± 0.1 b | 283 ± 4.4b | 17.0 ± 0.2 b | 583 ± 6.5 b | 35.4 ± 0.2 b |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.0000 | 0.0002 | 0.0035 | 0.3039 | 0.0002 | 0.0029 | 0.0148 |
| | Mutter | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9371 |
| | Fütterung | 0.0661 | 0.0069 | 0.0021 | 0.0569 | 0.8160 | 0.0537 | 0.2762 |
| | Alter | 0.0000 | 0.0000 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0224 | 0.0000 | 0.0000 |
| | Vater* | 0.1937 | 0.3894 | 0.8588 | 0.8791 | 0.2150 | 0.3148 | 0.7003 |
| | Mutter | 0.8786 | 0.7627 | 0.9624 | 0.2651 | 0.2236 | 0.3502 | 0.2149 |
| | Vater* | 0.0189 | 0.0256 | 0.2336 | 0.4629 | 0.5092 | 0.0224 | 0.8062 |
| | Fütterung | 0.4554 | 0.3015 | 0.8555 | 0.2155 | 0.2147 | 0.7761 | 0.2407 |
| | Mutter* | 0.1884 | 0.0959 | 0.1547 | 0.1846 | 0.7249 | 0.0392 | 0.5211 |
| | Alter | 0.6926 | 0.6599 | 0.1153 | 0.1398 | 0.0190 | 0.7982 | 0.4529 |
| | Fütterung * Alter | | | | | | | |

Tabelle A 12: Fleischbeschaffenheitsmerkmale in Abhängigkeit von Genetik, Fütterung und Alter (16 bzw. 18 Wochen).

| | | Lagerverlust | | Kochverlust | | Scherkraft | |
|-----------------------------|----------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Brust | Keule | Brust | Brust | Keule | Brust |
| Vater | ALT | 2.31 ± 0.1 | 0.9 ± 0.04 | 17.2 ± 0.4 | 16.5 ± 0.4 | 8.04 ± 0.2 | 6.78 ± 0.3 |
| | BIE | 2.27 ± 0.1 | 0.8 ± 0.03 | 17.8 ± 0.3 | 15.9 ± 0.4 | 8.24 ± 0.2 | 6.56 ± 0.3 |
| | RAM | 2.23 ± 0.1 | 0.9 ± 0.03 | 17.1 ± 0.4 | 15.8 ± 0.4 | 8.46 ± 0.2 | 6.10 ± 0.3 |
| Mutter | RG | 1.89 ± 0.1 a | 0.8 ± 0.03 a | 16.7 ± 0.3 a | 15.4 ± 0.4 a | 7.75 ± 0.2 a | 6.05 ± 0.2 a |
| | WR | 2.64 ± 0.1 b | 0.98 ± 0.03 b | 18.0 ± 0.3 b | 16.7 ± 0.4 b | 8.73 ± 0.2 b | 6.91 ± 0.3 b |
| Fütterung | Kontrolle | 2.25 ± 0.1 | 0.88 ± 0.03 | 17.5 ± 0.3 | 16.5 ± 0.4 | 8.21 ± 0.2 | 6.26 ± 0.3 |
| | Versuch | 2.28 ± 0.1 | 0.88 ± 0.03 | 17.2 ± 0.3 | 15.6 ± 0.4 | 8.28 ± 0.2 | 6.71 ± 0.3 |
| Alter | 16 | 2.36 ± 0.1 b | 0.88 ± 0.03 | 16.6 ± 0.3 a | 15.1 ± 0.4 a | 8.43 ± 0.2 | 6.40 ± 0.2 |
| | 18 | 2.17 ± 0.1a | 0.88 ± 0.03 | 18.1 ± 0.3 b | 17.0 ± 0.4 b | 8.06 ± 0.2 | 6.56 ± 0.2 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.7701 | 0.2505 | 0.2843 | 0.5476 | 0.2788 | 0.2806 |
| | Mutter | 0.0000 | 0.0000 | 0.0019 | 0.0104 | 0.0000 | 0.0164 |
| | Fütterung | 0.7730 | 0.9907 | 0.4383 | 0.0707 | 0.7537 | 0.2000 |
| | Alter | 0.0166 | 0.9391 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0750 | 0.5300 |
| | Vater* | 0.0780 | 0.2157 | 0.8901 | 0.0629 | 0.4141 | 0.2214 |
| | Mutter | 0.5275 | 0.8232 | 0.5039 | 0.1306 | 0.1084 | 0.2124 |
| | Vater* | 0.2803 | 0.3570 | 0.6387 | 0.8504 | 0.6716 | 0.6570 |
| | Alter | 0.5502 | 0.2251 | 0.2802 | 0.1959 | 0.6475 | 0.4271 |
| | Mutter* | 0.0045 | 0.0052 | 0.0333 | 0.3203 | 0.0949 | 0.9732 |
| | Fütterung * Alter | | | | | | |

