



UNIVERSITÄT
HOHENHEIM

Abschlussbericht

Projekt

Tanninhaltige Ackerfuttermittel als Komponenten der Endoparasiten-Bekämpfung bei kleinen Wiederkäuern im ökologischen Landbau

Projektlaufzeit 2015 – 2016

Staatshaushaltsplan 2015, Kap. 0803 Tit. 981 78

Projektkoordination: Dr. Sabine Zikeli, Koordination Ökologischer Landbau und Verbraucherschutz

Bearbeitung: Prof. Dr. Anne Valle Zárate, Fg. Tierhaltung und Tierzucht in den Tropen und Subtropen, Institut für Tropische Agrarwissenschaften (Hans-Ruthenberg-Institut)

Prof. Simone Graeff-Hönninger, Fg. Allgemeiner Pflanzenbau, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften

Prof. Dr. Uta Dickhöfer, Fg. Tierernährung und Weidewirtschaft in den Tropen und Subtropen, Institut für Tropische Agrarwissenschaften (Hans-Ruthenberg-Institut)

Eingereicht am 23. Februar 2018

Kurzfassung

Im Rahmen des interdisziplinären Projektes „Tanninhaltige Ackerfuttermittel als Komponenten der Endoparasiten-Bekämpfung bei kleinen Wiederkäuern im ökologischen Landbau“ wurde im Rahmen einer Literaturstudie der Stand des Wissens zur Bedeutung der Züchtung für die Kontrolle von Endoparasiten bei kleinen Wiederkäuern erhoben. Darüber hinaus wurden Gefäß- und Feldversuche durchgeführt, um die Anbaueignung verschiedener Sorten und Genotypen von Chicorée und Esparsette zu prüfen und die Gehalte an bioaktiven Inhaltsstoffen zu bestimmen. Dabei standen die Gehalte an kondensierten Tanninen im Mittelpunkt, da diese für die Kontrolle von Magen-Darm-Nematoden von besonderer Bedeutung sind. Außerdem fanden Verdaulichkeitsuntersuchungen mit dem Probenmaterial dieser Genotypen und Sorten statt, um deren Futterwert in Abhängigkeit von ihrer Eignung zur Endoparasitenbekämpfung zu ermitteln.

Die Zielsetzung der Literaturstudie war, den Stand des Wissens über die Möglichkeiten der Resistenzzüchtung auf MDN zusammenzufassen und notwendige Schritte für die Implementierung der Integration der Resistenz in die genetische Verbesserung kleiner Wiederkäuer in Deutschland zu identifizieren. Die Studie kam zu folgenden Ergebnissen: Eine Voraussetzung für die Auswahl von resistenten Rassen und die Selektion resistenter Individuen als Eltern für die nächste Generation ist, dass die (relative) Resistenz gegen Infektionen mit MDN genetisch bedingt ist. Obwohl die genetische Architektur der Resistenz bislang noch nicht vollständig entschlüsselt ist, weisen die meisten Studien auf die Beteiligung von Prozessen hin, die mit der immunologischen Abwehrreaktion verbunden sind. Generell wird angenommen, dass die genetische Grundlage der Resistenz polygen ist und sich von Rasse zu Rasse unterscheidet. In Europa wurden im letzten Jahrzehnt jedoch kaum Studien zu Unterschieden zwischen Ziegen oder Schafrassen in der Resistenz gegen Infektionen mit MDN durchgeführt. Ein Bericht aus Frankreich aus dem Jahr 2001 hat gezeigt, dass ausgeprägte Rasseunterschiede in der Ausscheidung von Wurmeiern vermutlich mit Unterschieden im Fressverhalten zusammenhängen. Dies deutet darauf hin, dass neben der Immunreaktion auch genetisch bedingte Verhaltensaspekte („Selbstmedikation“) zur Resistenz beitragen, welche jedoch nicht in Versuchen erfasst werden können, bei denen Tiere künstlich infiziert werden und eine Standardfütterung erhalten. Während die Heritabilität für Resistenz bei Schafen bekannt ist und die Merkmale systematisch erfasst und in gewerbliche Zuchtprogramme integriert wurden, ist die Datenverfügbarkeit für Ziegen gering.

Im Rahmen der pflanzenbaulichen Untersuchungen wurden jeweils fünf aktuell verfügbare Chicorée- und fünf Esparsette-Sorten im Feldversuch unter ökologischen Anbaubedingungen geprüft, ein Teil dieser Sorten wurde außerdem in On-Farm-Versuchen auf zwei Landwirtschaftsbetrieben in Baden-Württemberg angebaut. Basierend auf den Ergebnissen der Feldversuche wurden die Chicorée-Sorten Puna II, Commander und Puna aufgrund ihrer guten pflanzenbaulichen Eigenschaften, ihrer Eignung als Futterpflanze und ihrer Gehalte an bioaktiven Inhaltsstoffen als „sehr gut“ eingestuft. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt keine Aussage über die Winterhärte dieser Sorten getroffen werden. Bei der Esparsette wurden die Sorten Perdix und Somborne mit „sehr gut“ bewertet. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Bewertungen für beide Kulturen auf einjährigen Versuchsergebnissen beruhen und weitere Untersuchungen notwendig sind, um abschließende Anbauempfehlungen geben zu können.

Neben den Feldversuchen wurden mit Chicorée—und Esparsette-Genotypen aus Genbanken Gefäßversuche durchgeführt, um die Spannweite der bioaktiven Inhaltsstoffe zu erfassen. Dabei zeigte sich, dass sowohl bei der Esparsette als auch beim Chicorée Genotypen existieren, die hohe Gehalte an kondensierten Tanninen und/oder Rohrprotein aufweisen und damit für weitere Züchtungsarbeiten in Frage kommen.

Hinsichtlich einer möglichen antiparasitären Wirkung bei guter Verdaulichkeit scheint die Fütterung von Chicorée- und Esparsette-Sorten mit mittleren und hohen Konzentrationen an Gesamtphenolen und Gesamtanninen und gleichzeitig hoher Gesamttraktverdaulichkeit der organischen Substanz und hohen Gehalten an metabolisierbarer Energie an kleine Wiederkäuer empfehlenswert. Die zeitgleiche Reduktion des ruminalen Proteinabbaus könnte sich zudem positiv auf die Proteinversorgung des Tieres und dessen Stickstoffnutzungseffizienz auswirken. Jedoch sollten die Ergebnisse mit Pflanzenmaterial aus Freilandversuchen sowie in in-vivo-Fütterungsversuchen verifiziert und die Wirksamkeit von Chicorée in der Kontrolle von gastrointestinalen Nematoden geprüft werden.

Zusammenfassend lässt sich eine hohe Futterqualität von Chicorée bestätigen, die chemische Zusammensetzung der einzelnen Sorten hängt dabei stärker vom Erntezeitpunkt als von der Sorte ab. Es sollten daher Sorten mit hohen Biomasseerträgen gewählt und der Effekt der Anbaubedingungen und des Erntezeitpunktes auf die nutritiven Eigenschaften und den Gehalt an antiparasitär wirkenden kondensierten Tanninen dieser Sorten näher untersucht werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Arbeitspaket 1: Literaturstudie zum Stand des Wissens zur Rolle der Züchtung für die Kontrolle von Endoparasiten bei kleinen Wiederkäuern	2
3. Arbeitspaket 2: Esparsette und Chicorée: Tanninhaltige Futtermittel für kleine Wiederkäuer in Baden-Württemberg?	6
3.1. Chicorée (<i>Cichorium intybus</i> L.): Pflanzenbauliche Parameter und Inhaltsstoffe	6
3.1.1 Material und Methoden	6
3.1.2 Ergebnisse und Diskussion	7
3.2. Esparsette (<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop): Pflanzenbauliche Parameter und Inhaltsstoffe	12
3.2.1 Material und Methoden	12
3.2.2 Ergebnisse und Diskussion	13
4. Arbeitspaket 3: Verdaulichkeit und Futterwert	16
4.1 Material und Methoden	16
4.2 Ergebnisse und Diskussion	17
4.2.1 Versuch I	17
4.2.2 Versuch II	21
5. Arbeitspaket 4: Wirksamkeit gegen Endoparasiten	25
6. On-Farm-Versuche	25
6.1. Chicorée	25
6.2 Esparsette	25
7 Experten-Workshop der Universität Hohenheim	26
8 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für weiter führende Projekte	27
9 Literatur	29

