

Landbauforschung

*Applied Agricultural
and Forestry Research*

Vol. 67
No. 3/4· 12.2017



Landbauforschung

Landbauforschung *Applied Agricultural and Forestry Research* ist eine wissenschaftliche Zeitschrift, in der Forschungsergebnisse zu gesellschaftlich relevanten Themen veröffentlicht werden, die einen Bezug zur Landwirtschaft, zur Forstwirtschaft und zur ländlichen Entwicklung aufweisen. Die Zeitschrift ist damit explizit Disziplinen übergreifend ausgerichtet.

Veröffentlicht werden insbesondere anwendungsorientierte wissenschaftliche Beiträge, die interdisziplinär angelegt sind oder die ausgeprägte Bezugspunkte zu anderen Fachdisziplinen aufweisen. Der geographische Fokus der Zeitschrift liegt auf Deutschland und Europa. Die Sprache der Beiträge ist deutsch oder englisch. Alle Beiträge unterliegen einer doppelt anonymen Begutachtung (double-blind peer review).

Landbauforschung *Applied Agricultural and Forestry Research* wird vom Thünen-Institut in Braunschweig herausgegeben. Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren und Autorinnen verantwortlich. Eine Haftungsübernahme durch die Redaktion erfolgt nicht.

Mit der Einsendung von Manuskripten geben die Verfasser/Verfasserinnen ihre Einwilligung zur Veröffentlichung. Die von den Autoren/Autorinnen zu beachtenden Richtlinien zur Einreichung der Beiträge sind unter www.thuenen.de/de/infotehk/publikationen/landbauforschung/ oder bei der Geschäftsführung erhältlich.

Als Printausgabe erscheinen vier Hefte pro Jahr. Beiträge, die noch keinem bestimmten Heft zugeordnet sind, werden als Online First – Version veröffentlicht.

Indexiert in: CAB International, Science Citation Index Expanded, Current Contents – Agriculture, Biology & Environmental Sciences, Scopus, Web of Science.

Herausgeber
Johann Heinrich von Thünen-Institut

Schriftleitung
Prof. Dr. Andreas Bolte,
Prof. Dr. Peter Weingarten

Geschäftsführung
Dr. Hans-Walter Roering
Tel. +49 (0) 40 - 73962 239
Leuschnerstraße 91
21031 Hamburg, Germany
landbauforschung@thuenen.de
www.thuenen.de

Grafikdesign und Satz
Karin Tamoschat-Depolt, Thünen-Institut

Fotos Umschlagseite
Katja Seifert, Thünen-Institut (2),
Michael Welling, Thünen-Institut (1)

ISSN 0458-6859

Alle Rechte vorbehalten.

Applied Agricultural and Forestry Research

Landbauforschung *Applied Agricultural and Forestry Research* is a scientific journal, concerning the latest research results of socially relevant issues related to agriculture, forestry and rural development. The journal is targeted explicitly to interdisciplinary topics.

Particularly welcome are application-oriented scientific contributions with an interdisciplinary approach or with a close connection to other research areas. The geographical focus of the journal is Germany and Europe. Articles may be written in English or German. All articles are subject to a double-blind peer review.

Landbauforschung *Applied Agricultural and Forestry Research* is published by the Thünen Institute with headquarters in Brunswick, Germany. Authors are responsible for the content of their articles. The publishers are not liable for the content.

With the submission of a manuscript, the authors grant permission for publication. The guidelines for the submission of manuscripts can be found under www.thuenen.de/en/infotehk/publikationen/landbauforschung/ or obtained from the publishers.

The print edition is published quarterly. Articles not yet assigned to a specific issue are available online ("Online First")

Indexed in: CAB International, Science Citation Index Expanded, Current Contents – Agriculture, Biology & Environmental Sciences, Scopus, Web of Science.

Publisher
Johann Heinrich von Thünen Institute

Editor in Chief
Prof. Dr. Andreas Bolte,
Prof. Dr. Peter Weingarten

Managing Editor
Dr. Hans-Walter Roering
Tel. +49 (0) 40 - 73962 239
Leuschnerstraße 91
21031 Hamburg, Germany
landbauforschung@thuenen.de
www.thuenen.de

Graphic Design and Typesetting
Karin Tamoschat-Depolt, Thünen Institute

Photos cover pages
Katja Seifert, Thünen Institute (2),
Michael Welling, Thünen Institute (1)

ISSN 0458-6859

All rights reserved.

Inhalt
Content

- Jens Hepper
Geschichtliche Betrachtung der agrarischen Unterrichtsmethodik
111 Historical analysis of agricultural education methods
- Jan Hendrik Moos, Stefan Schrader, and Hans Marten Paulsen
Reduced tillage enhances earthworm abundance and biomass in organic farming: A meta-analysis
123 Reduzierte Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau fördert die Abundanz und Biomasse von Regenwürmern: Eine Meta-Analyse
- Gerhard Flachowsky, Ingrid Halle, Anna S. Schultz, Hubertus Wagner, and Sven Dänicke
Long term study on the effects of iodine sources and levels without and with rapeseed cake in the diet on the performance and the iodine transfer into body tissues and eggs of laying hens of two breeds
129 Langzeit-Studie zum Einfluss von Jodquellen und -mengen ohne und mit Rapskuchen im Futter auf Leistung und Jodtransfer in Körperproben und Eier von Legehennen aus zwei Herkunftsn
- Endre Kovács, Susanne Mitro, Károly Tempfli, Petra Zenke, Ákos Maróti-Agóts, László Sáfár, Ágnes Bali Papp, and András Gáspárdy
A specific selection programme is required in the autochthonous Cikta Sheep which is endangered by own frequent ARQ prion haplotype?
141 Ist für das autochthone Cikta-Schaf, das durch einen eigenen, häufig auftretenden ARQ Prion Haplotyp gefährdet ist, ein spezielles Zuchtprogramm erforderlich?
- Daniel Zaborski, Witold S. Proskura, Wilhelm Grzesiak, Iwona Szatkowska, and Magdalena Jędrzejczak-Silicka
Use of random forest for dystocia detection in dairy cattle
147 Nutzung von Random Forest zur Detektion der Dystokie bei Milchvieh
- Torsten Möllmann und Bernhard Möhring
Zur Bedeutung und ökonomischen Wirkung verminderter Steuersätze bei außerordentlicher Holznutzung gemäß des § 34b EStG
155 Importance and economic effect of reduced income tax rates on wood in cases of calamities
- Danksagung – Acknowledgements**

Geschichtliche Betrachtung der agrarischen Unterrichtsmethodik

Jens Hepper*

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit thematisiert die Entwicklung der Gestaltung von agrarischem Unterricht vor dem Hintergrund der verwendeten Methoden, Sozialformen und übrigen Elemente der Unterrichtsplanung.

Historisch betrachtet lassen sich acht Kernelemente der Agrardidaktik bestimmen, welche um ein neuntes, den Lehrervortrag, ergänzt wird. Dieser muss jedoch kritisch gesehen werden, da diese Form des Unterrichtens und die damit verknüpften Probleme die Initialzündung der Gründung des landwirtschaftlichen Schulwesens darstellt und seitens der Landwirtschaft und später der Hauswirtschaft eher eine Abkehr von dieser Methodik zu beobachten war.

Im Kern wurde der Unterricht konzeptionell vor allem problem- und handlungsorientiert aufgebaut, in sozialen Lernformen organisiert und unter Berücksichtigung auserschulischer Lernorte durchgeführt. Methodisch spielen vor allem der Versuch, das Lernen am Modell, das Experteninterview sowie die Literaturrecherche eine Rolle – insgesamt methodische Aspekte, welche sich in modernen agrarischen Makromethoden, wie Forest Case Studies und Agri Case Studies wiederfinden.

Schlüsselwörter: *Agrardidaktik, Pädagogik der Landwirtschaft, Methodenpool, Makromethodik*

Abstract

Historical analysis of agricultural education methods

The paper approaches the development of agricultural education in regard of educational methods, social learning, and the other aspects for planning lessons in educational settings.

Eight basic aspects of agricultural education can be identified in the historical literature available, while a ninth aspect – the teacher centered lecture – can be defined as being the reason for starting the modern system of agricultural vocational schools due to its perceived lack of suitability in education farmers.

Taking the data into account, agricultural education was mostly focused on the concept of problem-based and active learning concepts. This was further added by out of school learning, cognitive learning, and learning in groups. Experiments, expert interviews, and the use of literature can be taken as essential for educational processes in this vocational field. Taking these into account, we find a close similarity with modern macro methods like Forest Case Studies and Animal Case Studies, pointing out the specific suitability of these methods and concepts.

Keywords: *agricultural didactics, education in agriculture, method pool, macro methods*

* BBS II Northeim, Sudheimer Str. 24, 37154 Northeim

1 Einleitung

Im Schwerpunkt geht dieser Aufsatz der Frage nach, wie sich berufsbezogener landwirtschaftlicher Unterricht methodisch im Laufe der Geschichte entwickelt hat und inwiefern diese Methoden wieder verworfen und reimplementiert wurden. Dieser Teilaspekt der agrarischen Berufsbildung stellt, auch wenn heute der Beruf Landwirt/Landwirtin hinter dem Berufssektor des Gartenbaus in Bezug auf die Zahl der Auszubildenden zurücksteht, die Grundlage für die Gestaltung von jedwedem Unterricht in den Grünen Berufen dar (Tobä, 2003). Aus diesem Grund ist es aus agrardidaktischer Perspektive, der Geschichte der Unterrichtsmethodik und -gestaltung eine vertiefte Aufmerksamkeit zu widmen.

Zum Stand der Forschung bleibt zunächst zu sagen, dass in der historischen Forschung mehrheitlich die Vorgehensweise zur Gründung von landwirtschaftlichen Schulen und Schulsystemen beschrieben wird, ebenso wie die Publikation biographischer Daten agrarischer Lehrkräfte üblich ist (bspw. Seidl, 2011). Es fehlt jedoch die Auseinandersetzung mit der berufsbezogenen Unterrichtsmethodik sowie den übrigen Elementen einer Unterrichtsgestaltung. Es ist das Ansinnen dieser Arbeit, dieses Defizit aufzuarbeiten und methodische, didaktische, örtliche, konzeptionelle und soziale Aspekte von agrarischer Bildung im Laufe der Zeit zu identifizieren. Die Berücksichtigung der Gesamtheit dieser Aspekte kann als wesentlich für die Planung und Gestaltung von kompetenzorientierten Lehr- und Lernprozessen angesehen werden (Bundesinstitut für berufliche Bildung, 2007) und sollte daher, soweit es möglich im Kontext erfasst werden. Vor dem Hintergrund anderer Fachdidaktiken ist zu vermerken, dass dies als eine wesentliche Aufgabe von der Agrardidaktik anzusehen ist, ohne die diese unvollständig bleiben muss (Klafki, 1963). Dies ist in der vorliegenden Literatur bis dato unterblieben (Lehmann, 2005). Dieser Aufsatz dient somit weiterhin der Vervollständigung der bestehenden Ansätze agrarischer Fachdidaktiken.

Von besonderer Relevanz sind hierbei folgende Definitionen, welche für die Arbeit leitend sein sollen:

I. Unterrichtsmethode: Hiermit sind schultypische Lehr- und Lernformen zu verstehen. Diese sind dadurch charakterisiert, dass jede Lehrkraft im Rahmen ihrer Ausbildung typischerweise eine eigene Arbeitsdefinition erstellt (Meyer, 2002), was eine scharfe Trennung in der Praxis oftmals erschwert. Im Sinne dieser Arbeit soll folgende Definition verwendet werden:

„Unterrichtsmethoden sind die Formen und Verfahren, mit denen sich die Lehrerinnen, Lehrer, Schülerinnen und Schüler die sie umgebende natürliche und gesellschaftliche Wirklichkeit unter Beachtung der institutionellen Rahmenbedingungen der Schule aneignen.“ (Meyer, 2002, Seite 109).

Die Definition folgt somit einem konstruktivistischen Ansatz des Lernprozesses, welcher nicht spontan entsteht, sondern durch Lehrende initiiert wird und durch den Austausch zwischen Lehrkraft und Lernenden vorangetrieben wird. Neben dem reinen Erwerb des Wissens bedingt dies die Annahme von konzeptionellen, ethischen und kulturellen Sichtweisen auf die berufliche Lebenswelt, welche im

Prozess der Veränderung der landwirtschaftlichen Praxis seit langem eine Rolle spielt (siehe Kapitel 3).

II. Bildung: Auch dieser Begriff ist teilweise sehr unterschiedlich belegt. Hier folgt dieser Aufsatz der Definition:

„Bildung ist der Erwerb eines Systems moralisch erwünschter Einstellungen durch die Vermittlung und Aneignung von Wissen derart, dass Menschen im Bezugssystem ihrer geschichtlich-gesellschaftlichen Welt wählend, wertend und stellungnehmend ihren Standort definieren, Persönlichkeitsprofil bekommen und Lebens- und Handlungsorientierung gewinnen. Man kann stattdessen auch sagen, Bildung bewirke Identität.“ (Kössler, 1989, Seite 51).

Im Sinne agrarischer Bildung ist dies so zu benennen, dass die über den Bildungsprozess erreichten Lernziele dazu geeignet sind, die berufliche Identität, Professionalität und Verantwortung für die Gesellschaft, insbesondere in Hinblick auf die Nachhaltigkeit der Produktion von Nahrungsmitteln für die Bevölkerung zu erreichen, sowie vor dem historischen Hintergrund gesehen zeitgemäße Ansätze zu erwerben.

Dieser Aufsatz soll weiterhin nicht die heutige Situation der Gestaltung von Bildungsprozessen thematisieren, da dies der Intention der historischen Auseinandersetzung entgegenstehen würde (Klafki, 1963). Dies kann der Gegenstand künftiger Forschungsarbeiten sein.

2 Methodik

Die Arbeit stellt eine Schnittstelle zwischen historischen und bildungswissenschaftlichen Forschungsgebieten dar. Der Forschungsansatz soll demnach vor allem pragmatisch-qualitativ sein (Baumann und Scherer, 2012). Es ist nicht das Ziel, die Definition der Methode im Sinne des Autors einer historischen Quelle zu erfassen, sondern die beschriebenen Ansätze und Konzepte vor dem Hintergrund der modernen Auffassung von methodischen, örtlichen, sozialen und konzeptionellen Elementen agrarischer Bildungsprozesse zu bestimmen.

In Bezug auf die Analyse historischer Quellen und Publikationen bietet sich die Kombination des in der historischen Forschung üblichen Bibliographierens zur Identifikation möglicher Quellen an (Terhoeven et al., 2006). Die Prüfung des Inhalts muss zwangsweise als qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt werden, um ein Verständnis über die Verwendung bestimmter Methoden und Lernkulturen im Kontext agrarischen Lehrens und Lernens zu erlangen (Langner, 2011; Mayring, 2000; Jenker, 2007), was die typische Methode der historischen Bildungsforschung darstellt (Mayring, 2000; Jenker, 2007; Loosen und Scholl, 2012). Hier soll jedoch nicht quantitativ summierend festgestellt werden, wie oft eine bestimmte Lehr-Lern-Form erwähnt wird, sondern ob grundsätzlich entsprechende Elemente identifiziert werden können (Mayring, 2000; Jenker, 2007). Wie bereits oben genannt, erfolgte eine Auseinandersetzung mit der Unterrichtsmethodik zumeist nicht, da der Großteil der agrarhistorischen Bildungsforschung vornehmlich institutions- und personenbezogen durchgeführt wurde.

Die pädagogisch-methodische Kategorienbildung zu den verwendeten Methoden erfolgt induktiv (Mayring, 2000), im konkreten Fall also ausgehend von der eigenen Vorbildung des Forschenden als agrarischer Lehrer, Ausbildungslehrer für landwirtschaftliche Lehrkräfte und Lehrbeauftragter für Fachdidaktik der Forst- und Agrarwissenschaften. Die Kategorien orientieren sich an denen schultypischer Unterrichtselemente. Die Zuordnung erfolgt demnach ausgehend von der Beschreibung in den historischen Quellen im Abgleich mit entsprechender moderner Fachliteratur.

Die in den Quellen beschriebenen Ansätze werden demnach in ihrem Kontext sowie ihrer pädagogischen Intention betrachtet und davon ausgehend einer der in der Fachliteratur beschriebenen Lernform, -kultur, einer Sozialform oder einem lernörtlichen Konzept zugeordnet. Dies geschieht, ausgehend von den fachlichen Vorgaben anderer Fachdidaktiken beziehungsweise den Grundsätzen der Schul- und Erwachsenenpädagogik, da insgesamt ein Methodenkanon sowie eine implementiertes pädagogisches Konzept, losgelöst von den allgemeinen Vorgaben für die Gestaltung von Unterricht, in diesem Berufsfeld fehlt.

3 Betrachtung der historischen Entwicklung agrarischen Lehrens und Lernens

3.1 Die Anfänge bis in das späte Mittelalter

Der Prozess der landwirtschaftlichen Kulturentwicklung kann auf den Zeitraum zwischen 9.000 und 6.500 v. Chr. datiert werden. Heute können wir nur auf Grund von Relikten und Fossilien Einblicke in diese Epoche nehmen und daraus Rückschlüsse auf die Lebensweise und Nutzung der Umwelt ziehen. Wie damals landwirtschaftliche Erkenntnisse innerhalb der Bevölkerung vermittelt wurden, ist nicht nachvollziehbar. Das ein europaweiter Austausch, insbesondere ein kultureller, stattgefunden hat, gilt mittlerweile als gesichert (Sambraus, 2010).

Aus dem vierten Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung sind hingegen einige Lehrbücher zu „Grünen Themen“ erhalten geblieben. Beispielsweise Xenophons *Peri Hippikés*, ein Werk über die Reitkunst findet sich noch heute in den verschiedenen Übersetzungen und gilt als Lehrwerk von großer Bedeutung (Kapitzke, 1997; Branderup, 1999; Branderup, 2001; Lehmann, 2005; Neindorff, 2005). Interessanterweise finden wir später gleichermaßen in Deutschland zunächst eine agrarische Betrachtung und Förderung des militärisch bedeutsamen Pferdes (siehe Unterkapitel 3.2), was die Frage aufwirft, inwiefern sich deutsche, agrarische Verantwortliche an klassischen Quellen und Konzepten orientiert haben könnten.

Ein anderer Autor der Antike, Cato der Ältere (150 v. Chr.), beschreibt in seinem Werk *„De agri cultura“* die Bewirtschaftung zweier landwirtschaftlicher Betriebe vor dem Hintergrund, dass ein Familienoberhaupt plant, einen von beiden zu erwerben. Diese zu lösende Problemstellung entspricht in ihrer Struktur den Konzepten eines **problemorientierten**

Unterrichtsansatzes, gemäß dem heutigen Verständnis dieser Methodik. Der Unterricht wird demnach an einer konkreten Problemstellung aufgebaut, welche von den Lernenden gelöst werden soll. Idealerweise erhalten diese Informationsmaterial und Beispiele, um den problemlösenden Lernprozess zu unterstützen (Enkenberg et al., 2010; Vartiainen, 2014; Enkenberg und Vartiainen, 2010). Der Autor gibt im konkreten Beispiel Einblicke in die Bodenbewirtschaftung und Pflanzenproduktion. Deutlich ist in jedem der genannten Werke der Antike, dass eine Verbesserung der Produktivität und Leistungsfähigkeit der Beweggrund der Verfasser war, um ihre Erfahrungen und Kenntnisse niederzuschreiben. Dies geschah im Sinne der traditionellen Bildung im Römischen Reich. Das vorrangige Ziel des Unterrichts dieser Epoche bestand darin, den Lernenden die Kenntnisse des Lesens, Schreibens und Rechnens in der Grundschule beizubringen. Wenn diese im Alter von zwölf Jahren abgeschlossen war, besuchten die Lernenden gegebenenfalls die Literaturschule, in der ihre literarischen und grammatikalischen Fähigkeiten verbessert werden sollten. Fachkenntnisse für den eigentlichen Beruf erwarben die römischen Bürger durch das Selbststudium. Dies entspricht wiederum dem methodischen Ansatz der **Literaturrecherche**, bei der Anhand von Fachtexten konkrete, **problemorientierte** Aufgaben der beruflichen Lebenswelt gelöst werden (Enkenberg et al., 2010; Vartiainen, 2014; Enkenberg und Vartiainen, 2010). Die zu dieser Zeit entwickelten Bewirtschaftungsformen wurden, bedingt durch die Ausbreitung des Römischen Reichs, in weiten Teilen Europas von den übrigen Völkern übernommen (Lupert, 2002). Diese Form der Bewirtschaftung des Landes schien zunächst eine gewisse Prävalenz aufzuweisen und konnte sich relativ lange halten.

Im Mittelalter waren circa 80 % der Bevölkerung Europas in der Landwirtschaft tätig (Poprawka, 2000). Eines der Hauptprobleme war nach wie vor eine geringe Produktivität in Bezug auf die Fläche. Konnten in der Epoche zwischen dem 8. und dem 14. Jahrhundert die Erträge stetig verbessert werden, so erreichte diese Produktivitätssteigerung im 15. Jahrhundert ihre Grenze. Als Hauptgrund für die Ertragssteigerung der oben genannten ist die Dreifelderwirtschaft zu sehen. Weiterhin führten verbesserte Arbeitsmaterialien, wie eisernen Werkzeuge, neue Anspannverfahren sowie das Müllereiwesen zu Ernte-, Nutzungs- und Ertragssteigerungen (Poprawka, 2000; Lehmann, 2005). Eine Umsetzung von Agrarreformen fand nicht durch die Bauern statt, da diese zumeist nicht die Eigentümer des von ihnen bewirtschafteten Landes waren, sondern durch die adeligen Grundeigentümer (Bär und Quensel, 2010). Landwirtschaft war damals üblicherweise nicht auf ein Gewinnstreben ausgerichtet, vielmehr sicherte sie die Lebensgrundlage (Seefeldt, 2005). Landwirtschaftliche Lehrwerke dieser Zeit sind nicht erhalten geblieben. Was jedoch als gesichert angesehen werden kann, ist der Umstand, dass in den Klöstern Landwirtschaft und Gartenbau vorangetrieben, Kulturpflanzen gezüchtet und neue Sorten entwickelt wurden sowie ein gewisser Austausch zwischen den Mönchen und Bauern stattfand (Lehmann, 2005; Bär und Quensel, 2010). Letzterer geschah jedoch vornehmlich informell und spontan und

nicht im Sinne einer geregelten Beschulung (Hehlmann, 1967; Winkel, 1985). Weiterhin lag die planmäßige Zucht von Nutztieren, wie beispielsweise der Kartäuserpferde in den Gestüten der spanischen Klöster, welche im Mittelalter begründet wurde und bis heute besteht in den Händen von Mönchsorden (Sambraus, 2001). Die Schriftstücke jener Zeit wurden auf Latein verfasst, was der Landbevölkerung den Zugang zu diesem Wissen durch ein Selbststudium, wie es im römischen Reich üblich gewesen war, verwehrte.

In der Folgezeit fokussierte sich die landwirtschaftliche Bildung vornehmlich auf die Bildung der Hausväter (Richarz, 1983). Aus heutiger Sicht entspricht dies jedoch eher einer Bildung im Sinne der ländlichen Hauswirtschaft, welche im Unterkapitel 3.4 näher betrachtet wird.

Weiterhin ist von Lehrern durchgeführte Imkerei ab dem späten 17. Jahrhundert (Minten, 2014; Verein Thurgauischer Bienenfreunde, 2014) nachweisbar und korreliert zeitlich mit dem Niedergang des waldimkerlichen Zeidlerwesens (Verein Thurgauischer Bienenfreunde, 2014). Im Grunde genommen wurde zu diesem Zeitpunkt die Bienenhaltung aus der Forstwirtschaft in die Landwirtschaft geholt. Lehrkräfte in Dorfschulen, als die klassischen Schulmeister, schienen hierbei die Rolle von Multiplikatoren zu spielen, um der Bevölkerung diese tierwirtschaftliche Tätigkeit näher zu bringen, was gegebenenfalls als eine Form der Haltung einer Modellart angesehen werden könnte, jedoch einen relativ großen Interpretationsspielraum bietet.

3.2 Entstehung der Beratungsstellen

Da ein Selbststudium der Schriften fachwissenschaftlicher Autoren, hoheitliche Verordnungen oder die Arbeit auf den Latifundien eines Klosters nur einen geringen Fortschritt in der landwirtschaftlichen Entwicklung erbringen konnte, wurden neue Wege der Bildung gesucht. Die Autoren des 18. und 19. Jahrhunderts bemängelten, dass die Düngung der Felder in einem zu weiten Rhythmus durchgeführt und Vieh in zu geringer Zahl gehalten wurde (Achilles, 1991). Der Stand der agrarwissenschaftlichen Erkenntnisse war bereits recht hoch. Zu dieser Zeit entstanden zunehmend verschiedene Lehrwerke der Landwirtschaft. Deren Informationen waren jedoch einer breiten Masse, bedingt durch Analphabetismus und andere Bildungsdefizite, nicht zugänglich (Achilles, 1991).

Die Grundlage des landwirtschaftlichen Bildungswesens im 18. und 19. Jahrhundert bildeten zunächst die landwirtschaftlichen Beratungsstellen. In den wirtschaftlich oder militärisch relevanten Bereichen der Landwirtschaft war daher eine staatliche Unterstützung als notwendig angesehen. Für Ostpreußen ist beispielsweise die Gründung einer Rinderzucht-Gesellschaft im Jahre 1882 belegt. Ergänzend dazu muss jedoch gesagt werden, dass die regionale Pferdezucht bereits deutlich früher organisiert wurde (Lölhöfel, 1976). Die Gründung des Stutamtes Trakehnen ist auf das Jahr 1732 datiert, also circa 150 Jahre zuvor. Die Förderung und Beratung der bäuerlichen Züchter stand dabei, wie andernorts, im Vordergrund (Bloech, 1980).

Im Freistaat Bayern wurde 1844 das Gestütswesen unter die Leitung des Innenministeriums und damit des Militärs gestellt. Ziel dieser Maßnahme war die Etablierung eines höheren Zuchtfortschrittes durch eine gezielte Selektion der Beschäler. Die Triebfeder war der hohe Bedarf der Kavallerie an rittigen Pferden für den Kriegsfall, was sich erst im Zuge der Mechanisierung nach dem ersten Weltkrieg änderte. In Bayern folgte der Etablierung des Gestütswesens die Einrichtung der Tierzuchtämter für andere Nutztiere im Jahre 1892. Hauptaufgabe war zunächst die Kontrolle und Beratung der Rinderzüchter. Bis 1920 folgten die übrigen wirtschaftlich relevanten Nutztierarten. Um 1900 wurden die ersten Moorkulturstellen eingerichtet, welche Moorbisitzer bei der Schaffung nutzbarer Flächen im Eigenbesitz beraten sollten. Erst 1960 wurden diese zu Bodenkulturstellen umgewandelt (Volkert und Bauer, 1983).

In Württemberg wiederum wurde 1815 zunächst eine Landespferdezucht für das Militär eingerichtet, die 1817 eine Neuorientierung auf die Bedürfnisse der Landwirtschaft erfuhr. In Schleswig erließ man 1779 eine Pferdezuchtverordnung und etablierte im selben Jahr eine Körkommission. Wie bereits beschrieben, begann die Rinderzucht in Deutschland zumeist erst einige Jahre nach der Pferdezucht. Im Harz wurde 1830 die Zucht des Harzer Rotviehs planmäßig gefördert, im Schwarzwald erfolgte eine Beratung ab 1865, nachdem ein bereits 30 Jahre zuvor erlassenes Gesetz zur Verbesserung der Rinderbestände keinen Erfolg gebracht hatte. Diese Entwicklung war für die damalige Zeit typisch. Zunächst wurde per Gesetz beschlossen, dass die Tierzucht der Pferde, Rinder, Schafe, Ziegen und Schweine zu verbessern sei. Als dann nach einigen Jahren festgestellt wurde, dass dies keinen Zuchtfortschritt und Leistungszuwachs brachte, wurden Beratungsstellen etabliert. Das Beratungswesen kam jedoch an seine Grenzen, da zwar das notwendige Tier- und Pflanzenmaterial vorhanden war, die Hintergründe der landwirtschaftlichen Abhandlungen der breiten Bevölkerung nicht zugänglich waren. Ebenso war es den Landwirten freigestellt, diese Beratungsstellen zu nutzen. Somit konnte eine Änderung der tradierten Gewohnheiten und Bewirtschaftungsformen nur langsam umgesetzt werden. Dies stand dringend notwendigen Reformen entgegen (Sambraus, 1999), was wiederum ein Indikator für einen gescheiterten Bildungserfolg darstellt.

Die heute charakteristische strikte Trennung zwischen den Ansätzen der Beratung und Bildung war in dieser Zeit untypisch (Jones und Garforth, 1997). Die individuelle Beratung des einzelnen Landwirtes vor dem Hintergrund seiner betriebsspezifischen Situation wurde als Teil des Gesamtkonzeptes der agrarischen Bildung angesehen (Jenkins, 1884) und oftmals in einen Prozess des Gruppenunterrichtes integriert (Jenkins, 1884; Lölhöfel, 1976) oder als Einzelunterricht wie beispielsweise Zucht und Tierhaltung zu planen sind (Jenkins, 1884). Es handelte sich demnach weniger um eine Beratung gemäß dem heutigen Verständnisses, sondern vielmehr um eine Form des beratenden Einzel- und Gruppenunterrichtes, in dem der Lernende dazu angehalten wurde, die Konzepte des Lehrenden anzunehmen und umzusetzen.

Auf den Beratungsstellen wurden Saatgut und vorwiegend männliche Zuchttiere auf Kosten des Staates vorgehalten sowie Bewirtschaftungssysteme erklärt. Man bemerkte jedoch bald, dass diese Form des beratenden Unterrichts nicht den Erfolg brachte, der politisch gewünscht war. Die Lernenden trafen keine Entscheidungen auf Basis einer fachlichen Bildung; vielmehr konkurrierten die im Laufe des Lebens erworbenen Konzepte zum Lerngegenstand mit der Lehrmeinung der Mitarbeiter der Beratungsstellen (Bloech, 1980). Insgesamt sind die in den Quellen benannten Ansätze, eher lehrerzentrierten Methoden zuzuordnen. Dem Lernenden wurde mitgeteilt, wie er mit dem Saatgut umgehen soll und wie Beschäler eingesetzt werden. Dies ist vergleichbar mit lehrerzentrierten Ansätzen – ergo dem **Lehrervortrag** und unterscheidet sich erheblich von modernen Unterrichtskonzepten, in denen die Lehrkraft als Berater auftritt (Meyer, 2002; Fröhlich, 2007; Enns und Müller, 2011). Vor dem Hintergrund der oben festgestellten Defizite dieses Unterrichtskonzeptes (Sambraus, 1999) kann festgehalten werden, dass der lehrerzentrierte Unterricht, welcher die Vorkonstruktionen der Lernenden zum Lerngegenstand ausser Acht lässt, offenbar nur bedingt dazu geeignet war, die Bildung der in der Landwirtschaft tätigen Bevölkerung zu verbessern.

Ebenso entstand in dieser Zeit wiederum das Konzept der von den Lehrkräften ausgeübten Imkerei. Dieses erneute Herausfinden eines pädagogischen Konzeptes geschah in den 60er Jahren des 18. Jahrhunderts (Luikenhuis, 1975) und hielt dieses Mal bis in das frühe 19. Jahrhundert (Spitzner, 1774; Christ und Miller, 1783; Sonne, 1817; Gélieu und Gélieu, 2007; Ferndorf, 2009) an. Grundsätzlich wurde, insbesondere im Hannoverschen, die Imkerei auch als „*Schulmeister-tätigkeit*“ (vgl. Sonne, 1817, Seite 166) bezeichnet. Die ländlichen Dorfschullehrer waren seitens zuständigen Stellen gehalten, ihre häuslichen Gärten sowie die Schulgärten so einzurichten, dass dort land- und gartenbaulicher Unterricht durchgeführt werden konnte. Unterstützung erhielten sie durch die landwirtschaftlichen Vereine und staatlichen Beratungsstellen (Heinrich, 1887; Walder, 2002). Es wurde also bereits erkannt, dass die reine Beratung nicht ausreichte, um einen Bildungszuwachs und eine damit einhergehende Verbesserung der Landwirtschaft zu erreichen, jedoch schien die pädagogische Bienenhaltung so erfolgreich gewesen zu sein, dass dieses um gartenbauliche und landwirtschaftliche Aspekte erweitert wurde. Dieser Ansatz kann als Form eines Unterrichts am **Tier- und Feldmodell** verstanden werden.

Neben den staatlichen Beratungsstellen entstanden vielerorts auf private Initiative landwirtschaftliche Vereine, deren Ziel die Bildung und der Austausch von Wissen unter den einzelnen Landwirten war (Seefeldt, 2005; Pelzer, 2005). Dies bestand unter anderem in der Einrichtung von Lesezirkeln, in Form von informellen **Lerngruppen**, mit festgeschriebenen Lesereihenfolgen sowie der Förderung von Ackerbau-, Winter- und Abendschulen. Dies ist wiederum vor dem Hintergrund beachtenswert, dass offenbar ein pädagogisches Defizit festgestellt wurde, und eine konkrete Kritik an den lehrerzentrierten Ansätzen der Beratungsstellen darstellt. Insgesamt muss festgehalten werden, dass die Gründung derartiger Bildungsinstitutionen nicht notwendig

gewesen wäre, hätten die landwirtschaftlichen Beratungsstellen ihre Aufgabe und bildungsfachliche Funktion zur Zufriedenheit der Landwirte erfüllt.

Lernen in der Gruppe sowie am Modell stellen im konkreten Fall die Kernmethoden dar, welche in dieser Zeit als „geeignet“ angesehen wurden. Diese Konzepte werden noch heute von Landwirten, insbesondere aus der Reihe der ökologischen Bauern, als sinnvolle Lehr- und Lernformen angesehen (Lehmann, 2005). Dies wird durch forstpädagogischen Studien (Gustafsson, 2010; Enkenberg et al., 2010; Vartiainen, 2014; Enkenberg und Vartiainen, 2010) sowie agrarpädagogische Arbeiten (Wood et al., 1998) gestützt, in denen ein positiver Einfluss auf den Lernerfolg festzustellen ist. Der Lehrervortrag, wird in dieser Zeit ebenso erstmalig erwähnt, jedoch im Kontext der vorliegenden Quellen muss er als für die Praxis eher ungeeignet angesehen werden.

3.3 Entstehung der landwirtschaftlichen Schulen

Um den beschriebenen Problemen des defizitären Wissenstransfers gerecht zu werden, wurde eine für die Landwirtschaft spezifische Beschulung in Form der Ackerbau- und Winterschulen sowie der höheren Ackerbauschulen eingerichtet. Ziel war es, den beruflichen Bedürfnissen der angehenden Landwirte schulisch zu entsprechen. In den vorliegenden Quellen finden sich oftmals sehr detaillierte Angaben zur Organisation des Unterrichts, jedoch fehlen konkretere Angaben zur Methodik. Die Winterschulen gaben den Lernenden beispielsweise die Möglichkeit, in den Wintermonaten an einem zwei bis vier Wochen dauernden, ganztägigen Unterricht teilzunehmen. Für die Ackerbauschulen ist wiederum belegt, dass im Sommer 18 und im Winter 24 Wochenstunden unterrichtet wurden, wohingegen die höheren Schulen 28 und 30 Schulstunden im Sommer und im Winter boten (Grottian, 2005b; Lehmann, 2005). Aus diesen Angaben ist zu ersehen, dass die infrastrukturellen Bedingungen des landwirtschaftlichen Unterrichtes zwar sehr detailliert erfasst wurden, jedoch ebenso defizitär die konkrete Unterrichtsgestaltung. Aus den vorliegenden Quellen soll in den folgenden beiden Unterkapiteln die identifizierbaren Ansätze herausgearbeitet sowie Einflüsse aus dem europäischen Ausland dargestellt werden.

3.3.1 Der Einfluss dänischer Konzepte

Im zum damaligen Zeitpunkt dänisch-regierten Angeln wurde 1754 der Theologe P. E. Lüders als erster Landwirtschaftslehrer der Neuzeit eingesetzt, der den landwirtschaftlichen Verein in Glücksburg gründete – die „königlich-dänische Acker-Akademie“. Durch seinen Unterricht war es, laut Zeitzeugen, beispielsweise im Bereich der Tierhaltung möglich, auf der gleichen Fläche die doppelte Zahl an Nutztieren zu halten. Die Milchrinder ihrerseits brachten eine Leistung, die etwa doppelt so hoch war wie vor dem Unterricht der Landwirte bei Lüders. Interessant ist hierbei, dass in Dänemark nicht das militärisch bedeutende Pferd im Vordergrund der züchterischen Bemühungen stand, sondern das Rind und der Ackerbau als Grundlage für die Ernährung der

Bevölkerung. Dieser Verein, der auf Grund eines Artikels in einer Hamburger Zeitung zur Situation der Landwirtschaft gegründet wurde, bestand nur für vier Jahre, bevor es dem Geistlichen verboten wurde, an diesem Projekt weiterzuarbeiten (Sambraus, 1999; Pingel, 1999). Ungeachtet dessen stellte Lüders verschiedene Überlegungen an, wie landwirtschaftliches Bildungswesen für Schüler aussehen könnte. Er hob insbesondere den Wechsel zwischen der Theorie im Klassenraum und dem Praxisunterricht auf dem Felde hervor, hier finden wir demnach wieder **Lernortverlagerungen**, sowie die Durchführung von **Versuchen** und der Erstellung von konkreten Produkten, welche insgesamt deutlich benannt und methodisch somit verortbar sind (Pingel, 1999).

1839 eröffnete der dänische Pädagoge Claus Jürgensen an der Schlei eine landwirtschaftliche Sonntagsschule (Pingel, 1999), welche sich an den Konzepten Lüders orientierte. Er hatte zwei Jahre zuvor öffentlich moniert, dass im Schulkanon der Volksschulen die landwirtschaftlichen Bedürfnisse der Bevölkerung nicht hinreichend berücksichtigt werden würden. Sein Antrag wurde seitens der Kirche abgelehnt, jedoch ergriff er selbst die Initiative und lud die Schüler, die die Volksschule abgeschlossen hatten, zu seinem sonntäglichen Landwirtschaftsunterricht ein. Nach den Erfolgen der Sonntagsschule wurde 1845 eine reguläre landwirtschaftliche Lehranstalt unter Jürgensens Leitung in Angeln gegründet. Diese besuchten circa 20 Schüler aus den verschiedensten Kreisen, die einen landwirtschaftlichen Beruf anstrebten. 1850 musste die Schule aufgrund der politischen Situation kurzfristig geschlossen werden, wurde bald darauf wieder eröffnet und endgültig 1856 geschlossen. Das System entsprach dem der landwirtschaftlichen Mittelschule mit wöchentlichem Unterricht und den bereits bei Lüders erarbeiteten pädagogischen Konzepten (Pingel, 1999).