Abschlussbericht „ÖkoGen“

| | | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fütterung | 0.1811 | 0.1537 | 0.7484 | 0.3012 | 0.7790 | 0.5632 |
| * Alter | | | | | | |

Tabelle A 13: pH-Werte im Brust- und Schenkelfleisch in Abhängigkeit von Genetik, Fütterung und Alter (16 bzw. 18 Wochen).

| | | Brust_20min | Brust_24h | Brust_6d | Keule_24h | Keule_6d |
|-----------------------------|-----------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| Vater | ALT | 6.46 ± 0.02 b | 5.83 ± 0.01 b | 5.78 ± 0.02 b | 6.09 ± 0.01 b | 5.99 ± 0.01 |
| | BIE | 6.35 ± 0.02 a | 5.76 ± 0.01 a | 5.75 ± 0.01 ab | 6.05 ± 0.01 a | 5.96 ± 0.01 |
| | RAM | 6.46 ± 0.02 b | 5.74 ± 0.01 a | 5.72 ± 0.01 a | 6.02 ± 0.01 a | 5.96 ± 0.01 |
| Mutter | RG | 6.46 ± 0.02 b | 5.75 ± 0.01 a | 5.73 ± 0.01 a | 6.04 ± 0.01 a | 5.96 ± 0.01 |
| | WR | 6.39 ± 0.02 a | 5.81 ± 0.01 b | 5.77 ± 0.01 b | 6.07 ± 0.01 b | 5.98 ± 0.01 |
| Fütterung | Kontrolle | 6.43 ± 0.02 | 5.78 ± 0.01 | 5.75 ± 0.01 | 6.05 ± 0.01 | 5.96 ± 0.01 |
| | Versuch | 6.41 ± 0.02 | 5.78 ± 0.01 | 5.75 ± 0.01 | 6.06 ± 0.01 | 5.98 ± 0.01 |
| Alter | 16 | 6.25 ± 0.02 a | 5.81 ± 0.01 b | 5.80 ± 0.01 b | 6.08 ± 0.01 b | 5.94 ± 0.01 a |
| | 18 | 6.59 ± 0.02 b | 5.75 ± 0.01 a | 5.69 ± 0.01 a | 6.03 ± 0.01 a | 5.99 ± 0.01 b |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.0013 | 0.0000 | 0.0195 | 0.0000 | 0.1380 |
| | Mutter | 0.0123 | 0.0000 | 0.0175 | 0.0332 | 0.1673 |
| | Fütterung | 0.5447 | 0.8959 | 0.9139 | 0.3243 | 0.1436 |
| | Alter | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0009 |
| | Vater* | | 0.2437 | 0.4224 | | |
| | Mutter | 0.0864 | | | 0.6163 | 0.0205 |
| | Vater* | | 0.7216 | 0.1138 | | |
| | Fütterung | 0.3172 | | | 0.5702 | 0.0509 |
| | Vater* | | 0.6356 | 0.3689 | | |
| | Alter | 0.1166 | | | 0.0574 | 0.0979 |
| | Mutter* | | 1.0000 | 0.7214 | | |
| | Fütterung | 0.1918 | | | 0.2646 | 0.1818 |
| | Mutter* | | 0.4404 | 0.0001 | | |
| | Alter | 0.5447 | | | 0.0967 | 0.8905 |
| Fütterung* | | 0.2805 | 0.0839 | | | |
| Alter | 0.3555 | | | 0.0543 | 0.3626 | |

Tabelle A 14: Farbwerte im Brustfleisch in Abhängigkeit von Genetik, Fütterung und Alter (16 bzw. 18 Wochen).