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Heritabilität (Schätzwert \pm Standardfehler) von Resistenz gegen Magen-Darm Nematoden bei Schafen (modifiziert nach de la Chevrotière et al. 2011)	4
Tab. 2 Heritabilität (Schätzwert \pm Standardfehler) von Resistenz gegen Magen-Darm Nematoden bei Ziegen (modifiziert nach de la Chevrotière et al. 2011)	6
Tab.3 Rohproteingehalte zum Erntezeitpunkt in den Chicorée-Sorten im Feldversuch in Kleinho-henheim (TM = Trockemasse, FM = Frischmasse)	10
Tab. 4 Ranking der Chicorée-Sorten Puna, Grouse, Choice, Commander und Puna II hinsichtlich ihrer Anbaueignung und ihrer Eignung zur Bekämpfung von Endoparasiten (Ränge 1 – 5 nach Schulnotensystem absteigend)	12
Tab.5 Ranking der Esparsette-Sorten Perdix, Perly, Zeus, Somborne und Visnovsky hinsichtlich ihrer Anbaueignung und ihrer Eignung zur Bekämpfung von Endoparasiten (Ränge 1 – 5 nach Schulnotensystem absteigend)	16
Tab. 6 Futterwert und Produkte des Protein- und Kohlenhydratabbaus nach 24 h in vitro Inkubation verschiedenener Sorten von Esparsette und Chicorée mit unterschiedlichen Konzentrationen an kondensierten Tanninen (Arithmetisches Mittel \pm Standardabweichung)	19
Tab. 7 Korrelationen zwischen der Konzentration (g/100 g Trockensubstanz) an Gesamtphenolen (GP), Gesamttanninen (GT) und kondensierten Tanninen (KT) in unterschiedlichen Chicorée- (n = 26) oder Esparsettesorten (n = 42) mit Parametern des Futterwerts und des Protein- und Kohlenhydratabbaus nach 24 h in vitro Inkubation	21
Tab. 8 Die chemische Zusammensetzung und Gehalte an metabolisierbarer Energie (ME) und verdaulicher organischer Substanz (VOS) der Blätterproben von verschiedenen Chicoréesorten (n = 2 Proben pro Sorte)	22
Tab. 9 Die chemische Zusammensetzung und Gehalte an verdaulicher organischer Substanz (VOS) und metabolisierbarer Energie (ME), und der Effekt des Zusatzes von Polyethylenglycol (PEG) bei der in vitro Inkubation von Blattmaterial unterschiedlicher Chicoréesorten zu zwei verschiedenen Erntezeitpunkten	24

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Einzelpflanzen der Chicorée-Sorten Puna, Grouse, Choice, Commander und Puna II zum Erntezeitpunkt	8
Abb. 2 Verteilung der Gesamtphenolgehalte (TP), der Gesamttanningehalte (T) und der Gehalte an kondensierten Tanninen (CT) in den Genotypen des Gefäßversuchs, n (TP, T) = 34; n (CT) = 31, bezogen auf Trockenmasse nach Trocknung bei 40°C	9
Abb. 3 Gesamtphenolgehalt (TP), Gesamttanningehalt und Gehalt an kondensierten Tanninen (CT) in den Chicorée-Sorten des Feldversuchs (bezogen auf Trockenmasse nach Trocknung bei 40°C, Arithmetisches Mittel und Standardfehler, unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gehalten in den Sorten	10
Abb. 4 Verteilung der Rophproteingehalte (XP), des Gesamtphenolgehalte (TP), der Gesamttanningehalte (TA) und des Gehalts an kondensierten Tanninen (CT) in den Esparsette-Genotypen des Gefäßversuchs, n=32, bezogen auf Trockenmasse nach Trocknung bei 40°C	14
Abb. 5 Rohproteingehalt (XP), Gesamtphenolgehalt (TP), Gesamttanningehalt (TA) und Gehalt an kondensierten Tanninen (CT) in den Esparsette-Sorten des Feldversuchs (bezogen auf Trockenmasse nach Trocknung bei 40°C), arithmetisches Mittel und Standardfehler, unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gehalten in den Sorten	15
Abb. 6 Kumulative Gasbildung für unterschiedliche Chicoréesorten mit niedrigen (n = 9) mittleren (n = 11) und hohen (n = 6) Konzentrationen an kondensierten Tanninen während 24 h in vitro Inkubation (Arithmetisches Mittel ± Standardfehler)	20
Abb.7 Kumulative Gasbildung für unterschiedliche Esparsettesorten mit niedrigen (n = 11) mittleren (n = 15) und hohen (n = 16) Konzentrationen an kondensierten Tanninen während 24 h in vitro Inkubation (Arithmetisches Mittel ± Standardfehler)	20
Abb. 8 Lineare Regression zwischen dem Gehalt an kondensierten Tanninen (KT) und dem Effekt des Zusatzes von Polyethylenglycol (PEG)1 auf die Gasbildung bei der Inkubation von acht verschiedenen Chicoréesorten mit Pansensaft	28

1. Einleitung

Endoparasiten, insbesondere Magen-Darm-Strongyliden, stellen eine große Gefährdung von Nutztieren, insbesondere von kleinen Wiederkäuern, bei Weidegang dar. Die herkömmliche Behandlung erfolgt mit Antiparasitika. Diese zeigen jedoch immer weniger Wirkung, da es mittlerweile bei jedem der verfügbaren Medikamente resistente Parasitenstämme gibt (z.B. Papadopoulos et al., 2012; Jackson et al., 2012; Oliveira et al., 2014), die dann zu einer besonderen Gefahr für die Weidetiere werden. Zudem ist die Rückstandsbelastung der Wiesen und Weiden durch die Antiparasitika nicht zu vernachlässigen (z.B. Lumaret und Errouissi, 2002; Sutherland und Leathwick, 2011; Beynon, 2012). Für Ziegen gibt es in Deutschland zudem kein zugelassenes Mittel gegen Endoparasiten. Hier müssen die Tierärzte aktiv andere Antiparasitika umwidmen und es besteht eine große Gefahr der Unterdosierung. Diese fördert ihrerseits wieder die Ausbildung resistenter Parasitenstämme.

Als eine Möglichkeit, die Widerstandskraft der Weidetiere gegen Endoparasiten zu stärken und auch die Parasiten aktiv zu bekämpfen, wird in verschiedenen wissenschaftlichen Veröffentlichungen die Verfütterung von kondensierten Tanninen genannt (z.B. Hoste et al., 2006; Häring et al., 2007; Houdijk et al., 2012; Fraquelli et al., 2015). Podstatsky (2009) nennt als mögliche Futtermittel u.a. die Gemeine Wegwarte (*Cichorium intybus*), den Gewöhnlichen Hornklee (*Lotus corniculatus*), den Sumpf-Hornklee (*Lotus pedunculatus*) und die Esparsette (*Onobrychis viciifolia*). In der Schweiz gibt es seit mehreren Jahren intensive Forschung zur Verfütterung von Esparsette an kleine Wiederkäuer (Häring et al., 2007; Heckendorn, 2011; Heckendorn et al., 2013; Werne et al., 2013). Inzwischen gibt es ein gemeinsames Projekt „Esparsette – eine wertvolle Futterpflanze für die Schweizer Landwirtschaft“ (www.esparsette.ch) des FIBL mit den Tierzuchtverbänden, dem Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer und verschiedenen Kantonen in der Schweiz. In Großbritannien, Neuseeland und Australien ist die Beweidung von Futterchicorée üblich. Auch dieser hat antiparasitäre Wirkung (z.B. Knight et al., 1996; Marley et al., 2003; Häring et al., 2007; Houdijk et al., 2012).

Die landwirtschaftliche Milchziegen- und -schafhaltung erfolgt in Baden-Württemberg überwiegend nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus. Ebenso gibt es einige ökologisch wirtschaftende Koppelschafhalter. Nach EU-Öko-Verordnung sollten Wiederkäuer so oft wie möglich Weidezugang haben. Damit ist die Bekämpfung von Endoparasiten eine große Herausforderung insbesondere für ökologisch wirtschaftende Betriebe, vor allem, weil derzeit nur allopathische Behandlungsmethoden eingesetzt werden. Deren Anwendung bedeutet für die Betriebe lange Wartezeiten, insbesondere bei der Ziegenmilch (zweimalige Doppelung der Wartezeit wegen Umwidmung und ökologischer Erzeugung). Aus diesem ökonomischen Grund, aufgrund der zunehmenden resistenten Parasitenstämme sowie aus Umweltschutzgründen bestehen zunehmende Forderungen aus der Praxis nach alternativen Behandlungsmethoden.