Die Schule wurde unter anderem von Dr. Konrad Michelsen, dem Gründer der Hildesheimer Ackerbauschule, welche heute unter seinem Namen bekannt ist, besucht und gab Anregungen für einen Unterricht analog zur Mittelschule statt der Volksschule für Bauernsöhne (Pingel, 1999). Michelsen selbst gründete im Mai 1858 die theoretische Ackerbauschule in seiner eigenen Wohnung in Hildesheim. Anfänglich besuchten lediglich fünf Schüler seine Schule, zwanzig Jahre später wurde ein Schulgebäude für 250 Lernende der Landwirtschaft gebaut (Michelsenschule, 2008). Methodisch legte man hier jedoch mehr Wert auf klassisch-lehrerzentrierten Theorieunterricht, ergänzt um pädagogische Elemente Jürgensens, was das Bild von Unterricht im agrarischen Raum weitestgehend prägen sollte (Schröder, 2009).

3.3.2 Umsetzung in Deutschland

In Deutschland ging man andere Wege. In Niedersachsen wurde unter Thaer 1805 die erste landwirtschaftliche Lehranstalt auf deutschem Boden gegründet (Dyck, 2009). Die erste reguläre Winterschule folgte 1833 in Idstein/Hessen (Comberg, 1984). Von Thaers Idee ausgehend, wurde 1857 in Neustadt am Rübenberge eine Winterschule eingerichtet, deren Geschichte relativ gut erhalten ist. Die Leitung hatte

damals ein Oberlehrer inne, der nicht dem Landwirtschaftsministerium unterstand, was für die damalige Zeit ungewöhnlich war. In anderen Bundesländern war es üblich, für diese Aufgabe Landwirtschaftsbeamte zu beschäftigen. Die Direktoren solcher Schulen waren als Wanderlehrer tätig, um die ehemaligen Schüler nach der Ausbildung weiterzubilden, was gemeinhin in Form von **Betriebserkundungen** sowie der Durchführung von **Versuchen** geschah (Grottian, 2005a; Grottian, 2005b), welche wiederum terminologisch belegt sind und sich in ihrer Beschreibung in heutigen Konzepten wiederfinden (Enkenberg et al., 2010; Vartiainen, 2014; Enkenberg und Vartiainen, 2010).

Eine ähnliche Entwicklung wie in Bayern ist für den Weinbau in den Rheinprovinzen Preußens belegt. Auch hier entwickelte sich das agrarische Schulwesen in der Mitte des 19. Jahrhunderts. Die Etablierung der Schulen korreliert auch hier mit dem Auftreten von landwirtschaftlichen, beziehungsweise oenologischen Problemstellungen wie dem Auftauchen der Reblaus. Interessant ist, dass zunächst ganzjährige Schulformen favorisiert wurden, was jedoch nicht in der Fläche umsetzbar war (Wagner, 1981).

In den Rheinprovinzen existierten jedoch bald zwei Unterrichtsmodelle, deren Wert unter den Weinbauern unterschiedlich gesehen wurde. Das eine bestand aus dem Vorgehen der Winterschulen, deren Direktoren einen zweiwöchigen Weinbaukurs abhielten und der von der überwiegenden Mehrheit bevorzugt wurde. Dem gegenüber stand das sogenannte Geisenheimer Modell, das in der gleichnamigen Weinstadt entwickelt worden war. Dort hatte man zunächst festgestellt, dass ein Kurs von zwei beziehungsweise vier Wochen Dauer für die Vermittlung der oenologischen Kenntnisse ungenügend sei. So wurde der Weinbaukurs zunächst auf ein halbes Jahr und später auf zwei Jahre verlängert (Wagner, 1981). Hier fand sich eine Mischung aus Theorie und Praxis, welche dem Verständnis von Unterricht Lüders entsprach. Mittelfristig erwies sich das Geisenheimer Modell als das erfolgreichere in Bezug auf den Kompetenzerwerb agrarischer Praktiker (Wagner, 1981).

In dieser Zeit wurde eine bereits erwähnte Tätigkeit der Schulmeister wiederentdeckt: die Imkerei. Ab den 1860er Jahren (Molkenthin, 2002; Stangel, 2015) bis in das Ende der Zeit der Schulmeister (Asmus et al., 1995; Jannelli, 2014) zur Mitte des 20. Jahrhunderts finden wir eine Phase, in der die agrarisch Lehrenden als Initiatoren von Innovationen in der imkerlichen Betriebsweise auftraten (Pauly, 1989; Schwetschke, 1906; Miltenberger, 2012). Sei dies in Hinblick auf die Gestaltung von Beuten oder der Betriebsweise. Etwa jeder dritte der „Bienenväter“, also der einflussreichsten Bienenforscher und Imker, war von Beruf Lehrer. In Preußen schien die lehrerspezifische Imkerei insgesamt häufig gewesen zu sein (Pauly, 1989; Freudenstein, 1912) aber auch Österreich wies in dieser Zeit eigene Lehrbienenstände an den Lehrerseminaren auf (Stangel, 2015).

In diesem Zeitabschnitt finden sich Elemente der Lernortverlagerung in Form von Betriebserkundungen sowie von Versuchen. Interessant ist, dass an und für sich als modern zu bezeichnende unterrichtliche Konzepte im nahen Ausland zwar zur Kenntnis genommen wurden oder selbstständig in Deutschland

entstanden, aber es diesen trotz einer wahrgenommenen und zeitgenössisch beschriebenen Verbesserung der Situation nicht gelang, sich gegenüber den nun verstärkt entstehenden Aspekten des lehrerzentrierten Unterrichts durchzusetzen.

Interessant ist, dass in dieser Phase durch die Einstellung der Wanderlehrer sowie deren Lernortverlagerungen die Literaturrecherche in ihrer Bedeutsamkeit für das agrarische Lernen seinen Stellenwert verlor.

3.4 Unterricht der landwirtschaftlichen Hauswirtschaft

Durch die guten Erfahrungen der landwirtschaftlichen Winterschulen und Wanderlehrer bestärkt, entstanden im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert erste Bestrebungen, nicht nur die Bauern, sondern auch die Bauersfrauen zu bilden und für ihre Arbeit fachlich zu qualifizieren. Dies stellte vermutlich die nächste Entwicklungsstufe in Richtung einer grundständigen Lernkultur innerhalb der Grünen Berufe dar. Während die städtischen Hauswirtschaftlerinnen vor allem darum bemüht waren, eine gesunde Ernährung der urbanen Bevölkerung sowie eine grundlegende Gesundheit durch das Einhalten hygienischer Mindestanforderungen zu gewährleisten, war die ländliche Hauswirtschaft vornehmlich auf die Veredlung der Urproduktion und die Führung des Betriebes ausgelegt (Richarz, 1983). Der Bildung der Hauswirtschaftlerinnen war im 17. Jahrhundert die Bildung der Hausväter vorgegangen, die zwar Anweisungen für den Bereich der ländlichen Hauswirtschaft enthielten, sich jedoch noch nicht an die Frau richteten (Richarz, 1983).

1898 wurde in Bayern der erste landwirtschaftliche Hausfrauenverein gegründet, dem 1902 die Einstellung hauswirtschaftlicher Wanderlehrerinnen folgte (Anonymus, 1997). Von einem Beratungsdienst nahm man zunächst Abstand. Die ungenügenden Erfolge seitens der Beratungsstellen in der Landwirtschaft haben dafür gesorgt, dass dieses alte Konzept nicht aufgegriffen wurde (Anonymus, 1997).

Es ist hervorzuheben, dass Unterricht in der ländlichen Hauswirtschaft grundsätzlich so erfolgen sollte, dass die Lernenden ein konkretes **Handlungsprodukt** im Sinne eines handlungsorientierten Unterrichts erstellen, sei dies ein Wirtschaftsplan, ein Essen für eine Gruppe Landarbeiter oder etwas Vergleichbares. Elementar war hierbei das **soziale Lernen**, welches von den Lehrenden überwacht wurde (Förster, 1890; Richarz, 1984). Fehler wurden deutlich hervorgehoben und als Lernchance begriffen. Ein reiner Theorieunterricht wurde als ungeeignet angesehen, da so die nötigen Kompetenzen nicht erworben werden konnten. Die grundlegenden Ansätze wurden hierbei den Ansätzen des Biologieunterrichts entnommen (Förster, 1890; Richarz, 1984; Schweitzer, 1984; Schulz-Albrecht, 1984; Seel, 1984; Skrobánek, 1991; Fegebank, 2004). Später rückte der handlungsorientierte Ansatz durch die Einrichtung von Arbeitsschulen stärker in den Vordergrund (Erlewein, 1932).

Die Auswahl und Entwicklung bei der Beschulung ländlicher Hauswirtschaftlerinnen zeigt wiederum, dass **soziales Lernen, handlungsorientierter Unterricht und der Lernortverlagerung** in der damaligen Zeit als sinnvoll angesehen wurden,

und demnach als Kernelemente agrarischen Lernens identifiziert werden können. Reiner Theorieunterricht, wie er in dieser Zeit in der Landwirtschaft typisch wurde und bereits in den Anfängen des Beratungswesens charakteristisch für den landwirtschaftlichen Unterricht war, galt als ungeeignet.

3.5 Situation im Dritten Reich

Während der Diktatur der Nationalsozialisten von 1933 bis 1945 wurde eine weitestgehende Autarkie Deutschlands von den Weltmärkten gefördert. Hierzu zählte unter anderem die Unabhängigkeit vom Import landwirtschaftlicher Produkte.

Um Fachleute zu fördern und zu erreichen, gab es neben der regulären landwirtschaftlichen Beschulung das so genannte Landjahr (Schadendorf, 2010; Rütger, 2012).

Im Berufsschulunterricht stand die konkrete Anwendung im Vordergrund. Ziel war es, im Rahmen des Unterrichts ein Produkt herzustellen, dieses zu bewerten und das Erlernte selbstständig zu üben. Die Unterrichtsformen und -inhalte wiesen demnach bereits einen **handlungsorientierten** Charakter auf. Neben dem fachlichen Rechnen wurden beispielsweise Fähigkeiten wie das Schätzen von Gewichten geübt. Die ländlichen Hauswirtschaftlerinnen sollten beispielsweise ohne Hilfsmittel wie Waage in der Lage sein, aus den vorhandenen Materialien eine Mahlzeit zuzubereiten sowie eigenverantwortlich einen Betrieb führen können (Reimers, 2012).

3.6 Situation in der Deutschen Demokratischen Republik

In der Bundesrepublik kehrte man nach dem Zweiten Weltkrieg zu den vormals etablierten Standards zurück, wohingegen in der Deutschen Demokratischen Republik andere Unterrichtsansätze verfolgt wurden. Im „Arbeiter- und Bauernstaat“ wurde früh über eine grundständige landwirtschaftliche Bildung in der breiten Masse der Bevölkerung nachgedacht. Das „Gesetz über die sozialistische Entwicklung des Schulwesens in der Deutschen Demokratischen Republik“ vom 2. Dezember 1959 (Volkskammer DDR, 1959) hebt die Relevanz von vertieften landwirtschaftlichen Kenntnissen für die Praktiker in der Fläche hervor.

In der DDR wurde die Berufswahl graduell in Richtung Landwirtschaft durch den Staat und die Lehrenden gelenkt. Die Schülerinnen und Schüler hatten durch regelmäßige Betriebserkundungen die Möglichkeit, sich über die Grünen Berufe zu informieren, die Tätigkeiten kennenzulernen und mit Praktikern oder Fachwissenschaftlern **Experteninterviews** zu führen, welche methodisch entsprechend bezeichnet wurden (Grüneberg, 2011). Mit diesen Ansätzen sollte ein positives Bild der Landwirtschaft geschaffen werden.

Diese Form der Bildung wurde in der Bundesrepublik Deutschland damals stark kritisiert (Der Spiegel, 1958). Den Schülerinnen und Schülern einer Klasse wurde **gruppenweise** eine Fläche von vier Hektar zugeteilt; hier sollten Grundnahrungsmittel wie Mais, Gerste, Raps, etc. von den Lernenden angebaut und geerntet werden (Der Spiegel, 1958). Über den Produktionserfolg und den Ablauf der Arbeit wurde ein

Bericht verfasst sowie die Ergebnisse präsentiert, mit denen anderer Lerngruppen und Literaturwerten verglichen. Dies alles sind wiederum Charakteristika eines **handlungsorientierten Unterrichts** inklusive der vollständigen Handlung, aufbauend auf **problemorientierten Ansätzen**, wobei der Lösungsansatz des Problems darauf basiert, dass die Lernenden Versuche durchführen.

*Grundsätzlich findet sich hier ein **handlungsorientierter Unterricht**, welcher Elemente des **problemorientierten Lernens**, **Experteninterviews**, **Versuche** und **selbstgesteuertes Lernen** sowie die Arbeit in der **sozialen Gruppen** am **außerschulischen Lernort** integriert. Insgesamt handelt es sich hierbei um Elemente, welche in verschiedenen Publikationen als besonders geeignet für forstlichen und agrarischen Unterricht angesehen wurden (Enkenberg et al., 2010; Vartiainen, 2014; Hepper, 2015; Hepper, 2016), und in ihrer Kombination als Grundlage agrarischen Lehrens und Lernens angesehen werden sollten.*

4 Diskussion

Zunächst muss angemerkt werden, dass die Quellengüte über den gesamten Zeitraum sehr unterschiedlich ist. Die Intention der Autoren war es nie konkrete Unterrichtskonzepte festzuhalten, sondern strukturelle und personenbezogene Daten zu erfassen. Bildungsprozesse wurden gestaltet und umgesetzt. Dies wurde entweder den Fachleuten überlassen oder die Autoren „wussten“, ausgehend von der eigenen Bildungsbiografie, wie Bildungsprozesse gestaltet werden und erachteten es daher nicht für notwendig, diesen Aspekt in den Quellen zu betonen. Eine Wahrnehmung, wie man sie teils heute noch findet.

Die aussagekräftigsten und konkretesten Quellen finden sich im 18. und 19. Jahrhundert, da in dieser Zeit das agrarische Schulwesen grundsätzlich etabliert und implementiert wurde. Nach dem Abschluss dieses Prozesses finden sich ähnlich qualitativ hochwertige Quellen erst dann, wenn ein Berufsbereich, wie die Hauswirtschaft, oder eine Region, wie die DDR, das Konzept der landwirtschaftlichen Bildung insgesamt überdenkt und neu analysiert.

Vor dem Hintergrund dieser Arbeit ist es demnach so, dass eine Häufung von konkreten Aussagen zu verwendeten Methoden in der bildungshistorischen Literatur, ein Hinweis auf eine be- oder entstehende bildungsfachliche Diskussion zur Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen sind. Vor dem Hintergrund der aktuellen Aktivität der agrarischen Bildung, beispielsweise die Einrichtung von Lehrstühlen, Studienorten und Arbeitsgruppen in Bonn und Geisenheim, etc. deutet dies demnach darauf hin, dass wir uns derzeit in einer ähnlichen Phase der methodischen und strukturellen Neuorientierung befinden.

Insbesondere in der Literatur zur Situation in der Deutschen Demokratischen Republik ist der Einfluss aus der allgemeinen Pädagogik deutlich zu bemerken.

Grundsätzlich lassen sich die aus der historischen Literatur erarbeiteten Ansätze zur Gestaltung von Unterricht in

konzeptionelle, örtliche, soziale und methodische Bedingungen untergliedern.

Aus moderner, fachdidaktischer Perspektive, sind alle Methoden für den Unterricht in agrarischen Bildungsprozessen geeignet. Aus Sicht der verwandten Biologiedidaktik, welche für die Erarbeitung der Fachdidaktik der ländlichen Hauswirtschaft Ende des 19. Jahrhunderts von Bedeutung war, können die Methoden „Literaturrecherche“ und „Versuche“ grundsätzlich als positiv für den intendierten Lernprozess angesehen werden (Gropengießer und Kattmann, 2008; Killeen, 2010; Elsen, 2012), jedoch fehlen hier Forschungsergebnisse zur Verwendung im Sinne des agrarischen Lehrens und Lernens, außerhalb der Hauswirtschaftsdidaktik (Löwe, 1983; Meyer, 1983; Fingerle, 1984; Skrobanek, 1991; Füller, 1992; Fegebank, 2004). Die Handlungsorientierung als solche sowie das selbstgesteuerte Lernen hingegen haben vor einer relativ gesehen kurzen Zeit eine positive Bewertung durch die agrarische Fachdidaktik erhalten (Martin, 2007).

Das Konzept des Lernens in der Gruppe wird noch heute von Landwirten, insbesondere aus der Reihe der ökologischen Bauern, als eine der sinnvollsten Lehr- und Lernformen angesehen (Lehmann, 2005). Dies wird durch forstpädagogischen Studien (Gustafsson, 2010; Enkenberg et al., 2010; Vartiainen, 2014; Enkenberg und Vartiainen, 2010) sowie agrarpädagogische Arbeiten (Wood et al., 1998) gestützt, in denen ein positiver Einfluss auf den Lernerfolg festzustellen ist.

Die Arbeit an außerschulischen Lernorten wird derzeit fachdidaktisch als die Unterrichtsform schlechthin für den Grünen Bereich angesehen (Wirtschaftskammer Österreich, 2003; Winkel, 1985).

Ebenso hat sich das problembasierte Lernen auf forstlicher und agrarischer Seite als Methode im unterrichtlichen Kontext etabliert (Enkenberg et al. 2010; Vartiainen, 2014; Enkenberg und Vartiainen, 2010). Im Vergleich zu anderen Grünen Berufen sah sich die ländliche Hauswirtschaftsdidaktik bei ihrer Entstehung mit einer Vielzahl von bestehenden Methoden und didaktischen Ansätzen konfrontiert (Löhlhöff, 1976; Bloech, 1980; Richarz, 1984; Lisop, 1984; Fegebank, 2004). Es kann zusammengefasst werden, dass im Zuge der neu zu begründenden Beschulung der ländlichen Hauswirtschaftlerinnen die Erfahrungen der bereits existierenden anderen Grünen Berufe, insbesondere der Landwirte, reflektiert und bewertet wurden, um eine Grundlage der methodischen Lehrerbildung und konzeptionellen Unterrichtsgestaltung zu schaffen. Interessant ist der Umstand, dass die älteren Konzepte der Einheit von Beratung und Schule zunächst nicht weiter verfolgt wurden, was für die im Kapitel 3.2 aufgestellte Hypothese spricht, dass der überwiegend lehrerzentrierte Unterricht als eher ungeeignet für die Gestaltung von Bildungsprozessen wahrgenommen wurde und dies somit heute noch ist. Für die heutige Weiterentwicklung agrarwissenschaftlichen Lehrens und Lernens ist es daher sinnvoll, Methoden zu erproben, welche aus der Biologiedidaktik oder anderen fachverwandten Didaktiken stammen und einen engen Bezug zu den Grünen Berufen aufweist, analog zur Entwicklung der Hauswirtschaftsdidaktik.

Agrarische Schriften ab der Antike, Beratungsstellen, Unterricht der Winterschulen zielten in der Regel darauf ab, dass die Lernenden die zu Grunde liegenden Konzepte kennen und verstehen, jedoch nicht ein „agrarwissenschaftliches Denken“ generieren und implementieren. Hier wären gegebenenfalls Ansätze wie jene in der Biologie (Rudolph, 2012) eines „dynamischen Herangehens“ sinnhaft gewesen – also ein Bildungsprozess, der sich von der Verwendung von Lehrbüchern und Infotexten trennt und dessen Schwerpunkt auf dem Nachverfolgen zeitgemäß-aktueller wissenschaftlicher Studien und dem Anwenden der darin zu findenden Ergebnisse sowie selbstgesteuerten Forschens in der Fachpraxis und -theorie liegt. Vor dem Hintergrund der in den Agrarwissenschaften beobachteten Prozesse ist dies logisch, insbesondere in Anbetracht der in der DDR etablierten, nach der Wiedervereinigung jedoch wiederum verworfenen Ansätze und Konzepte.

Betrachten wir abschließend den Umstand, dass das anfängliche Unterrichtswesen der Landwirte, gestaltet durch die Anfänge des Beratungswesens, welches offenbar lediglich dem Namen nach eine Beratung gemäß dem heutigen Verständnis war, die Vorkonstruktionen der Lernenden zum Lerngegenstand nicht hinreichend berücksichtigte, was wiederum den Initialimpuls zur Gründung des agrarischen Schulwesens über die landwirtschaftlichen Vereine mit sich brachte.

Der konstruktivistische Ansatz wird heute als eine elementare Grundlage forstlichen Lernens angesehen (Pichler, 2009). Vor dem Hintergrund der Erkenntnisse dieser Studie kann er als der maßgebliche Faktor für die Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen innerhalb der Landwirtschaft betrachtet werden. Im Elternhaus erworbene Fertigkeiten weisen einen deutlich höheren Lerneffekt auf, als diejenigen, welche durch Lehrkräfte vermittelt werden (Nye et al., 2004; Sénéchal, 2006; Hattie, 2014). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass fachspezifisch Gelerntes, welches landwirtschaftliche Lernende im Laufe ihres Lebens vor der Ausbildung erleben, einen höheren Einfluss auf die Perspektive agrarischer Praktiker hat, als etablierte Lehrmeinungen. Unterricht ist dementsprechend so zu gestalten, dass die Schülerinnen und Schüler nicht nur hören und sehen, was „besser“ ist, sondern im Unterricht eigenständige Erfahrungen machen. Für die landwirtschaftliche Bildung zeigen andere Arbeiten, dass agrarwissenschaftliches Lernen bereits im frühen Kindesalter beginnt (Inhetveen, 2002; Lehmann, 2005). Berücksichtigt man diesen Umstand, so wird deutlich, dass landwirtschaftsbezogenes Lehren und Lernen in seinem Grundsatz konstruktivistisch aufgebaut sein muss, um den Lernprozess erfolgreich abzuschließen.

Vor diesem Hintergrund ist es bemerkenswert, dass heutzutage entsprechende unterrichtsmethodische Konzepte keine nachweisbare Berücksichtigung in der Agrardidaktik des deutschsprachigen Raumes finden.

Bewerten wir die identifizierten Elemente des agrarischen Unterrichts vor dem Hintergrund der Methodologie einer konstruktivistischen Didaktik (Reich, 1998), so finden sich hier folgende Elemente als maßgeblich für den Konstruktivismus:

- A) Problemorientierung,
- B) Arbeit in der sozialen Gruppe,
- C) Versuche,
- D) Lernortverlagerungen,
- E) Handlungsorientierung, inklusive der vollständigen Handlung,
- F) Arbeit am Modell,
- G) Literaturrecherche als Rekonstruktion von Wissen und
- H) selbstgesteuertes Lernen (Reich, 1998).

Insgesamt demnach Aspekte, welche sich in der historischen Literatur zur Gestaltung von Unterricht in der Landwirtschaft finden.

Abgelehnt werden hierbei die lehrerzentrierten und auf simple Reproduktion des Wissens ausgerichteten Methoden, wie diese in den Anfängen des Beratungswesens verwendet wurden. Der Prozess der unterrichtsmethodischen Entwicklung innerhalb der Grünen Berufe kann demnach so interpretiert werden, dass ein Bildungsprozess initialisiert wurde, welcher auf eine Unterrichtsmethodik ausgerichtet ist, welche die oftmals frühkindliche Exposition mit dem späteren Lerngegenstand und Berufsfeld hinreichend berücksichtigt und gleichermaßen dazu geeignet ist, entsprechende fehlerhafte Konstruktionen zum Lerngegenstand abzubauen. Im Rahmen künftiger Arbeiten sollte demnach ein Schwerpunkt dahingehend gelegt werden, dass konstruktivistische Unterrichtskonzepte Verwendung finden.

Die identifizierten Ansätze entsprechen demnach denen der modernen agrarischen Makromethoden, wie den Forest Case Studies sowie den Animal Case Studies (Enkenberg et al., 2010; Vartiainen, 2014; Enkenberg und Vartiainen, 2010; Hepper, 2015). Diese stellen demnach das Ergebnis einer agrarpädagogischen Entwicklung dar, welche die entsprechenden Elemente berücksichtigt.

Literatur

- Achilles W (1991) Landwirtschaft in der frühen Neuzeit. München : Oldenbourg, 141 p
- Anonymus (1997) Im Spiegel der Zeit: Das Landwirtschaftsamt – Einheit von Schule und Beratung [online]. Zu finden in <<http://libgen.io/book/index.php?md5=4BA94567411F00BE58281C70FA020454>> [zitiert am 08.03.2012]
- Asmus H, Hauschildt W, Höhne P (1995) Fortschreibung von "Die Geschichte des Aukrugs" ab 1978 und Nachträge. Aukrug : Eigenverl
- Bär A, Quensel P (2010) Kloster im Mittelalter [online]. Zu finden in <<http://deutschland-im-mittelalter.de/Lebensraeume/Kloster>> [zitiert am 12.09.2017]
- Baumann E, Scherer H (2012) Wider das Ideologische : Plädoyer für den Pragmatismus in der Kombination qualitativer und quantitativer Methoden in der Kommunikationswissenschaft. In: Loosen W, Scholl A (eds) Methodenkombinationen in der Kommunikationswissenschaft : methodologische Herausforderungen und empirische Praxis. Köln : von Halem Verlag, pp 47-49
- Bloech H (1980) Ostpreußens Landwirtschaft. Hamburg : Landsmannschaft Ostpreußen, 125 p
- Branderup B (1999) Akademische Reitkunst : eine Reitlehre für anspruchsvolle Freizeitreiter. Wentorf : Cadmos, 78 p
- Branderup B (2001) Reiten auf Kandare : eine praktische Anleitung für Reiter. Lüneburg : Cadmos, 95 p
- Bundesinstitut für berufliche Bildung (2007) Kompetenzentwicklung. BerufsbildWiss Praxis 2007(6):5-32

- Cato, MP Censorius (150 v. Chr.) De agricultura. In: Furger A (2005) Übrigens bin ich der Meinung... : der römische Politiker und Landmann Marcus Cato zu Olivenöl und Wein. Mainz : von Zabern, pp 219-220
- Christ JL, Miller CC (1783) Anweisung zur nützlichen und angenehmsten bienenzucht für alle gegenden [online]. Zu finden in <<https://archive.org/details/anweisungzur00chrigoog>> [zitiert am 28.08.2017]
- Comberg G (1984) Die deutsche Tierzucht im 19. und 20. Jahrhundert. Stuttgart : Ulmer, 804 p
- Der Spiegel (1958) Reife auf dem Traktor. (21):33-35
- Dyck C (2009) Die Winterschule [online]. Zu finden in <ruebenberge.de> [zitiert am 28.08.2017]
- Elsen van T (2012) Warum ist Handlungspädagogik auf dem Bauernhof eine Perspektive Sozialer Landwirtschaft [online]. Zu finden in <http://www.soziale-landwirtschaft.de/petrarca_media/Regionale%20Netzwerke/Reader_final_web.pdf> [zitiert am 17.10.2017]
- Enkenberg J, Liljeström A, Vartiainen H, Myllyntausta S, Peuhkuri T (2010) Learning by designing learning objects : case forest pedagogy [online]. Zu finden in <<https://de.slideshare.net/JormaEnkenberg/case-forest-pedagogy>> [zitiert am 12.09.2017]
- Enkenberg J, Vartiainen H (2010) Case forest methodology [online]. Zu finden in <<http://slideplayer.com/slide/7665164/>> [zitiert am 19.09.2017]
- Enns M, Müller R (2011) Grundlegende Methoden des Politikunterrichts : Lehrervortrag [online]. Zu finden in <http://www.dadalog-d.org/methoden/grundkurs_3/vortrag.htm> [zitiert am 27.10.2017]
- Erlewein E (1932) Hauswirtschaft. In: Vogelhuber O (ed) Handbuch der deutschen Lehrerbildung : Bd 3, Halbbd 2: Besondere Bildungslehre. München : Oldenbourg, pp 1-64
- Fegebank B (2004) Berufsfeldlehre : Ernährung und Hauswirtschaft. Baltmannsweiler : Schneider Verl Hohengehren, 208 p
- Ferndorf (ed) (2009) Heimischer Honig ist „spitze“ [online]. Zu finden in <<https://ferndorf.de/nachrichten.php?id=409>> [zitiert am 15.05.2016]
- Fingerle K (1984) Ausbildung für Haushalten und Hausarbeit als Beruf. In: Fingerle K (ed) Beiträge zur Didaktik der Hauswirtschaft. Stuttgart : Holland & Josenhans, pp 113-134
- Förster A (1890) Der hauswirtschaftliche Unterricht in der Volksschule. In: Der hauswirtschaftliche Unterricht armer Mädchen in Deutschland : Berichte. Leipzig : Ducker & Humblot, pp 33-38
- Freudenstein H (1912) Lehrbuch der Bienenzucht. Marburg : Verl Neuen Bienen-Zeitung, 358 p
- Fröhlich R (2007) Lehrervortrag. In: Julia Drumm (ed) Methodische Elemente des Unterrichts : Sozialformen, Aktionsformen, Medien. Göttingen : Vandenhoeck & Ruprecht, pp 59-63
- Füller F (1992) Biologische Unterrichtsexperimente : Bedeutung und Effektivität ; eine empirische Untersuchung in den Jahrgangsstufen 5 bis 7 des Gymnasiums an Beispielen aus der Pflanzenkunde. München : Univ, 250 p
- Gélieu C v, Gélieu C v (2007) Die Erzieherin von Königin Luise : Salomé de Gélieu. Regensburg : Pustet, 215 p
- Gropengießer H, Kattmann U (eds) (2008) Fachdidaktik Biologie. Köln : Aulis, 517 p
- Grottian T (2005a) Die Wiesenbauschule Suderburg und die Georgsanstalt. In: Greve H-L (ed) (2005) 150 Jahre Georgsanstalt : 1855-2005 ; Beiträge zur Entwicklung landwirtschaftlicher Bildung in der Region Uelzen ; eine Festschrift. Ebster : Verein landwirtsch Fachschulabsolventen Ebster-Uelzen, pp 93-103, Uelzener Beitr : Veröff Landwirtschaftsmuseums Lüneburger Heide 17
- Grottian T (2005b) Die Geschichte der Georgsanstalt 1855 bis 1986. In: Greve H-L (ed) (2005) 150 Jahre Georgsanstalt : 1855-2005 ; Beiträge zur Entwicklung landwirtschaftlicher Bildung in der Region Uelzen ; eine Festschrift. Ebster : Verein landwirtsch Fachschulabsolventen Ebster-Uelzen, pp 119-153, Uelzener Beitr : Veröff Landwirtschaftsmuseums Lüneburger Heide 17
- Grüneberg T (2011) Polytechnischer Unterricht und produktive Arbeit : Verschwinden einer DDR-Schulkonzeption während des Transformationsprozesses [online]. Zu finden in <https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00031120/grueneberg_Polytechnischer_Unterricht.pdf> [zitiert am 03.11.2017]
- Gustafsson M (2010) Case forest : pedagogics towards sustainable development [online]. Zu finden in <http://eacea.ec.europa.eu/LLP/project_reports/documents/comenius/all/com_mp_142362_case_forest.pdf> [zitiert am 21.09.2017]
- Hattie J (2014) Lernen sichtbar machen. Baltmannsweiler : Schneider Verl Hohengehren, 439 p
- Hehlmann W (1967) Geschichte der Psychologie. Stuttgart : Kröner, 469 p
- Heinrich K (1887) Anlage, Bepflanzung und Pflege der Hausgärten auf dem Lande : Anleitung für Lehrer auf dem Lande. Berlin : Parey, 32 p
- Hepper J (2015) Learning by designing learning objects in zoo and wildlife education. International Zoo Educator's J 2015:70-71
- Hepper J (2016) Agrarische Lehrerbildung [online]. Zu finden in: <<http://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/129>> [zitiert am 31.08.2017]
- Inhetveen H (2002) Gekonnte Griffe und fundierte Reflexion : vom Wissen als Umgangserfahrung. Ländl Raum (5/6):40-44
- Jannelli A (2014) Wilde Museen : zur Museologie des Amateurmuseums. Bielefeld : Transcript, 387 p
- Jenker J (2007) 2. Abgrenzung: qualitative und quantitative Inhaltsanalyse [online]. Zu finden in <<https://quasus.ph-freiburg.de/2-abgrenzungqualitative-und-quantitative-inhaltsanalyse/>> [zitiert am 10.10.2017]
- Jenkins HM (1884) Report on agricultural education in North Germany, France, Denmark, Belgium, Holland, and the United Kingdom. London : Eyre Spottiswoode
- Jones GE, Garforth C (1997) The history, development, and future of agricultural extension [online]. Zu finden in <<http://www.fao.org/docrep/w5830e/w5830e03.htm>> [zitiert am 29.08.2017]
- Kapitzke G (1997) Barocke Pferde : Schönheit der Rassen ; Reiten als Kunst. Stuttgart : Kosmos, 96 p
- Killeen S (2010) The power of presentations. International Zoo Educator's J 2010:30-35
- Killermann W, Hering P, Sarosta B (2011) Biologieunterricht heute : eine moderne Fachdidaktik. Donauwörth : Auer, 354 p
- Klafki W (1963) Didaktik und Methodik. In: Grothoff H-H, Reimers E (eds) Pädagogik. Frankfurt a M : Fischer, 370 p, Fischer-Lexikon : Enzyklopädie Wissens 36
- Kössler H (1989) Bildung und Identität. In: Kössler H (ed) Identität : fünf Vorträge. Erlangen : Univ, 86 p, Erlanger Forsch B 20
- Langner F (2011) Fallanalyse. In: Reinhardt S, Richter D (eds) Politik Methodik : Handbuch für die Sekundarstufe I und II. Berlin : Cornelsen, pp 37-42
- Lehmann I (2005) Wissen und Wissensvermittlung im ökologischen Landbau in Baden-Württemberg in Geschichte und Gegenwart. Weikersheim : Margraf, 231 p, Sozialwiss Schr Landnutzung ländl Entwickl 62
- Lisop I (1984) Hauswirtschaftsunterricht und Hauswirtschaftsschulen unter den Bedingungen von Politik. In: Fingerle K (ed) Beiträge zur Didaktik der Hauswirtschaft. Stuttgart : Holland & Josenhans, pp 37-51
- Löhlhöfel H v (1976) Landwirtschaft in Ostpreußen. Leer : Rautenberg, 23 p
- Loosen W, Scholl A (eds) (2012) Methodenkombinationen in der Kommunikationswissenschaft : methodologische Herausforderungen und empirische Praxis. Köln : von Halem, 395 p
- Löwe BR (1983) Interessenänderung durch Biologieunterricht. München : Univ, 148 p
- Luikenhuis H (1975) Schulen Altgemeinde Trauen [online]. Zu finden in <http://www.trauen-online.de/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=88> [zitiert am 29.08.2017]
- Lupert A (2002) Die römische Schule [online]. Zu finden in <<http://www.swisseduc.ch/altpilo/antike/realien/docs/roeschul.pdf>> [zitiert am 12.09.2017]
- Martin M (2007) Förderung des Selbstgesteuerten Lernens in der gartenbaulichen Fachschulausbildung durch den Einsatz moderner Methoden und Neuer Medien. Berlin : Humboldt-Univ, 228 p
- Mayring P (2000) Qualitative Inhaltsanalyse [online]. Zu finden in <<http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1089/2383>> [zitiert am 12.09.2017]
- Meyer W (1983) Was heißt wissenschaftliches Lernen? Berufs- Wirtschaftspädagogik 79:702-708