| | | L*_24h | a*_24h | b*_24h | L*_6d | a*_6d | b*_6d |
|-----------------------------|-----------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| Vater | ALT | 58.4 ± 0.3 a | 0.83 ± 0.1 a | 7.80 ± 0.2 | 57.9 ± 0.3 a | 1.18 ± 0.1 | 9.35 ± 0.3 |
| | BIE | 59.1 ± 0.3 ab | 1.16 ± 0.1 b | 8.41 ± 0.2 | 58.7 ± 0.3 ab | 1.14 ± 0.1 | 10.09 ± 0.3 |
| | RAM | 59.5 ± 0.3 b | 0.89 ± 0.1 a | 8.13 ± 0.2 | 59.3 ± 0.3 b | 0.89 ± 0.1 | 9.41 ± 0.3 |
| Mutter | RG | 59.1 ± 0.2 | 0.67 ± 0.1 a | 7.45 ± 0.2 a | 59.5 ± 0.3 b | 0.76 ± 0.1 a | 9.39 ± 0.2 |
| | WR | 59.0 ± 0.2 | 1.25 ± 0.1 b | 8.78 ± 0.2 b | 57.8 ± 0.3 a | 1.38 ± 0.1 b | 9.84 ± 0.2 |
| Fütterung | Kontrolle | 59.0 ± 0.2 | 1.01 ± 0.1 | 7.16 ± 0.2 a | 58.7 ± 0.3 | 1.19 ± 0.1 b | 8.72 ± 0.2 a |
| | Versuch | 59.1 ± 0.2 | 0.90 ± 0.1 | 9.07 ± 0.2 b | 58.6 ± 0.3 | 0.94 ± 0.1 a | 10.51 ± 0.2 b |
| Alter | 16 | 58.7 ± 0.2 a | 1.54 ± 0.1 b | 9.06 ± 0.2 b | 57.0 ± 0.3 a | 1.23 ± 0.1 b | 9.88 ± 0.2 |
| | 18 | 59.4 ± 0.2 b | 0.37 ± 0.1 a | 7.17 ± 0.2 a | 60.3 ± 0.3 b | 0.91 ± 0.1 a | 9.36 ± 0.2 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.0186 | 0.0101 | 0.1156 | 0.0074 | 0.0965 | 0.0746 |
| | Mutter | 0.6874 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1243 |
| | Fütterung | 0.6491 | 0.2243 | 0.0000 | 0.6610 | 0.0292 | 0.0000 |
| | Alter | 0.0058 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0061 | 0.0758 |
| | Vater* | 0.1277 | 0.4563 | 0.0674 | 0.4985 | 0.1181 | 0.6719 |
| | Mutter | 0.8898 | 0.6353 | 0.6115 | 0.7466 | 0.3811 | 0.9097 |
| | Vater* | 0.6138 | 0.8560 | 0.7451 | 0.8077 | 0.6658 | 0.6795 |
| | Alter | 0.6192 | 0.9852 | 0.4933 | 0.4467 | 0.3614 | 0.2399 |
| | Mutter* | 0.0005 | 0.6126 | 0.0568 | 0.0067 | 0.0176 | 0.9807 |
| | Fütterung | 0.2371 | 0.0368 | 0.4756 | 0.1209 | 0.0633 | 0.7754 |
| | * Alter | | | | | | |

Tabelle A 15: Farbwerte im Schenkelfleisch in Abhängigkeit von Genetik, Fütterung und Alter (16 bzw. 18 Wochen).