Ziel des vorliegenden Projektes ist es, erste Erfahrungen mit dem Anbau und der Beweidung tanninhaltiger Ackerfutterpflanzen zu sammeln sowie deren Inhaltsstoffe und ihre Wirkung auf die ruminale Fermentation und Nährstoffverdaulichkeit unter den baden-württembergischen Standortbedingungen zu untersuchen. Daneben wird die Wirkung dieser Futterpflanzen auf den Parasitenbefall der Tiere analysiert. Möglichkeiten genetischer Unterschiede in der Parasitenanfälligkeit und in der Reaktivität auf tanninhaltige Futtermittel werden geprüft. Das Projekt besteht aus vier Arbeitspaketen: 1. Literaturstudie zum Stand des Wissens zur Rolle der Züchtung für die Kontrolle von Endoparasiten bei kleinen Wiederkäuern, 2. Genotypenscreening und Anbauversuche zu Chicorée und Esparsette sowie Analyse der Inhaltsstoffe, 3. Verdaulichkeitsuntersuchungen zu Chicorée und Esparsette und 4. Wirksamkeit gegen Endoparasiten (parasitologische Untersuchungen).

2. Arbeitspaket 1: Literaturstudie zum Stand des Wissens zur Rolle der Züchtung für die Kontrolle von Endoparasiten bei kleinen Wiederkäuern

Durch Magen-Darm Nematoden verursachte Infektionen beeinträchtigen weltweit sowohl die Tiergesundheit als auch die Wirtschaftlichkeit der Ziegen- und Schafhaltung. Insbesondere Ziegen und Schafe mit Weidezugang sind davon betroffen, da die Larven während des Weidens aufgenommen werden. Vor allem die ökologische Haltung kleiner Wiederkäuer innerhalb der EU ist aufgrund des vorgeschriebenen Weidezugangs sowie des begrenzten Einsatzes von allopathischer Medizin betroffen. Zusätzlich zum erforderlichen Herden- und Weidemanagement sind phytomedizinische Behandlungsformen wie das Füttern von Tannin-reichen Pflanzen zur Bekämpfung von endoparasitären Infektionen verbreitet. Aufgrund des Problemdrucks und der Gefahr einer Koevolution von resistenten Nematodengattungen ist ein ganzheitlicher Ansatz für die Bewältigung von Infektionen mit Magen-Darm Nematoden (MDN) erforderlich. Gemäß der EG Verordnung Nr. 889/2008 „sollte bei der Auswahl der Rassen ihrer Fähigkeit zur Anpassung an die Umweltbedingungen, ihrer Vitalität und ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten Rechnung getragen werden“. Auch deswegen ist die Züchtung auf Resistenz gegen Magen-Darm Nematoden von großer Bedeutung.

Im Rahmen dieses Projektes wurde eine umfangreiche Literaturstudie (>130 Publikationen) über die Optionen der genetischen Verbesserung der Resistenz kleiner Wiederkäuer gegen MDN durchgeführt. Studien über Ziegen und Schafe wurden untersucht, von denen die meisten aus (sub)tropischen Ländern stammten und auf Versuchstationen durchgeführt wurden. Die Zielsetzung der Literaturstudie war, den Stand des Wissens über die Möglichkeiten der Resistenzzüchtung auf MDN zusammenzufassen und notwendige Schritte für die Implementierung der Integration der Resistenz in die genetische Verbesserung kleiner Wiederkäuer in Deutschland zu identifizieren. Ausgehend von der Definition geeigneter Merkmale für die züchterische Bearbeitung wurden Rasseunterschiede und die Möglichkeiten der Kreuzungszucht untersucht. Sodann wurden Untersuchungen über Heritabilitäten und genetische Korrelationen zusammengestellt, um die Möglichkeiten der Selektion einschätzen zu können. Darüber hinaus wurden molekulargenetische Ansätze ausgewertet und Erkenntnisse über die wirtschaftliche und organisatorische Machbarkeit von Zuchtprogrammen mit Berücksichtigung der Resistenz gegen MDN-Befall ausgewertet, um Schlussfolgerungen ziehen zu können.

Eine Voraussetzung für die Auswahl von resistenten Rassen und die Selektion resistenter Individuen als Eltern für die nächste Generation ist, dass die (relative) Resistenz gegen Infektionen mit MDN genetisch bedingt ist. Obwohl die genetische Architektur der Resistenz bislang noch nicht vollständig entschlüsselt ist, weisen die meisten Studien auf die Beteiligung von Prozessen hin, die mit der immunologischen Abwehrreaktion verbunden sind (de la Chevrotière et al. 2011; McManus et al. 2014). Generell wird angenommen, dass die genetische Grundlage der Resistenz polygen ist und sich von Rasse zu Rasse unterscheidet.

Die erste Entscheidung für die Initiierung eines Programms zur genetischen Verbesserung ist die Wahl einer geeigneten Rasse. Insbesondere unter tropischen Bedingungen zeigten lokale im Vergleich zu importierten Ziegen- und Schafassen eine bessere Resistenz und/oder Resilienz und Toleranz gegen Infektionen mit MDN (Baker und Gray 2004; de la Chevrotière et al. 2011). In Europa wurden im letzten Jahrzehnt kaum Studien zu Unterschieden zwischen Ziegen oder Schafassen in der Resistenz gegen Infektionen mit MDN durchgeführt. Ein Bericht aus Frankreich aus

dem Jahr 2001 hat gezeigt, dass ausgeprägte Rasseunterschiede in der Ausscheidung von Wurmeiern vermutlich mit Unterschieden im Fressverhalten zusammenhängen (Hoste et al. 2001). Dies deutet darauf hin, dass neben der Immunreaktion auch genetisch bedingte Verhaltensaspekte („Selbstmedikation“) zur Resistenz beitragen, welche jedoch nicht in Versuchen erfasst werden können, bei denen Tiere künstlich infiziert werden und eine Standardfütterung erhalten.

Die Selektion auf Resistenz innerhalb einer Rasse wird als ein nachhaltiger Ansatz zur Verbesserung der Resistenz gegen Infektionen mit MDN angesehen (McManus et al. 2014). Neben der Zahl von Parasiteneiern im Kot, die nicht nur eine Resistenz gegen Infektionen mit MDN anzeigt sondern auch die Ausscheidung der Pathogene, müssen zusätzlich auch andere Merkmale bezüglich Resilienz und Toleranz berücksichtigt werden. Ganzheitliche Ansätze befassen sich mit dem Erhalt der Leistungsfähigkeit des Tieres trotz eines Befalls und der Reduzierung der Gefahr einer Koevolution der Parasiten.

Voraussetzung für die selektive Züchtung ist eine ausreichend hohe Heritabilität (h^2) eines Merkmals. Für Schafe, insbesondere Merinos, gibt es zahlreiche Studien zur Heritabilität von Nematodenresistenz (Tabelle 1). Safari et al. (2005) berechnete einen gewichteten Mittelwert der Heritabilität von $h^2 = 0.27 \pm 0.02$ für Kotuntersuchungen von Schafen. Dieser Wert ist ähnlich der Werte für die Heritabilität von Wachstums- und Schlachtkörpermerkmale.

Während die Heritabilität für Resistenz bei Schafen bekannt ist und die Merkmale systematisch erfasst und in gewerbliche Zuchtprogramme integriert wurden, ist die Datenverfügbarkeit für Ziegen gering. Für Ziegen konnten wir lediglich neun Studien (Tab. 2) identifizieren, für die wir einen gewichteten Schätzwert von $h^2 = 0,15 \pm 0,35$ ermittelt haben. Der große Standardfehler deutet darauf hin, dass die Schätzwerte ungenau sind und von Studie zu Studie schwanken. Dennoch kann angenommen werden, dass etwa 15% der phänotypischen Varianz auf der additiv genetischen Variation zwischen Individuen beruht. Die meisten Schätzwerte für Heritabilitäten deuten darauf hin, dass eine genetische Selektion auf Resistenz gegen Infektionen mit MDN bei Ziegen und insbesondere bei Schafen möglich ist.