- Meyer H (2002) Unterrichtsmethoden. In: Kiper H, Meyer H, Tropsch W (eds) Einführung in die Schulpädagogik. Berlin : Cornelsen-Scriptor, pp 109-121
- Michelsenschule (ed) (2008) Unsere Chronik [online]. Zu finden in <<http://michelsens.qaluna.de/pages/unsere-schule/chronik.php>> [zitiert am 29.08.2017]
- Miltenberger A (2012) Vereinsgeschichte [online]. Zu finden in <<http://www.imkerverein-moenchberg.lvbi.de/1782304.html>> [zitiert am 29.08.2017]
- Minten K (2014) Abschied steht auf dem Stundenplan [online]. Zu finden in <http://www.nwzonline.de/ammerland/bildung/abschied-steht-auf-dem-stundenplan_a_19_0,506939735.html> [zitiert am 27.10.2017]
- Molkenthin KH (2002) Demerner Dorfgeschichten. Rehna, 135 p
- Neindorff E v (2005) Die reine Lehre der klassischen Reitkunst. Brunsbek : Cadmus, 272 p
- Nye B, Konstantopolous S, Hedges LV (2004) How large are teacher effects? Educational Eval Policy Anal 26(3):237-257
- Pauly T (1989) Der Bienenpastor und sein Umgang mit der Staatsgewalt [online]. Zu finden in <www.heimatjahrbuch-vulkaneifel.de/VT/hjb1989/hjb1989.75.htm> [zitiert am 29.08.2017]
- Pelzer M (2005) Vereintes Lesen : die Entstehungsgeschichte der Bibliothek des Provinzialvereins für das Fürstentum Lüneburg. Uelzener Beitr : Veröff Landwirtschaftsmuseums Lüneburger Heide 17:81-92
- Pichler A (2009) Didaktische Aufbereitung von Durchforstungseingriffen auf den Weiserflächen der Forstschule Latemar unter Anwendung des Waldwachstumssimulator MOSES 3.0 [online]. Zu finden in <<http://epub.boku.ac.at/obvbkoks/download/pdf/1082724?originalFilename=true>> [zitiert am 10.10.2017]
- Pingel W (1999) „Landvolks Bildung - Landvolks Wohl“ : die Institutionalisierung deutscher Heimvolkshochschulen zwischen Königsau und Eider in den Jahren von 1769 bis 1921. Flensburg : Univ
- Poprawka C (2000) Die Landwirtschaft im Mittelalter [online]. Zu finden in <<http://www.poprawka.de/landwirtschaft/la.pdf>> [zitiert am 30.08.2017]
- Reich K (1998) Konstruktivistische Unterrichtsmethoden. In: System Schule, Z innov Schulpraxis 2(1):20-26
- Reimers H (2012) Die Landwirtschaftsschulen von 1933–1945 [online]. Zu finden in <<http://www.hansreimers.de/schule/index.html>> [zitiert am 30.08.2017]
- Richarz B (1983) Haushaltslehre. München : Ehrenwirth, 133 p
- Richarz I (1984) Lehren und Lernen für den Haushalt im gesellschaftlichen Wandel. In: Fingerle K (ed) Beiträge zur Didaktik der Hauswirtschaft. Stuttgart : Holland & Josenhans, pp 101-112
- Rudolph JL (2012) Teaching materials and the fate of dynamic biology in American classrooms after Sputnik. Technol Cult 53(1):1-36
- Rüther M (2012) Landjahr/Landhilfe [online]. Zu finden in <www.museen-koeln.de/ausstellungen/nsd_0404_edelweis/db_inhalt.asp?L=184> [zitiert am 12.09.2017]
- Sambras HH (1999) Gefährdete Nutztierassen : ihre Zuchtgeschichte, Nutzung und Bewahrung. Stuttgart : Ulmer, 384 p
- Sambras HH (2001) Farbatlas Nutztierassen. Stuttgart : Ulmer
- Sambras HH (2010) Farbatlas seltene Nutztiere : 240 gefährdete Rassen aus aller Welt. Stuttgart : Ulmer, 256 p
- Schadendorf J-U (2010) Landjahrlager Bad Bramstedt [online]. Zu finden in <www.alt-bramstedt.de> [zitiert am 30.08.2017]
- Schröder H (2009) Abschluss 1949 : Schulzeit 1942-45 und 46-49 ; Ansprache zur 60-jährigen Schulentlassung anlässlich der V.a.H. Hauptversammlung am 07.02.2009 in der Michelsenschule Hildesheim [online]. Zu finden in <<http://michelsens.qaluna.de/pages/unsere-vereine/verein-alter-hildesheimer-michelsenschueler/wir-ueber-uns.php>> [zitiert am 12.09.2017]
- Schulz-Albrecht E (1984) Investitionen im Haushalt : erläutert an Beispielen des landwirtschaftlichen Haushalts. In: Fingerle K (ed) Beiträge zur Didaktik der Hauswirtschaft. Stuttgart : Holland & Josenhans, pp 66-85
- Schweitzer R v (1984) Didaktik und Fachwissenschaft, ihr Zusammenspiel in einer Haushaltsführungslehre. In: Fingerle K (ed) Beiträge zur Didaktik der Hauswirtschaft. Stuttgart : Holland & Josenhans, pp 25-36
- Schwetschke (1906) An die nassauschen Bienenzüchter : Ankündigung für den Bienenzuchtkurs für Lehrer durch Pfarrer Weygandt. Dtsche illust Bienenztg, 23:112
- Seefeldt G (2005) 175 Jahre Land- und Forstwirtschaftlicher Provinzialverein für das Fürstentum Lüneburg. Uelzener Beitr : Veröff Landwirtschaftsmuseums Lüneburger Heide 17:67-80
- Seel B (1984) Haushaltsführung und Haushaltsentscheidungen. In: Fingerle K (ed) Beiträge zur Didaktik der Hauswirtschaft. Stuttgart : Holland & Josenhans Verlag, pp 52-65
- Seifried J (2009) Unterricht aus der Sicht von Handelslehrern. Frankfurt a M : Lang, 421 p
- Seidl A (2011) Zwei Jahrhunderte fachliche Bildung und Ausbildung in der bayerischen Agrarwirtschaft [online]. Zu finden in <http://www.vlf-bayern.de/cms/upload/5_zwei_jahrhunderte_fachliche_bildung.pdf> [zitiert am 30.08.2017]
- Sénéchal M (2006) The effect of family literacy interventions on children's acquisition of reading : from kindergarten to grade 3 : a meta-analytic review. Portsmouth : Natl Inst Family Literacy, 30 p
- Skrobanek H (1991) Didaktik des hauswirtschaftlichen Unterrichts. Hohengehren : Schneider, 138 p
- Sonne HDA (1817) Erdbeschreibung des Königreichs Hannover. Sondershausen : Voigt, 424 p
- Spitzner JE (1774) Nützlicher Nachtrag und Unterricht, wie man in Sachsen die zahmen oder Gartenbienen in Körben in die nächsten Wälder und Heyden im Herbste zur Mastung führen kann. In: Schirach AG (1774) Adam Gottlob Schirachs Wald-Bienenzucht, nach ihren großen Vortheilen, leichten Anlegung und Abwartung, mit Kupfern herausgegeben und mit einer Vorrede, nebst des Herrn Verfassers Lebensbeschreibung begleitet von Johann George Vogel. Breslau : Korn, pp 101-247
- Stangel K (2015) Ök. Rat Guido Sklenar : der Pionier der österreichischen Königinnenzucht [online]. Zu finden in <<http://www.sklenarbiene.at/guidosklenar.php>> [zitiert am 30.08.2017]
- Terhoeven P, Jessensky F, Juffa D (2006) Tutoriumsreader Neuere Geschichte : Seminar für Mittlere und Neuere Geschichte der Georg-August-Universität Göttingen auf der Grundlage des Tutoriumsreaders Neuere Geschichte des Historischen Seminars der Christian-Albrechts-Universität Kiel : Stand Oktober 2006
- Thaer AD (1805) Vermischte landwirtschaftliche Schriften aus den Annalen der niedersächsischen Landwirtschaft, drey ersten Jahrgängen : Band 1, Hannover : Hahn, 776 p
- Tobä U (2003) Zwischen Stoppuhr und Spaltaxt : die Geschichte der Waldarbeiterausbildung im 20. Jahrhundert. Saarbrücken : Conte, 472 p
- Vartiainen H (2014) Principles for design-oriented pedagogy for learning from and with museum objects [online]. Zu finden in <http://epublications.uefi.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-1484-2/urn_isbn_978-952-61-1484-2.pdf> [zitiert am 01.11.2017]
- Verein Thurgauischer Bienenfreunde (ed) (2014) Imkerei im Mittelalter [online]. Zu finden in <http://www.tg-bienenfreunde.ch/geschichte_imkerei/mittelalter.php> [zitiert am 27.10.2017]
- Volkskammer DDR (1959) Gesetz über die sozialistische Entwicklung des Schulwesens in der Deutschen Demokratischen Republik [online]. Zu finden in <<http://www.verfassungen.de/de/ddr/schulgesetz59.htm>> [zitiert am 29.08.2017]
- Volkert W, Bauer R (1983) Handbuch der bayerischen Ämter, Gemeinden und Gerichte : 1799 – 1980. München : Beck, 703 p
- Wagner E (1981) Über die Anfänge des Bildungs- und Beratungswesens. Dtsch Weinbaujahr 1981:229-234
- Walder F (2002) Der Schulgarten in seiner Bedeutung für Unterricht und Erziehung : deutsche Schulgartenbestrebungen vom Kaiserreich bis zum Nationalsozialismus. Bad Heilbrunn : Klinkhardt, 458 p
- Winkel G (ed) (1985) Das Schulgarten-Handbuch. Seelze : Friedrich, 316 p
- Wirtschaftskammer Österreich (2003) Betriebserkundungen – Leitfaden für Betriebe, Lehrer und Schüler [online]. Zu finden in <http://www.eduhi.at/dl/Betriebserkundungen_-_ein_Leitfaden_1288697581498116.pdf> [zitiert am 26.08.2017]
- Wood D, Egan G, Pitzer J, Olcott Taylor D, Bartow B, Camp B, Fletcher M, Moss J, Vaughn P, Heath-Camp B, Camp WG, Belavek T, Cavanaugh S, Mundt J, Showerman R (1998) Agriculture teacher's manual. Michigan : National FFA Organization

Reduced tillage enhances earthworm abundance and biomass in organic farming: A meta-analysis

Jan Hendrik Moos*, Stefan Schrader**, and Hans Marten Paulsen*

Abstract

Organic farming aims to support and utilise ecosystem services such as bioturbation and the mixing of organic materials into the soil. These services are provided by earthworms. One possible way to support earthworm populations is to reduce tillage intensity.

The use of reduced tillage techniques has become more and more important in organic farming in recent years. While the positive effect of reduced soil tillage on earthworm population in conventional farming has been repeatedly described, there have been relatively few analyses focussed on organic farming systems. To address this gap in knowledge, we compiled and evaluated data on the influence of reduced tillage on earthworms in organic farming in temperate regions. Nineteen datasets on abundance from eight studies and 15 datasets on biomass from six studies were included in this analysis. Our analysis showed an overall significant positive effect of reduced tillage on earthworm abundance (+ 90 %) and earthworm biomass (+ 67 %). Reduced tillage includes shallow-inverting and non-inverting systems. The positive effects were only statistically significant for non-inverting systems. Reduced tillage used over several years resulted in a shift in earthworm communities to species characterised by higher mean individual biomass (*Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758), *Aporrectodea longa* (Ude, 1885)).

Keywords: review; temporal change; no-till; shallow inversion tillage; Lumbricidae

Zusammenfassung

Reduzierte Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau fördert die Abundanz und Biomasse von Regenwürmern: Eine Meta-Analyse

Im ökologischen Landbau wird die gezielte Förderung und Nutzung von Ökosystemdienstleistungen angestrebt. Bioturbation und die Einarbeitung von organischem Material in den Boden sind Ökosystemdienstleistungen, für die Regenwürmer von großer Bedeutung sind. Ein möglicher Ansatz Regenwürmer zu fördern, ist die Reduktion der Intensität bei der Bodenbearbeitung.

Obwohl reduzierte Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat, gibt es bis jetzt noch keine Meta-Analyse zu den Auswirkungen des Verfahrens auf Regenwürmer. In der vorliegenden Analyse wurden 19 Datensätze zur Abundanz von Regenwürmern aus 8 Studien und 15 Datensätze zur Biomasse aus 6 Studien berücksichtigt.

Insgesamt wirkt sich reduzierte Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau positiv auf die Abundanz (+ 90 %) und Biomasse (+ 67 %) von Regenwürmern aus. Allerdings muss zwischen nicht-wendenden und flach-wendenden Verfahren unterschieden werden. Signifikant positive Effekte im Vergleich zu tief-wendenden Verfahren (Pflug) konnten nur für nicht-wendende Verfahren gezeigt werden. Wurde mehrere Jahre in Folge auf den Einsatz eines Pfluges verzichtet, kam es außerdem zu Verschiebungen in der Zusammensetzung von Regenwurmgemeinschaften. Es werden solche Arten gefördert, die ein höheres Individualgewicht haben (*Lumbricus terrestris*, (Linnaeus, 1758), *Aporrectodea longa* (Ude, 1885)).

Keywords: Review; zeitliche Veränderungen; nicht-wendende Bodenbearbeitung; flach-wendende Bodenbearbeitung; Lumbricidae

* Thünen-Institute of Organic Farming; Trenthorst 32; 23847 Westerau

** Thünen-Institute of Biodiversity; Bundesallee 65; 38116 Braunschweig

1 Introduction

In organic farming, organic materials are of utmost importance for the nutrient supply of crops. Organic fertilizers as well as plant residues must be mixed into the soil and their decomposition must be maintained. In temperate regions, earthworms, especially deep burrowing anecic species such as *Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758) and *Aporrectodea longa* (Ude, 1885), are very important for the incorporation and decomposition of plant residues in the soil (Blume et al., 2010).

In their recent meta-analysis, Briones and Schmidt (2017) showed that in general reducing tillage intensity promotes earthworm abundance and biomass confirming the results of previous reviews (Carr et al., 2013; Chan, 2001; van Capelle et al., 2012). However, some studies found results that contrast with these overall trends (Chan, 2001).

To our knowledge, there has been no attempt to systematically compile data on the influence of reduced tillage on earthworm abundance and biomass under organic farming. Examining the effect of reduced tillage on earthworm populations in organic farming is not straightforward as a wide range of management practices characteristic of organic farming such as the absence of agrochemicals, diversified crop rotations and the use of organic fertilizers may promote earthworms irrespective of the tillage methods used (Bertrand et al., 2015). In organic farming, farmyard manure, slurry, and plant residues are the main sources of organic amendments to the soil. While Leroy et al. (2008) could show that slurry and farmyard manure positively influenced earthworm communities under field conditions there is no reliable information on the influence of crop residues available (Bertrand et al., 2015). For wide organic crop rotations with considerable proportions of ley, Riley et al. (2008) reported positive effects on earthworm communities. Besides biotic and abiotic factors interacting with the effect of tillage on earthworm communities, the way reduced tillage is conducted (shallow soil inversion tillage vs non-inversion tillage vs no-till) and the time elapsed since the last conventional mouldboard plough-based cultivation may influence the outcome (Briones and Schmidt, 2017).

Against this background we conducted a meta-analysis of data in peer-reviewed publications. Our main question was about the effect of reduced tillage in organic farming on earthworm abundance and biomass. Our study was guided by three hypotheses:

- H₁: There is an overall positive effect of reduced tillage on earthworm abundance and biomass in organic farming.
- H₂: In terms of reduced tillage techniques to support earthworm populations, non-inverting tillage is more beneficial than shallow-inverting soil tillage.
- H₃: The positive effect of reduced tillage practices increases with the time elapsed since the last use of the conventional mouldboard plough.

2 Material & Methods

We conducted a literature search via Web of Science (www.webofknowledge.com) in October 2016 using the following combination of search terms:

Earthworm* AND Tillag* AND (Eco* OR Organic*) AND (Farm* OR Agricul*)

We identified 177 relevant publications. We screened abstracts and full texts to include only those studies in our meta-analysis that met the following requirements:

1. different ecological groups of earthworms (anecic, endogeic, epigeic) considered;
2. data on earthworm abundance and/or biomass included;
3. conducted under organic farming standards;
4. reduced tillage as treatment;
5. the use of mouldboard ploughing as control;
6. conducted in the temperate zone.

These requirements were met with eight studies providing 19 datasets on earthworm abundance and seven studies providing 17 datasets on earthworm biomass. When necessary we recalculated data of single studies to obtain abundance and biomass values per m². Where data were presented in figures only, we contacted the authors to obtain the original data. Since only so few studies could fulfil our requirements, the results of individual comparisons can have considerable influence on the overall result of the meta-analysis. Therefore, we sought to reduce variance within the response variable with a robust statistical approach to reject outliers using a “Tukey fence” with all values outside the interquartile range being considered as outliers (Cooper et al., 2016). The range was defined as $Q_1 - k \cdot IQR$ to $Q_3 + k \cdot IQR$. With Q_1 lower quartile point, Q_3 upper quartile point, $IQR = Q_3 - Q_1$ and $k = 1.5$. This process resulted in the inclusion of 19 datasets on abundance from eight studies and 15 datasets on biomass from six studies. It is obvious that some datasets are from the same study (Tables 1 and 2). We always checked that each dataset represented a unique comparison. In addition to mean abundance and biomass we collected information on soil type, duration of the study, and sampling procedure and compiled this information in Tables 1 and 2. We used relative change (RC) in earthworm abundance and biomass as response variables (Du et al., 2017). RC is defined as the change in abundance or biomass under reduced tillage relative to the abundance or biomass under conventional tillage and has been calculated as:

$$RC = (M_{RT} - M_{CT}) / M_{CT}$$

where M_{RT} and M_{CT} are the mean abundance or biomass values under reduced (RT) and conventional (CT) tillage, respectively.

We followed the approach applied by Du et al. (2017) and checked for significant difference of means from zero by one-sample t-test or, in case of non-normality of the data,

one-sample Wilcoxon signed rank test. Normality of data was checked using Shapiro-Wilk test. Like Cooper et al. (2016) we faced the problem that many studies did not give a measure of variance. Therefore, we followed the approach applied by these authors and Du et al. (2017) and conducted an unweighted meta-analysis. In terms of meta-analysis, weighting gives more influence to those datasets obtained from studies with higher numbers of replicates and/or lower variance. If unweighted analyses are conducted each dataset will influence the result in the same way. All statistical analysis were conducted using R 3.3.1 (R Development Core Team, 2016).

3 Results and discussion

Earthworm abundance was significantly higher (around 90 %) under reduced tillage when compared with mouldboard ploughing (Figure 1). From examination of specific reduced tillage systems, a doubling in the number of individuals (+ 99 %) is apparent where non-inverting soil tillage is conducted. Concerning earthworm biomass results are similar. There was an overall significant positive effect of reduced tillage (+ 67 %; Figure 1). However, while non-inversion tillage significantly enhanced biomass compared with mouldboard ploughing (+ 65 %), shallow-inversion tillage and mouldboard ploughing did not differ significantly. These results support our first hypothesis (H_1) that in organic farming, reduced tillage can promote earthworm abundance and biomass. Furthermore, with regard to hypothesis two (H_2), a

positive effect of non-inversion tillage is evident, while the positive effect was not significant in case of shallow-inversion tillage. The results support the view that reducing tillage depth alone does not significantly promote earthworms (Metzke et al., 2007). All tillage systems that invert the soil impact negatively on anecic earthworms as their vertical burrows are destroyed and the animals can be injured or killed (Jeffery et al., 2010).

All studies considered mouldboard ploughing as control treatment, but there were differences in the mouldboard ploughing depth. Therefore, we examined the dataset in an additional analysis to use only those studies applying mouldboard ploughing to more than 25 cm depth as control. Results from this analysis did not differ from that shown in Figure 1 and we therefore do not further describe or discuss them.

Results of studies of changes in earthworm biomass due to reduced tillage as affected by the time elapsed since the last mouldboard ploughing are shown in Figure 2. While in the short term (5 to 32 months since last ploughing) the positive effect of reduced tillage was not significant, studies conducted 42 months or later after last ploughing showed a significant positive effect of reduced tillage on earthworm biomass. Earthworm abundance was influenced significantly positive in early (5 to 32 months) and medium (42 months) time period whereas later (78 to 114 months) no influence of reduced tillage could be revealed (Figure 2). Thus, our third hypothesis (H_3) could be confirmed for earthworm biomass only. We assume a cumulative effect over time for earthworm biomass as large and heavy anecic species are slowly

Table 1

Soil characteristics of the study sites and methods applied for earthworm sampling at the different study sites reported in the literature used. USDA TC: USDA texture classes according to Soil Survey Division Staff (1993).

Study	Study site	Soil				Earthworm sampling		
		USDA TC	Sand	Silt	Clay	Type of soil	Excavation depth [cm]	(Additional) extraction
Moos et al., 2016	Trenthorst/Wulmenau	Loamy	42	37	20	Stagnic Luvisols	0 - 15	Mustard solution
Crittenden et al., 2014	Lelystad	Light	66	12	23	Calcareous Marine Clay Loam	0 - 20	Formaldehyde solution
Kuntz et al., 2013	Frick	Heavy	22	33	45	Stagnic Eutric Cambisol	0 - 25	
De Oliveira et al., 2012	Favrieux	NA	NA	NA	NA	Haplic Luvisol	0 - 30	Mustard solution
De Oliveira et al., 2012	Villardeaux	NA	NA	NA	NA	Haplic Luvisol	0 - 30	Mustard solution
Peigne et al., 2009	Rhone Alpes	Light	58	27	15	Fluvisol		Formalin solution
Peigne et al., 2009	Brittany	Loamy	34	46	20	Cambisol		Formalin solution
Peigne et al., 2009	Pays de la Loire	Loamy	25	57	14	Cambisol		Formalin solution
Berner et al., 2008	Frick	Heavy	22	33	45	Stagnic Eutric Cambisol	0 - 20	Mustard solution
Metzke et al., 2007	Frankenhausen	Loamy	2	81	17	Luvisol	-	Formalin solution
Emmerling, 2001	Eichenhof	NA	NA	NA	NA	Cambisol	0 - 30	Mustard solution

Table 2

Earthworm abundance and biomass values used in the meta-analysis. RT: reduced tillage. RT_NI: Reduced tillage with techniques not inverting the soil. RT_SI: Reduced tillage with techniques inverting the soil, but shallower than CT. CT: conventional tillage. RC: Relative change. Group: A (5 to 32 months since last ploughing); B (42 months since last ploughing); C (78 to 114 months since last ploughing).

Study	Study site	Tillage system	Working depth RT [cm]	Time since last ploughing in RT Months	Group	Mean abundance RT (M_{RT}) [Individuals m ⁻²]	Mean abundance CT (M_{CT}) [Individuals m ⁻²]	Relative change in abundance ($RC_A = (M_{RT} - M_{CT})/M_{CT}$) %	Mean biomass RT (M_{RT}) [g m ⁻²]	Mean biomass CT (M_{CT}) [g m ⁻²]	Relative change in biomass ($RC_A = (M_{RT} - M_{CT})/M_{CT}$) %
Moos et al., 2016	Trentthorst/Wulmenau	RT_NI	15	24	A	406	97	319	-	-	-
Crittenden et al., 2014	Lelystad	RT_NI	8	42	B	557	543	3	74	35	111
Crittenden et al., 2014	Lelystad	RT_NI	8	42	B	446	543	-18	58	35	66
Kuntz et al., 2013	Frick	RT_SI	5	114	C	262	157	67	77.1	50.2	54
De Oliveira et al., 2012	Villarcoux	RT_NI	10	10	A	57	45	27	-	-	-
De Oliveira et al., 2012	Favrieux	RT_NI	10	5	A	314	145	117	-	-	-
Peigne et al., 2009	Rhone Alpes	RT_NI	0	42	B	5	2	150	-	-	-
Peigne et al., 2009	Rhone Alpes	RT_NI	15	42	B	6	2	200	2	1	100
Peigne et al., 2009	Rhone Alpes	RT_SI	20	42	B	6	2	200	3	1	200
Peigne et al., 2009	Pays de la Loire	RT_NI	0	30	A	37	13	185	37	23	61
Peigne et al., 2009	Pays de la Loire	RT_NI	15	30	A	16	13	23	27	23	17
Peigne et al., 2009	Pays de la Loire	RT_SI	20	30	A	31	13	138	26	23	13
Peigne et al., 2009	Brittany	RT_NI	0	78	C	61	92	-34	40	19	111
Peigne et al., 2009	Brittany	RT_NI	12	78	C	60	92	-35	40	19	111
Peigne et al., 2009	Brittany	RT_SI	15	78	C	76	92	-17	28	19	47
Berner et al., 2008	Frick	RT_NI	15	32	A	582	424	37	101	129	-22
Metzke et al., 2007	Frankenhausen	RT_SI	10	24	A	28.5	32.8	-13	38.1	27.0	41
Emmerling, 2001	Eichenhof	RT_SI	15	42	B	28	22	27	26.6	16.6	60
Emmerling, 2001	Eichenhof	RT_NI	30	42	B	98	22	345	23.5	16.6	42

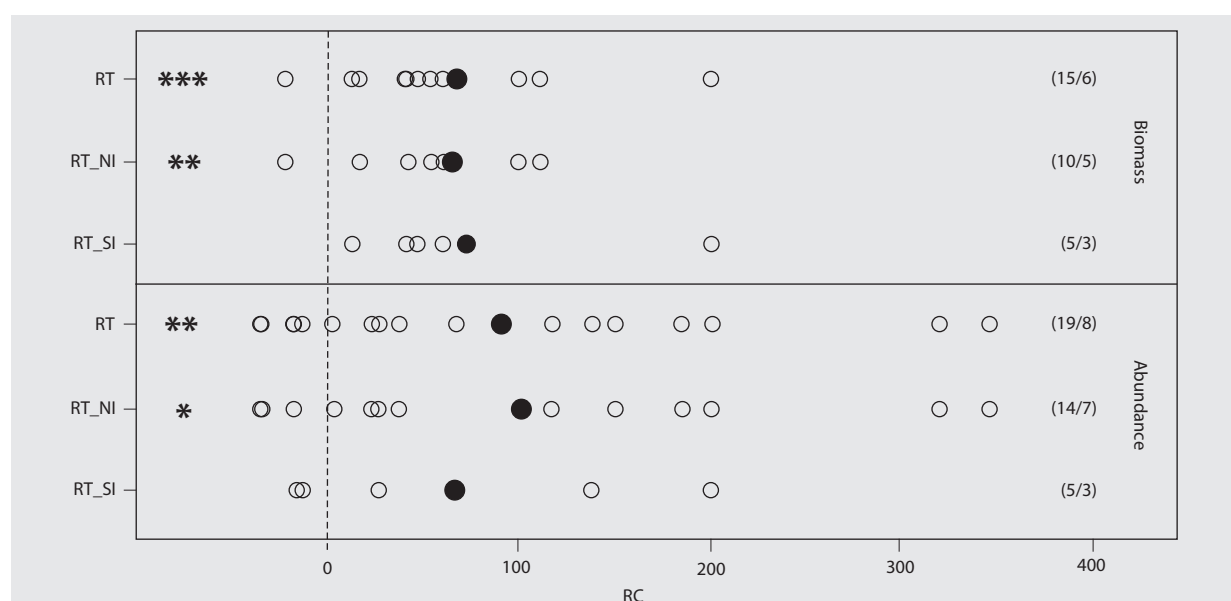


Figure 1

Influence of different types of reduced tillage on earthworm abundance (individuals m^{-2}) and biomass ($g\ m^{-2}$) in organic farming. The relative change (RC, %) under measures of reduced tillage when compared with measures of conventional tillage is presented. Filled circles indicate mean values. The number of comparisons / number of studies are given in brackets. RT: reduced tillage. RT_NI: reduced tillage, non-inversion tillage. RT_SI: reduced tillage, shallow inversion tillage. $RC = (M_{RT} - M_{CT}) / M_{CT}$; with M_{RT} : mean under reduced tillage; M_{CT} : mean under conventional tillage. Asterisks indicate significant difference of means/medians from zero (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$). P-values according to t-test or Wilcoxon-signed-rank test (when data were not normally distributed).

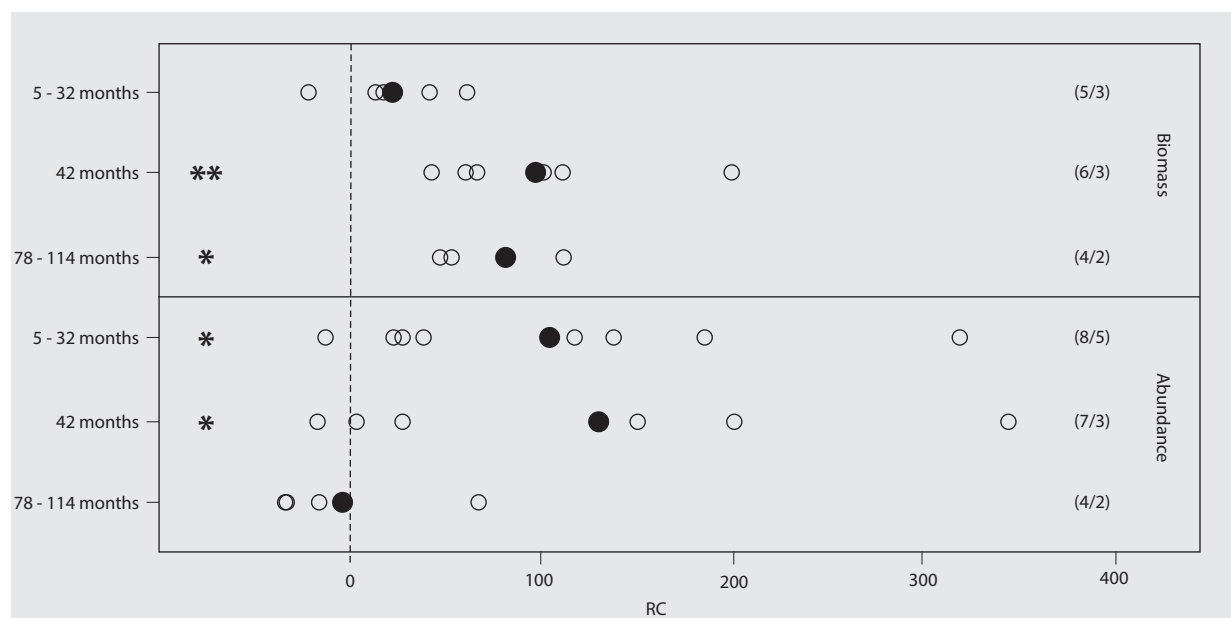


Figure 2

Influence of reduced tillage on earthworm abundance (individuals m^{-2}) and biomass ($g\ m^{-2}$) in organic farming in relation to the last use of a mouldboard plough. Given is the relative change (RC, %) under measures of reduced tillage when compared with measures of conventional tillage. Filled circles indicate mean values. In brackets: number of comparisons / number of studies. $RC = (M_{RT} - M_{CT}) / M_{CT}$; with M_{RT} : mean under reduced tillage; M_{CT} : mean under conventional tillage. Asterisks indicate significant difference of means/medians from zero (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$). P-values according to t-test or Wilcoxon-signed-rank test (when data were not normally distributed).

reproducing and developing (Jeffery et al., 2010). Therefore, overall earthworm biomass increases over time when these species find favourable habitat conditions. Differences in earthworm abundance between conventional and reduced tillage decreased and seem to disappear with time since last ploughing. This could be due to the positive effect of tillage/ploughing on some endogeic species like *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826). Boström (1995) and Crittenden et al. (2014) found interactions between tillage systems and organic matter management. Increased organic matter availability in the topsoil due to ploughing positively affected endogeic species and here in particular *A. caliginosa*. Besides the increased availability of organic matter in the topsoil reduced competition of anecic earthworms due to mouldboard ploughing can be favourable for endogeic species (Eriksen-Hamel and Whalen, 2007). We assume a shift in earthworm assemblage under long-term reduced tillage from endogeic to anecic species dominating the communities. This is expressed by increasing biomass along with stable abundance values.

Conclusions

Overall, there are few peer-reviewed publications on the influence of reduced tillage on abundance and biomass of earthworms in organic farming. Nevertheless, the available data show a positive effect of reduced tillage compared with mouldboard ploughing in the short-term. This result point to an opportunity to conduct a wide-ranging survey of earthworm communities under the preconditions described and to accompany this survey with an evaluation of ecosystem services provided by earthworms in these fields.

Acknowledgements

We thank the authors of the original research papers who provided us additional information and data where necessary.

References

- Berner A, Hildermann I, Fließbach A, Pfiffner L, Niggli U, Mader P (2008) Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. *Soil Till Res* 101(1-2):89-96
- Bertrand M, Barot S, Blouin M, Whalen J, Oliveira Td, Roger-Estrade J (2015) Earthworm services for cropping systems : a review. *Agron Sustain Dev* 35:553-567
- Blume H-P, Brümmer GW, Horn R, Kandeler E, Kögel-Knabner I, Kretschmar R, Stahr K, Wilke B-M (2010) *Lehrbuch der Bodenkunde*. Heidelberg : Spektrum, 569 p
- Boström U (1995) Earthworm populations (*Lumbricidae*) in ploughed and undisturbed leys. *Soil Till Res* 35(3):125-133
- Briones MJJ, Schmidt O (2017) Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. *Global Change Biol* 23:4396-4419
- Carr P, Gramig G, Liebig M (2013) Impacts of organic zero tillage systems on crops, weeds, and soil quality. *Sustain* 5(7):3172-3201
- Chan KY (2001) An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity : implications for functioning in soils. *Soil Till Res* 57(4):179-191
- Cooper J, Baranski M, Stewart G, Lange MN, Bärberi P, Fließbach A, Peigné J, Berner A, Brock C, Casagrande M, Crowley O, David C, Vliegheer AD, Döring TF, Dupont A, Entz M, Grosse M, Haase T, Halde C, Hammerl V, Huiting H, Leithold G, Messmer M, Schloter M, Sukkel W, Heijden MGAvd, Willekens K, Wittwer R, Mäder P (2016) Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks : a meta-analysis. *Agron Sustain Dev* 36(22):1-20
- Crittenden SJ, Eswaramurthy T, de Goede RGM, Brussaard L, Pulleman MM (2014) Effect of tillage on earthworms over short- and medium-term in conventional and organic farming. *Appl Soil Ecol* 83(0):140-148
- De Oliveira T, Bertrand M, Roger-Estrade J (2012) Short-term effects of ploughing on the abundance and dynamics of two endogeic earthworm species in organic cropping systems in northern France. *Soil Till Res* 119(0):76-84
- Du Z, Angers DA, Ren T, Zhang Q, Li G (2017) The effect of no-till on organic C storage in Chinese soils should not be overemphasized : a meta-analysis. *Agric Ecosyst Environ* 236:1-11
- Emmerling C (2001) Response of earthworm communities to different types of soil tillage. *Appl Soil Ecol* 17(1):91-96
- Eriksen-Hamel NS, Whalen JK (2007) Competitive interactions affect the growth of *Aporrectodea caliginosa* and *Lumbricus terrestris* (*Oligochaeta: Lumbricidae*) in single- and mixed-species laboratory cultures. *Eur J Soil Biol* 43(3):142-150
- Ernst G, Emmerling C (2009) Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. *Eur J Soil Biol* 45(3):247-251
- Jeffery S, Gardi C, Jones A, Montanarella L, Marmo L, Miko L, Ritz K, Peres G, Römbke J, Putten WHvd (eds) (2010) *European atlas of soil biodiversity*. Luxembourg : EC, Publ Off EU, 128 p
- Kuntz M, Berner A, Gattinger A, Scholberg JM, Mader P, Pfiffner L (2013) Influence of reduced tillage on earthworm and microbial communities under organic arable farming. *Pedobiologia* 56(4-6):251-260
- Leroy BLM, Schmidt O, Van den Bossche A, Reheul D, Moens M (2008) Earthworm population dynamics as influenced by the quality of exogenous organic matter. *Pedobiologia* 52(2):139-150
- Metzke M, Potthoff M, Quintern M, Hess J, Joergensen RG (2007) Effect of reduced tillage systems on earthworm communities in a 6-year organic rotation. *Eur J Soil Biol* 43:S209-S215
- Moos JH, Schrader S, Paulsen HM, Rahmann G (2016) Occasional reduced tillage in organic farming can promote earthworm performance and resource efficiency. *Appl Soil Ecol* 103:22-30
- Peigné J, Cannavaciulo M, Gautronneau Y, Aveline A, Giteau JL, Cluzeau D (2009) Earthworm populations under different tillage systems in organic farming. *Soil Till Res* 104(2):207-214
- R Development Core Team (2016) *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna : R Foundation Statistical Computing
- Riley H, Pommeresche R, Eltun R, Hansen S, Korsaaeth A (2008) Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agric Ecosyst Environ* 124(3-4):275-284
- Soil Survey Divison Staff (1993) *Soil survey manual*. Washington : U.S. Dept Agric, 437 p, US Dept Agric Handbook 18
- van Capelle C, Schrader S, Brunotte J (2012) Tillage-induced changes in the functional diversity of soil biota : a review with a focus on German data. *Eur J Soil Biol* 50:165-181

Long term study on the effects of iodine sources and levels without and with rapeseed cake in the diet on the performance and the iodine transfer into body tissues and eggs of laying hens of two breeds

Gerhard Flachowsky*, Ingrid Halle*, Anna S. Schultz*, Hubertus Wagner**, and Sven Dänicke*

Abstract

The objective of the study was to investigate the influence of two iodine species and five amounts on performance, iodine concentration of body samples and eggs of hens of two breeds fed with diets without or with 10 % rapeseed cake (RSC). 432 laying hens (23 weeks old) were allocated to 18 groups with 24 birds (12 hens of the Lohmann Selected Leghorn; LSL; 12 Lohmann Brown Hens; LB) each. The hens were fed for 168 days with a standard feed diet (0.35 mg I/kg) supplemented with 0/0.25/0.5/2.5/5.0 mg I/kg feed from Potassium iodide (KI) or from Calcium iodate ($\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$). Blood samples from 12 hens (6 LSL/6 LB) and eggs were taken on the days 0/4/8/15/29/85/164; these hens were slaughtered and samples were taken. Iodine supplementation did not significantly influence feed intake, egg weight and laying performance of hens. The highest iodine concentration was measured in the thyroid gland. Eggs showed the highest iodine concentration in groups supplemented with 5 mg I/kg, about 91 % of iodine was deposited in the yolk and only 9 % in the egg albumin. Hens fed with 10 % RSC had 24 % less I in the eggs compared with diets without RSC. I from KI effected 20 % more I in the eggs compared with $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$. LSL-hens showed about 20 % lower I-concentration in eggs than LB-hens. All measured samples of hens fed with 10 % RSC contained lower iodine concentrations than samples from non-RSC-hens.

Keywords: *iodine, laying hens, eggs, rapeseed cake, feed intake, laying performance, I-content in body samples and eggs, I-carry over, cover of human need*

Zusammenfassung

Langzeit-Studie zum Einfluss von Jodquellen und -mengen ohne und mit Rapskuchen im Futter auf Leistung und Jodtransfer in Körperproben und Eier von Legehennen aus zwei Herkünften

In einer Langzeit-Fütterungsstudie sollte der Einfluss unterschiedlicher Jodquellen und -dosierungen mit und ohne 10 % Rapskuchen (RSC) in der Futtermischung auf Legeleistung und Konzentration an Jod in Geweben und in Eiern untersucht werden. 432 Legehennen (23 Wochen) wurden auf 18 Gruppen mit je 24 Tieren (12 Lohmann Leghorn; LSL; und 12 Lohmann Brown Hennen; LB) aufgeteilt. 168 Tage erhielten die Hennen eine Standard-Ration, die mit 0, 0,25, 0,5, 2,5 und 5,0 mg I/kg aus Kalium Jodid (KI) oder Calcium Jodat ($\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$) supplementiert wurde. Der Jodgehalt der Basalmischung betrug 0,35 mg/kg. Blutproben von 12 Hennen (je 6 LSL und LB-Hennen) jeder Behandlung und Eier wurden nach 0, 4, 8, 15, 29, 85 und 164 Versuchstagen gewonnen. Diese Hennen wurden geschlachtet, Proben entnommen und der Jodgehalt analysiert. Die Jod-Ergänzung des Futters hatte keinen signifikanten Einfluss auf Futteraufnahme, Eimasse und Legeleistung, aber sie erhöhte die Jod-Konzentration in allen untersuchten Körperproben und in den Eiern. Die höchsten Jodkonzentrationen in Eiern wurden bei 5 mg I/kg Futter ermittelt. Der RSC-Einsatz hatte im Mittel 24 % weniger I im Ei zur Folge. KI und LB-Hennen wiesen höhere I-Konzentrationen in den Eiern auf als $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ und LSL-Hennen.

Schlüsselwörter: *Jod, Legehennen, Eier, Rapskuchen, Futteraufnahme, Legeleistung, I-Gehalt in Körperproben und Eiern, I-carry over, Bedarfsdeckung Mensch*

* Friedrich-Loeffler-Institute, Federal Research Institute for Animal Health, Institute of Animal Nutrition, Bundesallee 37, 38116 Braunschweig, Germany

** Max-Rubner-Institute, Analysis Division, E.-C.-Baumann-Straße 20, 95326 Kulmbach, Germany

1 Introduction

Iodine (I) is an essential trace element for humans and animals that was discovered as a novel element about 200 years ago. Two centuries of iodine research showed many interesting results, but it opened also some new questions in animal and human nutrition (EFSA, 2005; 2014; Küpper et al., 2011). Iodine is part of the thyroid hormones triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4) and therefore, it is highly important for key processes in the body (e.g. Decuyper et al., 2005; Schöne and Rajendram, 2009; Zimmermann, 2012).

Iodine deficiency still remains a major issue of public health in many countries, including some European countries (e.g. Zimmermann and Andersson, 2012). In 2001 the WHO estimated that about 800 million people suffer from iodine undersupply ($<100 \mu\text{g I/L}$ urine; WHO et al. 2001; WHO 2004; EFSA, 2014), but altogether there is a decrease in the number of iodine-deficient countries (from 54 to 30; 2003 to 2012; Zimmermann and Andersson, 2012). People in ten countries showed excessive iodine intake (Pearce et al., 2013).

Extensive efforts to improve iodine supply for humans, for example by supplementing iodine in table salt by the food industry and in households (e.g. Andersson et al., 2010; van der Haar et al., 2011; Zimmermann and Andersson, 2011; EFSA, 2013b) or enriching foods of animal origin by iodine supplements in feed extending animal requirements (e.g. Schöne and Rajendram, 2009; Flachowsky et al., 2014) contributed to a better iodine supply.

In some countries 40 % and more of the total human iodine intake derives from milk and milk products (e.g. Dahl et al., 2003; Johnner et al., 2012; Villanueva, 2016). Besides milk, eggs of laying hens are also characterized by a high transfer of feed-iodine into the animal product, especially in the egg yolk (e.g. Röttger et al., 2012; Slupczynska et al., 2014) and may contribute up to 10 % and more of the total iodine intake (e.g. Sager, 2011) of the human consumer. Hester (2017) considered a high innovation potential of eggs for improvement the I-supply of people.

It has to be mentioned, that there is a small range between human iodine requirements (130 to $200 \mu\text{g I}$ per day for adults; EFSA, 2014) and the upper level (UL; 500 to $600 \mu\text{g I}$ per day for adults; DACH, 2000; SCF, 2002), so that the maximum level is only about three times higher than humans demand.