| | | L*_24h | a*_24h | b*_24h | L*_6d | a*_6d | b*_6d |
|-----------------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Vater | ALT | 56.6 ± 0.3 | 4.34 ± 0.1 | 5.24 ± 0.2 a | 55.4 ± 0.3 | 6.21 ± 0.2 | 6.96 ± 0.3 |
| | BIE | 57.2 ± 0.3 | 4.40 ± 0.1 | 6.02 ± 0.2 b | 55.7 ± 0.3 | 5.78 ± 0.2 | 7.31 ± 0.3 |
| | RAM | 57.5 ± 0.3 | 4.66 ± 0.1 | 5.28 ± 0.2 a | 55.7 ± 0.3 | 5.90 ± 0.2 | 6.67 ± 0.3 |
| Mutter | RG | 56.7 ± 0.2 a | 4.54 ± 0.1 | 5.57 ± 0.1 | 55.1 ± 0.3 a | 6.23 ± 0.2 b | 6.99 ± 0.2 |
| | WR | 57.5 ± 0.2 b | 4.39 ± 0.1 | 5.46 ± 0.1 | 56.1 ± 0.3 b | 5.70 ± 0.2 a | 6.97 ± 0.2 |
| Fütterung | Kontrolle | 57.0 ± 0.2 | 4.46 ± 0.1 | 4.61 ± 0.1 a | 55.6 ± 0.3 | 6.13 ± 0.2 | 6.11 ± 0.2 a |
| | Versuch | 57.2 ± 0.2 | 4.47 ± 0.1 | 6.41 ± 0.1 b | 55.6 ± 0.3 | 5.79 ± 0.2 | 7.86 ± 0.2 b |
| Alter | 16 | 56.5 ± 0.2 a | 6.01 ± 0.1 b | 5.27 ± 0.1 a | 53.8 ± 0.3 a | 6.15 ± 0.2 | 6.59 ± 0.2 a |
| | 18 | 57.6 ± 0.2 b | 2.91 ± 0.1 a | 5.75 ± 0.1 b | 57.4 ± 0.3 b | 5.78 ± 0.2 | 7.38 ± 0.2 b |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.0835 | 0.1381 | 0.0010 | 0.7255 | 0.3535 | 0.2067 |
| | Mutter | 0.0153 | 0.2789 | 0.5565 | 0.0075 | 0.0346 | 0.9497 |
| | Fütterung | 0.6035 | 0.9220 | 0.0000 | 0.8899 | 0.1742 | 0.0000 |
| | Alter | 0.0000 | 0.0000 | 0.0117 | 0.0000 | 0.1160 | 0.0055 |
| | Vater* | 0.0046 | 0.2188 | 0.0004 | 0.3567 | 0.1480 | 0.0965 |
| | Mutter* | 0.2409 | 0.0728 | 0.4946 | 0.5746 | 0.5618 | 0.0774 |
| | Vater* | 0.4692 | 0.4559 | 0.5470 | 0.8505 | 0.0768 | 0.3677 |
| | Alter | 0.7040 | 0.6510 | 0.0589 | 0.1742 | 0.5856 | 0.7181 |
| | Mutter* | 0.4440 | 0.8114 | 0.6355 | 0.0256 | 0.5949 | 0.4756 |
| | Fütterung | 0.1583 | 0.4487 | 0.3007 | 0.1347 | 0.4862 | 0.0737 |
| | * Alter | | | | | | |

Tabelle A 16: Fettsäuremuster im Brustfleisch i.A.v. Genetik und Fütterung (Schlachalter 14 Wochen).

| | | SFA | MUFA | PUFA | n-3 PUFA | n-6 PUFA |
|-----------------------------|-----------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| Vater | ALT | 30.8±0.3 a | 28.6±0.4 | 40.4±0.4 | 4.71±0.1 | 35.7±0.3 |
| | BIE | 31.9±0.3 b | 27.3±0.4 | 40.7±0.4 | 4.74±0.1 | 36.0±0.3 |
| | RAM | 31.6±0.3 ab | 28.0±0.4 | 40.4±0.4 | 5.00±0.1 | 35.4±0.3 |
| Mutter | RG | 31.1±0.2 a | 29.0±0.3 b | 39.8±0.3 a | 4.52±0.1 a | 35.2±0.3 a |
| | WR | 31.8±0.2 b | 26.9±0.3 a | 41.3±0.3 b | 5.11±0.1 b | 36.2±0.3 b |
| Fütterung | Kontrolle | 31.3±0.2 | 28.6±0.3 b | 40.1±0.3 | 4.63±0.1 a | 35.5±0.3 |
| | Versuch | 31.6±0.2 | 27.4±0.3 a | 40.9±0.3 | 5.00±0.1 b | 35.9±0.3 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.0113 | 0.0708 | 0.8245 | 0.2697 | 0.4615 |
| | Mutter | 0.0282 | 0.0000 | 0.0018 | 0.0005 | 0.0241 |
| | Fütterung | 0.3877 | 0.0076 | 0.1043 | 0.0234 | 0.3159 |
| | Vater*Mutter | 0.5909 | 0.3848 | 0.4451 | 0.5023 | 0.5594 |
| | Vater*Fütterung | 0.2796 | 0.9102 | 0.9501 | 0.5913 | 0.9733 |
| Mutter*Fütterung | 0.9599 | 0.4105 | 0.7165 | 0.3791 | 0.9247 | |

(relative Anteile in % aller detektierten und identifizierten Fettsäuren)