Tab. 1 Heritabilität (Schätzwert \pm Standardfehler) von Resistenz gegen Magen-Darm Nematoden bei Schafen (modifiziert nach de la Chevrotière et al. 2011)

Zone ¹	Rasse	n	Heritabilität	Land	IT ²	Referenz
TEMP	INRA401 (weibliche Lämmer 6-12 mo)	300	0.39 bis 0.48 0.11 bis 0.47	Frankreich	AI (Hc) AI (Tc)	Gruner et al. 2004
TEMP	¼ Martinique Black Belly x ¾ Romane (3-4 mo)	987	0.21±0.06	Frankreich	AI	Assenza et al. 2014
TEMP	Rhoen (7 mo)	131	0.44±0.11	Deutschland	NI	Gauly and Erhardt 2001
TEMP	Rhoen Merinoland	133 244	0.35±0.14 0.17±0.07	Deutschland	AI	Gauly et al. 2002
TEMP	Merino (7-10 mo)	109	0.49±0.17	Ungarn	AI	Sréter et al. 1994
TEMP	Diverse Zweinutzungsrasen und Kreuzungen	>100k	0.19±0.01	Neuseeland	NI	Pickering et al. 2012
TEMP	Perendale (5.5 mo)	n.a.	0.22±0.03	Neuseeland	NI	Morris et al. 2005
TEMP	Romney (weibliche Lämmer)	363	0.34±0.19	Neuseeland	NI	Watson et al. 1986
TEMP	Romney (männliche Lämmer)	891	0.14±0.07	Neuseeland	NI	McEwan et al. 1992
TEMP	Romney Linien divergent selektiert nach Kotuntersuchung (nach dem Absetzen)	n.a. n.a. 33,314	0.42±0.06 0.35±0.02 0.26±0.01	Neuseeland	NI	Morris et al. 1997a Morris et al. 2004 Morris et al. 2010
TEMP	Polish longwool (<7 mo)	659	0.20 to 0.33	Polen	NI	Bouix et al. 1998
TEMP	Texel, 6 (farm 1) mo (farm 2)	2,677 716	0.20 to 0.26 0.24 to 0.45	Vereinigtes Königreich	NI	Bishop et al. 2004
TEMP	Scottish Blackface	n.a.	0.33±0.15	Vereinigtes Königreich	NI	Davies et al. 2005

Zone	Rasse	n	Heritabilität	Land	IT ²	Referenz
TEMP	Soay (<4 mo)	381	0.26±0.12	Vereinigtes Königreich	NI	Beraldi et al. 2007
	(>4 mo)	962	-			
TEMP	Blueface Leicester x Scottish Blackface (6.5 mo)	1,025	0.20±0.08	Vereinigtes Königreich	NI	Wolf et al. 2008
TEMP	Lleyn (strongyles)	1,225	0.21±0.09	Vereinigtes Königreich	NI	Ceyhan et al. 2015
	(nematodes)	771	0.15±0.10			
TEMP	½ Dorset, ¼ Rambouillet, ¼ Finnsheep (weibliche Lämmer)	386	0.19	USA	AI	Vanimisetti et al. 2004
		196	0.31			
SUB	Merinomutter x diverse Vatterassen (Lämmer nach dem Absetzen)	647	0.24	Australien	NI	Afolayan et al. 2009
SUB	Merino (4-5 mo)	882	0.26±0.09	Australien	AI	Albers et al. 1987
SUB	Merino	n.a.	0.29±0.03	Australien	AI	Woolaston and Piper 1996
SUB	Merino (Absatzlämmer) (Jungschafe)	2,237	0.40±0.06	Australien	NI	Greef and Karlsson 1997
			0.22±0.07			
SUB	Merino	n.a.	0.39±0.05	Australien	AI	Woolaston and Windon 2001
SUB	Merino (Jährlinge) (Jungschafe)	16,669	0.21±0.02	Australien	NI	Khusro et al. 2004
			5,110			
SUB	Merino (nach dem Absetzen)	>1,100	0.28±0.07	Australien	NI	Pollot et al. 2004
SUB	Merino (Jährlinge) (Jungschafe)	5,880	0.31±0.06	Australien	NI	Brown et al. 2010
		10,991	0.41±0.05			

n.a.: nicht verfügbar. ¹gemäßigte Zone, TEMP; subtropische Zone, SUB; tropische Zone, TROP. ²Infektionsart, IT: natürliche Infektion, NI; künstliche Infektion, AI (Hc = *Haemonchus contortus*; Tc = *Trichostrongylus colubriformis*).

Tab. 2 Heritabilität (Schätzwert \pm Standardfehler) von Resistenz gegen Magen-Darm Nematoden bei Ziegen (modifiziert nach de la Chevrotière et al. 2011)

Zone ¹	Rasse	n	Heritabilität	Land	IT ²	Referenz
TEMP	Kaschmir Kreuzung (12-18 mo)	830	0,17 \pm 0,02	Vereinigtes Königreich	NI	Vagenas et al. 2002
SUB	Australische Angora (6-7 mo)	608	0,12 \pm 0,08	Australien	AI-NI	Bolormaa et al. 2010
SUB	Saanen (laktierende Ziegen)	1.161	0,05 \pm 0,03	Neuseeland	NI	Morris et al. 1997b
TROP	Fijian	n.a.	0,04 \pm 0,03	Fidschi	NI	Woolaston et al. 1992
TROP	Galla + Small East African (8 mo)	367	0,20 \pm 0,14	Kenia	NI	Baker et al. 2001
TROP	Barbari (weibliche Ziegen, 2-18 mo)	250	0,13 \pm 0,04	Indien	NI	Mandal and Sharma 2008
TROP	Creole (10 mo) (11 mo)	1.202 1.835	0,33 \pm 0,06 0,21 \pm 0,03	Guadeloupe	NI	Mandonnet et al. 2001 de la Chevrotière et al. 2012
n.a.: nicht verfügbar. ¹ gemäßigte Zone, TEMP; subtropische Zone, SUB; tropische Zone, TROP. ² Infektionsart, IT: natürliche Infektion, NI; künstliche Infektion, AI.						

3. Arbeitspaket 2: Eparsette und Chicorée: Tanninhaltige Futtermittel für kleine Wiederkäuer in Baden-Württemberg?

3.1. Chicorée (*Cichorium intybus* L.): Pflanzenbauliche Parameter und Inhaltsstoffe

3.1.1 Material und Methoden

Die Untersuchungen zur Anbaueignung und zu relevanten Inhaltsstoffen von Chicorée (*Cichorium intybus*) wurden in einem Gefäßversuch mit 36 Genotypen (Sorten und Wildherkünften) und einem Feldversuch mit 5 eingetragenen Sorten im Rahmen der Masterarbeit von Beck (2015) durchgeführt.

Die Genotypen, die im Gefäßversuch eingesetzt wurden, stammten aus den Beständen der Genbank Gatersleben (IPK) sowie vom Margot Forde Forage Germplasm Centre (Palmerston, Neuseeland). Der Gefäßversuch wurde randomisiert in dreifacher Wiederholung unter Freilandbedingungen an der Universität Hohenheim angelegt. Die Aussaat erfolgte am 06.05.2015, die Ernte am 16.07.2015. Nach der Ernte wurden die Frischmasse der Pflanzen sowie die Anzahl der Blätter und die Gesamtblattfläche bestimmt. Anschließend wurde das Pflanzenmaterial bei 40°C getrocknet und die Trockenmasse bestimmt.

Der Feldversuch wurde in Kleinhohenheim, dem ökologisch bewirtschafteten Teil der Versuchstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim angelegt. Dabei wurden die folgenden Chicorée-Sorten eingesetzt: Puna II (BSV), Choice (Freudenberger), Commander (Eric Schweizer), sowie Grouse und Puna (PGG Wrighton Seeds, Neuseeland). Die ausgewählten Sorten unterschieden sich vor allem in ihrer Winterhärte, was für den Anbau in Baden-Württemberg von großer Bedeutung ist. Der Versuch wurde als Lateinisches Quadrat angelegt.

Die Aussaat erfolgte am 08.05.2015 mit einer Aussaatstärke von 8 kg ha⁻¹. Während der Versuchsdauer wurde die Entwicklung der Pflanzen (BBCH-Stadien) erhoben. Die Ernte erfolgte am 07.07.2015 in Form von Quadratmeterschnitten. Nach der Bestimmung der Frischmasse wurden die Pflanzen bei 40°C getrocknet und die Trockenmasse bestimmt.

Die getrockneten Proben wurden anschließend auf 1 mm gemahlen um die Stickstoffkonzentration, den Gesamtphenolgehalt, den Gesamtanningehalt und den Gehalt an kondensierten Tanninen (KT) zu bestimmen. Die Stickstoffkonzentration wurde nach einer Kalibrierung mit Hilfe der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) ermittelt, der Gesamtphenolgehalt sowie der Gesamtanningehalt wurden nach Folin-Ciocalteu (Makkar et al., 1993) untersucht und die kondensierten Tannine nach der Methode von Porter et al. (1985) gemessen. Aus der Stickstoffkonzentration wurde anschließend der Rohproteingehalt mit folgender Formel berechnet: Rohprotein (% TM) = N(% TM) * 6.25.