Thus, on the one hand there is a certain risk of deficiency, but on the other hand a risk of overdosing, especially if people consume high amounts of iodine-fortified food of animal origin such as milk and eggs. Therefore, dose-response studies with animals, characterized by a high carry-over of iodine from feed into their food products, were required by the EFSA (2005).

The most important objectives of such studies can be summarized as follows:

1. A better evaluation of the contribution to human supply by animal food-products.
2. Knowledge of further iodine inputs and the effects of antagonists on the iodine content of food of animal origin.

3. Influence of further factors, such as animal species, categories and breeds, animal keeping, hygiene measurements etc. on iodine-content of food of animal origin.

Because of preventive consumer protection, the EFSA recommended in 2005 a reduction of the iodine-upper level in feed of dairy cows and laying hens from 10 to 5 mg I per kg feed with 88 % dry matter (DM). Based on these statements feeding experiments with dairy cows (Franke, 2009; Flachowsky et al., 2014), laying hens (Schultz, 2012) and meat producing animals (Berk et al., 2008; Meyer et al., 2008; Röttger et al., 2011) were carried out at the Friedrich-Loeffler-Institute, Institute of Animal Nutrition in Braunschweig (Germany). The objective of the present study with laying hens was to investigate the transfer of iodine from feed into body-tissues and eggs in a long-term feeding study with two laying-hen breeds under consideration of two iodine-sources, five iodine-levels and antagonists (rape seed cake) of iodine-transfer present in the feed.

2 Materials and methods

2.1 Experimental design

Due to the conclusions by the EFSA (2005), a long-term feeding study with 432 laying hens with feed iodine supplementation up to 5 mg I/kg was conducted. The following factors were considered in the study:

- Two laying hen breeds (Lohmann Selected Light (LSL): hens with white feathers and white eggs and Lohmann Brown (LB) with brown feathers and brown eggs, 216 hens each
- Two iodine sources (KI and $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$)
- Five iodine supplementing levels of both sources (0, 0.25, 0.5, 2.5, 5.0 mg I/kg feed)
- One diet each without or with 10 % rapeseed cake (RSC) with $13.8 \text{ mmol glucosinolate/kg}$.

The experiment started when the hens were 23 weeks of age and continued six laying months (one laying month = 28 d) which amounts to 168 days. The laying hens were allocated to 18 groups (24 hens per group) that obtained diets with different iodine supplementations of the two iodine sources. The groups were arranged with 50 % LSL and 50 % LB hens (12 hens each per group). The mean initial body weight of the LSL-hens amounted to $1365.2 \pm 130.1 \text{ g}$, that of LB-hens to $1636.5 \pm 163.2 \text{ g}$ per hen. For the allocation of individual feed intake and egg production, the hens were kept separately in battery pens, with $48 \times 46 \text{ cm}$ per section. Nine groups were supplied with 10 % RSC (see Table 1; RSC with 91.6 % dry matter). RSC was included in the isoenergetic and isonitrogenic calculated diets in order to observe the influence of glucosinolates (Fenwick and Curtis, 1980; Schöne et al., 1993; Tripathi and Mishra, 2007) on feed intake, animal health, poultry performance, mass and iodine concentration of thyroid gland and iodine transfer from feed into eggs. Feed and water were provided for *ad libitum* consumption. Leftovers of feed were weighed weekly to calculate the feed intake.

2.2 Feeding of laying hens

Table 1 shows the composition of basal diets (according to GfE, 1999). 216 hens of both breeds (groups 1 to 9) consumed the basal diet without RSC, the hens of the groups 10 to 18 (216 hens of both breeds) were fed by a mixture with 10 % RSC. Each single hen cage (24 cages per group) was equipped with a feeding trough and a nipple drinker. From week 23 on, the weekly light duration increased by 30 or 15 minutes weekly to 16 hours of light at the 34th week of age. The temperature in the trial room was between 18 and 21 °C.

Table 1

Ingredient composition (g/kg), analysed and calculated nutrients (g/kg) and energy content (MJ ME/kg) of the basal diets

Ingredients	Without RSC	With RSC
Maize	642.1	623.9
Soybean meal	216.0	144.0
RSC ¹⁾	0.0	100.0
Soybean oil	26.0	16.0
L-Lysine HCl	-	0.4
DL-Methionine	0.9	0.7
Major elements ²⁾	105.0	105.0
Trace elements and vitamins ³⁾	10.0	10.0
Analysed and calculated nutrients (g/kg) and energy		
Dry matter	890.0 ⁴⁾	892.5 ⁴⁾
Crude protein	152.0 ⁴⁾	150.9 ⁴⁾
Crude fibre	28.0 ⁴⁾	33.0 ⁴⁾
Lysine	8.5 ⁵⁾	8.5 ⁵⁾
Methionine plus cysteine	6.9 ⁵⁾	6.9 ⁵⁾
ME, MJ/kg	11.0 ⁵⁾	11.0 ⁵⁾
¹⁾ rapeseed cake (RSC), Glucosinolate 13.8 µmol/g dry matter;		
²⁾ per kg diet: 23g Ca ₂ H ₂ (PO ₄) ₂ , 80g CaCO ₃ , 3g NaCl		
³⁾ per kg diet: 3 mg vitamin A, 0.625 mg cholecalciferol, 20 mg α-tocopherol; 2.5 mg thiamine, 7 mg riboflavin, 4 mg pyridoxine, 20 µg cyanocobalamin, 4 mg menadione, 40 mg nicotinic acid, 10 mg Ca-pantothenic acid, 0.6 mg folic acid, 25 µg biotin, 400 mg choline chloride, 40 mg Fe, 10 mg Cu, 100 mg Mn, 80 mg Zn, 0.25 mg Se, 0.55 mg Co, 125 mg butylated hydroxytoluene, 4 mg canthaxanthin		
⁴⁾ analysed		
⁵⁾ calculated		

The following parameters were investigated during the study:

- Feed intake per hen
- Laying performance per hen
- Initial and final body weight of hens
- Saturation of egg-iodine concentration
- In weeks 4, 12 and 24 all eggs laid over three consecutive days were collected and separated in yolk, albumin and shell and the weights of fractions was measured
- Iodine concentration of eggs (after 0, 4, 8, 15, 85 and 164 days), breast and thigh meat, serum and liver after six laying month of iodine application
- Iodine concentration and mass of the thyroid gland.

2.3 Taking samples and chemical analysis

The laying performance was examined by recording the egg mass, the laying intensity, and the Feed Conversion Ratio (FCR; kg feed intake per kg egg mass production). To obtain a representative sample for the egg mass, eight eggs per hen and month were weighed.

Eggs for the iodine determination were obtained from 12 hens per group (6 LSL and 6 LB each), throughout the experiment in increasing time intervals (days 0, 4, 8, 15, 29, 85, and 164). The eggs were always taken from the same individuals ("defined hens"). The iodine content per egg refers to the mass of the respective egg in which the iodine content was measured. The "defined hens" were slaughtered after six laying months (168 days) of iodine application.

2.4 Feed and iodine analyses

Feed analyses were performed for the feed mixtures from each experimental group. Dry matter, the proximates; (crude fibre, crude ash, crude protein, ether extract), starch, sucrose, NDF, ADF and calcium were analysed according to the guidelines of the "Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten" (VDLUFA, 1976-2017). The metabolisable energy (N-corrected; AME_N) of the mixtures was calculated with the energy estimation equation of the World's Poultry Science Association (Vogt, 1986). The glucosinolates of the rapeseed cake were determined with the official method of the European Commission (EC, 1990; Rothe et al., 2004).

2.4.1 Iodine in feed

The iodine content of feed samples (mg/kg fresh matter (FM)) was measured using Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS; Fecher et al., 1998; Shelor and Dasgupta, 2011; for details see Wagner, 2007 and Röttger et al., 2011). The measured solutions were prepared in an alkaline medium in order to avoid vaporisation of iodine. Feed samples (5 g) were boiled for 30 min with an ammonia solution (0.59 mol/L). After cooling, samples were filled with ammonia solution up to 1 000 mL, and then filtered with a fluted filter. Prior to the use, filters were flooded twice with boiling distilled deionised water and then dried in an oven to remove I and to avoid contamination. After filtration with a syringe filter (Ministart 0.45 µm), 10 mL of the filtrate were taken for measurements.

2.4.2 Iodine in body samples and eggs

Blood serum was diluted 1:10 with 0.11 mol/L Tetramethylammonium hydroxide solution (TMAH, Alfa Aesar GmbH Co KG Karlsruhe, 25 % w/w aq.solu., Electronic Grade, 99.9 %) before measuring. Other organs (with the exception of the thyroid gland) and egg samples were homogenised with a mixer (ESGE-ZauberStab®) prior to digestion. After mechanical homogenisation, meat, liver or eggs were digested chemically with TMAH (Fecher et al., 1998) and a 1 g sample heated for 3 h at 90 °C in a gastight Erlenmeyer flask, with

5 mL distilled deionised water and 1 mL TMAH. After cooling, the solution was filled up to 25 mL with distilled deionised water. 10 mL of the solution were taken for measurement using ICP-MS, 0.5 mL tellurium oxide solution (100 µg/L; tellurium (IV) oxide, Alfa Aesar GmbH & Co KG Karlsruhe, 99.9 %) as the internal standard. The masses of 127 for iodine and 125 for tellurium were used. During calculation of iodine concentration, the standard addition method was applied during calibration.

2.5 Statistical analysis

Data were analysed with a three-way ANOVA using the following fixed linear model: $y_{ijfgk} = \mu + C_i + D_j + E_f + H_g + (CDEH)_{ijfg} + e_{ijfgk}$ with y_{ijfgk} = $ijfgk$ -th observation, μ = general mean, C_i = effect of i -th iodine source, D_j = effect of j -th feed iodine supplementation, E_f = effect of f -th RSC feed component, H_g = effect of g -th hen breed, $(CDEH)_{ijfg}$ = effect of i -th interaction among these above factors and e_{ijfgk} = effect of random error connected with $ijfgk$ -th observation. Multiple comparisons of means were carried out using the Student-Newman-Keuls Test ($P \leq 0.05$). The statistical analyses were performed by the SAS (2002-2012, Version 9.4).

3 Results and discussion

3.1 Composition of diets

The differences in the crude nutrient content of all experimental diets were relatively small and could be neglected (not shown). The intended increase of the feed iodine concentration was achieved in the experiment (not shown) and all indicated values of daily iodine intake are based on the analysed feed iodine concentration.

The iodine concentration of the water was low (1.7 ± 0.2 µg I/L). At an average daily water uptake of about 180 mL per hen (Leeson and Summers, 2001), this results in a negligible daily iodine intake by water of approximately 0.3 µg and therefore was excluded from further calculations.

3.2 Effects on laying hen performance

During the experiment no impacts on animal health were observed. Two hens (0.46 %) died during the 168 experimental days (one hen of group 7; one hen of group 10).

Table 2 shows the means of zootechnical data over the whole study period for all groups. LB-hens had a significantly higher daily feed intake ($P < 0.001$) than LSL-hens, and thus a higher body weight at the end of the study (final body weight: LB: 1.91 kg/hen, LSL: 1.55 kg/hen).

Over the whole study, laying intensity was high (96.7 %) and it was significantly higher in LSL-hens (97.3) compared to LB-hens (96.1 %). LB-hens produced heavier eggs (59.3 g) than LSL-hens (58.2 g/egg), but the egg mass per hen and day was similar (56.6 and 57.0 g for LSL and LB-hen per day). Because of the significant lower feed intake and the small increased daily egg mass production, LSL-hens had a significantly lower FCR compared with LB-hens (Table 2).

In agreement with studies by Halle and Schöne (2013), RSC application also influenced the feed intake and the egg weight significantly (Table 2). Hens fed with a mixture without RSC consumed 4.7 g more feed per day and produced 1.8 g more egg mass daily. The FCR was decreased significantly, but – as the impact of iodine supplementation – this also has no biological relevance since the difference was minor (0 % RSC: 2.01 vs. 10 % RSC: 1.99 kg/kg; $P > 0.05$).

The iodine supplementation did not significantly influence laying intensity and egg weight, but showed some effects on feed intake and feed to egg mass ratio (Table 2). The significant impact of feed iodine supplementation on FCR was due to the small standard deviation, but has no biological relevance.

The effect of iodine supplementation on performance was assessed by examination of the groups without RSC component (groups 1 to 9). The daily feed intake, laying intensity and egg mass did not differ significantly between the groups. In none of the parameters significant differences of the groups 2 to 9 compared to the control group 1 in the respective month were found. The egg weight increased in all groups, from 50.9 ± 5.5 g in the first month up to 60.5 ± 5.9 g in the sixth laying month, while the daily feed intake (114.4 ± 12.2 g) did not vary significantly. Thus, the FCR decreased in all groups with the duration of the experiment from 2.2 ± 0.3 in the beginning to 1.9 ± 0.1 in the sixth laying month.

In conclusion, partially significant effects of the applied feed iodine supplementations were detected, but these differences were so small that a biological relevance cannot be deduced. This conclusion is supported by similar previous studies as those by Kaufmann et al. (1998) and Yalcin et al. (2004), when they supplied hens with equal iodine levels.

KI and $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ showed no significant impact on measured parameters (Table 2). This result agrees with similar studies, dealing with the effect of feed iodine supplementation on performance in poultry (e.g. Hixson and Rosner, 1957; Groppel, et al., 1991; Kaufmann et al., 1998).

3.3 Weight of egg fractions during experiment

In agreement with published results (Ternes et al., 1994; Houpalathi et al., 2007), the egg weight in the present study increased with duration of laying period (Table 3). It was accompanied with an absolute and relative increase in the yolk fraction. The absolute albumen fraction increased also, but the relative fraction was nearly constant. Similar results are reported by Szentirmai et al. (2013), who fractionated eggs of Tetra Brown and Tetra White layers between the age of 20 and 72 weeks. The egg weight increased from 48.3 (Brown layers) and 42.4 (White layers) to >65 g (both genotypes) and the egg yolk ratio changed from 20.1/20.4 % (Brown/White) to >25 % (both genotypes) after 36 weeks of age until the end of their study. In contrast to the present study (Table 3), white egg layers had an about 2 % higher yolk ratio than brown layers. An increase of egg yolk ratio over the duration of the laying period was also reported by Hartmann et al. (2000) in hens and by Applegate et al. (1998)

Table 2

The main effects of dietary treatments [hen breed (LSL – Lohmann Selected Leghorn, LB – Lohmann Brown), rapeseed cake (RSC) in the feed, iodine sources (Iodide/Iodate) and supplementation level] on feed intake and laying performance of hens (12 hens per group; laying period: 168 days)

Group	Hen breed	RSC ¹⁾	Iodide	Iodate	Feed intake	Laying rate	Egg weight	Feed to egg mass ratio	Final body weight
		(%)	(mg/kg FM)	(mg/kg FM)	g/hen/day	(%)	(g/egg)	(kg/kg)	(g/hen)
1	LSL	0	0	0	114.3	97.4	60.3	1.96	1680
2		0	0.25	0	113.3	97.7	59.6	1.94	1608
3		0	0.50	0	111.5	96.9	58.6	1.97	1598
4		0	2.5	0	111.7	97.0	59.2	1.98	1593
5		0	5.0	0	112.2	96.9	59.2	1.96	1561
6		0	0	0.25	114.4	96.6	58.6	2.02	1610
7		0	0	0.50	112.0	97.6	59.0	1.96	1623
8		0	0	2.5	109.8	97.1	58.5	1.94	1565
9		0	0	5.0	111.3	98.4	58.1	1.95	1619
10		10	0	0	107.8	97.2	58.1	1.94	1565
11		10	0.25	0	106.9	97.2	56.6	1.97	1552
12		10	0.50	0	107.8	97.3	57.7	1.93	1485
13		10	2.5	0	106.0	97.6	57.0	1.95	1446
14		10	5.0	0	104.3	98.1	57.1	1.88	1510
15		10	0	0.25	110.2	97.6	58.1	1.96	1526
16		10	0	0.50	105.1	97.4	57.5	1.90	1461
17		10	0	2.5	101.4	96.8	56.3	1.90	1493
18		10	0	5.0	107.6	97.0	57.4	1.96	1477
1	LB	0	0	0	117.1	93.7	60.0	2.12	1993
2		0	0.25	0	112.9	93.4	58.9	2.11	1962
3		0	0.50	0	118.2	96.2	60.8	2.03	1949
4		0	2.5	0	121.5	94.4	62.1	2.07	1937
5		0	5.0	0	115.8	97.0	59.3	2.01	1856
6		0	0	0.25	116.7	96.9	59.0	2.05	1862
7		0	0	0.50	119.3	97.2	62.0	1.99	1961
8		0	0	2.5	118.0	96.4	59.4	2.08	2030
9		0	0	5.0	114.9	95.5	59.8	2.04	1964
10		10	0	0	111.1	97.5	57.1	2.02	1831
11		10	0.25	0	114.6	96.3	58.0	2.06	1927
12		10	0.50	0	110.3	95.8	57.6	2.02	1852
13		10	2.5	0	113.3	96.2	59.4	2.04	1791
14		10	5.0	0	111.6	97.2	58.2	2.02	1961
15		10	0	0.25	118.9	97.0	59.8	2.09	1924
16		10	0	0.50	110.3	95.0	58.0	2.06	1807
17		10	0	2.5	115.0	95.8	60.7	2.00	1921
18		10	0	5.0	117.5	97.8	58.6	2.08	1880
Standard error					9.4	6.3	6.1	0.21	170
Anova, P-Values									
Hen breed					<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
RSC					<0.001	>0.05	<0.001	>0.05	<0.001
Iodide					>0.05	>0.05	>0.05	<0.05	>0.05
Iodate					<0.001	>0.05	>0.05	<0.05	>0.05

Table 3

Effect of hen breed (LSL – Lohmann Selected Leghorn; LB – Lohmann Brown) on egg fractions at 4th, 12th and 24th laying weeks (g per egg; % of total egg)

Week of laying	Hen breed	Number of eggs analyzed	Egg weight (g)	Shell (g)	Yolk (g)	Albumen (g)	Shell (%)	Yolk (%)	Albumen (%)
4	LSL	670	54.6 ^e	7.1 ^b	14.6 ^e	32.9 ^e	13.0 ^a	26.7 ^e	60.2 ^d
	LB	685	55.9 ^d	7.0 ^c	14.2 ^f	34.6 ^d	12.6 ^b	25.5 ^f	61.9 ^a
12	LSL	703	59.6 ^c	7.0 ^c	16.8 ^c	35.8 ^c	11.7 ^d	28.2 ^b	60.1 ^d
	LB	696	60.5 ^b	7.2 ^a	16.5 ^d	36.8 ^b	12.0 ^c	27.3 ^d	60.7 ^c
24	LSL	682	60.7 ^b	6.4 ^e	17.7 ^a	36.6 ^b	10.6 ^e	29.2 ^a	60.2 ^d
	LB	668	61.4 ^a	6.5 ^d	17.1 ^b	37.8 ^a	10.6 ^e	27.9 ^c	61.5 ^b
Standard error		-	4.3	0.6	1.6	3.1	0.8	2.1	2.2

^{a,b,c,d} within weeks of laying means with different letters in a column show significant differences between breeds

in ducks. Such changes may have influence on the nutrient content and the nutritive value of eggs in long term studies investigating iodine content of eggs (see Table 5).

3.4. Tissue iodine concentration

Table 4 shows the iodine concentration of muscle samples as well as liver and serum iodine concentration at the end of the study (168 days).

3.4.1 Blood serum

Blood acts as transport medium of iodine and thyroid hormones T_3 , T_4 , and inactive rT_3 . Due to this function, the iodine concentration in blood is relatively high. In the present experiment, the iodine concentration of blood serum increased significantly with increasing iodine supplementation of the feed (Table 4). It was significantly reduced from 70.4 to 41.2 µg/l through the RSC component.

The results of studies comparing the effect of different iodine sources were inhomogeneous (Franke et al., 2009). Groppe et al. (1991) applied feed enriched with up to 100 mg I/kg as KI or KIO_3 to broilers and found no significant difference in the resulting iodine concentrations of the blood plasma, thyroid gland, muscle, heart, liver and kidney. Except the findings concerning blood samples, this agrees with the results of the present study. Usually, differences in iodine deposition in tissues were only reported, when organically bound iodine was compared with anorganic compounds (Rys et al., 1997). In the present study significant effects of the iodine source on the blood serum iodine concentration were detected (Table 4), which was also found in comparable studies (Röttger et al., 2011). However, until now, no homogenous picture could be given for the dependency of iodine concentration of blood serum on iodine source. Thus, further parameters like recent iodine uptake seem to play a role in this case.

3.4.2 Breast and thigh meat

Compared to other investigated tissues the iodine concentrations of meat (Table 4) were very low. In broilers (Röttger

et al., 2011) the meat iodine concentrations increased significantly when the feed was enriched with iodine, while in laying hens no significant increase was measured during an experimental period of four weeks (Röttger et al., 2012). Thus, the iodine equilibrium of meat seems to be maintained even at long-term application of feed, supplemented with up to 5 mg I/kg. Meyer et al. (2008) measured the iodine concentrations of different muscles in growing bulls, such as *Musculus longissimus dorsi* and *Musculus gluteus medius* and found different iodine concentrations. In laying hens the mean carry-over factor was higher in thigh meat (0.02) than in breast meat (0.01). Meyer et al. (2008) explained this effect with the metabolic rate of the muscles, and mentioned that also Downer et al. (1981) found higher iodine concentrations in metabolically more active muscles. In broilers this difference in carry-over factor was only found in groups provided with $Ca(IO_3)_2$ (Röttger et al., 2011). These findings give evidence that metabolic rate seems to be the only one impact factor of muscle iodine concentration, and may also be a reason for differences between hens and broilers. In addition, other impact factors as mentioned above may be also important (e.g. age, laying performance, growing, feeding regimes).

3.4.3 Liver

The higher iodine concentrations measured in liver tissue compared to muscle tissue (Table 4) results from its physiological function. The liver is an important location for the dehalogenation of T_4 to T_3 and rT_3 (Visser et al., 1988). In the liver a lower iodine concentration was detected in laying hens than in broilers (Röttger et al., 2011). Hence, besides the iodine supplementation, the amount of iodine accumulation in the liver seems to depend on further factors. Due to its function at thyroxine dehalogenation, the iodine status may be closely related to the metabolic rate, as indicated by the lower iodine level of livers of laying hens with less locomotion. Another reason could be related to the egg production of laying hens. Yolk-specific components such as precursor-molecules (e.g. vitellogenin) and triglycerides are synthesised within the liver and then transported to the ovary (Schneider et al., 1998). It is possible, that iodine in form of

Table 4

The main effects of dietary treatments [hen breed (LSL – Lohmann Selected Leghorn, LB – Lohmann Brown), rapeseed cake (RSC) in the feed, iodine sources (Iodide/Iodate) and supplementation level] on tissue iodine concentrations of laying hens after 168 feeding days

Group	Hen breed	RSC (%)	Iodide (mg/kg FM)	Iodate (mg/kg FM)	Breast meat (µg I/kg FM)	Thigh meat (µg I/kg FM)	Liver (µg I/kg FM)	Serum (µg I/L)
1	LSL	0	0	0	4.7	2.0	10.5	16.2
2		0	0.25	0	4.2	2.9	7.7	15.4
3		0	0.50	0	7.4	4.4	10.2	25.2
4		0	2.5	0	17.4	18.5	37.8	123.3
5		0	5.0	0	40.1	40.2	50.2	172.5
6		0	0	0.25	8.6	10.1	19.6	47.6
7		0	0	0.50	19.1	7.2	19.8	26.2
8		0	0	2.5	11.8	15.1	34.7	65.4
9		0	0	2.5	15.8	32.9	59.0	102.7
10		10	0	0	1.5	3.6	21.7	18.1
11		10	0.25	0	0.6	7.6	18.3	14.4
12		10	0.50	0	1.7	12.5	20.0	17.6
13		10	2.5	0	13.3	35.5	13.3	57.8
14		10	5.0	0	22.4	39.1	18.8	74.2
15		10	0	0.25	3.3	4.6	5.2	20.2
16		10	0	0.50	19.1	10.9	16.8	19.6
17		10	0	2.5	23.3	14.5	39.9	55.1
18		10	0	5.0	22.9	22.4	87.8	81.0
1	LB	0	0	0	4.3	2.8	18.5	18.9
2		0	0.25	0	4.6	3.8	7.2	17.7
3		0	0.50	0	5.8	5.9	17.0	29.4
4		0	2.5	0	13.2	20.7	31.9	121.6
5		0	5.0	0	22.7	36.3	59.9	222.6
6		0	0	0.25	6.2	10.8	21.6	54.9
7		0	0	0.50	6.4	8.6	25.0	36.1
8		0	0	2.5	13.9	14.6	40.7	74.0
9		0	0	5.0	14.2	22.4	46.7	95.7
10		10	0	0	0.9	7.6	38.6	14.7
11		10	0.25	0	0.4	6.1	24.3	18.8
12		10	0.50	0	0.5	13.7	19.8	18.4
13		10	2.5	0	8.7	15.7	12.1	40.4
14		10	5.0	0	15.2	20.9	18.7	93.2
15		10	0	0.25	11.7	5.9	6.0	19.6
16		10	0	0.50	20.0	15.2	19.5	22.6
17		10	0	2.5	18.0	21.5	28.5	54.3
18		10	0	5.0	21.0	23.6	21.5	102.3
Standard error					11.6	13.7	26.2	21.6
Overall mean					11.8	15.0	26.4	55.8
Anova, P-values								
Hen breed					>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
RSC					>0.05	>0.05	>0.05	<0.001
Iodide					<0.001	<0.001	<0.05	<0.05
Iodate					<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

thyroid hormones leaves the liver and enter the oocytes by this pathway. Further investigations are necessary, to find out which mechanism takes place, for example if thyroid hormones enter the oocyte within apolipoprotein particles or if receptor-mediated endocytosis takes place (McNabb and Wilson, 1997). This could be another reason – besides the active transport within the ovary – for the high iodine concentration in yolk, and a lower iodine concentration of liver of laying hens.

3.4.4 Mass and iodine concentration of thyroid gland

The iodine concentration of the thyroid glands increased significantly with increasing feed iodine supplementations. The iodine concentration in thyroids of birds fed with 10 % RSC was significantly lower than that of birds provided feed without RSC (2691 vs. 4654 µg I/g, $p < 0.0001$).

In groups fed diets without RSC there was no significant difference between thyroid masses after the different feed iodine supplementations, what indicates that iodine application up to 5 mg I/kg diet had no negative effect on thyroid mass.

The thyroid mass was significantly increased by 10 % dietary RSC (0.27 ± 0.05 g vs. 0.17 ± 0.03 g, $p < 0.0001$). The lower iodine concentration and the increased mass of the thyroid glands of groups provided with 10 % RSC reflect the competitive inhibition of the Sodium-Iodine-Symporter and the goitrogenic effect of the rapeseed glucosinolates (Schöne et al., 1993). It had been expected, that the iodine supplementation would balance this effect, and that hens fed with 10 % RSC and increased iodine supplementations would have normal thyroid masses. Instead, thyroid masses of hens supplied with 10 % RSC, increased with increasing iodine supply. This shows that iodine supply cannot balance the negative effect of 10 % RSC with a glucosinolate content of 13.8 mmol/kg RSC. Moreover, the effects of RSC and increased iodine supplementations seem to add up, which could have led to iodine induced hyperthyroidism (Stanbury et al., 1998).

Also Schöne et al. (1993) found an increase in thyroid gland mass of broilers, which may have occurred due to iodine deficiency, since the animals were fed diets containing rapeseed meal. In conclusion, long-term application of feed supplemented with 10 % RSC had a goitrogenic effect, which was enhanced by feed supplementation with iodine, indicated by significantly higher thyroid gland masses in these groups. In the RSC-groups the supplementation with 5 mg I/kg feed did not elevate the iodine concentrations in the thyroid glands up to the level of the control group (0 % RSC without iodine supplementation).

3.5 Iodine in eggs

Hens excrete a considerable amount of ingested iodine with the eggs (see Table 5). This is the most important difference in iodine storage between growing animals such as broilers, growing pigs and ruminants (Berk et al., 2008; Franke et al., 2009; Meyer et al., 2008; Röttger et al., 2011) on the one hand

and laying hens and lactating mammals (Franke et al., 2009; Flachowsky et al., 2014) on the other hand.

All the experimental factors such as iodine source and level, rapeseed cake, hen breed and duration of experiment have had significant influence on iodine concentration of eggs. Increasing feed iodine supplementations caused a significant increase in the iodine concentration in the eggs (Table 5). Active iodine transport into growing oocytes of bird ovaries, which is hormonally controlled, was proved by Newcomer (1982) and Newcomer et al. (1984). The Sodium-Iodine-Symporter has been detected in ovaries of different mammals, for example in humans (Spitzweg et al., 1998) and mice (Perron et al., 2001), as well in amphibian species (*Xenopus laevis* and *Rana catesbeiana*, Carr et al., 2008). This Symporter has not yet been proven in the chicken ovary, but the high iodine concentrations in the yolk give strong evidence for an active transport of iodine into the yolk.

Duration of experiment has had a significant influence of iodine concentration in eggs. It increased from 138 (initial value) to 202 (4th day) and to 448 to 480 µg/kg total egg until day 29 (Table 5). There was a further increase of iodine concentration in eggs up to 539 (85th day) and 643 µg I/kg total egg (164th day). Similar results are reported by Slupczynska et al. (2014). The mean value increased in their study from 596 after three month of feeding up to 744 µg/kg total egg after five month of feeding. The diets were supplemented with 1, 3 and 5 mg I/kg mixed feed. The increase of iodine in total eggs during experimentation may be caused by saturation of all hen organs with iodine and the increase of proportion of egg yolk during laying period (see Table 3). This also explains the higher iodine proportion measured in the yolk, compared to albumen (KI: 93 % in yolk, 7 % in albumen; $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$: 87 % in yolk, 13 % in albumen). Similar values are also reported by Richter (1995); Kaufmann et al. (1998); Stibilj and Holcman (2002) and Röttger et al. (2012). It is assumed that iodine enters the egg albumen 18 to 20 hours before laying via diffusion during its formation within the tuba (magnum). Increasing of feed iodine supplementation has also been investigated by other authors (e.g. Richter, 1995; Lewis, 2004; Röttger et al., 2012; Saki et al., 2012; Slupczynska et al., 2014). They found a significant increase of the iodine content of eggs (Table 5).

There are significant differences between both I-sources. The mean value of the I-content of eggs was much higher for KI (472 µg/kg) compared with $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ (389 µg/kg total egg). One reason for lower iodine content in eggs could be the lower intestinal uptake of iodate, since this has to be converted into iodine (Lewis, 2004). Slupczynska et al. (2014) compared KI with KIO_3 and found in agreement with present data (see Table 5) after three months of supplementation of 3 mg I/kg feed 671 µg for KI and 522 µg for KIO_3 , and after five months treatment 816 µg for KI and 698 µg/kg eggs for KIO_3 .

Apart from the iodine supply RSC has also had a significant influence on the iodine content of eggs (see Table 5). The mean of the I-content of eggs was much higher in diets without RSC (490 µg/kg) compared with 10 % RSC in mixed feed (372 µg/kg total egg). The supplementation reduced the iodine concentration of eggs on average by 24 %. Similar

Table 5

The main effects of dietary treatments [hen breed (LSL – Lohmann Selected Leghorn, LB – Lohmann Brown), rapeseed cake (RSC) in the feed, iodine sources (Iodide/Iodate) and supplementation level] on feed intake and laying performance of hens on iodine concentration of eggs ($\mu\text{g/kg}$ edible eggs) depending on day of experimentation

Group	Hen breed	RSC (%)	Iodide (mg/kg FM)	Iodate (mg/kg FM)	Day 4	Day 8	Day 15	Day 29	Day 85	Day 164
1	LSL	0	0	0	104	106	105	84	112	172
2		0	0.25	0	131	175	167	142	215	264
3		0	0.50	0	123	174	212	217	275	391
4		0	2.5	0	199	539	542	536	614	759
5		0	5.0	0	460	1147	1348	1433	1319	1603
6		0	0	0.25	127	156	148	163	200	374
7		0	0	0.50	130	177	204	196	267	433
8		0	0	2.5	219	557	610	626	675	920
9		0	0	5.0	299	904	1184	1138	1300	1186
10		10	0	0	129	98	80	71	100	113
11		10	0.25	0	141	135	186	104	126	195
12		10	0.50	0	98	121	160	123	167	206
13		10	2.5	0	221	575	590	515	589	603
14		10	5.0	0	247	907	914	949	1034	1066
15		10	0	0.25	100	105	101	102	149	167
16		10	0	0.50	109	157	124	119	148	182
17		10	0	2.5	198	538	479	479	429	654
18		10	0	5.0	269	891	855	927	796	996
1	LB	0	0	0	135	117	138	116	150	220
2		0	0.25	0	227	229	188	168	294	323
3		0	0.50	0	152	192	245	254	338	494
4		0	2.5	0	287	732	599	764	833	1021
5		0	5.0	0	434	1315	1514	1570	1729	1858
6		0	0	0.25	148	182	164	167	240	439
7		0	0	0.50	167	236	241	295	296	510
8		0	0	2.5	268	725	651	700	843	1157
9		0	0	5.0	469	1217	1342	1310	1384	1754
10		10	0	0	129	107	82	100	122	135
11		10	0.25	0	148	138	124	169	177	225
12		10	0.50	0	145	226	218	213	253	262
13		10	2.5	0	209	536	569	648	669	675
14		10	5.0	0	350	925	1034	1140	1236	1302
15		10	0	0.25	119	185	130	150	271	200
16		10	0	0.50	137	191	180	195	213	263
17		10	0	2.5	184	507	490	503	532	661
18		10	0	5.0	283	1057	1047	1151	1246	1425
Standard error					62.3	120.9	120.0	130.2	116.0	147.0
Overall mean					202	448	467	480	537	643
Anova, P-values										
Hen breed					<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
RSC					<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Iodide					<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Iodate					<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

results are reported by Goh and Clandinin (1977); Schöne et al. (2013) and Slupczynska et al. (2014). Slupczynska et al. (2014) compared diets without with diets containing 10 % rapeseed meal in feed of Hy-Line Brown Pullets. Rapeseed meal reduced the I-content from 671 to 522 µg after three months and from 814 to 698 µg/kg egg after five months of feeding of diets with 3 mg I/kg.

Also hen breeds (LSL and LB) have had influence on the iodine content of eggs (see Table 5). LB hens accumulated higher amounts of iodine in all phases of laying period and for all dosage levels in their eggs than LSL-hens. An influence of hen breed on iodine concentration in eggs can be seen in Table 5 and it is also described by other authors (e.g. Rys et al., 1997). The all over average without RSC for LSL-hens was 442 and for LB-hens 539 µg I/kg egg mass; the values with 10 % RSC were 336 and 404 µg I/kg resp. 76 and 75 % of values without RSC.

3.6 Carry over of iodine from feed into eggs

Carry over describes the transition of one substance (e.g. iodine) from one compartment (e.g. feed) into another one (e.g. eggs) in the food chain (Schenkel, 2012). The iodine intake per kg egg mass is calculated based on iodine content of feed and the feed to egg mass ratio. There is a clear tendency of carry over depending on the level of iodine supplementation of feed (Table 6). The higher the I-supplementation, the lower is the carry over from feed into eggs (decrease from 21.5 to 12.5 %). The iodine sources have only a small influence on the carry over into eggs (18.0 for KI and 16.0 % for $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$; Table 6). The average of I-carry over for LSL-hens is 15.3; that of LB hens was calculated as 18.6 %. Large differences were calculated between groups without RSC in the diets (19.6 %) on one side and with 10 % RSC in the diets (14.3 %) on the other side (see Table 6). The carry over values given above and in Table 6 are more or less in agreement with previous literature reports (e.g. Romijn and Velthuisen, 1955: 21 %; Richter, 1995: 12.5 to 18.6 %; Unak et al., 2003: 15 %; Röttger et al., 2012: 9.7 to 14.1 %).

Table 6

Carry over values of iodine from feed into eggs (% of iodine intake found in eggs)

Influencing factors	Carry over (%)
Iodine supplementation (mg/kg FM)	
0.25	21.5
0.5	18.1
2.5	12.8
5	12.5
Iodine source	
KI	18.0
$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$	16.0
Rapeseed cake in diet	
Without	19.6
+ 10 % RSC	14.3
Hen breed	
Lohmann Selected Leghorn (LSL)	15.3
Lohmann Brown (LB)	18.6

3.7 Contribution of eggs to I-intake of humans

The iodine content of eggs depends on many influencing factors as shown and discussed above. Table 7 summarizes the influence of iodine content in feed as one of the most important factors for the iodine content in eggs. It also shows the impact of the number of daily consumed eggs on the iodine intake and the contribution to meet the iodine requirements of consumers (150 µg/d) according to EFSA (2014). One egg per day of hens supplemented with 1 mg I per kg feed may cover the iodine requirements of adults up to about 10 %, but one egg per day of hens supplemented with 3 or 5 mg I per kg feed covers about 25 or 40 % of daily human demand (Table 7). Travnicek et al. (2006) concluded that one egg per day from large hen flocks with I-supplementation would cover 7 to 14 % of human requirements. Sager (2011) analysed Austrian eggs and found 31 µg I per egg, what is adequate to about 20 % of iodine requirements of adults. Villanueva (2016) calculated about 14 µg iodine intake per day from eggs for Catalan people.

Table 7

Model calculation of the contribution of different numbers of daily consumed eggs (½, 1, 2, 3 eggs) to the daily iodine intake of consumers, depending on iodine supplementation of the hen feed (1, 3, 5 mg I/kg feed FM); shown as total amount of iodine contributed by eggs and percentage shares of the daily iodine demand EFSA, 2014; calculation by Schultz, 2012)

Iodine concentration of the hen feed [mg/kg FM]	1	3	5	1	3	5
Number of daily consumed eggs	Total amount of iodine contributed by eggs [µg]			% of daily demand (150 µg/d)		
½	7.4	18.6	29.8	4.9	12.4	19.9
1	14.8	37.2	59.6	9.9	24.8	39.7
2	29.5	74.3	119.1	19.7	49.5	79.4
3	44.3	111.5	178.7	29.5	74.3	119.1

4 Conclusions

Iodine source and level of iodine supplementation up to 5 mg/kg mixed feed did not significantly influence feed intake, laying performance and feed conversion ratio of hens. Heavier hens consumed more feed, laid heavier eggs, had a lower laying rate and needed more feed per egg mass than hens lighter in weight. Egg weight and yolk ratio increased with duration of laying. Such changes may have influence on the nutritive value of eggs. Rapeseed cake reduces the feed intake and the egg weight, but not the laying rate and the feed to egg mass ratio.

Iodine supplementation significantly increased the iodine-concentrations in all analysed body samples and in eggs. The highest iodine concentration was measured in the thyroid

gland. Eggs showed the highest iodine concentration in groups supplemented with 5 mg I/kg, about 91 % of iodine was deposited in the yolk and only 9 % in the egg albumin. All measured tissue samples of hens fed with 10 % RSC contained lower iodine concentrations than samples from non-RSC-hens. Its supplementation reduced the iodine concentration of eggs on average by 24 %. Laying hen breeds and iodine sources did also influence the I-concentration in body samples and eggs, but to a smaller degree. Under consideration of data mentioned above, eggs may substantially contribute to meet human requirements for iodine.