Tabelle A 17: Fettsäuremuster im Brustfleisch i.A.v. Genetik und Fütterung (Schlachalter 18 Wochen).

| | | SFA | MUFA | PUFA | n-3 PUFA | n-6 PUFA |
|-----------------------------|-----------------|----------|------------|------------|------------|-------------|
| Vater | ALT | 31.4±0.3 | 26.8±0.5 | 41.9±0.5 | 5.78±0.2 | 36.1±0.4 ab |
| | BIE | 31.9±0.3 | 25.2±0.5 | 42.9±0.5 | 5.87±0.2 | 37.0±0.4 b |
| | RAM | 31.8±0.3 | 26.5±0.5 | 41.7±0.5 | 6.07±0.2 | 35.7±0.4 a |
| Mutter | RG | 31.5±0.2 | 27.2±0.4 b | 41.4±0.4 a | 5.75±0.1 | 35.6±0.3 a |
| | WR | 31.9±0.2 | 25.2±0.4 a | 42.9±0.4 b | 6.06±0.1 | 36.9±0.3 b |
| Fütterung | Kontrolle | 31.8±0.2 | 26.3±0.4 | 41.9±0.4 | 5.33±0.1 a | 36.6±0.3 |
| | Versuch | 31.6±0.2 | 26.0±0.4 | 42.4±0.4 | 6.48±0.1 b | 35.9±0.3 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.3422 | 0.0751 | 0.1867 | 0.4531 | 0.0348 |
| | Mutter | 0.1864 | 0.0014 | 0.0075 | 0.1033 | 0.0057 |
| | Fütterung | 0.5642 | 0.6105 | 0.3624 | 0.0000 | 0.1203 |
| | Vater*Mutter | 0.7561 | 0.1456 | 0.2585 | 0.8546 | 0.0549 |
| | Vater*Fütterung | 0.6746 | 0.6640 | 0.4910 | 0.0446 | 0.9001 |
| Mutter*Fütterung | 0.8153 | 0.4147 | 0.2956 | 0.8325 | 0.2320 | |

Tabelle A 18: Peptide im Brustfleisch i.A.v. Genetik und Fütterung (Schlachalter 14 bzw. 18 Wochen).

| | | 14 Wochen | | | 18 Wochen | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | Kreatin | Carnosin | Anserin | Kreatin | Carnosin | Anserin |
| Vater | ALT | 488±14.4 | 378±18.5 | 871±28.9 | 494±15.7 | 337±22.7 | 980±29.8 |
| | BIE | 484±14.8 | 344±19.1 | 853±29.8 | 486±17.0 | 354±24.6 | 1025±32.3 |
| | RAM | 485±15.0 | 337±19.6 | 866±30.1 | 509±15.4 | 370±22.2 | 1019±29.2 |
| Mutter | RG | 516±12.3b | 357±15.7 | 840±24.7 | 497±13.4 | 364±19.4 | 991±25.5 |
| | WR | 455±11.8a | 349±15.4 | 877±23.7 | 496±12.8 | 344±18.5 | 1024±24.3 |
| Fütterung | Kontrolle | 490±11.9 | 358±15.4 | 857±23.9 | 497±12.8 | 370±19.3 | 997±24.3 |
| | Versuch | 481±12.2 | 348±15.7 | 869±24.4 | 496±13.4 | 337±18.5 | 1019±25.3 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.9787 | 0.2633 | 0.8972 | 0.5663 | 0.5832 | 0.5114 |
| | Mutter | 0.0006 | 0.7433 | 0.1651 | 0.9671 | 0.4557 | 0.3526 |
| | Fütterung | 0.6059 | 0.6508 | 0.7084 | 0.9413 | 0.2099 | 0.5250 |
| | Vater*Mutter | 0.7871 | 0.4821 | 0.9264 | 0.9738 | 0.7220 | 0.7898 |
| | Vater*Fütterung | 0.1264 | 0.6442 | 0.4131 | 0.9959 | 0.2664 | 0.6311 |
| Mutter*Fütterung | 0.2558 | 0.4451 | 0.7118 | 0.8193 | 0.3277 | 0.6401 | |

Tabelle A 19: Nukleotide in Abhängigkeit von Genetik und Fütterung (14 bzw. 18 Wochen).