3.1.2. Ergebnisse und Diskussion

Die Genotypen im Gefäßversuch liefen zum Teil sehr unregelmäßig auf, je nach Herkunft keimten in den Gefäßen zum Teil keine oder nur wenige Pflanzen bzw. die Pflanzenentwicklung verlief sehr langsam. Da dies insbesondere bei Herkünften aus wärmeren Klimaregionen wie Italien, Griechenland, Kroatien, Tadschikistan, Indien und Uruguay auftrat, ist anzunehmen, dass die Temperaturen während der Keimung bzw. der Jugendentwicklung der Pflanzen zu niedrig waren, um einen gleichmäßigen Auflauf zu gewährleisten. Während der Versuchszeit begannen einige Genotypen direkt zu blühen, was bei anderen nicht festgestellt werden konnte. Außerdem waren die Genotypen durch eine große Diversität in ihrer Morphologie (Aussehen der Blätter gezähnt - rund, Wuchstyp aufrecht oder ausladend) geprägt. Während der Versuchsdauer wurden die Pflanzen von Blattläusen befallen, die mit einem Insektizid bekämpft wurden. Darüber hinaus waren einzelne Pflanzen von Mehltau befallen. Grundsätzlich kann von der Pflanzenentwicklung und Ertragsbildung in einem Gefäßversuch nur sehr eingeschränkt auf die Eignung im Feld geschlossen werden, allerdings zeigte eine Wildherkunft aus Deutschland eine sehr gute Pflanzenentwicklung, kein Schossen oder verfrühtes Blühen und eine hohe Biomasseproduktion mit 101 g Frischmasse pro Pflanze. Da anzunehmen ist, dass dieser Genotyp aufgrund seiner Herkunft ausreichende Winterhärte besitzt, könnten sich hier gute Möglichkeiten für weitere Züchtungsarbeiten ergeben.

Im Feldversuch entwickelten sich die Bestände gleichmäßig (Abb. 1), wobei die Sorte Grouse in den ersten Wochen einen kleinen Entwicklungsvorsprung zeigte. Diese Sorte wies aufgrund ihres aufrechten Wuchses auch die höchste Pflanzenhöhe zur Ernte auf, begann jedoch teilweise bereits zu schossen, was aufgrund der hohen Rohfasergehalte in den Stängeln und des dadurch verminderten Futterwertes nicht erwünscht ist (McCutcheon et al., 2012). Obwohl im Versuchsjahr hohe Temperaturen und niedrige Niederschläge auftraten, entwickelten sich die Bestände im Feld gut und zeigten weder Krankheits- noch Insektenbefall, ähnlich wie in anderen Feldversuchen (Häring et al., 2008; Steffen, 2014). Alle Sorten waren konkurrenzstark gegenüber Verunkrautung, wobei hier ausladend wachsende Sorten wie Puna der aufrecht wachsenden Sorte Grouse überlegen waren.

Die Blattmasse und die Pflanzenhöhe nahmen sehr schnell zu, so dass unter den Versuchsbedingungen ca. sieben Wochen nach der Aussaat eine erste Futternutzung hätte stattfinden können. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Steffen (2014) überein, der für Chicorée-Bestände eine erste Futternutzung sechs Wochen nach der Aussaat empfiehlt. Weder die Frischmasse- noch Trockenmasseerträge der Sorten unterschieden sich signifikant, die Trockenmasseerträge lagen zwischen 35,9 und 38,6 dt ha⁻¹. Unter optimaler Beweidung kann Chicorée Trockenmasseerträge von 60 bis 90 dt ha⁻¹ in den ersten Anbaujahren erreichen (EBLEX Division, Agriculture and Development Board, 2013), wobei für Deutschland Erträge von ca. 80 dt ha⁻¹ a⁻¹ dokumentiert sind (Steffen, 2014). Da im Jahr der Bestandsetablierung mit einer weiteren Ernte gerechnet werden kann, stimmen die vorliegenden Versuchsergebnisse mit denen anderer Autoren überein. In den Folgejahren konnten in anderen Studien z.B. in der Schweiz Erträge von bis zu 128 dt ha⁻¹ mit der Sorte Puna (4 Schnitte, Häring et al., 2008) erreicht werden. Inwieweit solche Erträge auch am Standort Kleinhohenheim möglich sind, kann im Rahmen dieses Vorhabens jedoch nicht abschließend beurteilt werden.



Abb. 1 Einzelpflanzen der Chicorée-Sorten Puna, Grouse, Choice, Commander und Puna II zum Erntezeitpunkt

Der Rohproteingehalt der im Gefäßversuch angebauten Genotypen war signifikant mit dem Entwicklungsstadium der Pflanzen korreliert und lag zwischen 8,9 % und 29,7 % in der Trockenmasse (TM), wobei Pflanzen, die noch keine Stängelbildung zeigten, Rohproteingehalte von 21,1 % aufwiesen, während Pflanzen, die bereits schossten, nur noch 12,4 % Rohprotein (XP) enthielten.

Der Gesamtphenolgehalt lag zwischen 1,07 % und 4,61 % in der Trockenmasse, mit einem Median bei 2,68 % (Abb.2). Es bestand keine statistisch signifikante Abhängigkeit zwischen Gesamtphenolgehalt und Entwicklungsstadium der Pflanzen. Die Gehalte an kondensierten Tanninen unterschieden sich signifikant ($p < 0,001$) zwischen den Genotypen und hingen signifikant ($p < 0,1$) vom Entwicklungsstadium der Pflanze ab, wobei Genotypen im schossenden Stadium mit die höchsten Gehalte an kondensierten Tanninen aufwiesen. Dabei erreichten die Gehalte insgesamt Werte zwischen 0,15 % i. d. TS und 3,23 % i. d. TS. Bei drei Genotypen konnten mit den angewandten Methoden keine kondensierten Tannine nachgewiesen werden. Im Ranking der Genotypen aus dem Gefäßversuch zeigte die Sorte Puna II die höchsten Gehalte an kondensierten Tanninen, sehr hohe Gehalte an Gesamtphenolen und hohe Frisch- und Trockenmasseerträge, gefolgt

von der oben genannten Wildherkunft aus Deutschland. Beide Genotypen sind daher für weitere Forschungsarbeiten zu empfehlen.

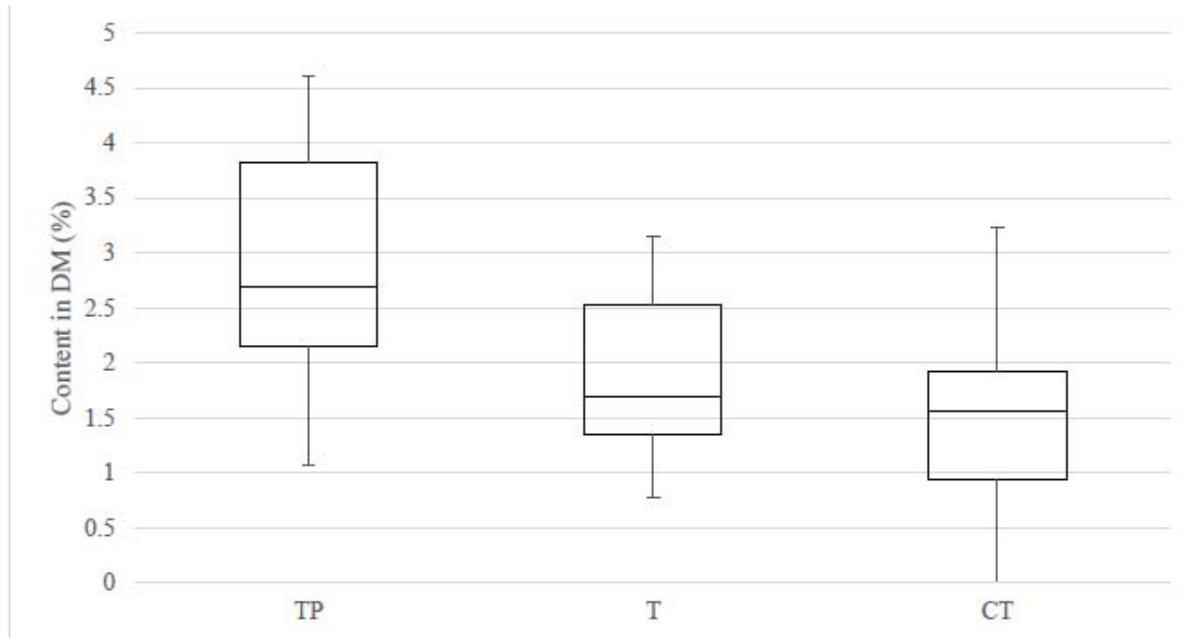


Abb. 2 Verteilung der Gesamtphenolgehalte (TP), der Gesamttanningehalte (T) und der Gehalte an kondensierten Tanninen (CT) in den Genotypen des Gefäßversuchs, n (TP, T) = 34; n (CT) = 31, bezogen auf Trockenmasse nach Trocknung bei 40°C

Im Feldversuch zeigten die Sorten zwar Unterschiede im Rohproteingehalt, diese waren jedoch nicht signifikant. Die Sorte Puna II wies dabei die höchsten Rohproteingehalte auf (Tab. 3). Die Gesamtphenolgehalte in den Sorten unterschieden sich signifikant voneinander (Abb. 3), wobei die Sorte Puna die höchsten Gehalte mit 3.14 % i. d. TS zeigte. Die Gesamttanningehalte lagen zwischen 1.55 % für 'Choice' und 1.90 % für 'Puna' (TM), wobei sich nur die Sorte 'Choice' signifikant von den anderen Sorten unterschied ($p < 0.05$). Die Gehalte an kondensierten Tanninen in den Sorten waren nicht signifikant unterschiedlich und reichten von 1.99 % i. d. TS bis 2.36 % i. d. TS (Abb. 3).