A further reduction of the presently authorised maximum iodine concentration in complete feed for laying hens from 5 to 3 mg/kg feed with 88 % DM as recommended by the EFSA (2013a) and the EU (2015) would not have any practical consequences on iodine content of eggs, because of already lower iodine concentration in complete feed for laying hens (0.5 to 1.5 mg I/kg; Grünwald et al., 2006) under German field conditions.

Acknowledgements

The Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL), Germany, supported this work financially.

References

- Andersson M, de Benoist B, Rogers L (2010) Epidemiology of iodine deficiency : salt iodisation and iodine status. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 156;(1)9-14
- Applegate TJ, Harper D, Lilburn MS (1998) Effect of hen production age on egg composition and embryo development in commercial Pekin ducks. *Poult Sci* 77:1608-1612
- Berk A, Wagner H, Flachowsky G (2008) Zum Einfluss unterschiedlicher Glucosinolatgehalte im Schweinefutter auf den Jodgehalt von Schilddrüsen und Schlachtkörper von Mastschweinen. In: Verband der Landwirtschaftskammern (ed) Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung : Tagungsunterlage ; Beiträge der Veranstaltung vom 9. und 10.04.2008 in Fulda. Bonn : Verb Landwirtschaftskammern, pp 183-185
- Carr DL, Carr JA, Willis RE, Pressley TA (2008) A perchlorate sensitive iodide transporter in frogs. *Gen Comp Endocrinol* 156:9-14
- DACH (2000) Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Neustadt/Weinstr : Neuer Umsch Buchverl, Loseblattausgabe
- Dahl L, Opsahl JA, Meltzer HM, Julshamn K (2003) Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *Br J Nut* 90:679-685
- Decuyper E, van As P, van der Geyten S, Darras VM (2005) Thyroid hormone availability and activity in avian species : a review. *Domest Anim Endocrinol* 29:63-77
- Downer JV, Hemken RW, Fox JD, Bull LS (1981) Effect of dietary iodine on tissue iodine content in the bovine. *J Anim Sci* 52:413-417
- EC - European Commission (1990) Commission Regulation (EEC) No 1864/90 of June 1990 amending Regulation (EEC) No 1470/68 on the drawing and reduction of samples and on methods of analysis in respect of oil seeds [online]. To be found at <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31990R1864&from=LV>> [quoted 28.08.2017]
- EFSA (2005) Opinion of the scientific panel on additives and products or substances used in animal feed on the request from the Commission on the use of iodine in feedingstuffs. *EFSA Journal* 13(2):1-42
- EFSA (2013a) Scientific opinion on the safety and efficacy of iodine compounds (E2) as feed additives for all animal species : calcium iodate anhydrous (coated granulated preparation), based on a dossier submitted by Doxal Italia S.P.A. *EFSA Journal* 11(3):3178
- EFSA (2013b) Statement on the safety of iodized ethyl esters of poppy seed oil as a source of iodine added for nutritional purposes to foodstuffs. *EFSA Journal* 11(3):3120
- EFSA (2014) Scientific opinion of dietary reference values for iodine. *EFSA Journal* 12(5):3660
- EU (2015) Commission implementing regulation (EU) 2015/861 of 3 June 2015 concerning the authorisation of potassium iodide, calcium iodate anhydrous and coated granulated calcium iodate anhydrous as feed additives for all animal species [online]. To be found at <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0861&from=EN>> [quoted 28.08.2017]
- Fecher PA, Goldmann I, Nagengast A (1998) Determination of iodine in food samples by inductively coupled plasma mass spectrometry after alkaline extraction. *J Anal At Spectrom* 13:977-982
- Fenwick GR, Curtis RF (1980) Rapeseed meal and its use in poultry diets. *Anim Feed Sci Technol* 5:255-298
- Flachowsky G, Franke K, Meyer U, Leiterer M, Schöne F (2014) Influencing factors on iodine content of cow milk. *Eur J Nutr* 53:351-365
- Franke K (2009) Effect of various iodine supplementations and species on the iodine transfer into milk and on serum, urinary and faecal iodine of dairy cows fed rations varying in the glucosinolate content. Halle : Univ, 120 p
- Franke K, Meyer U, Wagner H, Hoppen HO, Flachowsky G (2009) Effect of various iodine supplementations, rapeseed meal application and two different iodine species on the iodine status and iodine excretion of dairy cows. *Livest Sci* 125(2):223-231
- GfE (1999) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler) 1999. Frankfurt a M : DLG-Verl, 185 p, Energie- Nährstoffbedarf landwirtsch Nutztiere 7
- Goh Y, Clandinin D (1977) Transfer of 125I to eggs in hens feed on diets containing high- and low- glucosinolate rapeseed meals. *Br Poult Sci* 18:705-710
- Groppel B, Rambeck WA, Gropp J (1991) Iodanreicherung in Organen und Geweben von Mastkühen nach Iodsupplementierung des Futters. In: Anke M (ed) Mengen- und Spurenelemente : 11. Arbeitstagung, 12. Und 13. Dezember 1991 in Leipzig. Jena, pp 300-308
- Grünwald KH, Steuer G, Flachowsky G (2006) Praxiserhebungen zum Jodgehalt im Mischfutter. In: Rodehutscord M (ed) 9. Tagung Schweine- und Geflügelernährung : 28.-30. November 2006, Halle (Saale) : Tagungsband. Halle/Saale: Univ, pp 176-178
- Halle I, Schöne F (2013) Influence of rape seed cake, linseed cake and hemp seed cake on laying performance of hens and fatty acid composition of egg yolk. *J Consumer Protection Food Safety* 8(3):185-193
- Hartmann C, Johannsson K, Strandberg E, Wilhelmson M (2000) One-generation divergent selection on large and small yolk proportion in large White Leghorn line. *Br Poult Sci* 41:280-286
- Hester P (2017) Egg innovations and strategies for improvements. Oxford : Elsevier Acad Pr, 646 p
- Hixson OF, Rosner L (1957) Calcium iodate as a source of iodine in poultry nutrition. *Poult Sci* 36(4):712-714
- Houpalathi R, Lopez-Fandino R, Anton M, Schade R (2007) Bioactive egg components. Heidelberg : Springer, 298 p
- Johner SA, Thamm M, Nöthlings U, Remer T (2012) Iodine status in preschool children and evaluation of major iodine sources : a German experience. *Eur J Nutr* 52(7):1711-1719
- Kaufmann S, Wolfram G, Delange F, Rambeck WA (1998) Iodine supplementation of laying hen feed : a supplementary measure to eliminate iodine deficiency in humans? *Z Ernährungswiss* 37:288-293
- Küpper FC, Feiters MC, Olofsson B, Kaiho T, Yanagida S, Zimmermann MB, Carpenter LJ, Luther GW, Lu ZL, Jonsson M, Kloo L (2011) Commemorating two centuries of iodine research : an interdisciplinary overview on current research. *Angew Chem* 50:11598-11620
- Leeson S, Summers JD (2001) Water. In: Leeson S, Summers JD (eds) Nutrition of the chicken. Guelph : Univ Books, pp 414-420
- Lewis PD (2004) Responses of domestic fowl to excess iodine : a review. *Br J Nutr* 91(1):29-39

- McNabb FMA, Wilson CM (1997) Thyroid hormone deposition in avian eggs and effects on embryonic development [online]. To be found at <https://oup.silverchair-cdn.com/oup/backfile/Content_public/Journal/az/37/6/10.1093/icb/37.6.553/2/37-6-553.pdf?Expires=1503651618&Signature=llw5feak29NO063y9lP6nbuHPCEfYncb0DBDl6s70YpRVefmK-dY-BaYwbN1niPA-yBgCd3nmL6B3GB4R0CIIIPGXJiyWaHHw8nd-0GuR3Z988p5VvPGzE1eaddV32hYTSnEPA4pF6VgUv9AVxGhSlvFR-hz9h-lIiQ-QnmIfZNYLxKmWKW9Eqrki5RMA2Zr~7X45ELKnylsHhBHXOgi8na-1zLWagoOewRvi9AWybEOpoiKqCOW4waXaORvW2fjDI1zFbFJOCx7oT-jAruRhB25ecp8kkqklzhYtb5PRU8soS~8GD0KAI8EupuP4n9f284~dQy-HAs6cqwa6r6zuEcA___&Key-Pair-Id=APKAIUCZBIA4LVPVAVW3Q> [quoted 24.08.2017]
- Meyer U, Weigel K, Schöne F, Leiterer M, Flachowsky G (2008) Effect of dietary iodine on growth and iodine status of growing fattening bulls. *Livest Sci* 115:219-225
- Newcomer WS (1982) Hormonal regulation of iodine accumulation in ovary and thyroid of Japanese quail. *Gen Comp Endocrinol* 47(2):243-248
- Newcomer W, Peczezy SP, Pethes G (1984) Transport of radioiodide between blood and ovary of Japanese quail. *Domest Anim Endocrinol* 1(1):67-77
- Pearce EN, Andersson M, Zimmermann MB (2013) Global iodine nutrition : where do we stand in 2013? *Thyroid* 23:523-528
- Perron B, Rodriguez AM, Leblanc G, Pourcher T (2001) Cloning of the mouse sodium iodide symporter and its expression in the mammary gland and other tissues. *J Endocrinol* 170:185-196
- Richter G (1995) Einfluss der Jodversorgung auf den Jodgehalt im Ei. In: Anke M (ed) Mengen- und Spurenelemente : 15. Arbeitstagung, 8. und 9. Dezember 1995 in Jena. Leipzig : Schubert, pp 457-464
- Romjin C, Velthuisen J (1955) Jodausscheidung im Hühnerei. *Arch Geflügelkd* 20:97-106
- Rothe R, Hartung H, Marks G, Bergmann H, Götz R, Schöne F (2004) Glucosinolate content in vegetative tissues of winter rape cultivars. *J Appl Bot* 78:41-47
- Röttger AS, Halle I, Wagner H, Breves G, Flachowsky G (2011) The effect of various iodine supplementation and two different iodine sources on performance and iodine concentration in different tissues of broilers. *Br Poult Sci* 52:115-123
- Röttger AS, Halle I, Wagner H, Breves G, Dänicke S, Flachowsky G (2012) The effects of iodine level and source on iodine carry-over in eggs and body tissues of laying hens. *Arch Anim Nutr* 66:385-401
- Rys R, Wir-Konas E, Pyska H, Kuchta M, Pietras M (1997) Changes in egg iodine concentration in three hen strains in relation to iodine level in diets. *Rocz Nauk Zootechn* (24):229-242
- Sager M (2011) Mengen- und Spurenelemente in österreichischen Hühner-eiern. *Ernährung/Nutrition* 35:53-58
- Saki AA, Aslani Farisar MA, Aliarabi H, Zamani P, Abbasinezhad M (2012) Iodine-enriched egg production in response to dietary iodine in laying hens. *J Agric Sci Technol* 8:1255-1267
- SAS Institute (2002-2012) SAS 9.4. Cary, NC
- SCF - Scientific Committee on Food (2002) Opinion of the Scientific Committee on Food on the tolerable upper intake level of iodine [online]. To be found at <https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_scf_out146_en.pdf> [quoted 24.08.2017]
- Schenkel H (2012) Kreisläufe unerwünschter Stoffe in der Lebensmittelkette. *Angew Wiss* 524:11-14
- Schneider WJ, Osanger A, Waclawek M, Nimpf J (1998) Oocyte growth in the chicken : receptors and more. *Biol Chem* 379:965-971
- Schöne F, Jahreis G, Richter G (1993) Evaluation of rapeseed meal in broiler chickens : effect of iodine supply and glucosinolate degradation by myrosinase or copper. *J Food Sci Agric* 61:245-252
- Schöne F, Michel R, Halle I (2013) Major and trace element state of laying hens and eggs with pressed cake from rapeseed, line seed and hempseed in mixed feed. In: Zeyner A, Stangl H, Kluth H, Kluge H, Bulang M (eds) 12. Tagung Schweine und Geflügelernährung : Tagungsband ; 12.-14. November 2013, Lutherstadt Wittenberg. Halle : Univ, pp 97-99
- Schöne F, Rajendram R (2009) Iodine in farm animals. In: Preedy VR, Burrow GN, Watson RR (eds) Comprehensive handbook of iodine : nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects. Amsterdam : Elsevier, pp 151-170
- Schultz AS (2012) The effect of various iodine sources and levels on the performance and the iodine transfer in poultry products and tissues [online]. To be found at <<https://d-nb.info/1037881532/34>> [quoted 06.10.2017]
- Shelton CP, Dasgupta PK (2011) Review of analytical methods for the quantification of iodine in complex matrices. *Anal Chim Acta* 702(1):16-36
- Slupczynska M, Jamroz D, Wiliczekiewicz A (2014) Effect of various sources and levels of iodine, as well as the kind of diet, on the performance of young laying hens, iodine accumulation in eggs, egg characteristics, and morphotic and biochemical in dices in blood. *Poult Sci* 93(10):2536-2547
- Spitzweg C, Joba W, Eisenmenger W, Heufelder AE (1998) Analysis of human sodium iodide symporter gene expression in extrathyroidal tissues and cloning of its complementary deoxyribonucleic acids from salivary gland, mammary gland, and gastric mucosa. *J Clin Endocrinol Metab* 83(5):1746-1751
- Stanbury JB, Ermans AE, Bourdoux P, Todd C, Oken E, Tonglet R, Vidor G, Braverman LE, Medeiros-Neto G (1998) Iodine-induced hyperthyroidism : occurrence and epidemiology. *Thyroid* 8:83-100
- Stibilj V, Holcman A (2002) Se and I content in eggs and tissues of hens from farmyard rearing. In: Anke M, Müller R, Schäfer U, Stoeppeler M (eds) Macro and trace elements : 21. Workshop, October, 18th and 19th 2002, Jena. Leipzig : Schubert, pp 437-443
- Szentirmai E, Milisits G, Donko T, Budai Z, Ujvari J, Fülöp T, Repa I, Sürö Z (2013) Comparison of changes in production and egg composition in relation to in vivo estimates of body weight and composition of brown and white egg layers during the first egg-laying period. *Br Poult Sci* 54(5):587-593
- Ternes W, Acker L, Scholtyssek S (1994) Ei und Eiprodukte. Berlin : Parey, 487 p
- Travnicek J, Kroupova V, Herzig I, Kursa J (2006) Iodine content in consumer hen eggs. *Vet Med (Praha)* 51: 93-100
- Tripathi MK, Mishra AS (2007) Glucosinolates in animal nutrition : a review. *Anim Feed Sci Technol* 132:1-27
- Unak T, Yildirim Y, Avcibasi U, Cetinkaya B, Unak G (2003) Transfer of orally administered iodine-131 into chicken eggs. *Appl Radiat Isot* 58:299-307, doi:10.1016/S0969-8043(02)00350-0
- Van der Haar F, Gerasimov G, Tyler VQ, Timmer A (2011) Universal salt iodization in the Central and Eastern Europe, Commonwealth of Independent States (CEE/CIS), Region during the decade 2000-09; experiences, achievements, and lessons learned. *Food Nutr Bull* 32(4):S175-S294
- VDLUFA (1976-2017) Methodenbuch : Band III ; Die chemische Untersuchung von Futtermitteln . Darmstadt : VDLUFA
- Villanueva CC (2016) Total diet study of iodine and the contribution of milk in the exposure of the Catalan population [online]. To be found at <http://acsa.gencat.cat/web/.content/Documents/eines_i_recursos/acsaBrief/ACSA_Total-diet-study-of-iodine-and-the-contribution-of-milk-in-the-exposure-of-the-catalan-population.pdf> [quoted 24.08.2017]
- Visser TJ, Kaptain E, Terpstra OT, Krenning EP (1988) Deiodination of thyroid hormone by human liver. *J Clin Endocrinol Metab* 67(1):17-24
- Vogt H (1986) WPSA-Energieschätzungsgleichung. *World's Poult Sci J* 42:189-190
- Wagner H (2007) Der Beitrag von Fleischproduktion zu Iodversorgung der Bevölkerung. *Fleischwirtschaft* 7:92-95
- WHO (2004) Iodine status worldwide [online]. To be found at <<http://www.who.int/vmnis/iodine/status/en/>> [quoted 24.08.2017]
- WHO, ICCIDD, UNICEF (2001) Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination : a guide for programme managers [online]. To be found at <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/61278/1/WHO_NHD_01.1.pdf> [quoted 24.08.2017]
- Yalcin S, Kahraman Z, Yalcin S, Yalcin SS, Dedeolu H, (2004) Effects of supplementary iodine on the performance and egg traits of laying hens. *Br Poult Sci* 45:499-503
- Zimmermann MB (2012) Iodine and iodine deficiency disorders. In: Erdmann JW (ed) Present knowledge in nutrition. Ames : Wiley, pp 554-567
- Zimmermann MB, Andersson M (2011) Prevalence of iodine deficiency in Europe in 2010. *Ann Endocr* 72:164-166
- Zimmermann MB, Andersson M (2012) Assessment of iodine nutrition in populations : past, present, and future. *Nutr Rev* 70:553-570

A specific selection programme is required in the autochthonous Cikta Sheep which is endangered by own frequent ARQ prion haplotype?

Endre Kovács*, Susanne Mitro**, Károly Tempfli*, Petra Zenke**, Ákos Maróti-Agóts**, László Sáfár***, Ágnes Bali Papp*, and András Gáspárdy**

Abstract

The authors study the current status of Hungarian Cikta Sheep based on genetic background of scrapie resistance. The aim of this investigation was to estimate the relative frequency of prion haplotypes, -genotypes, and risk categories as well as to reveal the efficiency of scrapie eradication program achieved over the last decade.

The authors confirmed based on larger sample size the previous knowledge, that the resistance against scrapie of Cikta breed is considered as low, and the classification of this breed according to risk category has not been improved. However, the frequent genotype ARQ and risk category 3 can also be considered for breed specificity. The careful use of these genotypes is permitted and will contribute to the maintenance of breed diversity according to other aspects.

Keywords: *scrapie resistance, Cikta, Zaupel, breed conservation*

Zusammenfassung

Ist für das autochthone Cikta-Schaf, das durch einen eigenen, häufig auftretenden ARQ Prion Haplotyp gefährdet ist, ein spezielles Zuchtprogramm erforderlich?

Ist ein spezielles Zuchtungsprogramm beim autochthonen Cikta Schaf erforderlich, das durch einen eigenen häufig auftretenden ARQ Prion Haplotyp gefährdet ist?

Die Autoren haben den ungarischen Cikta-Schafbestand auf seine genetisch veranlagte Scrapie-Resistenz hin untersucht. Es wurden zum Einen die Prion Haplo- und Genotypen bestimmt und diese zum Anderen aufgrund der relativen Häufigkeit in entsprechende Risikogruppen eingestuft. Dadurch konnte die Wirksamkeit des seit zehn Jahren laufenden Programms der genetischen Prävention gegen Scrapie nachgewiesen werden. Dabei wurde die frühere Annahme bestätigt, wonach bei größerer Anzahl der Proben die genetische Resistenz gegen Scrapie noch immer als niedrig einzustufen ist. Die besondere Häufigkeit des Haplotyps ARQ und der Risikogruppe 3 sind als rassenspezifisch anzusehen. Zur Erhaltung der Rassenvielfalt muss diese Tatsache akzeptiert werden, um die wertvollen Eigenschaften des Cikta-Schafbestandes zu konservieren.

Schlüsselwörter: *Scrapie-Resistenz; Cikta-Schaf; Zaupel-Schaf; Erhaltungszüchtung*

* Széchenyi István University, Department of Animal Science, Vár tér 2, 9200 Mosonmagyaróvár, Hungary

** University of Veterinary Medicine, Department for Animal Breeding, Nutrition and Laboratory Animal Science, István 2, 1078 Budapest, Hungary

*** Hungarian Sheep- and Goat Breeders' Association, Lőportár 16, 1134 Budapest, Hungary

1 Introduction

Despite considerable research, the exact lineages of subspecies and the subspecies of *Ovis ammon* are not completely resolved (Teichert and König, 1990; Ludwig, 1997; Wassmuth et al., 2001; Sambras, 2010). When you ask an interested shepherd or a lay person for different breeds, everybody will know a few. In the course of our investigation a today derivate of the long forgotten breed named "Zaupelschaf" (Fitzinger, 1860; May, 1868; Bohm, 1878; Adlung, 1912) comes into view. It is assumed, that historically the Zaupel sheep was the most important one within Germany (Korth, 1825).

The scrapie of small ruminants can be found all over the world and it plays an important role in veterinary medicine (Dexler, 1931; Rabenau, 2009). The scrapie as a generally lethal infectious, notifiable disease caused by a prion is manifested in a degenerative change of the brain substance (Selbitz and Bisping, 1995; Bostedt and Dedié, 1996). The PrPC, which is a cellular protein is located on the surface of neurons. The PrP^{Sc}, which is its pathogenic isoform) is not broken down at the cell membrane by the enzyme Proteinase K, compared to the normal (PrPC), and they multiply indefinitely, thus destroying all cells (Foster and Hunter, 1998; McCutcheon et al., 2005; Kang et al., 2017). Regulation of European Community No 999/2001 (EC, 2001) lays down rules for the prevention, control and eradication of transmissible spongiform encephalopathies (TSEs) in sheep among others.

According to state regulations, since 2005 suitable brain tissue samples for prion testing have to be taken from slaughtered and fallen animals, and from animals culled in the framework of eradication (infected herds).

Additionally, genotyping for scrapie resistance must also be carried out for the selection programmes including programs of autochthonous breeds.

The number of annual scrapie cases (affected herds) varied between 10 and 15 from 2002 to 2014 in Germany (Balkema-Buschmann et al., 2014). The first known case of scrapie in Hungary was diagnosed in 1964 (Áldásy and Süveges, 1964), since then only sporadically.

Our aims were to determine the prion haplotypes and genotypes against scrapie in the Cikta Sheep as the Hungarian descendant of the Zaupel Sheep (since it came to Hungary with Swabian emigrants in the 18th century; Seibold, 1990; Koppány, 2000; Haller, 2015) and to compare them to the results from 10 years ago in order to demonstrate the effectiveness of a prevention program introduced at that time.

2 Material and method

2.1 The Cikta Sheep

After the declining of the Zaupel Sheep they were displaced in some other regions and stayed there until the 19th century. In parts of Bohemia (Czech) a small stock of so called Sumavska sheep can be found. Also, a few animals reached

Southern Hungary with the help of Swabian emigrants from the year 1720 because King Karl III., subsequently Queen Marie Therese and her son, King Josef II. invited German settlers to the depopulated areas liberated from the Turkish conquest.

To this day they are known under the name Cikta Sheep or Hungarian Zaupel (or Swabian Sheep of Counties Tolna and Baranya) with many preserved characteristics like course wool and sexual aseasuality (Figure 1). They are very modest and defy extreme weather conditions. However, a lambing season twice per year (in February and August) was often provoked.



Figure 1
Cikta ram No. 11123605 with shorn mothers in Domoszló
(photo Ákos Balássy, 2013)

There was a possibility to introduce the Cikta Sheep to West Hungary since the German shepherds leased Hungarian pastures in order to keep their animals. Informally, they were called "Zibben-Schäfer" (birkás). The term "Zibben" (birka) was already used in the 16th and 17th century, at first for a Bohemian/Moravian breed. This was a variety of the central European Landsheep. In the north of the country, these herds were taken over by local farmers from Moravian shepherds. The term "Zibben" slowly became common in the whole country Hungary. Hence, the separation from the Racka Sheep was completed.

The breed would have fallen into oblivion if the interest in autochthonous breeds of farm animals had not have emerged. Due to a government regulation, Racka and Tsigai (cigája) breeds, as well as the still existing Cikta Sheep were collected within the country and relocated to the breeding institution of Bezzeg-puszta, in 1974. Since that time the state has supported autochthonous breeds in Hungary. The Hungarian Sheep- and Goat Breeders' Association (MJKSZ) re-established the herd booking for Cikta Sheep, and a central raising station for breeding rams developed in 2014.

The Cikta is a breed of smaller body size, its height at withers is about 58 to 60 cm, the ewes weight 35 to 45 kg and the rams 45 to 55 kg. Head and extremities are covered with short, white hairs, claws and horns are waxy-yellow, the skin is unpigmented. Staple length is 20 to 24 cm, the assortment is B/C and C/D. The shearing weight of ewes per year is 1.5 to

2 kg and of rams is 2.5 to 3.5 kg with a rendement (wool base) of 65 to 70 %.

2.2 Sampling and analysis

MJKSZ employees collected biological samples (ear cartilage tissue) during the identification of the lambs using TypiFix™ (Agrobiogen GmbH, 2016).

Then the samples were sent to the Agrobiogen GmbH Laboratory for typing. The analysed fragment of the prion protein gene is marked with a primer and afterwards the DNA sequence is multiplied in vitro using PCR. Next, the characteristic parts as a result of mutations in a variant (haplotype) are determined through pyrosequencing. In codon 136 appears alanine (A, more resistant) or valine (V), in codon 154 arginine (R, more resistant) or histidine (H) and in codon 171 arginine (R, more resistant) or glutamine (Q) and histidine (H). For the genotypes the homozygous $A_{136}R_{154}R_{171}/A_{136}R_{154}R_{171}$ genotype will be the most resistant, while the homozygous $V_{136}R_{154}Q_{171}/V_{136}R_{154}Q_{171}$ genotype is the most susceptible (Baylis et al., 2002). Table 1 shows these grouped into the TSE (Transmissible Spongiform Encephalopathies) risk groups. According to the Hungarian national breeding program all rams should be genotyped, and only R1 to 3 rams are allowed to be bred. Preferably, if possible, R3 rams should be avoided. Animals with VRQ allele may leave the flock only for slaughter.

Table 1

PrP-genotypes of the sheep and their classification into different risk groups (A = alanine; V = valine; R = arginine; H = histidine; Q = glutamine; after Balkema-Buschmann, 2011)

Genotype	Risk category	Degree of resistance/susceptibility
ARR/ARR	R1	Sheep that is genetically most resistant to scrapie
ARR/AHQ	R2	Sheep that are genetically resistant to scrapie, but will need careful selection when used for further breeding
ARR/ARH		
ARR/ARQ		
AHQ/AHQ		
AHQ/ARH	R3	Sheep that genetically have little resistance to scrapie and will need careful selection when used for further breeding
AHQ/ARQ		
ARH/ARH		
ARH/ARQ		
ARQ/ARQ	R4	Sheep that are genetically susceptible to scrapie and should not be used for breeding unless in the context of a controlled breeding program
ARR/VRQ		
AHQ/VRQ	R5	Sheep that are highly susceptible to scrapie and should not be used for breeding
ARH/VRQ		
ARQ/VRQ		
VRQ/VRQ		

In years 2013 to 2015 a total of 1145 individual samples (young rams $n = 336$ and ewes $n = 809$) from 10 flocks were analysed for current scrapie genotyping. This amount of sampling covered the whole Cikta population regarding the breeding animals and the breeding candidates.

The work of Fésüs et al. (2004; 2008; $n = 69$), the first investigation of Cikta in this field just before the National program (FVM, 2004) has entered into force served as a control condition, but which was related to one flock only.

The required data was taken from the Microsoft Excel database and statistically evaluated using the Dell statistics program (Dell Inc., 2015). The number of animals and the relative frequency were determined in haplotypes and genotypes of prion gene as well as in the risk groups of scrapie. Using the χ^2 -test the current condition (2013 to 2015) was compared to the former condition. Later on the similarity of males versus females was determined. Furthermore, the current whole- and share (by gender) Cikta Sheep populations were described concerning their genetic equilibrium (Hardy-Weinberg) status.

3 Results

Table 2 shows the distribution of the haplotypes from current years (2013 to 2015), where the most frequent (74.93 %) ARQ haplotype is followed by ARR (14.19 %) and AHQ (10.70 %). The occurrence of ARH and VRQ haplotypes is insignificant. The most resistant haplotype ARR of the current analysis, as well as in the former analysis (2004), shows much lower values than desirable. The χ^2 -test shows no significant difference ($p = 0.519$) between the current and the former results concerning the haplotypes. It needs to be mentioned, however, that in the former analysis made by Fésüs et al. (2004; 2008), the haplotypes ARH and VRQ were missing.

Only eight of the prion genotypes could be identified (Table 2). The most frequent genotypes were the least favorable ARQ-bearing genotypes which comes from the highest frequency of the ARQ haplotype. These are followed by the more favorable ARR- and AHQ-bearing genotypes. The most sensitive homozygous VRQ/VRQ did not occur. With regards to the genotypes, there were no significant differences ($p = 0.083$) between the populations over time, despite knowing that the least favourable genotype increased by 10 %.

The χ^2 -test proved that the current population of Cikta Sheep is in complete Hardy-Weinberg genetic equilibrium ($\chi^2 = 0.269$; $df = 14$; $p = 1.000$; the expected frequencies are not presented).

Risk groups with their changes can be found in the bottom part of Table 2. It should be highlighted that R4 is missing and R5 is represented by only one individual. Due to the high frequency of ARQ, R3 is present with almost 74 %, and only about 2.5 % are those animals that are best suited for breeding (R1). Between the two evaluations it was statistically proven ($p < 0.031$) that the Cikta Sheep has changed in terms of risk grouping. By increasing the rate of R1, or by a

Table 2

Prion haplo- and genotypes of Cikta Sheep, as well as the distribution of scrapie risk groups

Groups	2004 observed, %	2013 - 15 observed, %
Haplotypes: Chi ² = 3.235; df = 4; p = 0.519	(n = 138)	(n = 2290)
ARR	20.29 (28)	14.19 (325)
AHQ	9.42 (13)	10.70 (245)
ARH	0.00 (-)	0.13 (3)
ARQ	70.29 (97)	74.93 (1716)
VRQ	0.00 (-)	0.04 (1)
Genotypes: Chi ² = 12.564; df = 7; p = 0.083	(n = 69)	(n = 1145)
ARR/ARR	1.45 (1)	2.45 (28)
ARR/AHQ	4.35 (3)	2.79 (32)
ARR/ARH	-	-
ARR/ARQ	33.33 (23)	20.70 (237)
AHQ/AHQ	0.00 (-)	1.31 (15)
AHQ/ARH	-	-
AHQ/ARQ	14.49 (10)	15.98 (183)
ARH/ARH	-	-
ARH/ARQ	0.00 (-)	0.26 (3)
ARQ/ARQ	46.38 (32)	56.42 (646)
ARR/VRQ	-	-
AHQ/VRQ	-	-
ARH/VRQ	-	-
ARQ/VRQ	0.00 (-)	0.09 (1)
VRQ/VRQ	-	-
Risk groups: Chi ² = 8.846; df = 3; p < 0.031	(n = 69)*	(n = 1145)
R1	1.45 (1)	2.45 (28)
R2	37.68 (26)	23.49 (269)
R3	60.87 (42)	73.97 (846)
R4	0.00 (-)	0.00 (-)
R5	0.00 (-)	0.09 (1)**

* according to risk group correction because ARQ/ARQ was classified as R4 in the past

**the single VRQ-carrier individual, a ewe was prompt selected out

Table 3

Prion haplo- and genotypes of Cikta Sheep, as well as the distribution of scrapie risk groups according to sex

Groups	Young rams 2013 - 15 %	Ewes 2013 - 15 %
Haplotypes: Chi ² = 2.445; df = 4; p = 0.654	(n = 672)	(n = 1618)
ARR	15.48 (104)	13.66 (221)
AHQ	13.54 (91)	9.52 (154)
ARH	0.15 (1)	0.12 (2)
ARQ	70.83 (476)	76.64 (1240)
VRQ	0.00 (-)	0.06 (1)
Genotypes: Chi ² = 7.425; df = 7; p = 0.386	(n = 336)	(n = 809)
ARR/ARR	3.87 (13)	1.85 (15)
ARR/AHQ	3.27 (11)	2.60 (21)
ARR/ARH	-	-
ARR/ARQ	19.94 (67)	21.01 (170)
AHQ/AHQ	2.38 (8)	0.87 (7)
AHQ/ARH	-	-
AHQ/ARQ	19.05 (64)	14.71 (119)
ARH/ARH	-	-
ARH/ARQ	0.30 (1)	0.25 (2)
ARQ/ARQ	51.19 (172)	58.59 (474)
ARR/VRQ	-	-
AHQ/VRQ	-	-
ARH/VRQ	-	-
ARQ/VRQ	0.00 (-)	0.12 (1)
VRQ/VRQ	-	-
Risk groups: Chi ² = 2.325; df = 3; p < 0.508	(n = 336)	(n = 809)
R1	3.87 (13)	1.85 (15)
R2	23.21 (78)	23.61 (191)
R3	73.81 (248)	74.41 (602)
R4	-	-
R5	0.00 (-)	0.12 (1)

remarkable increase in the rate of R3 a doubtful improvement can be seen.

In Table 3 a comparison was made between the observed frequencies for males and females. Although the values appear to be more favourable for males the p-values of Chi²-test indicate that there are no statistically significant deviations in regards to haplotype-, genotype- and risk group frequencies by gender.

The chi-squared test performed informs us about an existing genetic equilibrium in both male- and female share populations (Chi² = 1.5947, df = 9, p < 0.996 and Chi² = 0.1162, df = 14, p < 1.000, respectively; the expected frequencies are not presented).

4 Discussion

Our investigation and substantial sampling confirms the idea that genetic resistance of the Cikta Sheep population against a scrapie infection must be rated as low. At the same time, it should be noted that the risk classification of the Cikta Sheep (especially concerning haplotype ARR) has not improved. Possible reasons for that are the selection for breeding was restricted to the rams only, and the short period of time which was hindering an intense response. There have been no outbreaks of scrapie in Hungary for the last 10 years. Therefore, yielding an estimate of scrapie risk, especially in extensively kept grazing animals is difficult.

However, it is necessary to exclude the susceptible animals (with VRQ allele) from breeding and all in all, efforts should be made to use rams belonging to the risk group 1 to 2. Although the still frequent haplotype ARQ and risk group 3 must be considered as breed specific. Their use is permitted and the genotypes are also applied as markers for the preservation of breed diversity.

From the research of Baylis et al. (2004) it could be strongly concluded that the scrapie risk of homozygous ARQ/ARQ is greater than that of two VRQ-bearing heterozygotes (ARR/VRQ, AHQ/VRQ; there were no statistically significant differences in either case). Reassuringly it confirmed the considerable lower risk of scrapie in the ARQ/ARQ genotype than in ARQ/VRQ or VRQ/VRQ. This suspicion could lead to a more severe selection condition has been set in the Czech breeding program for resistance to scrapie: a permission for breeding is only given for ARQ-carriers (Stepanek and Horin, 2017).

Future plans look to prevent the appearance of scrapie by increasing the use of rams (without haplotype VRQ) and eliminating VRQ-encoding individuals (if it occurs). The modification of AHQ, ARH and ARQ alleles can have a long stay of execution. Our results presented here strongly support the belief that the Cikta Sheep population that is free from VRQ will be largely resistant to the scrapie which can infect occasionally.

Due to the elimination program, the proportion of scrapie-resistant sheep (mostly in intensive breeds; Drögemüller et al., 2001) increased worldwide by today as evidenced by an increase in the ARR haplotype. However, we may encounter even worse and unsatisfactory results in other breeds than ours. For example, in the investigation of Cameron et al. (2014) the Canadian Arcott breed had higher proportions of susceptible sheep and a higher frequency of VRQ alleles (15 % VRQ in a population which consisted of 183 individuals) and a higher rate of disadvantageous R4 and R5 (over 10 % each).

In our study the unselected pool of male candidates showed the same values as the maternal level which is truly natural.

A gradual selection for resistant individuals and, in particular, resistant rams should be associated with a reduction in the possible incidence of scrapie. On the other hand the maintenance of productivity and genetic diversity must also be considered. Álvarez et al. (2007; 2009) concluded that ARR-heterozygotes should be first chosen before the beginning of a selective conservation programme, and not all the individuals of undesirable (particularly unacceptable) risk groups (R4 and R5) should be rejected for breeding to avoid the diminishing diversity of autochthonous sheep breeds.

These are the arguments for continuation of integrated programs such as the National Scrapie Plan for Hungary with a multiple trait conserving selection of rare breed.

Further objectives are to compare again the prion genotypes to other autochthonous Hungarian breeds and other Zaupel relatives survived in Germany (Bayerisches Waldschaf), Czech Republik (Sumavska), Austria (Krainer

Steinschaf) and Slovenia (Bovska; Brem et al., 1982; Feldmann et al., 2005) where the frequency of ARQ haplotype equally high was (cit. Fésüs et al., 2004).

Acknowledgements

Authors would like to thank the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) under the measure of Conservation of Genetic Resources given by 17/2012.(II.29.) VM decree of Ministry of Rural Development, Hungary (id. no.: 2081807051, 2013-2017).

This paper is based on thesis Historical overview of Zaupel Sheep and the characterization of the scrapie resistance in one of its successors, the Cikta Sheep written by Susanne Mitro, a German graduated student at the University of Veterinary Medicine, Budapest, Hungary 2017.