| | | 14 Wochen | | | 18 Wochen | | |
|-----------------------------|------------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|-------------|
| | | AMP | IMP | Inosin | AMP | IMP | Inosin |
| Vater | ALT | 17.4±1.54 | 252±11.3 a | 145±6.89 | 18.8±1.70 | 281±13.7 | 129±5.16 ab |
| | BIE | 20.0±1.59 | 302±11.7 b | 140±7.09 | 16.5±1.84 | 288±14.9 | 113±5.58 a |
| | RAM | 16.1±1.61 | 316±12.0 b | 129±7.29 | 19.7±1.66 | 306±13.4 | 133±5.04 b |
| Mutter | RG | 19.2±1.32 | 308±9.62 b | 138±5.85 | 18.4±1.45 | 311±11.7 b | 120±4.41 |
| | WR | 16.4±1.27 | 272±9.47 a | 139±5.75 | 18.3±1.38 | 272±11.3 a | 130±4.19 |
| Fütterung | Kontrolle | 18.9±1.28 | 287±9.45 | 135±5.74 | 19.8±1.39 | 310±11.2 b | 137±4.19 b |
| | Versuch | 16.7±1.30 | 293±9.64 | 141±5.85 | 16.9±1.45 | 273±11.7 a | 114±4.38 a |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.2157 | 0.0007 | 0.2700 | 0.4099 | 0.3904 | 0.0304 |
| | Mutter | 0.1253 | 0.0095 | 0.8759 | 0.9493 | 0.0199 | 0.1219 |
| | Fütterung | 0.2342 | 0.6584 | 0.4584 | 0.1334 | 0.0251 | 0.0005 |
| | Vater*Mutter | 0.9921 | 0.9193 | 0.9340 | 0.6553 | 0.3865 | 0.9917 |
| | Vater*Fütterung | 0.7938 | 0.7559 | 0.1841 | 0.3167 | 0.2257 | 0.0062 |
| | Mutter*Fütterung | 0.7665 | 0.2133 | 0.5693 | 0.5301 | 0.5089 | 0.2338 |

Tabelle A 20: Rohrnährstoffzusammensetzung des Brustfleisches in Abhängigkeit von Genetik und Fütterung (Schlachalter 14 bzw. 18 Wochen).

| | | 14 Wochen | | | 18 Wochen | | |
|-----------------------------|------------------|-----------|----------------|-------------|-----------|------------------|--------------------|
| | | TM (%) | Protein (g/kg) | Fett (%) | TM (%) | Protein (g/kg) | Fett (%) |
| Vater | ALT | 25.5±0.1 | 246±1.3 | 0.83±0.02 | 25.7±0.1 | 250±1.3 | 0.71±0.03 |
| | BIE | 25.4±0.1 | 245±1.4 | 0.78±0.02 | 25.9±0.1 | 250±1.3 | 0.67±0.03 |
| | RAM | 25.2±0.1 | 245±1.4 | 0.76±0.02 | 25.7±0.1 | 249±1.1 | 0.71±0.03 |
| Mutter | RG | 25.3±0.1 | 244±1.1 | 0.86±0.02 b | 25.8±0.1 | 248±1.1 a | 0.72±0.02 b |
| | WR | 25.4±0.1 | 247±1.1 | 0.72±0.02 a | 25.8±0.1 | 252±1.0 b | 0.63±0.02 a |
| Fütterung | Kontrolle | 25.4±0.1 | 246±1.1 | 0.81±0.02 | 25.8±0.1 | 251±1.0 | 0.67±0.02 |
| | Versuch | 25.4±0.1 | 244±1.1 | 0.78±0.02 | 25.9±0.1 | 249±1.1 | 0.68±0.02 |
| Sign. Effekte (ANOVA) | Vater | 0.2097 | 0.8788 | 0.0742 | 0.0671 | 0.9112 | 0.2928 |
| | Mutter | 0.6471 | 0.0960 | 0.0000 | 0.5423 | 0.0175 | 0.0044 |
| | Fütterung | 0.6017 | 0.2931 | 0.2734 | 0.0831 | 0.1686 | 0.6694 |
| | Vater*Mutter | 0.4495 | 0.6603 | 0.3390 | 0.2242 | 0.3225 | 0.4366 |
| | Vater*Fütterung | 0.8291 | 0.9392 | 0.5578 | 0.7909 | 0.9260 | 0.3362 |
| | Mutter*Fütterung | 0.9169 | 0.8176 | 0.5412 | 0.1655 | 0.1543 | 0.3401 |