Der Gehalt an Rohprotein der Pflanze hängt bei Chicorée vor allem vom Entwicklungsstadium der Pflanze ab, weniger vom Genotyp bzw. von der Sorte. Andere Studien zeigen ähnliche Ergebnisse wie die vorliegende Arbeit. So fand Arrigo (2012) z.B. bei 'Puna' im 2. Anbaujahr einen Rohproteingehalt von 14.9 %, ähnlich wie Steffen (2014), während Sanderson et al. (2003) in Pennsylvania zu unterschiedlichen Schnitzeitpunkten im Mai, Juni und September Rohproteingehalte von 20.0 %, 18.1 % und 15.2 % i. d. TS dokumentierte. Entsprechend wies die Sorte 'Grouse' aufgrund ihrer schnelleren Pflanzenentwicklung im vorliegenden Versuch die niedrigsten Rohproteingehalte auf.

Tab.3. Rohproteingehalte zum Erntezeitpunkt in den Chicorée-Sorten im Feldversuch in Kleinohenheim (TM = Trockemasse, FM = Frischmasse)

Sorte	Rohproteingehalt % TM	Rohproteingehalt g Aufwuchs FM m ⁻²
Puna II	20,2 ± 0,9	77,6
Commander	19,1 ± 0,9	68,7
Grouse	15,6 ± 0,7	56,0
Choice	17,0 ± 0,8	62,0
Puna	18,0 ± 0,8	68,4

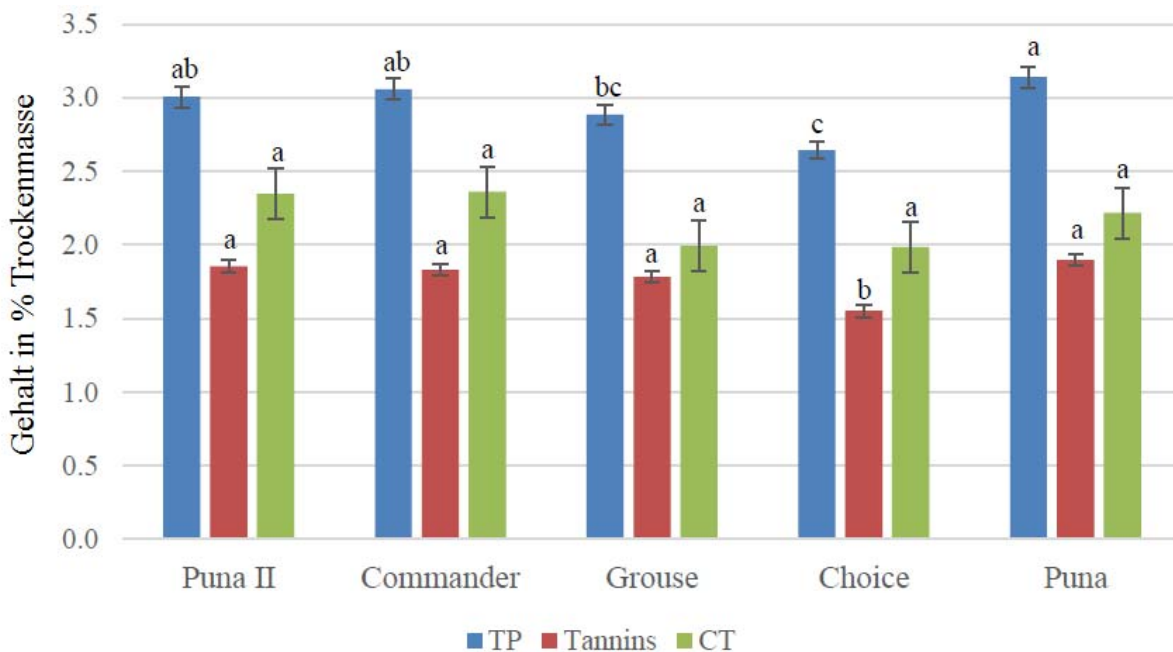


Abb. 3 Gesamtphenolgehalt (TP), Gesamtanningehalt und Gehalt an kondensierten Tanninen (CT) in den Chicorée-Sorten des Feldversuchs (bezogen auf Trockenmasse nach Trocknung bei 40°C, Arithmetisches Mittel und Standardfehler, unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gehalten in den Sorten)

Generell waren die Gehalte an kondensierten Tanninen sowohl in den Chicorée-Genotypen im Gefäßversuch als auch im Feldversuch - gemessen an denen anderer Futterpflanzen wie Esparsette - niedrig (2 – 4,5 % TM). Aus Sicht der Fütterung ist dies positiv zu bewerten, da hohe Gehalte an kondensierten Tanninen die Futteraufnahme verringern (Aerts et al., 1999). Außerdem konnte in Tierstudien nachgewiesen werden, dass bereits eine Fütterung mit Chicorée, der lediglich einen Gehalt von 0,31% an kondensierten Tanninen aufwies, eine Reduktion der Eizahl im Kot beim Befall von *Haemonchus contortus* erreicht wurde (Heckendorn, 2007). Allerdings ist die Studienlage noch unklar, da zwar Versuche mit Chicorée durchgeführt werden, häufig aber Angaben zu

den Gehalten an kondensierten Tanninen fehlen oder die Angaben zu den bekämpften Parasiten unspezifisch sind. Neben den kondensierten Tanninen kommt in Chicorée auch die Stoffgruppe der Sesquiterpenlactone vor, die in *in-vitro*-Studien ebenfalls eine antihelminthische Wirkung erzielen konnten (Foster et al., 2011). In der vorliegenden Studie wurde diese Stoffgruppe jedoch nicht untersucht, so dass hier noch weiterer Forschungsbedarf besteht.

Die in der vorliegenden Studie gemessenen Gehalte an kondensierten Tanninen in Chicorée waren deutlich höher als die in anderen Arbeiten, in denen in Chicorée lediglich Gehalte von 0.3 % (Heckendorn et al., 2007; Min und Hart, 2003), 0.5 % (Häring et al., 2008), 0.7 % (Arrigo, 2012) und 0.8 % in DM (Tzamaloukas et al., 2006) gefunden wurden. Zwar wird in den meisten Arbeiten die Extraktions- und Analysemethode nach Porter et al. (1985) angewandt, jedoch werden die Proben häufig unterschiedlich aufbereitet (gefriergetrocknet, Ofentrocknung bei unterschiedlichen Temperaturen), so dass eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht immer gewährleistet ist. Außerdem können die extremen Wetterbedingungen im Versuchsjahr zu höheren Gehalten an kondensierten Tanninen geführt haben, da erhöhte Gehalte an phenolischen Verbindungen in Pflanzen mit hohen Temperaturen einhergehen (Rivero et al., 2001).

Um die im Feldversuch eingesetzten Sorten abschließend auf ihre Anbaueignung in Baden-Württemberg und auf ihre potentielle Wirksamkeit zur Bekämpfung von Endoparasiten zu vergleichen, wurde ein Ranking durchgeführt (Tab. 4). Die Kriterien des Rankings waren die Pflanzenentwicklung (Auflauf, Jugendentwicklung, Wuchshabitus) als wichtiger pflanzenbaulicher Parameter, der Biomassertrag und der Rohproteingehalt zur Bewertung der Eignung als Futterpflanze sowie der Gesamtphenolgehalt und der Gehalt an kondensierten Tanninen als Schätzgrößen für die Wirksamkeit in der Endoparasitenbekämpfung. Bei fast allen Kriterien wurde die Sorte 'Puna II' sehr positiv bewertet. Die Sorte 'Commander' zeigte zwar eine schwächere Pflanzenentwicklung, wies jedoch hohe Gesamtphenolgehalte und hohe Gehalte an kondensierten Tanninen auf, ebenso wie die Sorte Puna, die außerdem hohe Biomasserträge erzeugte. Die Sorte Grouse wurde besonders aufgrund ihrer Neigung zum Schossen, ihrer geringeren Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern sowie den niedrigen Gesamtphenolgehalten und den geringen Gehalten an kondensierten Tanninen als weniger gut geeignet klassifiziert, ebenso wie die Sorte Choice.