References

- Adlung R (1912) Die Schafhaltung in Württemberg. Illust landwirtsch Ztg (Berlin) 32:450-453
- Agrobiogen GmbH (2016) Scrapie Resistenz [online]. To be found at <<http://www.agrobiogen.de/unser-service-spektrum/tieruntersuchungen/schaf-scrapie-resistenz>> [quoted 14.11.2017]
- Áldásy P, Süveges T (1964) A juhok súrlókórjának hazai előfordulása. Magy Állatorv Lapja 19:463-465
- Álvarez I, Royo LJ, Gutiérrez JP, Fernández I, Arranz JJ, Goyache F (2007) Genetic diversity loss due to selection for scrapie resistance in the rare Spanish Xalda sheep breed. *Livest Sci* 111(3):204-212
- Álvarez I, Gutiérrez JP, Royo LJ, Fernández I, Goyache F (2009) Quantifying diversity losses due to selection for scrapie resistance in three endangered Spanish sheep breeds using microsatellite information. *Prev Vet Med* 91(2-4):172-178
- Balkema-Buschmann A (2011) Verteilung von Infektiosität und krankheits-assoziiertem Prion-Protein in Geweben von mit klassischen oder atypischen TSE-Erregern infizierten Rindern und Schafen. Hannover : TiHo, 108 p
- Balkema-Buschmann A, Eiden M, Groschup MA (2014) Transmissible Spongiforme Encephalopathien (TSE) : 2. Scrapie bei Schaf und Ziege. *Tiergesundheitsjahresbericht* 2014:120-123
- Baylis M, Goldmann W, Houston F, Cairns D, Chong A, Ross A, Smith A, Hunter N, McLean AR (2002) Scrapie epidemic in a fully PrP-genotyped sheep flock. *J Gen Virol* 83:2907-2914
- Baylis M, Chihota C, Stevenson E, Goldmann W, Smith A, Sivam K, Tongue S, Gravenor MB (2004) Risk of scrapie in British sheep of different prion protein genotype. *J Gen Virol* 85:2735-2470
- Bohm J (1878) Die Schafzucht nach ihrem jetzigen rationellen Standpunkt : 2er Theil: Die Züchtung des Schafes. Berlin : Wiegand, Hempel & Parey, pp 545-547
- Bostedt H, Dedié K (1996) Infektionsbedingte Erkrankungen des Gesamtorganismus : Viruskrankheiten, Traberkrankheit. In: Bostedt H, Dedié K (eds) Schaf- und Ziegenkrankheiten. Stuttgart : Ulmer, pp 73-75
- Brem G, Graf F, Kräußlich H (1982) Möglichkeiten der Anlage von Genreserven : genetische Probleme und Kosten. *Bayer landwirtsch Jahrb* 59:380-383
- Cameron C, Bell-Rogers P, McDowall R, Rebelo AR, Cai HY (2014) Prion protein genotypes of sheep as determined from 3343 samples submitted from Ontario and other provinces of Canada from 2005 to 2012. *Can J Vet Res* 78:260-266
- Dell Inc.(2015) Dell Statistica (data analysis software system), version 13 [online]. To be found at <<http://pilot.search.dell.com/data%20analysis%20software%20system>> [quoted 14.11.2017]

- Dexler H (1931) Traberkrankheit. In: Stang V, Wirth D (eds) Tierheilkunde und Tierzucht : eine Enzyklopädie der praktischen Nutztierkunde. Berlin, Wien : Urban & Schwarzenberg, 807 p
- Drögemüller C, Leeb T, Distl O (2001) PrP genotype frequencies in German breeding sheep and the potential to breed for resistance to scrapie. *Vet Rec* 149:349-352
- EC (2001) Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2001 laying down rules for the prevention, control and eradication of certain transmissible spongiform encephalopathies [online]. To be found at <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/PDF/?uri=CELEX:02001R0999-20130701&from=en>> [quoted 07.11.2017]
- Feldmann A, Bietzker U, Mendel C (2005) Schafrassen in den Alpen. Witzhausen : Ges Erhaltung alter gefährdeter Haustierrassen, 128 p
- Fésüs L, Zsolnai A, Horogh G, Anton I (2004) A juhok surlórkórja : 2. Prion genotípus gyakoriságok hazai őshonos állományainkban. *Magy Állatorvos* 126:670-675
- Fésüs L, Zsolnai A, Anton I, Sáfár L (2008) Breeding for scrapie resistance in Hungarian sheep population. *Acta Vet Hung* 56:173-180
- Fitzinger L (1860) Über die Racen des zahmen Schafes : 2. Abteilung. Sitzungsber kaiserlichen Akad Wiss Math-Naturwiss Classe 39:343-412
- Foster J, Hunter N (1998) Transmissible spongiform encephalopathies : transmission, mechanism of disease, and persistence. *Curr Opin Microbiol* 1:442-447
- FVM (2004) 22/2004. (II. 27.) FVM r. A fertőző szivacsos agyvelőbántalmak megelőzéséről, az ellenük való védekezésről, illetve leküzdésükről szóló 69/2003. (VI. 25.) FVM rendelet módosításáról. *Magyar Közlöny*. 21:1836
- Haller M (2015) Alte Haus- und Nutztierassen neu entdeckt. Graz : Stocker, 184 p
- Kang HE, Mo Y, Abd Rahim R, Lee HM, Ryou C (2017) Prion diagnosis : application of real-time quaking-induced conversion (online) To be found at <<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2017/5413936/>> [quoted 07.11.2017]
- Koppány G (2000) The Cikta sheep. In: Bodó I (ed) Living heritage : old historical Hungarian livestock. Budapest : Agroinform, pp 58-59
- Korth JWD (1825) Das Schaf und die Schafzucht in allen ihren Zweigen oder ausführliche Anweisung zur Betreibung der Schafzucht nach den Grundsätzen der Praktik und der Veredlungstheorien. Berlin : Pauli, 442 p
- Ludwig A (1997) Abstammung der europäischen Hausschafe und Phylogenie der eurasischen Wildschafe. Berlin : Humboldt-Univ, 122 p
- May G (1868) Das Schaf : seine Wolle, Racen, Züchtung, Ernährung und Benutzung, sowie dessen Krankheiten. Breslau : Trewendt
- McCutcheon S, Hunter N, Houston F (2005) Use of a new immunoassay to measure PrP^{Sc} levels in scrapie-infected sheep brains reveals PrP genotype-specific differences. *J Immunol Methods* 298:119-128
- Rabenau HF (2009) Teil III. Spezielle Mikrobiologische Diagnostik, 2 Prionen: 28 Diagnostik prionbedingter Erkrankungen, TSE-Erreger, Übertragungswege bei Tieren. In: Neumeister B, Geiss HK, Braun RW, Kimmig P (eds) Mikrobiologische Diagnostik : Bakteriologie – Mykologie – Virologie – Parasitologie. Stuttgart : Thieme, pp 635-639
- Sambras HH (2010) Gefährdete Nutztierassen : ihre Zuchtgeschichte, Nutzung und Bewahrung. Stuttgart : Ulmer, 357 p
- Seibold R (1990) Ein historischer Zufall bewahrt das ungarische Zaupelschaf vor dem Aussterben : letzte Genreserve dieser Rasse im ungarischen Nagydorog. *Unser Land* 6(2):43-44
- Selbitz H-J, Bisping W (1995) Tierseuchen und Zoonosen : alte und neue Herausforderungen. Jena : Fischer, 247 p
- Stepanek O, Horin P (2017) Genetic diversity of the prion protein gene (PRNP) coding sequence in Czech sheep and evaluation of the national breeding programme for resistance to scrapie in the Czech Republic. *J Appl Genet* 58:111-121
- Teichert M, König KH (1990) Abstammung und Entwicklung des Hausschafes. In: König KH (ed) Schafzucht. Berlin : Dt Landwirtschaftsverl, pp 24-26
- Wassmuth R, Hiendleder S, Mendel Ch, Erhardt G (2001) Biochemische Polymorphismen und Haupt-mt-DNA-Haplotypen bei Bergschafrassen und Wildschafen als Beitrag zur Abstammung der Hausschafe, *J Anim Breed Genet* 118:327-340

Use of random forest for dystocia detection in dairy cattle

Daniel Zaborski*, Witold S. Proskura*, Wilhelm Grzesiak*, Iwona Szatkowska*, and
Magdalena Jędrzejczak-Silicka*

Abstract

The aim of the present study was to illustrate the predictive performance of random forest (RF) used for dystocia detection in dairy cattle. A total of 1,342 and 1,699 calving records of Polish Holstein-Friesian Black-and-White heifers and cows were used. Five or ten predictor variables were included in the RF models for heifers and cows, respectively. The output variable was calving class. The proportion of correctly detected easy, moderate and difficult calving events in heifers on the independent test set was 39.64 %, 57.39 % and 83.64 %, respectively. The total accuracy was recorded as 60.12 %. The corresponding values for cows were 69.39 %, 67.61 %, 0 % and 66.04 %. The most significant predictors for heifers were sire's rank and calving age, whereas those for cows additionally included: daily milk yield for the preceding lactation and the length of calving interval. The RF model developed in the present study was characterized by a high percentage of correctly diagnosed difficult calving events in heifers. However, it was completely unable to correctly detect dystocia in cows. The use of more influential predictor variables for cows in future research is especially important.

Keywords: *data mining, calving, dairy cow, dairy heifer, detection, gains chart*

Zusammenfassung

Nutzung von Random Forest zur Detektion der Dystokie bei Milchvieh

Ziel der Arbeit war, die Vorhersageleistung des Random Forest Klassifikationsverfahrens (RF) zur Erkennung der Dystokie beim Milchvieh darzustellen. Zu diesem Zweck wurden entsprechend 1342 und 1699 Aufzeichnungen über das Abkalben von Färsen und Kühen der polnischen, schwarz-weißen Holstein-Friesian Rasse ausgewertet. In den RF-Modellen für Färsen und Kühe wurden entsprechend fünf bzw. zehn Prädiktoren berücksichtigt. Die Ausgangsvariable war die Klasse des Abkalbens. Das Verhältnis der erkannten leichten, moderaten und komplizierten Kalbungen von Färsen betrug beim unabhängigen Test-Set entsprechend 39,64 %, 57,39 % und 83,64 %. Die allgemeine Treffgenauigkeit erzielte den Wert von 60,12 %. Die entsprechenden Werte für Kühe waren 69,39 %, 67,61 %, 0 % und 66,04 %. Die am meisten signifikanten Prädiktoren für das Abkalben der Färsen waren: die Klasse der Bullen und das Alter des Abkalbens. Dagegen umfassten die wichtigsten Prädiktoren beim Abkalben von Kühen zusätzlich die täglichen Milchertrag in der vorherigen Laktation und das Intervall zwischen den Kalbungen. Das eingesetzte RF-Modell zeichnete sich durch einen hohen Prozentsatz korrekt diagnostizierter komplizierter Kälbungen bei Färsen aus. Jedoch war dieses Modell völlig ungeeignet, Dystokie bei Kühen zu erkennen. Die Nutzung einflussreicherer Prädiktoren für Kühe ist besonders wichtig für zukünftige Forschung.

Schlüsselworte: *Data-Mining, Abkalben, Milchkuh, Milchfärsen, Detektion, Gewinnndiagramm*

* West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Department of Ruminants Science, Klemensa Janickiego 29, 71-270 Szczecin, Poland

1 Introduction

Dystocia (difficult calving) in cattle results in many adverse consequences (Mee et al., 2011; Rutten et al., 2017). These include: the loss of animals, reduced productive and reproductive performance and compromised animal welfare, all of which generate increased labor and veterinary costs contributing to lower farm incomes (Kumar et al., 2017; Martin-Collado et al., 2017). Moreover, approx. half of severe dystocic parturitions result in stillbirths and calves born from difficult calving are 1.5 times more likely to develop different diseases during the first 120 days of life (Kovács et al., 2017; Rutten et al., 2017). The recent estimates of dystocia prevalence in various counties (Miedema et al., 2011) reflect that it typically ranges between 2 and 7 %; however, it is higher in the USA (around 13 %). The risk of dystocia is influenced by two main components: direct (associated with the traits of the calf such as its body size, hormonal balance, body weight) and maternal (associated with the traits of the dam such as pelvic measurements, expression of maternal behavior, responsiveness to parturition signaling etc.) (Martin-Collado et al., 2017; Rutten et al., 2017). Taking into account the negative sequels of dystocia, the prediction of its occurrence is very beneficial in animal production practice. Such a prediction is possible with the use of more sophisticated statistical models, especially those from the field of data mining.

One of the powerful data mining classification methods, developed on the basis of decision trees, is a random forest (RF) (Breiman, 2001), especially suited for the datasets containing many predictors. It is often considered as an improvement over the classification and regression trees (CART) algorithm, which, in its basic form, uses only a single tree to generate the final prediction of an output (response) variable (Naidoo et al., 2012). In the case of RF, many decision trees are constructed using a random selection of training records and a subset of predictor variables at each iteration. The final prediction of the values of the output variable is based on voting, performed by all the component trees in the model. Thus, prediction accuracy can be increased (Grossmann et al., 2010). There are two main sources of randomization in the RF growing procedure: the first one results from the bootstrap sampling of the training data set and the second one arises from the random subsampling of the predictor variables at each node (Briec et al., 2015). Moreover, in order to additionally decrease the probability of model overfitting, the whole data set is randomly divided into a training and validation set, both of which are employed to estimate a classification error. The addition of new trees to the model stops when the error on the validation set starts rising (Nisbet et al., 2009). The recent applications of RF in cattle farming include: the prediction of calving events in Holsteins from automatically recorded data (activity, lying, and rumination) (Borchers et al., 2017), the prediction of bull behavior on multiple-sire pastures from accelerometer data (Abell et al., 2017), the prediction of behavioral states (walking, grazing, and resting) in Swiss dairy cattle from the global positioning system data (Homburger et al., 2014) as well as health status (mastitis, reproductive, and metabolic disorders) in dairy cows (Gaddis

et al., 2016). In addition, RF was used for the identification of bovine viral diarrhea virus (Machado et al., 2015), *Fasciola hepatica* infections in European dairy herds (Selemetas et al., 2015), detection of estrus in Holstein cows based on sensor-recorded data (Dolecheck et al., 2015), and bovine spongiform encephalopathy (Menze et al., 2007). Finally, RF was utilized for the classification of bull semen samples from several chemically determined elements (Aguar et al., 2012).

Therefore, the aim of the present study was to illustrate the predictive performance of RF used for dystocia detection in dairy cattle.

2 Materials and methods

A total of 1,342 and 1,699 calving records of Polish Holstein-Friesian Black-and-White heifers and cows were used. The data were collected between the years 2002 and 2013 from four commercial dairy farms located in the West Pomeranian Province. The animals were kept in free-stall barns and fed a total mixed ration. An initial set of 1,656 and 2,136 calving records (for heifers and cows, respectively) was reduced after editing for missing and erroneous values and outliers. The following predictors were included in the RF model for heifers: X_1 – AGE – calving age (in months), X_2 – SIRE – the rank of the heifer's sire based on the mean calving difficulty scores of its daughters (in scores), X_3 – FARM – the category of the farm where the heifer was kept based on its average milk production (lower: <10,200 kg milk or higher: \geq 10,200 kg milk), X_4 – SEASON – calving season (autumn-winter from October to March and spring-summer from April to September), X_5 – SEX – calf sex (male, female). The RF model for cows additionally included: X_6 – DMY – the mean daily milk yield for the preceding lactation (in kg), X_7 – CIN – preceding calving interval (in days), X_8 – LACT – lactation number, X_9 – PDIF – preceding calving difficulty (easy, moderate or difficult), X_{10} – MAST – udder diseases during pregnancy.

The sire's rank (SIRE) was calculated after the identification of each sire's daughters from each of the four farms. The original calving difficulty scores (on the scale from 1 to 5) of the sire's daughters were then averaged; and the sires were ranked according to an increasing average calving difficulty score (with the lowest rank indicating the sire with the easiest calving events, and the highest rank indicating the sire with the most difficult calving events). Farm category (FARM) was determined using the k-means clustering method. Two farms were assigned to the lower category and two farms to the higher one. The response (output) variable Y was calving difficulty class (easy, moderate and difficult). In order to allow comparisons with previous studies that utilized only two categories of calving difficulty, an alternative scoring including two classes (easy/moderate vs. difficult) was also used in the present work. A more detailed description of the dataset is presented elsewhere (Zaborski et al., 2017, 2016).

Before the stage of model construction, the whole data set was randomly partitioned into a training set (L; 1,006 and 1,275 records for heifers and cows, respectively) for model construction and a testing set (T; 336 and 424 records for heifers and cows, respectively) for the objective verification of its predictive performance. In the construction of the RF model, equal costs of misclassification and the a priori probabilities estimated from the training sample were employed. The number of predictor variables randomly selected for individual splits in the component trees of the RF model was three for heifers and four for cows. The proportion of training cases (calving events) used for growing single trees was 50 % both for heifers and cows. The component trees were added to the model until reaching the lowest fraction of misclassification on the validation set (30 % calving records separated from the training set and used to prevent over-fitting).

In order to better depict the predictive performance of the RF models, cumulative gains charts were also plotted. These plots called sometimes “banana charts” display the relationship between cumulative gains (the proportion of calving records from a distinguished category among all the records belonging to this category) and the percentage of records predicted by the model to belong to this category in the whole test set (Burez and Van den Poel, 2009). The diagonal line crossing the (0,0) and (1,1) points (the baseline) reflects a “random” model or, in other words, no model at all, whereas the curves located further above from this baseline are preferred [the closer the curve to the (0,1) point, the better the model: the banana is then “fatter”] (Ha et al., 2005).

Finally, the importance analysis was conducted to show the most influential predictor variables. As a result of the RF model building, the importance scores for individual predictor variables were obtained. These scores may be interpreted in a similar way as the p-values from statistical tests (although in an opposite direction – the higher the score, the more important a given variable) and used for the ordering of predictor variables according to their relative importance to the RF model (Yao et al., 2013). All the statistical computations were performed using Statistica software (v. 13, Dell Inc., Tulsa, OK, USA).

3 Results

3.1 Model quality

The final RF model for heifers consisted of 680 component trees. The percentage of correctly diagnosed easy, moderate and difficult calving events on the L set was 45.73 %, 62.60 %, 77.60 %, respectively. The total accuracy (the proportion of correctly indicated calving events from all classes) was 61.83 %. In the case of only two classes of calving difficulty, the proportion of correctly classified easy and difficult calving events in heifers was 92.31 % and 65.93 %, respectively, and the overall accuracy was 84.00 %. The final RF model for cows comprised 520 individual trees. The proportion of correctly classified easy, moderate and difficult calving events on the L set was 68.09 %, 72.88 % and 0 %,

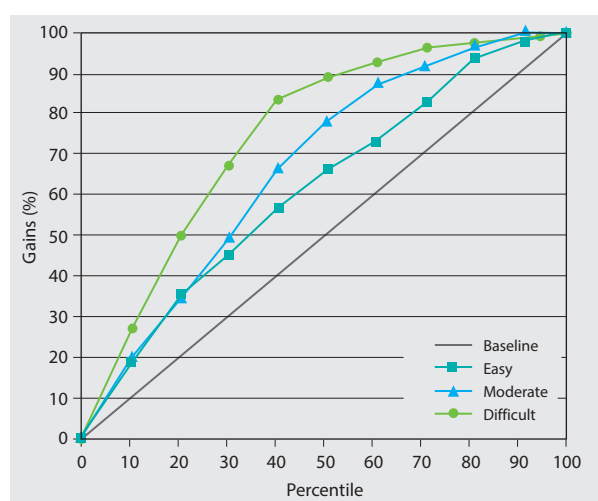


Figure 1

The cumulative gains chart for calving difficulty in heifers

respectively. The total accuracy was 68.31 %. In the case of only two classes of calving difficulty, the proportion of correctly classified easy and difficult calving events in cows was 100 % and 0 %, respectively. Consequently, the overall accuracy for the two-class system was 96.63 %.

3.2 Predictive performance

At the next stage of the present study, both models (for heifers and cows) were verified on the independent T set. The proportion of correctly detected easy, moderate and difficult calving events in heifers was 39.64 %, 57.39 % and 83.64 %, respectively. The accuracy was 60.12 %. In the case of only two classes of calving difficulty, the proportion of correctly identified easy and difficult calving events in heifers was 86.28 % and 70.91 %, respectively. The overall accuracy in this case was 81.25 %. The percentage of correctly detected easy, moderate and difficult calving events in cows was 69.39 %, 67.61 %, and 0 %, respectively, with a total accuracy of

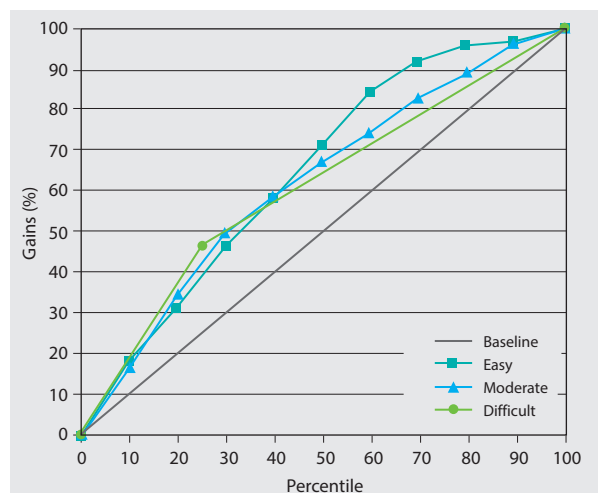


Figure 2

The cumulative gains chart for calving difficulty in cows

66.04 %. In the case of only two classes of calving difficulty, the proportion of correctly identified easy and difficult calving events was 100 % and 0 %, respectively. The overall accuracy for the two-class system was 96.46 %. The cumulative gains charts for heifers and cows (for the three categories of calving difficulty) are presented in Figure 1 and 2, respectively.

3.3 Predictor importance

The importance of individual predictors for heifers and cows is shown in Figure 3 and 4, respectively. The most influential predictor variables for heifers were SIRE and AGE and those for cows included: SIRE, AGE, DMY and CIN. The rest of them were of much lower importance.

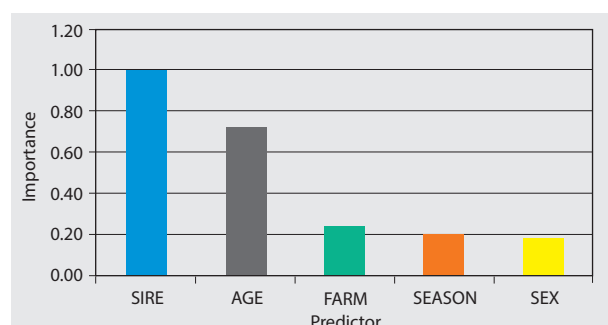


Figure 3
Predictor importance for the random forest model in heifers

4 Discussion

The quality of the RF model for heifers obtained in the present study was moderate (accuracy of approx. 62 %). However, the fact that it predicted dystocia cases most precisely (approx. 78 % correctly classified cases) is especially noteworthy. Almost the same accuracy was reported by Piwczyński et al. (2013) who applied CART and CHAID to calving difficulty classification (with four categories) in Polish Holstein-Friesian Black-and-White cows. Comparable outcomes (accuracy ranging from 50 to 60 %) were also reported by Johnson et al. (1988) who used discriminant function analysis for calving difficulty prediction (five classes) in Hereford

heifers. The final value of this probability in the cited study depended on the set of predictor variables (prebreeding or precalving) included in the model and the number of calving difficulty classes. It amounted to approximately 86 % in the case in which only two classes of calving (normal vs. difficult) were considered. This value was obviously much higher compared to the value obtained in the present work for the model with three classes. But the RF model containing the binary response variable (easy/moderate vs. difficult) used in the present study to allow comparisons with other studies had almost the same accuracy (84 %). Also, Arthur et al. (2000) reported higher accuracy (85 to 92 %) in their study on dystocia detection in Angus heifers by means of discriminant function analysis. However, this result was achieved for only two classes of calving difficulty (easy or difficult). When compared to the model with two calving categories in our study (accuracy equal to 84 %), this outcome was very similar to ours. The quality of the model for cows (accuracy on the L set equal to approx. 68 %) in the present work was slightly better than that for heifers but, in general, it was also moderate. Like for heifers, its value was similar to that (62 %) reported by Piwczyński et al. (2013). A very negative result recorded in our study was the total inability of the RF model to appropriately diagnose difficult calving events in cows. It could have been caused by the very low frequency of such records in the data set (approx. 3 %).

At the next stage of the present work, the predictive performance of the RF models for heifers and cows was confirmed on the independent T set, whose calving records had not been used previously during the model development phase. The moderate abilities of the constructed models to correctly indicate calving events from three groups observed on the L set were, in general, confirmed on the T set. And so, the accuracy of RF for heifer calving events (approx. 60 %) was markedly lower than the values (73 to 90 %) reported by Arthur et al. (2000). However, the ability of the discriminant function model described in the cited study to correctly indicate difficult calving events (expressed as sensitivity) was relatively low (0 to 40 %), whereas in the present work, the proportion of properly detected dystocic records in heifers on the T set was much higher (about 84 %), which is especially noteworthy. On the contrary, the percentage of correctly classified easy calving events (specificity) in the study by Arthur et al. (2000) ranged from approx. 80 to 100 %, while

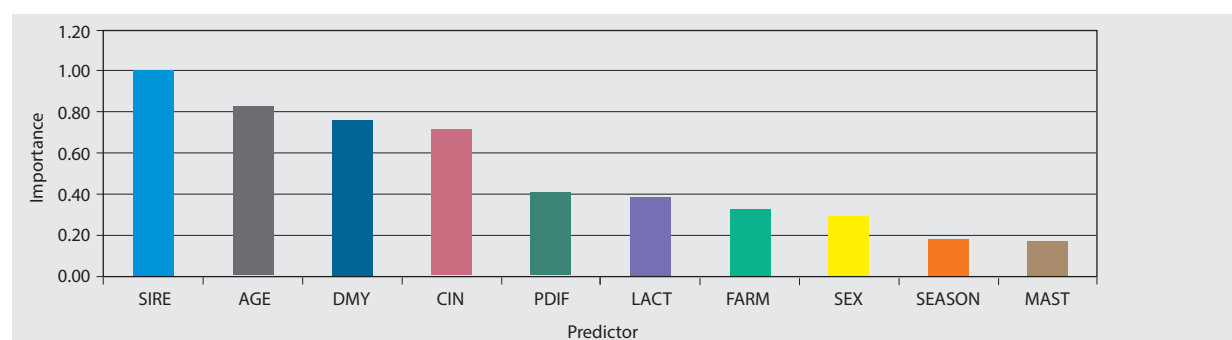


Figure 4
Predictor importance for the random forest model in cows

the percentage of properly identified easy and moderate calving events in heifers in our work was considerably lower (about 40 and 57 %, respectively). Direct comparisons can be much easier if the model with only two classes of calving difficulty is used. In this case, the accuracy in the present study was 81.25 %, which is similar to that reported by Arthur et al. (2000). Sensitivity and specificity for the two-class system in the present work were 70.91 % and 86.28 %, respectively, so the ability of the RF model to correctly detect difficult calving events in heifers was almost twice higher than that obtained by Arthur et al. (2000), whereas its effectiveness in indicating easy deliveries was comparable. The overall predictive performance of the RF model for cows developed in our study, and evaluated on the T set, was very similar to its quality determined on the L set (accuracy equal to 66 % and 68 %, respectively). Also in this case, the model was completely unable to detect difficult calving events in cows.

To better demonstrate the predictive performance of the generated models, their ability to correctly indicate calving events from the three distinguished categories was presented in the form of cumulative gains charts. As can be seen from Figure 1, RF for heifers most accurately detected difficult calving events. The results were somewhat worse for moderate and easy calving events. Almost opposite outcomes were obtained for the calving events in cows (Figure 2), for which the RF model most accurately indicated easy calving events, slightly less accurately moderate calving events and the least precisely difficult ones, although the difference in cumulative gains between calving categories depended on the proportion of records predicted by the model in the test set.

The last part of the present work was the determination of the most influential predictor variables affecting the class of calving difficulty. SIRE and AGE were the most important predictors for heifers. Dam's sire affects calving difficulty in a more complex way than does calf's sire. First of all, it contributes its own genes (indirectly) to the calf genotype influencing traits linked to direct calving difficulty such as calf size and birthweight. In addition, it transmits its genes to the dam genotype affecting traits associated with maternal calving difficulty such as dam's pelvic dimensions, its preparation for calving and its effect on calf size. Both genetic components (direct and maternal) are considered to be additive. Usually, direct heritability is estimated to be higher (0.03 to 0.17) than maternal heritability (0.02 to 0.12) (Vanderick et al., 2014). As far as the relation between the sire's effect and dystocia is concerned, Mee et al. (2011) found a significant relationship between sire's predicted transmitting ability for maternal calving difficulty and the probability of assisted delivery. The strength of this association depended on factors such as dam's parity and calf sex. It was higher for the cows in their first or second parity and those giving birth to male calves. The logit of the probability of an assisted calving rose by 0.17 and 0.13 per unit increase in the predicted transmitting ability for maternal effect at the first and second calving, respectively, and ranged from 0.11 to 0.14 for higher parities, whereas the respective values for male and female calves were 0.17 and 0.11.

The next important predictor variable for heifers was AGE. It is well known the largest difference in calving difficulty is found between heifers and higher-parity cows (Atashi et al., 2012), although in a study by Kumar et al. (2017), parity did not affect dystocia rate in Friesian cattle, which was approx. 1.2 % in the first parity and 0.5 to 1.9 % in higher parities. In different European countries, 3 to 22 % heifers suffer from dystocia (Martin-Collado et al., 2017). Animals with inappropriate calving age (both too young and too old) and body condition at calving are more prone to dystocia than their herdmates with the optimum values of these traits (Ettema and Santos, 2004). Simerl et al. (1991) investigating five dairy breeds (mainly Holstein and Jersey) in the USA found that dystocia was more frequent in the young (less than 24 months of age) and old (more than 27 months of age) heifers, thus indicating a curvilinear relationship between age at calving and dystocia incidence. In general, the optimal age at first calving in dairy heifers is 22 to 27 months (approx. 24 months, on average) (Mee et al., 2014), although Berry and Cromie (2009), investigating seasonally calving Holstein-Friesian heifers in Ireland, proposed 25 to 27 months as an adequate age with respect to calving ease. In their study, 22-month-old heifers had a higher risk of calving assistance than 24-month-old ones, whereas heifers calving at 25 to 27 and 35 months of age had a lower risk of such assistance compared with the animals calving at 24 months of age. Also, the work by Moussavi and Mesgaran (2008) on the age at first calving in Iranian Holsteins reflected that its mean value was 27.2 months and it significantly influenced the risk of dystocia, which decreased with an increasing calving age. An increased probability of difficult calving events in young animals (less than 24 months of age), especially giving birth to male calves, is mainly attributable to insufficient pelvic area since calf size in these cases does not vary much between calving events (Mee et al., 2014). On the other hand, dystocia in Holstein heifers was also related to the higher age at first calving (2 vs. 3 years old) but this relationship resulted from an excessive body condition score at calving associated with growth potential and sexual precocity in Holsteins (Cutullic et al., 2009). As indicated by Thompson et al. (1981), there is a large genetic correlation (equal to approx. 0.84) between dystocia at first and subsequent parturitions. Moreover, dam's age at first parturition markedly affected genetic correlations between direct and maternal effects for calving difficulty in Holstein heifers (Hickey et al., 2007). Finally, it should be mentioned that some authors (Bazzi, 2010; Yıldız et al., 2011) did not report any significant relationship between calving age and difficulty.

In the case of cows, two more predictor variables were also quite influential in determining calving difficulty class. The first one was DMY; however, its effect on the risk of dystocia has not been clearly confirmed so far. In the review by Ingvarsten et al. (2003), no significant relationship between previous milk yield and an increased incidence of difficult calving events was reported, although this conclusion was only found based on three studies. But according to the cited authors, an elevated dystocia risk in cows of high milk yield seems unlikely. However, at the genetic level, a recent

study by Salimi et al. (2017) on Iranian Holsteins revealed favorable but differing in magnitude (from -0.99 to -0.20) genetic correlations between dystocia score and 305-day adjusted milk yield for direct effects. The second important variable for cows was CIN. In the study by Fiedlerová et al. (2008), a statistically significant linear relationship was observed between the length of preceding calving interval and the probability of dystocia at subsequent parturition. It raised with an increasing CIN but, as reported by the authors, it could be markedly reduced by appropriate mating and avoidance of delayed services. In most other studies, an opposite relation is frequently described, i.e. a negative effect of dystocia on fertility (McHugh et al., 2011). Again, at the genetic level, Salimi et al. (2017) found unfavorable but low (approx. -0.06) genetic correlation between dystocia and CIN for the direct effects in Holsteins, whereas Muir et al. (2004) observed a positive genetic correlation (approx. 0.21) between heifer's calving difficulty and CIN between the first and second parturition. Also, small negative genetic correlations (equal to -0.03 to -0.05) were obtained for direct effects between calving difficulty and the number of days open, which is associated with CIN (Lee et al., 2003; Salimi et al., 2017).

5 Conclusions

The random forest model developed in the present study was characterized by a high percentage of correctly detected difficult calving events in heifers. However, it was completely unable to correctly detect dystocia in cows. Therefore, further improvement of its predictive performance (especially in terms of easy and moderate category in heifers and difficult category in cows) is necessary. This can be achieved by the use of more influential predictor variables in future research. The most important predictors of calving difficulty in heifers identified in the present study were sires' rank and calving age, whereas in cows these additionally included daily milk yield and the length of calving interval.

Acknowledgments

This work was supported by the Polish Ministry of Science and Higher Education [grant number 517-01-028-3962/17].

References

- Abell KM, Theurer ME, Larson RL, White BJ, Hardin DK, Randle RF (2017) Predicting bull behavior events in a multiple-sire pasture with video analysis, accelerometers, and classification algorithms. *Comput Electron Agric* 136:221-227
- Aguiar GFM, Batista BL, Rodrigues JL, Silva LRS, Campiglia AD, Barbosa RM, Barbosa F (2012) Determination of trace elements in bovine semen samples by inductively coupled plasma mass spectrometry and data mining techniques for identification of bovine class. *J Dairy Sci* 95(12):7066-7073
- Arthur PF, Archer JA, Melville GJ (2000) Factors influencing dystocia and prediction of dystocia in Angus heifers selected for yearling growth rate. *Aust J Agric Res* 51(1):147-154
- Atashi H, Zamiri MJ, Sayadnejad MB (2012) The effect of maternal inbreeding on incidence of twinning, dystocia and stillbirth in Holstein cows of Iran. *Iran J Vet Res* 13(2):93-99
- Bazzi H (2010) Evaluation of non-genetic factors affecting birth weight in Sistani cattle. *J Anim Vet Adv* 10(23):3095-3599
- Berry DP, Cromie AR (2009) Associations between age at first calving and subsequent performance in Irish spring calving Holstein-Friesian dairy cows. *Livest Sci* 123(1):44-54
- Borchers MR, Chang YM, Proudfoot KL, Wadsworth BA, Stone AE, Bewley JM (2017) Machine-learning-based calving prediction from activity, lying, and ruminating behaviors in dairy cattle. *J Dairy Sci* 100(7):5664-5674
- Breiman L (2001) Random forests. *Mach Learn* 45(1):5-32
- Brieuc MS, Ono K, Drinan DP, Naish KA (2015) Integration of random forest with population-based outlier analyses provides insight on the genomic basis and evolution of run timing in Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Mol Ecol* 24(11):2729-2746
- Burez J, Van den Poel D (2009) Handling class imbalance in customer churn prediction. *Expert Syst Appl* 36(3):4626-4636
- Cutullic E, Delaby L, Causeur D, Michel G, Disenhaus C (2009) Hierarchy of factors affecting behavioural signs used for oestrus detection of Holstein and Normande dairy cows in a seasonal calving system. *Anim Reprod Sci* 113(1):22-37
- Dolecheck KA, Silvia WJ, Heersche G, Chang YM, Ray DL, Stone AE, Wadsworth BA, Bewley JM (2015) Behavioral and physiological changes around estrus events identified using multiple automated monitoring technologies. *J Dairy Sci* 98(12):8723-8731
- Ettema JF, Santos JEP (2004) Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *J Dairy Sci* 87(8):2730-2742
- Fiedlerová M, Rehák D, Vacek M, Volek J, Fiedler J, Simecek P, Masata O, Jílek F (2008) Analysis of non-genetic factors affecting calving difficulty in the Czech Holstein population. *Czech J Anim Sci* 53:284-291
- Gaddis KP, Cole JB, Clay JS, Maltecca C (2016) Benchmarking dairy herd health status using routinely recorded herd summary data. *J Dairy Sci* 99(2):1298-1314
- Grossmann E, Ohmann J, Kagan J, May H, Gregory M (2010) Mapping ecological systems with a random forest model: tradeoffs between errors and bias. *Gap Anal Bull* 17(1):16-22
- Ha K, Cho S, MacLachlan D (2005) Response models based on bagging neural networks. *J Interact Marketing* 19(1):17-30
- Hickey JM, Keane MG, Kenny DA, Cromie AR, Amer PR, Veerkamp RF (2007) Heterogeneity of genetic parameters for calving difficulty in Holstein heifers in Ireland. *J Dairy Sci* 90(8):3900-3908
- Homburger H, Schneider MK, Hilfiker S, Lüscher A (2014) Inferring behavioral states of grazing livestock from high-frequency position data alone. *PloS One* 9(12):e114522
- Ingvartsen KL, Dewhurst RJ, Friggens NC (2003) On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper. *Livest Prod Sci* 83(2):277-308
- Johnson SK, Deutscher GH, Parkhurst A (1988) Relationships of pelvic structure, body measurements, pelvic area and calving difficulty. *J Anim Sci* 66:1081-1088

- Kovács L, Kézér FL, Ruff F, Szenci O (2017) Rumination time and reticuloruminal temperature as possible predictors of dystocia in dairy cows. *J Dairy Sci* 100(2):1568-1579
- Kumar A, Singh U, Alex R, Kumar S (2017) Risk factors associated with abnormal parturition and their effects on production and reproductive performance in Frieswal cattle of India. *Indian J Anim Res* 51(2):242-246
- Lee DH, Han KJ, Park BH (2003) Genetic relationship between milk yields, calving ease and days open at first lactation of Holstein cows in Korea. *Interbull Bull* 31:122-129
- Machado G, Mendoza MR, Corbellini LG (2015) What variables are important in predicting bovine viral diarrhoea virus? A random forest approach. *Vet Res* 46(1):85-99
- Martin-Collado D, Hely F, Byrne TJ, Evans R, Cromie AR, Amer PR (2017) Farmer views on calving difficulty consequences on dairy and beef farms. *Animal* 11(2):318-326
- McHugh N, Kearney JF, Berry DP (2011) The effect of dystocia on subsequent performance in dairy cows. *Moorepark Res Rep* 2011:15
- Mee JF, Berry DP, Cromie AR (2011) Risk factors for calving assistance and dystocia in pasture-based Holstein-Friesian heifers and cows in Ireland. *Vet J* 187(2):189-194
- Mee JF, Sánchez-Miguel C, Doherty M (2014) Influence of modifiable risk factors on the incidence of stillbirth/perinatal mortality in dairy cattle. *Vet J* 199(1):19-23
- Menze BH, Petrich W, Hamprecht FA (2007) Multivariate feature selection and hierarchical classification for infrared spectroscopy : serum-based detection of bovine spongiform encephalopathy. *Anal Bioanal Chem* 387(5):1801-1807
- Miedema HM, Cockram MS, Dwyer CM, Macrae AI (2011) Behavioural predictors of the start of normal and dystocic calving in dairy cows and heifers. *Appl Anim Behav Sci* 132(1):14-19
- Moussavi AH, Mesgaran MD (2008) Impact of age at first calving on lactation and reproduction of first-parity Iranian Holsteins dairy cows. *J Anim Vet Adv* 7(2):190-195
- Muir BL, Fatehi J, Schaeffer LR (2004) Genetic relationships between persistency and reproductive performance in first-lactation Canadian Holsteins. *J Dairy Sci* 87(9):3029-3037
- Naidoo L, Cho MA, Mathieu R, Asner G (2012) Classification of savanna tree species, in the Greater Kruger National Park region, by integrating hyperspectral and LiDAR data in a Random Forest data mining environment. *ISPRS J Photogramm Remote Sens* 69:167-179
- Nisbet R, Elder J, Miner G (2009) Handbook of statistical analysis and data mining applications. Amsterdam : Acad Pr, Elsevier, 825p
- Piwczyński D, Nogalski Z, Sitkowska B (2013) Statistical modeling of calving ease and stillbirths in dairy cattle using the classification tree technique. *Livest Sci* 154(1-3):19-27
- Rutten CJ, Kamphuis C, Hogeveen H, Huijps K, Nielen M, Steeneveld W (2017) Sensor data on cow activity, rumination, and ear temperature improve prediction of the start of calving in dairy cows. *Comput Electron Agric* 132:108-118
- Salimi MH, Hossein-Zadeh NG, Shadparvar AA, Eghbal AR (2017) Genetic evaluation of dystocia and its relationship with productive and reproductive traits in Holstein cows. *Rev Colomb Cienc Pecuaras* 30:126
- Selemetas N, Ducheyne E, Phelan P, O'Kiely P, Hendrickx G, de Waal T (2015) Spatial analysis and risk mapping of *Fasciola hepatica* infection in dairy herds in Ireland. *Geospat Health* 9(2):281-291
- Simerl NA, Wilcox CJ, Thatcher WW, Martin FG (1991) Prepartum and peripartum reproductive performance of dairy heifers freshening at young ages. *J Dairy Sci* 74(5):1724-1729
- Thompson JR, Freeman AE, Berger PJ (1981) Age of dam and maternal effects for dystocia in Holsteins. *J Dairy Sci* 64(7):1603-1609
- Vanderick S, Troch T, Gillon A, Glorieux G, Gengler N (2014) Genetic parameters for direct and maternal calving ease in Walloon dairy cattle based on linear and threshold models. *J Anim Breed Genet* 131(6):513-521
- Yao C, Spurlock DM, Armentano LE, Page CD, VandeHaar MJ, Bickhart DM, Weigel KA (2013) Random forests approach for identifying additive and epistatic single nucleotide polymorphisms associated with residual feed intake in dairy cattle. *J Dairy Sci* 96(10):6716-6729
- Yildiz H, Saat N, Simsek H (2011) An investigation on body condition score, body weight, calf weight and hematological profile in crossbred dairy cows suffering from dystocia. *Pak Vet J* 31:125-128
- Zaborski D, Proskura WS, Grzesiak W (2016) Classification of calving difficulty scores using different types of decision trees. *Acta Sci Pol Zootech* 15(4):55-70
- Zaborski D, Proskura WS, Grzesiak W (2017) Comparison between data mining methods to assess calving difficulty in cattle. *Rev Colomb Cienc Pecuaras* 30(3):196-208

Zur Bedeutung und ökonomischen Wirkung verminderter Steuersätze bei außerordentlicher Holznutzung gemäß des § 34b EStG

Torsten Möllmann* und Bernhard Möhring*

Zusammenfassung

Als Wirtschaftsform, die auf natürlichen Wachstumsprozessen von Bäumen beruht und von der Umwelt beeinflusst wird, unterliegt die Forstwirtschaft den damit einhergehenden Risiken. Um privaten Waldeigentümern die dabei entstehenden finanziellen Belastungen zu verringern, sieht das deutsche Einkommensteuergesetz im §34b Erleichterungen vor. So unterliegt sämtliches Holz, das aufgrund von Kalamitäten geerntet wurde, einem geringeren Steuersatz.