Basierend auf den Ergebnissen des Feldversuches (pflanzenbaulichen Eigenschaften, Eignung als Futterpflanze, Gehalte an bioaktiven Inhaltsstoffen) wurden die Sorten Puna II, Commander und 'Puna' als „sehr gut für den Anbau geeignet“ klassifiziert. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt keine Aussage über die Winterhärte dieser Sorten getroffen werden. Um abschließende Anbauempfehlungen geben zu können, müssen diese einjährigen Versuchsergebnissen auf jeden Fall durch in weiteren Untersuchungen verifiziert werden.

Tab. 4 Ranking der Chicorée-Sorten Puna, Grouse, Choice, Commander und Puna II hinsichtlich ihrer Anbaueignung und ihrer Eignung zur Bekämpfung von Endoparasiten (Ränge 1 – 5 nach Schulnotensystem absteigend)

Rang	Pflanzenentwicklung	Biomasseertrag	Rohprotein	Gesamtphenolgehalt	Gehalt an kondensierten Tanninen
1	Puna II	Puna II	Puna II	Puna	Commander
2	Puna	Puna	Commander	Commander	Puna II
3	Choice	Choice	Puna	Puna II	Puna
4	Commander	Grouse	Choice	Grouse	Grouse
5	Grouse	Commander	Grouse	Choice	Choice

3.2. Esparsette (*Onobrychis viciifolia* Scop): Pflanzenbauliche Parameter und Inhaltsstoffe

3.2.1 Material und Methoden

Die Untersuchungen zur Anbaueignung und zu den Inhaltsstoffgehalten von Esparsette (*Onobrychis viciifolia* Scop) wurden in einem Gefäßversuch mit 42 Genotypen (Wildherkünfte, Zuchtstämme, Sorten) und einem Feldversuch mit fünf eingetragenen Sorten im Rahmen der Masterarbeit von Mächtel (2016) durchgeführt.

Der Gefäßversuch wurde randomisiert in dreifacher Wiederholung unter Freilandbedingungen an der Universität Hohenheim durchgeführt. 37 Genotypen, die im Gefäßversuch eingesetzt wurden, stammten aus den Beständen der Genbank Gatersleben (IPK), hinzukamen die fünf im Feldversuch eingesetzten Sorten. Ausgesät wurde am 19.05.2015 wobei mit Radicin®-Trifol (Bakteriengruppe 8 – für Luzerne, Kleearten und Esparsetten; Hersteller Jost GmbH) inokuliert wurde. Während des Gefäßversuchs wurden der Aufgang und die Pflanzenentwicklung dokumentiert. Die Ernte erfolgte je nach Blühbeginn der Genotypen zwischen dem 15. Juli und dem 17. August 2015.

Der Feldversuch wurde in Kleinhohenheim, dem ökologisch bewirtschafteten Teil der Versuchstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim angelegt. Die fünf geprüften Sorten waren Perly (Delley Samen und Pflanzen AG Schweiz), Perdix (Delley Samen und Pflanzen AG Schweiz), Visnovsky (Eric Schweizer AG Schweiz), Somborne (Cotswold Seeds Ltd United Kingdom) und Zeus (Camena Deutschland). Der Versuch wurde in einer vollständig randomisierten Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Unter Berücksichtigung der Keimfähigkeit der jeweiligen Sorte wurde eine Aussaatstärke von 150 kg ha⁻¹ gewählt. Die Aussaat erfolgte am 21.05.2015. Um eine sichere Pflanzenentwicklung zu gewährleisten, wurde mit Radicin®-Trifol (Bakteriengruppe 8 – für Luzerne, Kleearten und Esparsetten; Hersteller Jost GmbH) inokuliert. In den folgenden Monaten wurde die Bestandesentwicklung (Auflauf, Pflanzenhöhe) im Feld erhoben. Die Ernte fand am 07.09.2015 in Form eines Schnitts von 1 m x 1,2 m statt.

Nach der Erhebung der Frischmasse wurde das Pflanzenmaterial aus dem Feld- und dem Gefäßversuch bei 40 °C getrocknet und die Trockensubstanz bestimmt. Anschließend wurden die Proben auf 1 mm gemahlen.

Die Stickstoffkonzentration in den Proben wurde nach einer Kalibrierung mit Hilfe von NIRS ermittelt, der Gesamtphenolgehalt sowie der Gesamttanningehalt wurden nach Folin-Ciocalteu (Makkar et al., 1993) untersucht und die kondensierten Tannine nach der Methode von Porter et al. (1985). Aus der Stickstoffkonzentration wurde anschließend der Rohproteingehalt mit folgender Formel berechnet: Rohprotein (% TM) = N (% TM) * 6.25.

3.2.2 Ergebnisse und Diskussion

Im Gefäßversuch lief je nach Herkunft eine unterschiedliche Anzahl von Pflanzen auf, wobei die Herkünfte aus Italien sich besonders schlecht entwickelten, so dass nicht genügend Pflanzenmaterial für weitere Analysen zur Verfügung stand und abschließend nur 32 Sorten aus dem Gefäßversuch für die Untersuchung der Inhaltsstoffe genutzt werden konnten.

Der Feldaufgang der Sorte Zeus unterschied sich statistisch signifikant von dem der anderen Sorten und erreichte fast 98 %, während die anderen Sorten lediglich zu 70 – 80 % aufliefen. Die Bestände entwickelten sich gleichmäßig, wobei die Sorten Perdix und Somborne mit im Mittel 18 cm die geringste und die Sorte Visnowsky mit 21 cm die höchste Wuchshöhe erreichte. Trotz der geringen Niederschläge ab Ende Juni nahmen die Pflanzen weiter an Höhe zu, blieben jedoch im Vergleich ihrer potentiellen Wuchshöhe von bis zu 100 cm (Petersen, 1967), sehr klein, bildeten aber sehr dichte Bestände. Die Erträge der Sorten unterschieden sich nicht signifikant voneinander und lagen zwischen 19,3 dt ha⁻¹ (Perly) und 23,6 dt ha⁻¹ (Perdix). Im Vergleich zu anderen Feldversuchen, bei denen Esparsetten in Reinsaat angebaut wurden, sind diese Erträge vergleichsweise hoch. In der Regel wurden beim ersten Schnitt Erträge zwischen 7,8 und 11,9 dt TM ha⁻¹ erzielt (Neuhoff und Bückling, 2006; Ramseier, 2013). Offensichtlich kamen alle angebauten Sorten mit der starken Trockenheit im Sommer 2015, die in der Hauptwachstumsphase der Esparsetten lag, gut zurecht.

Die Rohproteingehalte der Genotypen im Gefäßversuch lagen zwischen 8,8 % und 16,9 % i. d. i. d. TS (Sorte Somborne), wobei die Hälfte der Genotypen Werte zwischen 11,0 % und 14,1 % i. d. i. d. TS aufwies. Auch bei der Esparsette hängt der Rohproteingehalt weniger von der Sorte als von der Entwicklung der Pflanze ab. Die Gesamtphenolgehalte in den Genotypen zeigten große Unterschiede und reichten von 3,9 % bis zu 8,9 % i. d. i. d. TS die Gesamttanningehalte zeigten eine ähnliche Spannbreite von 3,0 % bis zu mit 8,4 % i. d. TS. Auch bei den kondensierten Tanninen lagen die Gehalte in einem ähnlichen Bereich, von 3,3 % bis zu 8,6 % i. d. i. d. TS Die Hälfte der Sorten wies Gehalte an kondensierten Tanninen zwischen 5,3 % und 6,3 % auf. Zusätzlich wurde der Zusammenhang zwischen Inhaltsstoffen und dem Erntezeitpunkt ermittelt. Dabei zeigte sich, dass je später der Erntezeitpunkt gewählt wurde, desto höher war der durchschnittliche ermittelte Gehalt in der Trockensubstanz und desto höher waren die Gesamttanningehalte ($r=0,59$) und Gehalte an kondensierten Tanninen ($r=0,57$). Gingen die Pflanzen jedoch in die Blüte und Fruchtbildung über, nahmen die Gehalte an bioaktiven Inhaltsstoffen ab. Innerhalb des Genotypenpools wiesen einige Herkünfte vielversprechende Gehalte an bioaktiven Inhaltsstoffen auf, was ggfs. für Züchtungsvorhaben auf wertgebende Inhaltsstoffe relevant ist.