Das betriebliche Risikomanagement zielt darauf ab, die Gefährdungen des Betriebs zu quantifizieren und Empfehlungen für die Risikohandhabung zu geben. In diesem Sinne wird in dieser Studie das Ausmaß der wirtschaftlichen Belastungen analysiert und geprüft, welcher Anteil daran vom Staat getragen wird. Dabei wird für einen nachhaltigen Fichtenbetrieb (*Picea abies* L.) berechnet, welche Risikokosten durch natürliche Kalamitäten zu erwarten sind. Durch die Übertragung der steuerlichen Regelungen des §34b Einkommensteuergesetz in das Modell werden in einem Variantenstudium die Entlastungen ermittelt. Es zeigt sich, dass diese von der Höhe des Steuersatzes und der Schadenshöhe bestimmt werden und für Forstbetriebe relevante Größenordnungen erreichen können.

Darüber hinaus wird untersucht, wie sich die optimale Umtriebszeit durch die genannten steuerlichen Regelungen verändert. Dazu wird das sogenannte Preßler'sche Weiserprozent um Risikoeinfluss und Steuerwirkung ergänzt. Es wird zunächst gezeigt, dass die in Mitteleuropa typischen Altersrisiken eine Verkürzung der Umtriebszeiten nahelegen. Forstbetriebe verkürzen damit die risikobehaftete Altersphase. Die steuerlichen Regelungen des §34b sorgen jedoch dafür, dass diese Reaktion ceteris paribus vermindert wird.

Somit führt der §34b zu einer Stärkung forstwirtschaftlicher Betriebe durch finanzielle Entlastungen und trägt durch den Anreiz zur Verlängerung der Umtriebszeit auch zur Erfüllung gesellschaftlicher Ansprüche an den Wald bei.

Schlüsselwörter: Risiko, Risikokosten, Risikoübertragung, Einkommensteuer, Hiebsreife, Faustmann-Preßler-Ohlin-Theorem

Abstract

Importance and economic effect of reduced income tax rates on wood in cases of calamities

As forestry is based on natural tree growth and underlies environmental influences, it is exposed to associated risks. In order to reduce the burdens of private forest owners, §34b of the German Income Tax Act provides economic relief. Thus, all wood harvested due to calamities is subject to a lower tax rate.

The extent to which tax reductions reimburse financial losses is modeled in this study. The expected loss due to natural calamities is calculated using a normal forest of spruce (*Picea abies* L.). With the implementation of the tax regulations of §34b of the income Tax Act, financial relief is determined in a variant study in which is shown that relief is dependent on loss amounts and tax rate.

In addition, time shifts for optimal harvests when calamity related tax reductions are implemented are investigated. For this the indicator rate of Preßler is used. It is shown that it is rational to shorten the rotation period to avoid old age risks. The regulations of §34b of the Income Tax Act reduce this effect as it reduces the financial loss of natural calamities.

In conclusion §34b of the Income Tax Act strengthens private forest enterprises by financial relief. Furthermore, it helps to fulfil social demands on the forest by prolonging the harvest period.

Keywords: risk, expected loss, risk transfer, income tax, optimal rotation, Faustmann-Preßler-Ohlin-theorem

* Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Forstökonomie und Forsteinrichtung, Büsgenweg 5, 37077 Göttingen

1 Einleitung

Stürme, Käferfraß, Trockenheit oder durch andere biotische und abiotische Ursachen ausgelöste Kalamitäten sind fester Bestandteil der auf natürlichen Prozessen fußenden Forstwirtschaft. Entsprechend muss jeder Forstbetrieb diese Risiken in seine betriebliche Steuerung einbeziehen. So sind auch die beiden Hauptentscheidungen in der Forstwirtschaft betroffen: Die Baumartenwahl ist betroffen, da die verschiedenen Risiken auf die Baumarten in unterschiedlichem Ausmaß wirken. Dies kann die Rangordnung der Profitabilität verändern. Die Wahl des planmäßigen Erntezeitpunkts ist betroffen, da Risiken meist altersabhängig sind und durch eine Anpassung des planmäßigen Umtriebsalters Einfluss auf die Höhe der zu erwartenden Risiken genommen werden kann (Burkhardt et al., 2014; Loisel, 2014).

Allerdings sind die beiden Entscheidungen nicht rein auf naturaler, technischer und marktwirtschaftlicher Grundlage zu treffen, es gilt vielmehr auch die lenkende Wirkung von Steuern zu berücksichtigen. So führt beispielsweise das Erheben der Einkommensteuer *ceteris paribus* zu einer Verlängerung der ökonomisch optimalen Umtriebszeit (Hechtner et al., 2015), was sich über das im deutschen Einkommensteuergesetz (EStG) für die Forstwirtschaft verankerte Realisationsprinzip erklären lässt. Schließlich findet die steuerlich relevante Gewinnrealisierung erst durch die Holzernte statt und nicht schon bei der Wertentstehung durch das Wachstum. Für Waldbesitzer führt diese Art der Besteuerung zu höheren Gewinnen, da Anlagen, deren wirtschaftliche Erträge jährlich besteuert werden, eine geringere Rentabilität haben als Anlagen mit verzögerter Besteuerung (Klemperer, 1996).

Mit Blick auf Kalamitätsrisiken besteht in Deutschland eine teilweise Übernahme der Risikokosten privater Forstbetriebe durch den Staat, denn im Falle einer Kalamitätsnutzung vermindert der Staat die Steuerlast für die entsprechenden Einkünfte bei der Einkommensteuer. Es ist anzunehmen, dass dies zu einer Veränderung in der Handhabung von naturgebundenen Risiken führt, da ein effizientes betriebliches Risikomanagement nur diejenigen Risiken berücksichtigen sollte, die für das Unternehmen eine Gefahr darstellen. Aussagen der Praxis, wonach die Fichte bei Kalamitäten „ins Geld“ falle, könnten zumindest in Teilen ihren Ursprung in dieser Regelung haben und deuten in diese Richtung.

Dies führt zur ersten zu prüfenden Hypothese, anhand der, im Sinne der betriebswirtschaftlichen Steuerwirkungslehre (Grochla und Wittmann, 1976), die Auswirkungen der steuerlichen Regelungen zu Kalamitätsnutzungen analysiert werden sollen:

Hypothese 1: Das deutsche Steuersystem überträgt einen relevanten Anteil der Risikokosten privater Forstbetriebe auf den Staat.

Betriebliche Anpassungen, die das Betriebsergebnis unter dem Einfluss von Steuern optimieren, fallen in die betriebswirtschaftliche Steuergestaltungslehre, bei der die Steuerbelastungen, die ein Waldbesitzer zu tragen hat, in Hinblick auf die betriebliche Zielstellung optimiert werden

(Grochla und Wittmann, 1976). Entsprechende Gestaltungsfragen können in der Baumartenwahl und der Wahl des ökonomisch optimalen Erntezeitpunkts gesehen werden, die sowohl von den Ertragsteuern als auch von den Kalamitäten beeinflusst werden. Da Naturrisiken mit Kosten verbunden sind, ist ein gewinnmaximierender Forstbetrieb gewillt, diese Kosten und damit das Risiko zu meiden. Wie verschiedene Untersuchungen zeigen, sind die Wälder in Zentraleuropa überwiegend Altersrisiken ausgesetzt (Staupendahl, 2011; Staupendahl und Zucchini, 2011; Neuner et al., 2015). Folglich wird eine Verkürzung von Umtriebszeiten empfohlen (Schelhaas, 2008), ohne jedoch dabei den staatlichen Einfluss durch die Übernahme von Risikokosten zu berücksichtigen. Daraus folgt die zweite Hypothese:

Hypothese 2: Die staatliche Übernahme von finanziellen Risiken durch steuerliche Begünstigung von Einkünften aus Kalamitätsnutzung führt zu einer stärkeren Akzeptanz von Naturrisiken. Im Falle von Altersrisiken führt dies *ceteris paribus* zu längeren Umtriebszeiten im Vergleich zum Fehlen dieser Entlastungsregelungen.

Die entwickelten Hypothesen werden im Folgenden getestet, indem die ökonomischen Effekte modelliert werden. Dazu werden zunächst die allgemeinen Grundlagen des Wuchs- und Ertragsmodells und der Besteuerung erläutert. Im Anschluss erfolgt die Hypothesenprüfung. Es wird jeweils erst auf das methodische Vorgehen eingegangen, bevor das jeweilige Teilergebnis dargestellt wird. Abschließend werden die Ergebnisse insgesamt diskutiert.

2 Methodische Grundlagen

2.1 Wuchs- und Ertragsmodell

Die beiden Hypothesen werden in zwei verschiedenen Modellen getestet, die auf denselben naturalen und finanziellen Grundlagen fußen. Zugrunde gelegt wird ein dynamisches Bestandeswachstumsmodell, das die Höhe der Bäume, das vorhandene Holzvolumen und den mittleren Durchmesser in Abhängigkeit des Alters beschreibt. Zudem wird berechnet, wieviel Holz bei den Durchforstungen entnommen wird. Diese physischen Daten werden dann mit Holzerlösen und Erntekosten bewertet. So kann errechnet werden, wie hoch der Deckungsbeitrag aus Durchforstungen oder Endnutzungen ist. Da das Wachstumsmodell zunächst davon ausgeht, dass ein Waldbestand von der Pflanzung bis zur Endnutzung störungsfrei wächst, muss das Risiko über eine weitere Quelle beschrieben werden. Dafür werden Überlebensfunktionen genutzt, die in den beiden Simulationen zwar einheitlich angewendet werden, aber unterschiedlich interpretiert werden können. Im Normalwaldmodell (Kapitel 3.1) beschreibt die Überlebensfunktion den Flächenanteil einer Pflanzung, der zu einem gegebenen Zeitpunkt noch lebt. In der Bestandessimulation hingegen (Kapitel 4.1), wird diese als Wahrscheinlichkeit dafür interpretiert, dass ein gesamter Bestand zu einem bestimmten Zeitpunkt noch lebt. Die mit Hilfe der Überlebensfunktionen hergeleiteten Kalamitätsholzvolumina werden jeweils mit einem Erlösabschlag versehen, da von verminderter Qualität durch

Schädigungen am Holz und geringeren Marktpreisen aufgrund eines Überangebots durch die Zwangsnutzung ausgegangen wird.

Die Wachsfunktionen werden dem WaldPlaner (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, 2010) entnommen, um neueren Wachstumsgängen und Durchforstungsansätzen Rechnung zu tragen. Modelliert wird jeweils die Fichte (*Picea abies* L.) mit einer Oberhöhe im Alter 100 von 36 m, was der ersten Ertragsklasse (Schober, 1995) entspricht.

Unterstellt wird ein Risikoverlauf gemäß der Überlebensfunktion nach Staupendahl und Zucchini (2011), die die Überlebenswahrscheinlichkeit S im Alter t mit einer Weibull-Funktion berechnet:

$$S = S_{100} \left(\frac{t}{100} \right)^{\alpha} \quad (1)$$

Dabei wird die Risikostärke über die Überlebenswahrscheinlichkeit im Alter 100 (S_{100}) beschrieben und die Risikoart (Jugendrisiko, altersindifferentes Risiko oder Altersrisiko) über den Formparameter α ausgedrückt. Staupendahl und Zucchini (2011) geben für die Fichte in Rheinland-Pfalz Werte von $S_{100} = 0,726$ und $\alpha = 2,78$ an. Damit besteht im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten in Deutschland die höchste Risikostärke. So erreichen im Mittel nur 72,6 % von begründeten Fichtenbeständen ein Alter von 100 Jahren. Der Ausfall erfolgt, wie in Abbildung 1 erkennbar, vorwiegend im höheren Alter, was für alle $\alpha > 1$ gilt; deswegen bezeichnet man sie als Altersrisiken (Staupendahl und Möhring, 2011).

Alle Erlöse und Kosten ergeben sich aus Funktionen von Bodelschwingh (unpublished), die vom Durchmesser des Grundflächenmittelstammes (Dg) abhängen und die Verhältnisse im hessischen Staatswald der Jahre 2010 bis 2015 widergeben. Für die Pflanzung werden pauschal 3.000 EUR

veranschlagt und für die Läuterung im Alter von 15 Jahren 600 EUR. Im Falle von Kalamitäten werden, wenn nichts anderes angegeben wird, die Holzerlöse pauschal um 40 % reduziert. Dies orientiert sich an den von Möllmann und Möhring (2017) publizierten Werten aus einer Expertenbefragung. Jedoch wurde hier eine stärkere Absenkung vorgenommen, um bspw. marktbedingte Erlösabschläge und Mehraufwendungen bei der Wiederbegründung von Kalamitätsflächen mit zu berücksichtigen. Welche absoluten Auswirkungen dies auf den erntekostenfreien Holzerlös hat, wird in Tabelle 1 dargestellt. Die Kosten für Verwaltung, Forstschutz und sonstiges werden auf der Basis von Ergebnissen eines Privatwaldbetriebsvergleiches auf 132 EUR * ha⁻¹ a⁻¹ festgesetzt (Blomberg et al., 2016).

Tabelle 1

Veränderung des erntekostenfreien Holzerlöses in Abhängigkeit der kalamitätsbedingten relativen Holzpreisveränderung. Ein Dg von 12 cm wird in der Altersklasse 20 bis 25 erreicht und ein Dg von 40 cm in der Altersklasse 90 bis 95.

Relative Abnahme Holzpreis	Absolute Abnahme Erntekostenfreier Holzerlös je m ³	
	Dg = 12 cm	Dg = 40 cm
-20%	-10,25 €	-16,42 €
-40%	-20,50 €	-32,84 €
-80%	-41,01 €	-65,67 €

2.2 Besteuerung der Einkünfte aus planmäßiger und außerordentlicher Holznutzung

Grundlage der hier kalkulierten Besteuerung ist der aus den Wuchs- und Ertragsmodellen ermittelte forstliche

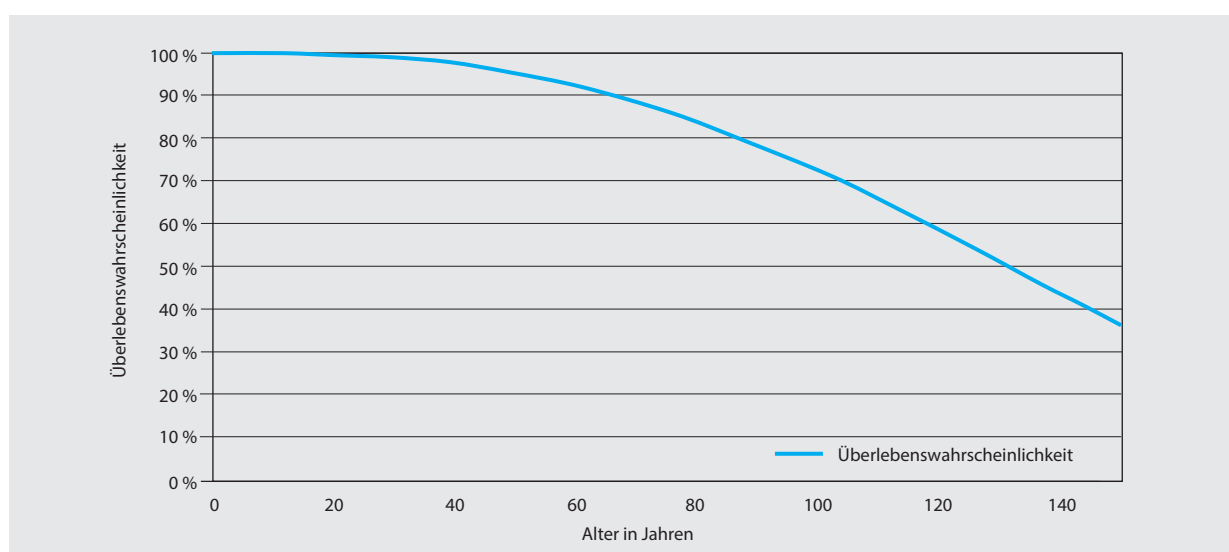


Abbildung 1

Überlebensfunktion der Fichte in Rheinland-Pfalz nach Staupendahl und Zucchini (2011). Die Risikostärke liegt bei $S_{100} = 0,726$. Mit $\alpha = 2,78$ besteht ein Altersrisiko.

Gewinn. Dieser wird entsprechend den jeweiligen Anteilen am Holzeinschlag aufgeteilt in Einkünfte aus planmäßiger Holznutzung und Einkünfte aus Kalamitätsnutzung.

Ausgangspunkt zur Untersuchung des Einflusses der steuerlichen Regelung ist die Bestimmung der steuerlichen Belastung. Die in der Einleitung angeführten steuerlichen Erleichterungen sind im §34b EStG zu finden. Die Einkommensteuer ist für den privaten Waldbesitz die zentrale Ertragssteuer (Hechtner et al., 2015), da private Forstwirtschaft in der Regel in der Rechtsform des forstwirtschaftlichen Einzelunternehmers und nicht in der Rechtsform von Kapitalgesellschaften betrieben wird. Bei Kapitalgesellschaften wäre der §34b auch nicht anzuwenden, da sich dieser nur auf „Einkünfte aus außerordentlichen Holznutzungen“ bezieht und nicht auf Erträge aus Kapitalgesellschaften.

Die steuerliche Belastung wird modellintern durch einen integrierten Grenzsteuersatz beschrieben. Darin sind neben dem Steuerprozent der Einkommensteuer die Kirchensteuer und der Solidaritätszuschlag zu berücksichtigen, die jedoch von geringerer Bedeutung sind. Der integrierte Steuersatz lässt sich nach der oben genannten Quelle somit wie folgt bestimmen:

$$\tau = \frac{\tau_e (1 + \tau_{ki} + \tau_z)}{1 + \tau_{ki} + \tau_e} \quad (2)$$

Dabei steht τ für den integrierten Grenzsteuersatz, τ_e für den Grenzsteuersatz des Einkommensteuertarifs, τ_{ki} für den Kirchensteuersatz und τ_z für den Solidaritätszuschlag. Mit einem Spitzensteuersatz der Einkommensteuer von $\tau_e = 45\%$, einem Kirchensteuersatz von $\tau_{ki} = 8\%$, bzw. $\tau_{ki} = 9\%$ und einem Solidaritätszuschlag von $\tau_z = 5,5\%$ gilt $\tau < 51,3\%$ (Hechtner et al., 2015). Dieser so berechnete Steuersatz gilt auch für Zinserträge, die für Betriebsvermögen in einem land- und forstwirtschaftlichen Betrieb anfallen. Andernfalls liegt der integrierte Steuersatz für privates Kapitalvermögen aufgrund der Abgeltungssteuer von 25 % bei $\tau = 28,5\%$ (Hechtner et al., 2015). Da bereits ab einer Waldfläche von 2 ha regelmäßig von einer Betriebseigenschaft auszugehen ist (Bayerisches Landesamt für Steuern, 2014), wird hier die vereinfachende Annahme getroffen, dass die Zinserträge Betriebsvermögen betreffen, so dass die Abgeltungssteuer nicht zum Tragen kommt.

Die in § 34b EStG festgelegte Sonderregelung für Einkünfte aus der Forstwirtschaft bestimmt die Reduktion des Steuertarifs, sollte ein gesetzlicher oder behördlicher Zwang bzw. eine Kalamität zu außerordentlichen Holznutzungen führen. Da in der Forstwirtschaft de facto nur der jährliche Überschuss besteuert wird, weil keine Bilanzierung des im Wald gebundenen Kapitals erfolgt, kann die Steuerprogression in Kalamitätsfällen zu deutlich höheren Steuerbelastungen führen, als dies bei einem Vermögensvergleich der Fall wäre. Dies, und der Wille Forstbetrieben einen Ausgleich für kalamitätsbedingte Schäden zu geben, begründen die besondere Tarifvorschrift des § 34b EStG (Finckenstein, 1997). Dabei wird, anders als in früheren Versionen des Paragraphen, seit 2012 jegliche außerordentliche Holzmenge steuerlich begünstigt. Ein Überschreiten des steuerlichen Nutzungssatzes ist nicht mehr nötig. Bei der

Festlegung des begünstigten Steuersatzes wird zunächst der durchschnittliche Steuersatz auf das gesamte zu versteuern-de Einkommen errechnet. In der Einkommensteuererklärung ist dann anzugeben, wie hoch das planmäßig genutzte Holzvolumen und das unter den Bedingungen des §34b EStG außerplanmäßig genutzte Holzvolumen war. Über das Verhältnis der Volumina werden die Einkünfte (Gewinne) aus der Holznutzung aufgeteilt. Die Einkünfte aus planmäßiger Holznutzung sind um den integrativen Steuersatz zu kürzen, die Einkünfte aus außerordentlichen Holznutzung um einen reduzierten. Der Steuersatz reduziert sich für die Einkünfte aus außerordentlicher Holznutzung auf die Hälfte. Sofern ein steuerlicher Nutzungssatz nach §68 Einkommensteuer-Durchführungsverordnung vorliegt und der Kalamitätsanfall die Höhe des Nutzungssatzes übersteigt, wird für das darüberhinausgehende Kalamitätsholz der Steuersatz auf ein Viertel reduziert.

3 Auf den Staat übertragene Risikokosten

3.1 Herleitung der Übertragung von Risikokosten

Der Anteil der Risikokosten, der über den §34 EStG auf den Staat übertragen wird, wird zur Überprüfung von Hypothese 1 über eine Normalwaldsimulation (Möhring, 1994) berechnet. Das Normalwaldmodell beschreibt einen nachhaltigen Betrieb, in dem alle Alter zwischen der Pflanzung und der Umtriebszeit in gleichen Flächenanteilen vorhanden sind, also zunächst auch kein risikobedingter Ausfall vorliegt. Ferner wird davon ausgegangen, dass homogene Wuchsbedingungen herrschen und auch keine in der Örtlichkeit begründeten Unterschiede in den Kosten für forstliche Maßnahmen wie Pflanzung, Läuterung, Ernte etc. bestehen. Dadurch fallen in dem nachhaltigen Modellbetrieb in jedem Jahr die gleichen Kosten und Erlöse an. Zielgröße ist somit der jährliche Reinertrag in EUR je ha. Da es sich bei dem Reinertrag um eine innerhalb eines Jahres erzielte Größe handelt, ist die Betrachtung zinsfrei. Werden Überlebensrisiken in das Modell integriert, nimmt der Flächenanteil jüngerer Bestände zu und der älterer ab. Um dies zu verdeutlichen, ist es üblich von einem Zielwald zu sprechen (Kurth et al., 1994). Dieser kalamitätsbeeinflusste Zielwald stellt jedoch ebenfalls einen stabilen Betriebszustand dar, der jährlich gleiche Reinerträge hervorbringt. Risikokosten werden nun als Differenz zwischen dem risikofreien, planmäßigen und dem risikobehafteten Reinertrag berechnet. Risiko wird somit als die negative Abweichung des Erwartungswertes zu einem geplanten Ergebnis gesehen (Vievers, 2001). Durch die beschriebenen modellhaften Vereinfachungen unterliegen die berechneten Reinerträge keinen Schwankungen, es wird vielmehr jährlich der durch die anteiligen Kalamitätsnutzungen verminderte Reinertrag erwirtschaftet. Damit sind alle Ergebnisse hier aus Sicht eines risikoneutralen Entscheiders zu interpretieren.

In der hier durchgeführten Normalwaldsimulation werden jeweils fünf Jahre zu einer Altersklasse zusammengefasst. Jede Altersklasse verfügt dabei über denselben

Flächenanteil eines ideellen Forstbetriebs. Die Pflanzung findet im Alter 0 und die Läuterung im Alter 15 statt. Ab einem Dg von 12 cm wird alle fünf Jahre durchforstet. Die Endnutzung findet im Alter 90 statt. Um den jährlichen Reinertrag zu berechnen, werden die Ergebnisse durch fünf geteilt. Dies ist möglich, da es sich um eine zinsfreie Betrachtung handelt. Die jährlichen Reinerträge (Gewinne) werden schließlich um den integrierten Steuersatz reduziert. Dies setzt voraus, dass auch die Wiederaufforstungskosten als laufender Aufwand verrechnet werden, was nach (Hechtner et al., 2015) bei der planmäßigen Wiederaufforstung möglich ist.

Der risikobehaftete Reinertrag errechnet sich vergleichbar. Jedoch nehmen mit zunehmendem Alter die Flächenanteile in den Altersklassen risikobedingt ab, da davon ausgegangen wird, dass gemäß der Überlebensfunktion in allen Altersklassen Flächen ausfallen, wobei bei der Kalamitätsnutzung jeweils verminderte erntekostenfreie Holzerlöse erzielt werden. Die Veränderung der Flächenanteile wird in Abbildung 2 veranschaulicht. In einem risikofreien Normalwald mit 90jähriger Umtriebszeit hält jede Fünfjahresaltersklasse einen Flächenanteil von 5,56 %. Der stabile Zustand in Abbildung 2 wird über eine Markovkette mit festen Übergangs- und Ausfallwahrscheinlichkeiten erreicht. Je Altersklasse wird ein großer Teil des Bestandes regulär bewirtschaftet (grün), ein kleiner Teil aber durch Kalamitäten vorzeitig und zu verminderten erntekostenfreien Holzerlösen zwangsgeerntet (dunkelgrün). In der kommenden Periode werden die grünen Bestandteile der Säulen fünf Jahre älter sein, die dunkelgrünen hingegen finden sich in der ersten Altersklasse wieder. Diese setzt sich somit aus den dunkelgrünen Bestandteilen aller Altersklassen und der grünen planmäßig endgenutzten Altersklasse 90 zusammen.

Anhand der Verschiebung der Flächenanteile wird deutlich, wie sich die Verluste im Vergleich zu einer risikofreien

Umwelt zusammensetzen. Zu den direkten Verlusten durch die Minderung der erntekostenfreien Holzerlöse bei der Kalamitätsnutzung kommen geringere Einnahmen bei Durchforstungen älterer Bestände und der Endnutzung, da auf der verkleinerten Fläche der Altbestände schlicht weniger reifes Holz geerntet wird. Hingegen steigt der Pflanz- und Pflegeaufwand aufgrund der vergrößerten Flächen junger Altersklassen.

Die für die Besteuerung nötige Aufteilung in planmäßiges und außerplanmäßiges Hiebsvolumen lässt sich, wie in Abbildung 2 zu erkennen, dem Modell entnehmen. Ein Überschreiten des steuerlichen Nutzungssatzes wird aufgrund des hier unterstellten kontinuierlichen Anfalls nicht erreicht, sodass sich die steuerliche Belastung für Einkünfte aus außerordentlicher Holznutzungen auf $\frac{1}{2}$ reduziert.

Um die Auswirkungen des §34b EStG darstellen zu können, findet die Berechnung der Risikokosten einmal mit und einmal ohne dessen Berücksichtigung statt. Ferner wird im Sinne eines Variantenstudiums der maßgebliche Steuersatz in verschiedenen Höhen angesetzt und nimmt Werte von 15 %, 30 % und 50 % an. Zudem wird auch die Schadenshöhe variiert, indem die kalamitätsbeeinflussten Holzerlöse um 20 %, 40 % und 80 % verringert werden. Die Umtriebszeit wird nicht variiert.

3.2 Darstellung der übertragenen Risikokosten

Die Höhe der Risikokosten und das Ausmaß der Übertragung der Risikokosten auf den Staat werden anhand zweier Tabellen dargestellt. Zunächst wird in Tabelle 2 beispielhaft gezeigt, wie sich die Risikokosten und deren Verminderung durch die Regelungen des §34b EStG herleiten. Es werden der risikofreie Reinertrag, der risikobehaftete Reinertrag und die Risikokosten jeweils regelbesteuert und mit den

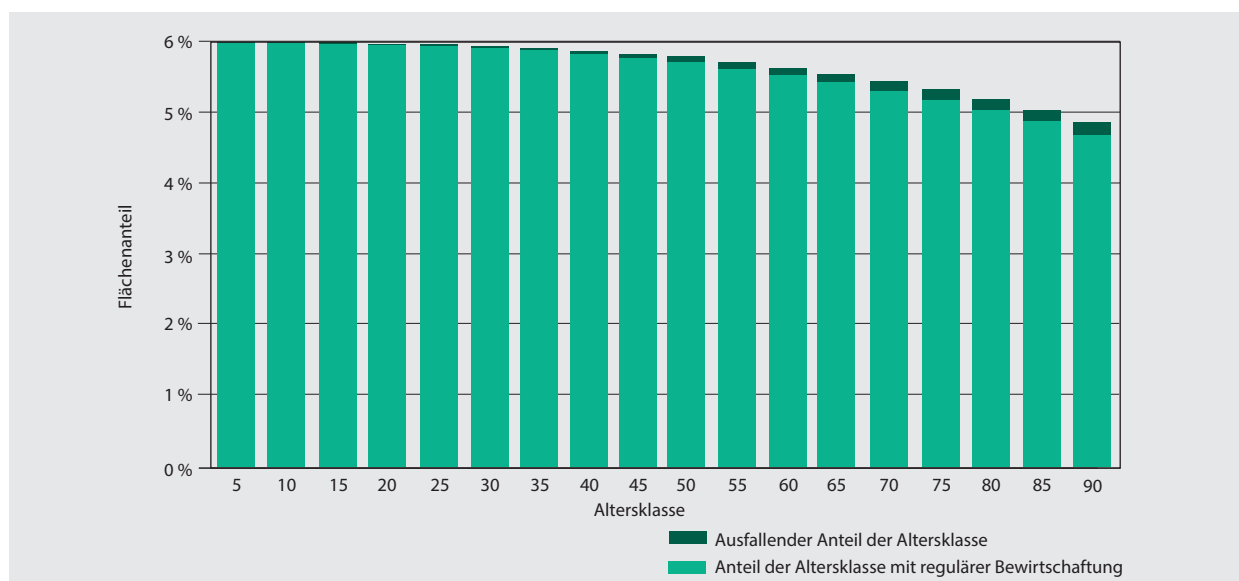


Abbildung 2

Stabiler Zustand eines risikobeeinflussten Zielwalds. Ein Fichtennormalwald, der einem Risiko von $S_{100} = 0,726$ und $\alpha = 2,78$ ausgesetzt ist, entwickelt sich bei Anwendung einer Markovkette in diesen stabilen Zustand.

Tabelle 2

Beispielhafte Darstellung der Herleitung der Risikokosten. Die Holzerlöse wurden um 20 % gesenkt.

Betrachtete Einheit	τ	Regelbesteuerung	mit §34b EStG	Betrag Differenz
Reinertrag ohne Risiko		360,08 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	360,08 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	0,00 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹
Reinertrag mit Risiko	15 %	334,95 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	338,66 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	3,71 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹
Risikokosten		25,13 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	21,42 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	3,71 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹
Reinertrag ohne Risiko		296,53 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	296,53 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	0,00 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹
Reinertrag mit Risiko	30 %	275,84 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	283,26 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	7,41 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹
Risikokosten		20,69 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	13,27 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	7,41 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹
Reinertrag ohne Risiko		211,81 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	211,81 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	0,00 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹
Reinertrag mit Risiko	50 %	197,03 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	209,40 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	12,37 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹
Risikokosten		14,78 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	2,41 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹	12,37 EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹

Erleichterungen des §34b EStG dargestellt. Der Differenzbetrag ergibt den Vorteil des Waldbesitzers. Dabei werden die drei betrachteten Steuersätze von 15 %, 30 % und 50 % und eine Absenkung der Holzerlöse von 20 % zugrunde gelegt.

Tabelle 3

Anteil und Höhe der Risikokosten, die bezogen auf den jährlichen Reinertrag für Fichte bei einer Umtriebszeit von 90 Jahren in Abhängigkeit von der Schadenshöhe und dem Steuersatz τ , durch den §34b EStG vom Staat übernommen werden.

Höhe der Risikokosten				
Ver- änderung Holzpreis	-80 %	63,65 €	52,41 €	37,44 €
	-40 %	37,97 €	31,27 €	22,33 €
	-20 %	25,13 €	20,69 €	14,78 €
		15 %	30 %	50 %
Steuersatz τ				
Höhe der auf den Staat übertragenen Kosten in EUR*ha ⁻¹ *a ⁻¹				
Ver- änderung Holzpreis	-80 %	3,39 €	6,78 €	11,30 €
	-40 %	3,60 €	7,21 €	12,01 €
	-20 %	3,71 €	7,42 €	12,37 €
		15 %	30 %	50 %
Steuersatz τ				
Anteil der Risikokosten, die auf den Staat übertragen werden				
Ver- änderung Holzpreis	-80 %	5,33 %	12,94 %	30,18 %
	-40 %	9,49 %	23,05 %	53,78 %
	-20 %	14,76 %	35,86 %	83,66 %
		15 %	30 %	50 %
Steuersatz τ				

Tabelle 3 zeigt die Höhe der Risikokosten und welche Anteile jeweils vom Staat durch den §34b EStG übernommen werden. Dabei ist zu erkennen, dass mit steigendem Steuersatz und sinkendem Schadausmaß ein größerer Anteil übernommen wird. Dies gilt auch für die absolute Höhe. So werden bei einer Absenkung der Holzpreise um 80 % und einem Steuersatz von 15 % nur ca. 5 % der Risikokosten übertragen, wohingegen bei einer Absenkung von 20 % und einem Steuersatz von 50 % über 80 % der Risikokosten übernommen werden, obwohl bei geringeren Steuersätzen höhere Risikokosten vorliegen. Die höheren Risikokosten bei niedrigen Steuersätzen erklären sich durch die höheren Nachsteuerreinerträge.

Als Folge dieser Übertragung von Risikokosten kann sich gegebenenfalls auch die ökonomische Rangfolge von Baumarten ändern. Ein Beispiel könnte hier der komparativ-statische Betriebsklassenvergleich des Anbaus von Fichte auf staunassen Standorten mit dem Anbau der an diesen Standort angepassten Eiche (*Quercus robur* L.) sein. Um bei der Fichte ein sehr hohes Überlebensrisiko, das in allen Altersklassen gleichmäßig auftritt, zu simulieren, kann $S_{100} = 0,2$ und $\alpha = 1$ gesetzt werden. Somit würden nur 20 % einer Kultur das Alter 100 erreichen und es wäre schon nach 45 Jahren bereits die Hälfte ausgefallen. Wird an der ersten Ertragsklasse der Fichte und der planmäßigen Umtriebszeit von 90 Jahren festgehalten, liegt der jährliche Reinertrag nach Steuern ($\tau = 50$ %) bei einer Holzpreisabsenkung um 40 % ohne §34b EStG bei 91,67 EUR*ha⁻¹*a⁻¹ und mit der steuerlichen Erleichterung bei 116,32 EUR*ha⁻¹*a⁻¹. Würde man im Betrieb hingegen mit der risikoärmeren Baumart Eiche, ebenfalls erste Ertragsklasse, im 170 jährigen Umtrieb wirtschaften, lägen auf der Basis aktueller Erlös- und Kostenverhältnisse die entsprechenden jährlichen Reinerträge bei 98,96 EUR*ha⁻¹*a⁻¹, bzw. 102,04 EUR*ha⁻¹*a⁻¹. Ohne §34b EStG ist der Nachsteuerreinertrag der Eiche höher, mit jener der Fichte.

4 Auswirkungen auf die Umtriebszeit

4.1 Herleitung der optimalen Umtriebszeit

Die Prüfung von Hypothese 2, welche Auswirkungen der §34b EStG auf die ökonomisch optimale Umtriebszeit hat, wird mit Hilfe des sogenannten Preßler'schen Weiserprozents durchgeführt. Hierzu ist ein anderer Modellansatz zu wählen, da das Preßler'sche Weiserprozent als Marginalanalyse nicht auf einen nachhaltigen Forstbetrieb, sondern auf die Veränderung des Endnutzungsalters eines einzelnen Waldbestandes angewendet wird. Das Preßler'sche Weiserprozent (Preßler, 1860) berechnet die Grenzverzinsung des in einem (hiebsreifen) Bestand gebundenen Kapitals (Möhring, 1994). Es wird als die erste richtige Lösung zur Festlegung der ökonomisch optimalen Umtriebszeit angesehen (Johansson und Löfgren, 1985) und entspricht nach heutiger Deutung dem Grenznutzenkalkül. Es lautet:

$$i^* = \frac{V' - Ir}{V} \quad (3)$$

Dabei steht i^* für das Weiserprozent (indicator rate), V für den aktuellen Abtriebswert (value), V' für den laufenden jährlichen Wertzuwachs (value growth) und Ir für die durchschnittliche jährliche Bodenbruttorente (land rent), die dem Forstbetrieb durch den Erhalt des vorhandenen Bestandes auf dem gegebenen Standort entgeht (Möhring, 1994) und die als Annuität berechnet wird.

Ein Bestand sollte in einer steuerfreien Welt endgenutzt werden (Johansson und Löfgren, 1985), wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$i^* \leq i \quad (4)$$

Die Variable i steht dabei für den festgelegten Kalkulationszins (interest rate). Das Weiserprozent stellt den Grenznutzen des im Bestand gebundenen Kapitals dar und ist folglich mit zunehmendem Alter abnehmend. Das optimale Endnutzungsalter befindet sich also dort, wo sich i und i^* schneiden, mithin wo die Grenzverzinsung des im Bestand gebundenen Kapitals dem Kalkulationszinsfuß entspricht. Im selben Alter erreicht auch der Bodenertragswert nach Faustmann (1849) sein Maximum (Johansson und Löfgren, 1985).

Bis auf den Kalkulationszins, der extern vorgegeben wird, müssen alle anderen Bestandteile des Weiserprozents aus dem Bestandesmodell hergeleitet werden. Hier wird der Kalkulationszins mit 1,5 % veranschlagt (Möhring, 2014), dieser befindet sich im Bereich des in der deutschen Forstökonomie Üblichen (Griess und Knoke, 2013; Holec und Hanewinkel, 2006). In der Modellierung wird das gesamte Bestandesleben von der Pflanzung bis zur planmäßigen Endnutzung, deren Zeitpunkt in Fünfjahresschritten zwischen 5 und 140 Jahren zur Suche des Optimums variiert wird, abgebildet. Der Bestand wird, wie im Normalwaldmodell auch, einmal im Alter 15 geläutert und ab einem Dg von 12 cm alle fünf Jahre durchforstet. Die Bodenbruttorente wird als Annuität aus dem Kapitalwert berechnet, welcher wiederum aus dem sich über das Bestandesleben

erstreckenden Zahlungsstrom gebildet wird. Damit wird ein finanzmathematisch richtig berechneter durchschnittlicher jährlicher Deckungsbeitrag der forstlichen Produktion erzeugt (Möhring et al., 2006). Der Wertzuwachs V' bezieht sich auf die Zunahme des Abtriebswertes, der gemäß dem zugrundeliegenden Wachstumsmodell zum betrachteten Zeitpunkt innerhalb eines Jahres zu erzielen ist.

Die Risikokosten werden ebenso als Differenz zwischen dem risikofreien Planergebnis und dem stochastisch zu erwartenden Ergebnis gemäß der Berechnung von Möllmann und Möhring (2017) ermittelt. Dies gilt sowohl für den risikobehafteten Wertzuwachs V' des vorhandenen Bestandes als auch für die ebenfalls risikobehaftete Bodenbruttorente Ir des Nachfolgebestandes. Hingegen wird der Abtriebswert, der den Zustand zum Zeitpunkt der Ernteentscheidung darstellt, als sicher angesehen. Eine grundlegende Modellannahme ist, dass der Bestand nur in Gänze, nicht in Teilflächen, ausfallen kann. Dabei kann man sich einen Bestand auch als sehr kleine räumliche Einheit etwa in der Größe der Kronenschirmfläche eines erntereifen Baumes vorstellen. Ferner wird unterstellt, dass der Kalamität nachfolgend eine Aufforstung notwendig ist und dass diese auch erfolgt.

Nach Möllmann und Möhring (2017) berechnet sich der kalamitätsbeeinflusste Erwartungswert des Wertzuwachses $\hat{E}[V'_c]$ aus der Wertdifferenz zwischen dem aktuellen und dem erwarteten Abtriebswert im folgenden Jahr. Dabei sind zwei verschiedene Wertzuwächse möglich, abhängig davon, ob eine Kalamität eintritt oder nicht. Die jeweiligen Wertzuwächse werden mit der aus der Überlebensfunktion abgeleiteten Eintrittswahrscheinlichkeit gewogen.

Um zu berechnen, wie hoch der Erwartungswert der Bodenbruttorente $\hat{E}[I_r]$ für eine gegebene Umtriebszeit ist, müssen alle Annuitäten berücksichtigt werden, die bei dieser gesetzten Umtriebszeit möglich sind. Dies umfasst das frühere Ausscheiden des Bestandes durch eine Kalamität, das kalamitätsbedingte Ausscheiden im Endnutzungsalter und die reguläre Endnutzung. Abbildung 3 zeigt beispielhaft alle möglichen Nachsteuerannuitäten, die bei einer regulären Umtriebszeit von 100 Jahren erreicht werden können. Dabei wurde einmal die Regelbesteuerung und einmal die Vergünstigungen des §34b EStG für Kalamitätsnutzungen angesetzt. Diese verschiedenen Annuitäten müssen mit den anteiligen Flächen unter der Überlebensfunktion S gewichtet werden. Dies wird in Abbildung 4 veranschaulicht. Die Annuität, die erzielt wird, wenn ein Bestand regulär im Alter 100 endgenutzt wird, wird wie folgt gewichtet: Es ist der Flächeninhalt des dunkelblau umrandeten Rechtecks zu berechnen und durch die Summe der Flächeninhalte aller Rechtecke zu teilen (Staupendahl und Möhring, 2011). Dies berücksichtigt, dass neben der Eintrittswahrscheinlichkeit auch die Dauer der Produktion berücksichtigt werden muss (Möllmann und Möhring, 2017). Sowohl die Annuitäten als auch die Wahrscheinlichkeiten müssen für jede in Frage kommende planmäßige Umtriebszeit separat berechnet werden, wobei alle naturalen und finanziellen Kennwerte jeweils in Fünfjahresschritten ab Pflanzung bis zum planmäßigen Endnutzungsalter berechnet werden.

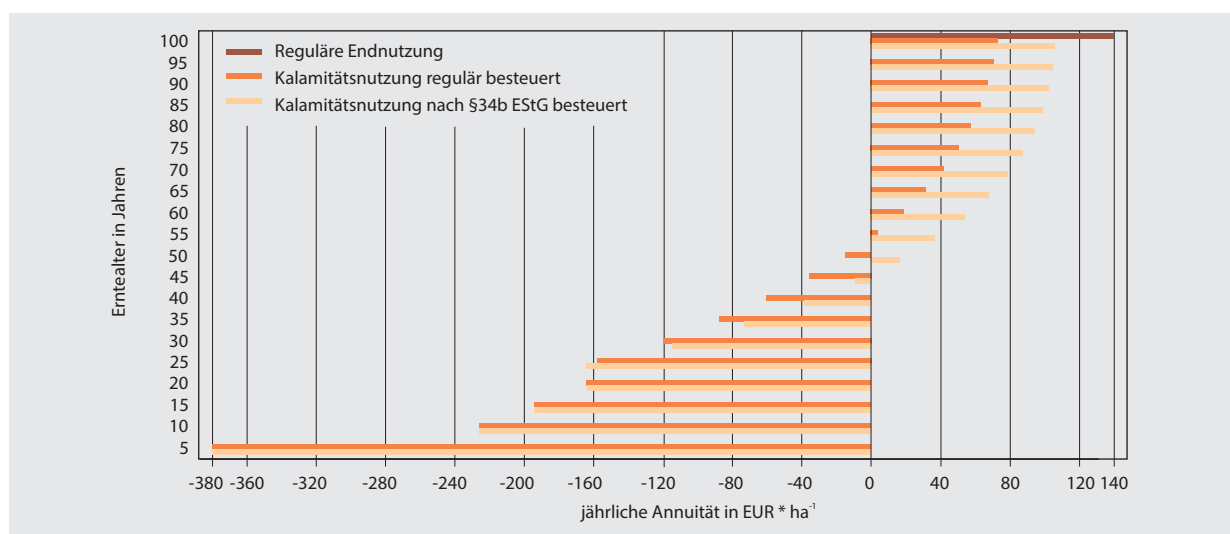


Abbildung 3

Nachsteuerannuitäten, die erzielt werden, wenn die forstliche Produktion eines Bestands entweder durch eine reguläre Endnutzung im Alter 100 oder durch eine Kalamität im auf der Y-Achse dargestellten Alter beendet wird. Die Einkünfte aus Kalamitätsendnutzung werden einmal regulär besteuert und einmal mit den Erleichterungen des §34b EStG besteuert dargestellt.

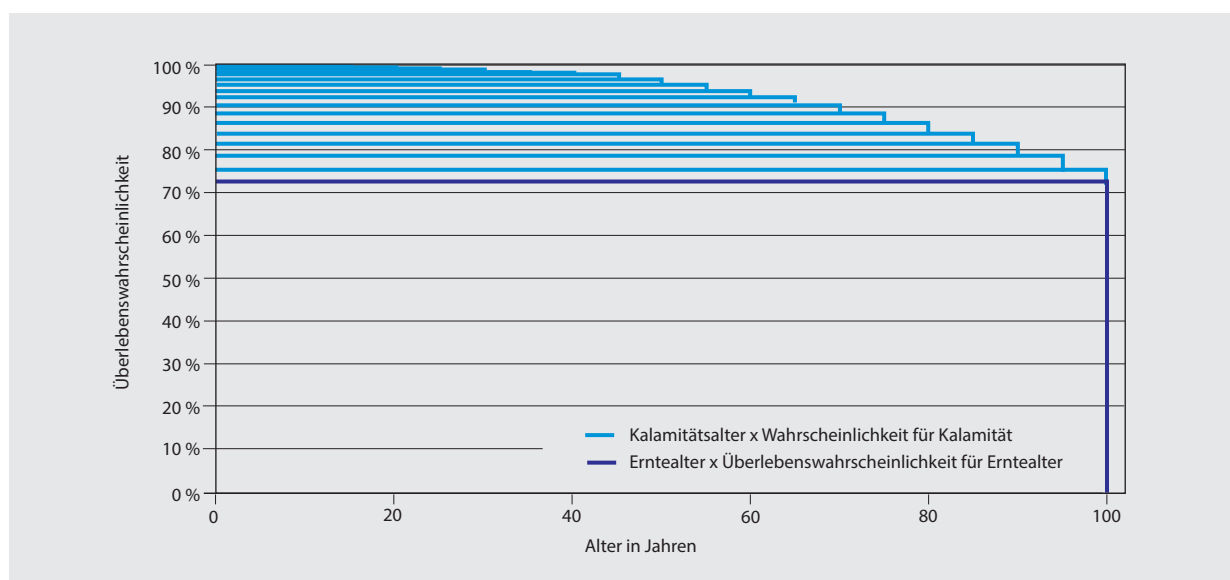


Abbildung 4

Veranschaulichung altersgewichteten Wahrscheinlichkeiten für Fichte unter der Überlebenskurve mit $S_{100} = 0,726$ und $\alpha = 2,78$ (Staupendahl und Möhring, 2011). Die altersgewichtete Wahrscheinlichkeit bestimmt man, indem die Ausfallwahrscheinlichkeit (Y-Achsenabschnitt) mit dem jeweiligen Alter multipliziert (Flächeninhalt eines Rechtecks) und sie zur Summe aller Flächeninhalte ins Verhältnis setzt.

Die Besteuerung findet in dem Modell vor der zur Annuitätenberechnung notwendigen Diskontierung statt. Dabei wird der Steuersatz τ für die Einkünfte aus Durchforstungen und planmäßiger Endnutzung angewendet, die Einkünfte aus Kalamitätsendnutzungen werden mit $\frac{\tau}{2}$ besteuert. Diskontiert wird mit dem Nachsteuerkalkulationszins i_{τ} (Klemperer, 1996), mit dem auch die Annuität gebildet wird. Dieser Nachsteuerkalkulationszins berechnet sich unter der

Annahme, dass auch die Kapitalerträge dem jeweiligen Einkommensteuersatz unterliegen, wie folgt:

$$i_{\tau} = i * (1 - \tau) \quad (5)$$

Mit der Anwendung von τ auf den Kalkulationszins wird implizit unterstellt, dass alternativ die Kapitalerträge aus Betriebsvermögen erzielt werden und nicht aus

Privatvermögen. Die Optimalitätsbedingung des Preßler'schein Weiserprozent unter Einschluss von Risiko und Steuern wie folgt umformuliert werden:

$$i_{\tau} \geq i_{\tau}^* = \frac{\hat{E}[V'_{c,\tau}] - \hat{E}[lr_{c,\tau}]}{V_{\tau}} \quad (6)$$

Dabei stehen $\hat{E}[V'_{c,\tau}]$ für den Erwartungswert des Wertzuwachses nach Steuer, $\hat{E}[lr_{c,\tau}]$ für den Erwartungswert der Bodenrente nach Steuer und V_{τ} für den Wert des Bestandes nach Steuer. Da die Verschiebung des Endnutzungsalters eine Grenzinvestition darstellt, ist auch der Steuersatz hier als ein Grenzsteuersatz zu verstehen.

4.2 Darstellung der Umtriebszeitveränderung

In Abbildung 5 wird der Verlauf des um Risiko- und Steuerwirkung erweiterten Preßler'schen Weiserprozent über dem Bestandesalter dargestellt. Dabei wird das steuerfreie Weiserprozent durch die fallenden, schwarzen und das besteuerte durch die fallenden, grauen Kurven dargestellt. Die gepunkteten waagrechten Linien stellen den jeweiligen Kalkulationszins dar. Ohne die Einkommensteuer liegt dieser bei 1,5 % und mit Einkommensteuer bei 0,75 % ($\tau = 50\%$). Die optimalen Erntezeitpunkte liegen jeweils im Schnittpunkt der fallenden Weiserprozente mit dem jeweiligen Kalkulationszins und sind durch Kreise in der Abbildung markiert.

Zunächst ist zu erkennen, dass durch die Besteuerung der optimale Erntezeitpunkt nach hinten verschoben wird. Weiterhin ist zu erkennen, dass sowohl mit als auch ohne Steuer die Bedingung $i^* \leq i$ unter Risiko früher erfüllt ist, denn das risikobehaftete Weiserprozent (strich-punktiert)

schneidet den Kalkulationszins zeitlich vor dem risikofreien Weiserprozent (durchgezogen). Altersrisiken, wie sie hier modelliert wurden, führen demnach „vor“ und auch „nach“ der Steuer ceteris paribus zu einer Verkürzung der ökonomisch optimalen Umtriebszeit.

Die grau-gestrichelte Kurve stellt schließlich das besteuerte und risikobehaftete Weiserprozent unter Einbezug der Regelungen des §34b EStG dar. Aus dem neuen Schnittpunkt mit dem Kalkulationszins wird deutlich, dass diese Regelung zu einer Herausziehung des ökonomisch optimalen Erntezeitpunkts führt. Die durch das Altersrisiko bedingte Vorverlegung des Erntezeitpunkts wird durch die Entlastungswirkung des §34b EStG in Teilen wieder zurückgenommen.

Die Veränderung des Weiserprozents durch Risiken und Steuern lässt sich durch deren Einbeziehung erklären. Sowohl der Wertzuwachs V' als auch der Abtriebswert V werden beide im Gegensatz zur Bodenrente lr mit dem Faktor $(1 - \tau)$ reduziert. Würde dies auch für die Bodenrente gelten, hätte die Besteuerung keine Auswirkung auf das Weiserprozent (Formel 6). Jedoch wird der steuerbereinigte Kalkulationszins bereits bei der Bildung des Kapitalwerts und der Annuitätenbildung verwendet. Durch dieses Vorgehen verringert sich die Bodenrente lr weniger stark als sie es durch den Faktor $(1 - \tau)$ tun würde. Durch die im Vergleich zu den anderen Komponenten relativ größere Bodenrente lr verringert sich das Weiserprozent.

5 Diskussion

Ob Risikokosten aus der Waldbewirtschaftung zu einem relevanten Anteil durch die steuerliche Entlastung des §34b EStG vom Staat übernommen werden, kann nicht allgemeingültig

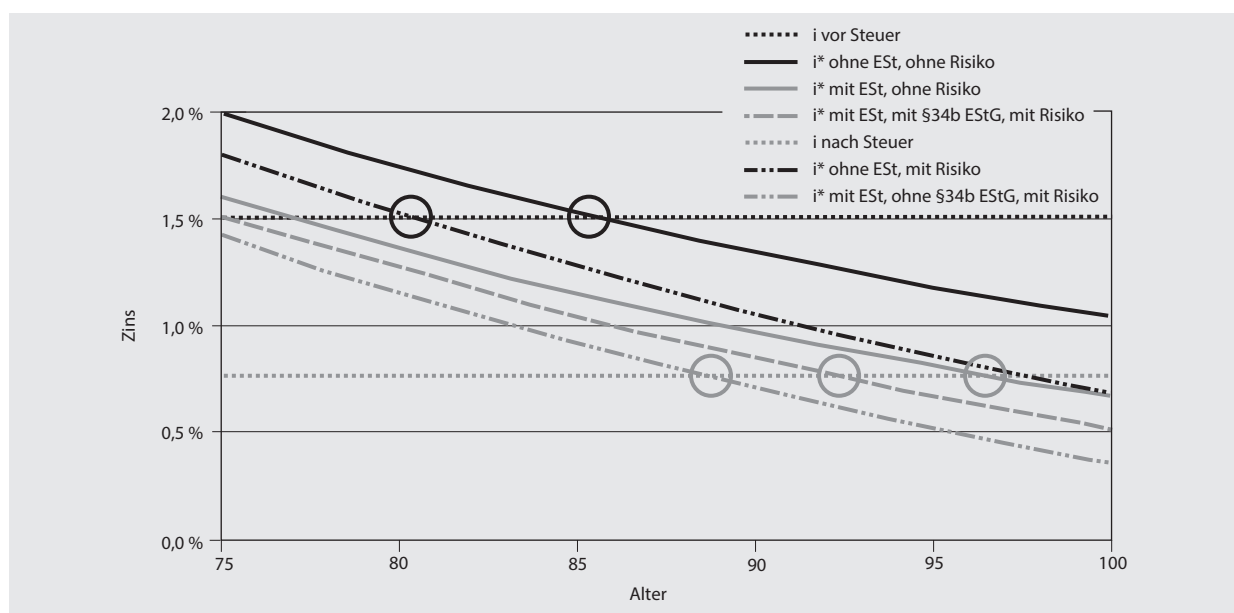


Abbildung 5

Das um Risiko- und Steuerwirkung erweiterte Preßler'sche Weiserprozent i^* und der Kalkulationszins i in Abhängigkeit von der Existenz von Risiken, Einkommensteuer und der steuerlichen Reduktion im Kalamitätsfall durch den §34b EStG. Der Steuersatz τ liegt bei 50 %, berechnet für die Baumart Fichte mit $S_{100} = 0,726$ und $\alpha = 2,78$

beantwortet werden. Wie die Ergebnisse zeigen, hängt die Stärke der Entlastung der Einkünfte aus Forstwirtschaft von der Höhe des Schadensausmaßes und des Steuersatzes τ ab. Hypothese 1 kann damit nur in Abhängigkeit dieser Faktoren verworfen oder angenommen werden. Bei den hier vorgestellten Beispielrechnungen kommt es in Fällen, in denen die Holzpreisänderung unter 40 % liegen und der Steuersatz über 30 %, zu einer Reduktion der Risikokosten von über 20 %. Dieser Anteil kann sicher als relevant angesehen werden. Hinzu kommt, dass in dem Beispiel der steuerliche Nutzungssatz nicht überschritten wird. Sollte dieser bspw. durch stark schwankende Kalamitätsanfälle überschritten werden, würde dies bei einem Teil des Schadholzes zu einer weiteren Halbierung des Steuersatzes und somit zu zusätzlichen Entlastungen führen. Das kommt vor allem bei größeren Kalamitäten vor, wohingegen es bei alljährlichen Risiken, wie etwa bei Käferlöchern mit verstreutem Hiebsanfall, nur selten der Fall sein dürfte. Damit tritt diese weitere Entlastung tendenziell in Verbindung mit stärkerer Belastung auf. Da größere Kalamitätsholzanfälle auf den Holzmärkten potenziell durch ein erhöhtes Holzangebot zu geringeren Holzpreisen führen, dürfte dieser begünstigende Effekt in der betrieblichen Wirklichkeit jedoch abgeschwächt werden.

Eine Aussage über die absolute Höhe der Entlastung der privaten Forstwirtschaft in Deutschland durch die steuerliche Begünstigung im Kalamitätsfall zu treffen ist aufgrund des Steuergeheimnisses nicht so einfach möglich. Jedoch werden der Wissenschaft durch die statistischen Ämter des Bundes und der Länder Daten zu Verfügung gestellt. Dies geschieht in Form der „Faktisch anonymisierten Daten aus der Lohn- und Einkommensteuerstatistik 2010 (FAST 2010)“ (Forschungsdatenzentrum, 2017). Dieser und frühere Datensätze wurden zu unserer Kenntnis bisher nicht im Hinblick auf die Entlastungswirkung der deutschen Privatforstwirtschaft durch den §34b EStG analysiert. Es steht zu vermuten, dass der Entlastungsumfang erheblich ist und bspw. die in der Literatur (Holthausen et al., 2004) beschriebene geringe Versicherungsnachfrage bei Waldbesitzern nach Sturmschadensversicherungen zumindest teilweise erklärt. Hier gilt es zudem zu bedenken, dass Waldeigentümer, insbesondere bei Großkalamitäten, auch mit einer zusätzlichen Förderung rechnen können (Hartebrodt et al., 2007).

Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen, dass es Fälle gibt, in denen die Risikokosten überwiegend auf den Staat übertragen werden. Dies kann, wie im Fichten-Eichen-Vergleich gezeigt, ein Anreiz sein, Baumarten auf Standorten anzubauen, wo sie ohne die steuerlichen Erleichterungen ökonomisch nicht sinnvoll wären. Jedoch ist bei dem Vergleich zu bedenken, dass die Liquidität bei einem Reinertragsmodell nicht berücksichtigt wird. Ist die Frage der Liquidität bei einer Anlage entscheidend, so sind frühere Rückflüsse aus der Investition durch Kalamitätsnutzungen positiv zu sehen. Die genannten möglichen Auswirkungen auf die Baumartenwahl werden auch so von Nürnberger et al. (2013) beschrieben. Zudem beschreiben sie auf Grundlage ihrer Modelle, dass auch das Durchforstungsregime angepasst und risikofreudiger wird.

Mit Blick auf die zweite Hypothese zeigen die Ergebnisse, dass bei den für die deutschen Hauptbaumarten üblichen Altersrisiken die Risikoübernahme *ceteris paribus* zu einer Verlängerung der Umtriebszeit führt. Hypothese 2 kann also angenommen werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die ökonomische Wirkung des §34b EStG ambivalent ist. So entspricht die Verlängerung der Umtriebszeit und mithin auch die Erhöhung der Holzvorräte vielfach gesellschaftlichen Ansprüchen. Beispielsweise ist nach der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt der Bundesregierung eine Erhöhung von Alt- und Totholz erwünscht (Küchler-Krischun, 2007). Alt- und Totholz sollen demnach bis 2020 „in ausreichender Menge und Qualität“ vorhanden sein. Zudem erhöhen ältere Waldbestände mit dickeren Bäumen den Erholungswert von Waldbeständen (Edwards et al., 2012). Auch die gesellschaftliche Anforderung zur Kohlenstoffbindung im Wald wird von älteren Wäldern besser erfüllt als von jüngeren (Schober, 1995; Houghton, 2005). Eine Erhöhung der Umtriebszeit durch steuerliche Regelungen und auch die damit einhergehende größere Risikoexposition trägt damit zu der Erfüllung einer Vielzahl von gesellschaftlichen Zielen bei. Auf der anderen Seite besteht aber auch der Anreiz des Anbaus von nicht standortgerechten Baumarten, wie dies von Nürnberger et al. (2013) kritisiert wird.

Ein weiterer Aspekt der Übertragung von Risikokosten auf den Staat mit forstpolitischer Bedeutung ist der bereits erwähnte mögliche Einfluss auf das Versicherungsverhalten von Waldeigentümern. Sauter et al. (2016) konnten experimentell nachweisen, dass die Zahlungsbereitschaft für Waldschadensversicherungen deutlich zurückgeht, wenn es bei Kalamitäten Steuererleichterungen oder Förderungen von staatlicher Seite gibt. Dazu passt die Feststellung von Holthausen et al. (2004), dass Waldschadensversicherungen in Deutschland kaum verbreitet sind. Jedoch kann es für den Staat Vorteile bringen, wenn Katastrophenhilfe über Versicherungen erfolgt. So würde beispielsweise die Förderung von Versicherungen zu stetigen und im Haushalt planbaren Ausgaben führen. Zudem könnte diese dafür sorgen, dass mehr und mehr Fläche versichert wird, sodass die Versicherungen günstiger werden und ein höherer Versicherungsstand erreicht wird. Damit würde auch der Bedarf an staatlicher Katastrophenhilfe zurückgehen (Holecy und Hanewinkel, 2006; Brunette et al., 2015). Zudem käme die Wirkung einer direkten Förderung der Waldschadensversicherung den Waldbesitzern unabhängig von der jeweiligen Höhe des Einkommensteuersatzes zu Gute.

6 Schlussfolgerungen

Bei kalamitätsbedingten Holzeinschlägen führt der §34b EStG aufgrund der verminderten Einkommensteuersätze zu einer Risikoübertragung auf den Staat. Er mildert damit nicht nur die negative betriebliche Wirkung der Risiken und stärkt so den forstlichen Sektor finanziell, sondern beeinflusst auch die Gestaltung des Waldes. Inwieweit die hier aufgezeigten Effekte gewünscht sind, bzw. in Kauf

genommen werden, ist eine Frage der forstpolitischen Zielsetzung, deren Analyse nicht explizites Ziel dieser Studie war.

Danksagung

Ein Dank gilt Professor Dr. Martin Moog und Sebastian Ohrmann für wichtige Anregungen, sowie dem Waldklimafonds für die Finanzierung im Rahmen des Projekts DSS RiskManagement (Förderkennzeichen: 28WB401503).

Literaturverzeichnis

- Bayerisches Landesamt für Steuern (2014) Vereinfachungsregelungen bei der Feststellung der Betriebseigenschaft und der Kaufpreisaufteilung bei Veräußerung von Forstflächen [online]. Zu finden in <https://www.finan-zamt.bayern.de/Informationen/download.php?url=Informationen/Steuerinfos/Zielgruppen/Land-_und_Forstwirte/2014_10_14_Betriebseigenschaft_und_Kaufpreisaufteilung.pdf> [zitiert am 25.01.2017]
- Blomberg M von, Volckens F, Möhring B (2016) Ergebnisse aus dem BB-Forstbetriebsvergleich 2015. *Allg Forstztg* 71(23):35–38
- Bodelschwingh H von (unpublished) Ökonomische Potentiale von Waldbeständen und deren Berücksichtigung bei strategischen Entscheidungen: Konzeption und Abschätzung im Rahmen einer Fallstudie in hessischen Staatswaldflächen. Göttingen : Univ
- Brunette M, Holec J, Sedlak M, Tucek J, Hanewinkel M (2015) An actuarial model of forest insurance against multiple natural hazards in fir (*Abies Alba Mill.*) stands in Slovakia. *For Policy Econ* (55):46–57, DOI 10.1016/j.forpol.2015.03.001
- Burkhardt T, Möhring B, Gerst J (2014) Modeling natural risks in forest decision models by means of survival functions. In: Kant S, Alavalapati JRR (eds) *Handbook of forest resource economics*. London; New York : Routledge, pp 322–340
- Edwards DM, Jay M, Jensen FS, Lucas B, Marzano M, Montagné C, Peace A, Weiss G (2012) Public preferences across Europe for different forest stand types as sites for recreation. *Ecol Society* 17(1), DOI 10.5751/ES-04520-170127
- Faustmann M (1849) Berechnung des Werthes, welchen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen. *Allg Forst-Jagdztg* 21(12):441–455
- Finckenstein BG (1997) Die Besteuerung privater Forstbetriebe : der Einfluß der Besteuerung auf betriebliche Entscheidungen. Frankfurt a M : Sauerländer, 155 p, *Schr Forst- Umweltökon* 14
- Forschungsdatenzentrum (2017) Datenangebot Lohn- und Einkommenssteuerstatistik 2010 [online]. Zu finden in <<http://www.forschungsdatenzentrum.de/bestand/lest/suf/2010/index.asp>> [zitiert am 23.01.2018]
- Griess VC, Knoke T (2013) Bioeconomic modeling of mixed Norway spruce—European beech stands : economic consequences of considering ecological effects. *Eur J Forest Res* 132(3):511–522, DOI 10.1007/s10342-013-0692-3
- Grochla E, Wittmann W (1976) *Handwörterbuch der Betriebswirtschaft*. Stuttgart : Poeschel
- Hartebrodt C, Holthausen N, Bitz S (2007) Versicherungslösungen als Bestandteil des Risikomanagements in Forstbetrieben. *Allg Forst-Jagdztg* 178(5/6):98–108
- Hechtner F, Kruschwitz L, Löffler A, Möllmann TB (2015) Faustmann und der Einfluss von Steuern. *Allg Forst-Jagdztg* 186(5/6):116–124
- Holec J, Hanewinkel M (2006) A forest management risk insurance model and its application to coniferous stands in southwest Germany. *For Policy Econ* 8(2):161–174, DOI 10.1016/j.forpol.2004.05.009
- Holthausen N, Hanewinkel M, Holec J (2004) Risikomanagement in der Forstwirtschaft am Beispiel des Sturmrisikos. *Forstarchiv* 75:149–157
- Houghton RA (2005) Aboveground forest biomass and the global carbon balance. *Global Change Biol* 11(6):945–958, DOI 10.1111/j.1365-2486.2005.00955.x
- Johansson P-O, Löfgren K-G (1985) *The economics of forestry and natural resources*. Oxford : Blackwell, 292 p
- Klemperer WD (1996) *Forest resource economics and finance*. New York : McGraw-Hill, 551 p
- Küchler-Krischun J (2007) Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt : vom Bundeskabinett am 7. November beschlossen. Berlin : BMU, 178 p
- Kurth H, Gerold D, Ulbricht R (1994) *Forsteinrichtung : nachhaltige Regelung des Waldes*. Berlin : Dt Landwirtschaftsverl, 592 p
- Loisel P (2014) Impact of storm risk on Faustmann rotation. *Forest Policy Econ* 38:191–198, DOI 10.1016/j.forpol.2013.08.002
- Möhring B (1994) Über ökonomische Kalküle für forstliche Nutzungsentscheidungen : ein Beitrag zur Förderung des entscheidungsorientierten Ansatzes der forstlichen Betriebswirtschaftslehre. Frankfurt a M : Sauerländer, 217 p, *Schr Forst-Umweltökonom* 7
- Möhring B (2014) Gibt es einen „richtigen“ Zinssatz bei der forstlichen Wertermittlung? *Wertermittlungsforum* 32(2):72–78
- Möhring B, Rüping U, Leefken G, Ziegeler M (2006) Die Annuität : ein „missing link“ der Forstökonomie. *Allg Forst-Jagdztg* 177(2):21–29
- Möllmann TB, Möhring B (2017) A practical way to integrate risk in forest management decisions. *Ann For Sci* 74(4):63, DOI 10.1007/s13595-017-0670-x
- Neuner S, Albrecht A, Cullmann D, Engels F, Griess VC, Hahn WA, Hanewinkel M, Härtl F, Kölling C, Staupendahl K, Knoke T (2015) Survival of Norway spruce remains higher in mixed stands under a dryer and warmer climate. *Global Change Biol* 21(2):935–946, DOI 10.1111/gcb.12751
- Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (2010) *Der WaldPlaner 2.0* [online]. Zu finden in <<https://www.nw-fva.de/?id=216>> [zitiert am 25.01.2018]
- Nürnberg K, Hahn WA, Rößiger J, Knoke T (eds) (2013) *Unerwünschte Effekte der Einkommensteuergesetzgebung auf die Wahl waldbaulicher Alternativen : eine Simulationsstudie aus der Sicht eines risikomeidenden Entscheiders* [online]. Zu finden in <<http://ageconsearch.umn.edu/record/156102/>> [zitiert am 25.01.2018]
- Preßler M (1860) Zur Verständigung über den Reinertragswaldbau und sein Betriebsideal 1. *Allg Forst-Jagdztg* 36:41–55
- Sauter PA, Möllmann TB, Anastassiadis F, Mußhoff O, Möhring B (2016) To insure or not to insure? Analysis of foresters' willingness-to-pay for fire and storm insurance. *Forest Policy Econ* (73):78–89, DOI 10.1016/j.forpol.2016.08.005
- Schelhaas M-J (2008) *Impacts of natural disturbances on the development of European forest resources : application of model approaches from tree and stand levels to large-scale scenarios*. Joensuu : Univ, 28 p, *Dissertationes Forestales* 56
- Schober R (1995) *Ertragstabellen wichtiger Baumarten*. Frankfurt a M : Sauerländer, 166 p
- Staupendahl K (2011) Modellierung der Überlebenswahrscheinlichkeiten von Waldbeständen mithilfe der neu parametrisierten Weibull-Funktion. *Forstarchiv* 82(1):10–19
- Staupendahl K, Möhring B (2011) Integrating natural risks into silvicultural decision models : a survival function approach. *Forest Policy Econ* 13(6):496–502, DOI 10.1016/j.forpol.2011.05.007
- Staupendahl K, Zucchini W (2011) Schätzung von Überlebensfunktionen der Hauptbaumarten auf der Basis von Zeitreihen der Rheinland-Pfälzischen Waldzustandserhebung. *Allg Forst-Jagdztg* 182(7/8):129–145
- Vievers MC (2001) Kreditausfallrisiken in Banken : eine Analyse zur Duplizierung und Bewertung von Krediten und Kreditbestandteilen in Optionsansätzen. Lohmar : Eul, 408 p, *Finanzierung Kapitalmarkt Banken* 1

Danksagung an die Gutachter 2016 und 2017

Manuskripte, die zur Veröffentlichung eingereicht werden, durchlaufen einen Begutachtungsprozess. Herausgeber und Schriftleitung danken den Gutachtern für diese wichtige Unterstützung.

Dr. Nicole Adler, Dessau-Roßlau
Dr. Isabel Alvarez-Fernandez, Gijon
Prof. Dr. Christian Ammer, Göttingen
Prof. Dr. Emilia Bagnicka, Magdalenka
Dr. Lisa Baldinger, Trenthorst
Dr. Kerstin Barth, Trenthorst
Dr. Zsolt Beczkei, Belgard
Dr. Gero Benckiser, Gießen
Dr. Shana Bergmann, München
Dr. Jutta Berk, Celle
Prof. Dr. Heinz Bernhardt, München
Dr. Lisa Biber-Freudenberger, Bonn
Prof. Dr. Franz Bischof, Amberg
Prof. Dr. Josef Böhm, Wien
Dr. Herbert Borchert, Freising
Dr. Christine Brandt, Rostock
Prof. Dr. Horst R. Brandt, Gießen
Prof. Dr. Rainer Duttman, Kiel
Dr. Bettina Eichler-Löbermann, Rostock
Prof. Dr. Christoph Emmerling, Trier
Prof. Dr. Thomas Garbe, Coburg
Dr. Dinu Gavojdan, Caransebes
Dr. Hubertus Gay, Paris
Prof. Dr. Martina Gerken, Göttingen
Dr. Angelika Häussermann, Kiel
Dr. Berthold Heinze, Wien
Dr. Martin Hofmann, Göttingen
Dr. Stephanie Hoy, Gießen
Prof. Dr. Jürgen Hummel, Göttingen
Dr. Udo Jäckel, Berlin
Prof. Dr. Josef Kamphuis, Hannover
Dr. Nina Keil, Ettenhausen
Dr. Holger Kluth, Halle
Prof. Dr. Andrea Knierim, Hohenheim
Prof. Dr. Istvan Komlosi, Debrecen
Prof. Dr. Volker Krömker, Hannover

Acknowledgements to the reviewers in 2016 and 2017

Manuscripts submitted for publication undergo a peer review process. The publisher and editors would like express their gratitude to the colleagues listed below who acted as reviewers during the period 2016 to 2017.

Dr. Björn Kuhla, Dummerstorf
Dr. Uwe Langner, Halle
Prof. Dr. Uwe Latacz-Lohmann, Kiel
Dr. Heike Liesebach, Großhansdorf
Dr. Gabriele Mack, Ettenhausen
Dr. Ulrich Meyer, Braunschweig
Prof. Dr. Reinhard Mosandl, München
Prof. Dr. Axel Munack, Braunschweig
Dr. Thea van Niekerk, Wageningen
Dr. Visa Nuutinen, Jokioinen
Prof. Dr. Constantin Pascal, Iasi
Dr. Hans Paulsen, Trenthorst
Prof. Dr. Miroslava Rajcaniova, Nitra
Prof. Dr. Heinz Roehle, Tharandt
Dr. Jörg Römbke, Flörsheim
Dr. Regina Rößler, Göttingen
Dr. Pascal Savary, Ettenhausen
Dr. Jens Schaak, Hamburg
Prof. Dr. Frieder Schauer, Greifswald
Prof. Dr. Hans Schenkel, Hohenheim
Dr. Volker Schneck, Waldsiedersdorf
Prof. Dr. Friedrich Schöne, Jena
Dr. Silvio Schüler, Wien
Dr. Kai-Uwe Schwarz, Braunschweig
Prof. Dr. Walter Sekot, Wien
Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum, Bonn
Prof. Dr. Kerstin Svennersten-Sjaunja, Lund
Michael Tietze, Dresden
Dr. Hana Valenta, Braunschweig
Prof. Dr. Martin Wähner, Bernburg
Prof. Dr. Gerd Wessolek, Berlin
Dr. Stephan Wirth, Müncheberg
Prof. Dr. Nicole Wrage-Mönnig, Rostock
Dr. Nazanin Zamani-Noor, Braunschweig
Dr. Monika Zehetmeier, München
Prof. Dr. Annette Zeyner, Halle

Inhalt Content

- Jens Hepper
Geschichtliche Betrachtung der agrarischen Unterrichtsmethodik
111 Historical analysis of agricultural education methods
- Jan Hendrik Moos, Stefan Schrader, and Hans Marten Paulsen
Reduced tillage enhances earthworm abundance and biomass in organic farming: A meta-analysis
Reduzierte Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau fördert die Abundanz und Biomasse von
123 Regenwürmern: Eine Meta-Analyse
- Gerhard Flachowsky, Ingrid Halle, Anna S. Schultz, Hubertus Wagner, and Sven Dänicke
Long term study on the effects of iodine sources and levels without and with rapeseed cake in the diet on the performance and the iodine transfer into body tissues and eggs of laying hens of two breeds
Langzeit-Studie zum Einfluss von Jodquellen und -mengen ohne und mit Rapskuchen im Futter auf Leistung
129 und Jodtransfer in Körperproben und Eier von Legehennen aus zwei Herkunftsn
- Endre Kovács, Susanne Mitro, Károly Tempfli, Petra Zenke, Ákos Maróti-Agóts, László Sáfár, Ágnes Bali Papp,
and András Gáspárdy
A specific selection programme is required in the autochthonous Cikta Sheep which is endangered by own frequent ARQ prion haplotype?
Ist für das autochthone Cikta-Schaf, das durch einen eigenen, häufig auftretenden ARQ Prion Haplotyp gefährdet
141 ist, ein spezielles Zuchtprogramm erforderlich?
- Daniel Zaborski, Witold S. Proskura, Wilhelm Grzesiak, Iwona Szatkowska, and Magdalena Jędrzejczak-Silicka
Use of random forest for dystocia detection in dairy cattle
147 Nutzung von Random Forest zur Detektion der Dystokie bei Milchvieh
- Torsten Möllmann und Bernhard Möhring
Zur Bedeutung und ökonomischen Wirkung verminderter Steuersätze bei außerordentlicher Holznutzung gemäß des § 34b EStG
155 Importance and economic effect of reduced income tax rates on wood in cases of calamities
- Danksagung – Acknowledgements**

Landbauforschung
*Applied Agricultural
and Forestry Research*

Herausgeber · Editor
Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

Vol. 67

No. 3/4 · 12.2017

Preis · Price 8 €

ISSN 0458-6859