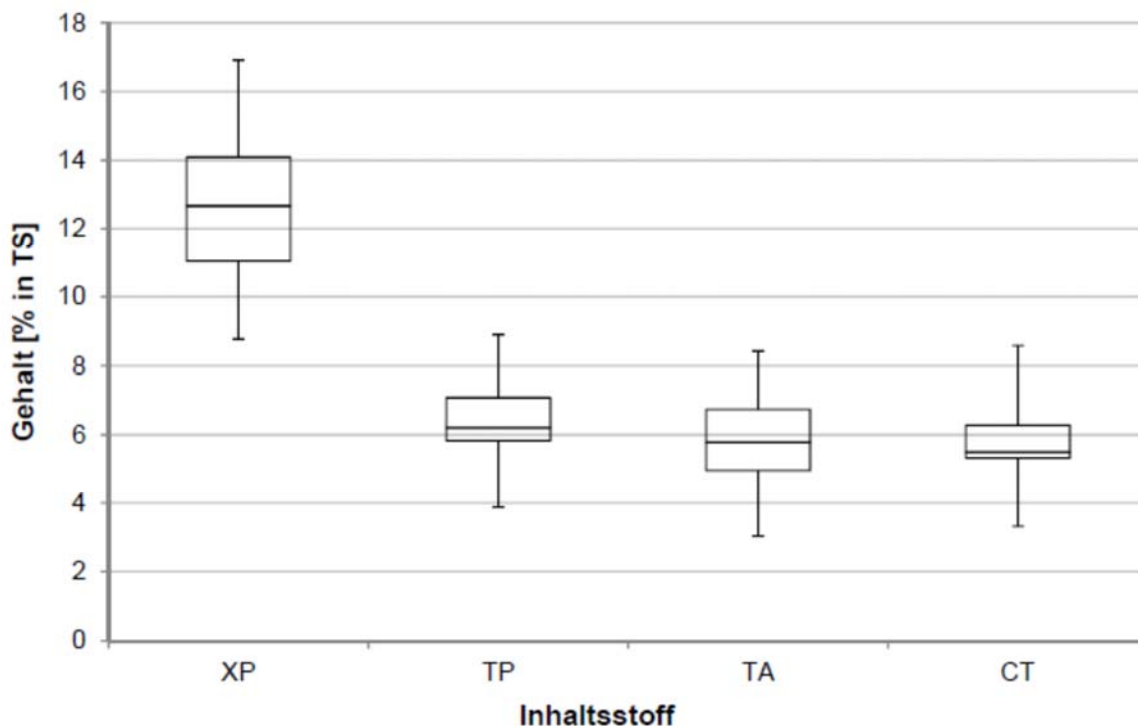


Abb. 4 Verteilung der Rohproteingehalte (XP), des Gesamtphenolgehalte (TP), der Gesamttanningehalte (TA) und des Gehalts an kondensierten Tanninen (CT) in den Esparsette-Genotypen des Gefäßversuchs, $n=32$, bezogen auf Trockenmasse nach Trocknung bei 40°C

Im Feldversuch reichten die Rohproteingehalte in der Trockensubstanz von 10,0 % bei der Sorte Visnovsky bis zu 12,3 % i. d. TS bei der Sorte Perdix und unterschieden sich signifikant zwischen den Sorten ($p\text{-Wert} < 0,01$). Diese Rohproteingehalte sind für eine Leguminose wie die Esparsette sehr niedrig, in der Literatur sind Gehalte zwischen 10,2 % und 28,5 % i. d. TS dokumentiert (Frame, 2005). Damit lag der Rohproteingehalt im vorliegenden Versuch an der unteren Grenze. Eine geringe Stickstoffverfügbarkeit im Boden sowie die eher ineffiziente N_2 -Fixierleistung der Esparsette (Schneider et al., 1969; Hume & Withers, 1985) könnten ein Mangel an Stickstoff verursacht und damit die Bildung des Rohrproteins limitiert haben. Die Sorte Perdix schien mit der geringen Stickstoffverfügbarkeit am besten zurechtzukommen. Sie wies im Feldversuch den signifikant höchsten Gehalt an Rohprotein auf und schien somit an stickstoffarme Böden vergleichsweise gut angepasst zu sein.

Im Gegensatz zum Rohproteingehalt konnten weder für den Gesamtphenolgehalt, für den Gesamttanningehalt noch für den Gehalt an kondensierten Tanninen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt werden (Abb. 4). Der Gesamtphenolgehalt der Sorten war sehr ähnlich und lag zwischen 9,5 % (Zeus) und 10,0 % (Somborne) i. d. TS. Ähnliches gilt für den Gesamttanningehalt, wobei die Sorte Visnovsky mit 7,5 % i. d. TS den geringsten und die Sorte Zeus mit 8,1 % den höchsten TA-Gehalt aufwies. Der Gehalt an kondensierten Tanninen reichte von 8,5 % bei der Sorte Zeus bis 9,6 % in der Trockensubstanz bei der Sorte Somborne und überstieg damit deutlich die Gehalte in Chicorée.

Die potentiell relevanten Inhaltsstoffe in allen fünf Esparsetten-Sorten waren im Vergleich zu anderen Pflanzenarten, wie z. B. Luzerne oder Futter-Chicorée, sehr hoch. Abhängig von der Sorte, dem Pflanzenorgan, dem Entwicklungsstadium und den Anbaubedingungen wurden bei der Esparsette Gehalte an kondensierten Tanninen zwischen 2,9 % (Barry und McNabb, 1999) und 11,3 % i. d. TS (McMahon et al., 1999) dokumentiert. Im vorliegenden Feldversuch lagen diese Gehalte zwischen 8,5 % und 9,6 % i. d. TS, was diesen Angaben entspricht. Frick et al. (2011) fanden in Perdix höhere Gesamtanningehalte, was jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht bestätigt werden konnte.

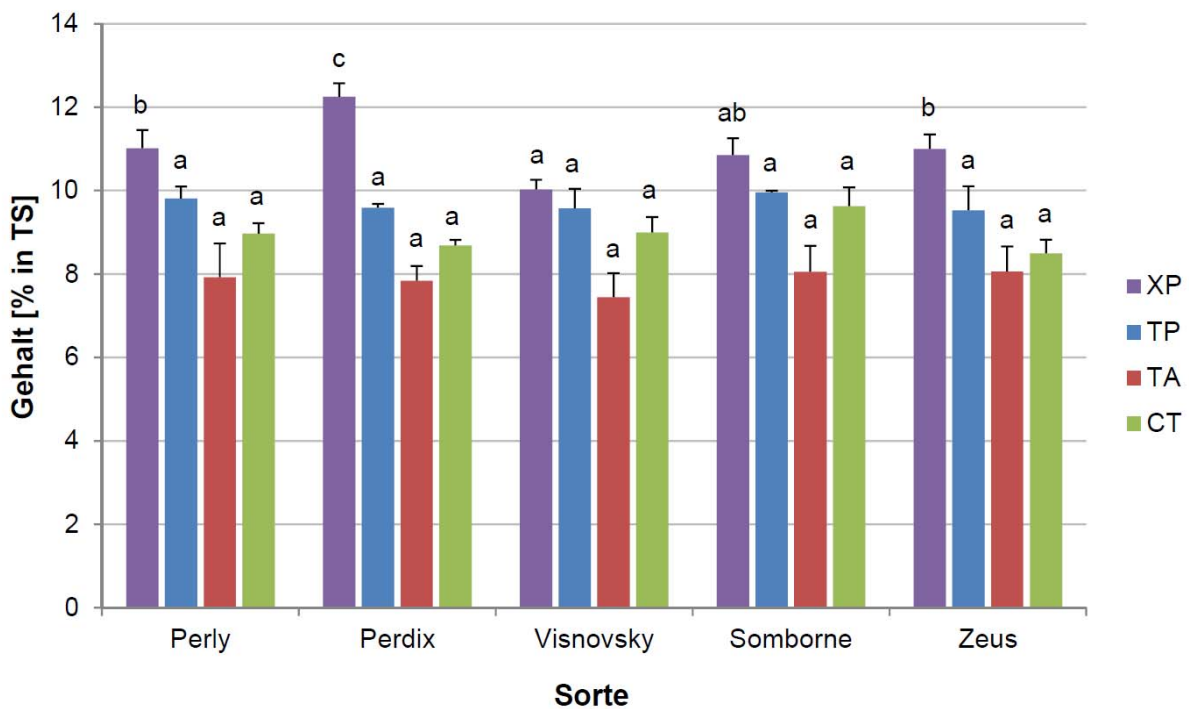


Abb. 5 Rohproteingehalt (XP), Gesamtphenolgehalt (TP), Gesamtanningehalt (TA) und Gehalt an kondensierten Tanninen (CT) in den Esparsette-Sorten des Feldversuchs (bezogen auf Trockenmasse nach Trocknung bei 40°C), arithmetisches Mittel und Standardfehler, unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gehalten in den Sorten

Bei der Bewertung der Inhaltsstoffgehalte trat jedoch ein methodisches Problem zu Tage, da der Gehalt an kondensierten Tanninen zum Teil über dem Gehalt an Gesamtanningen lag. Dies ist auf unterschiedliche Bestimmungsmethoden für beide Stoffgruppen im Labor zurückzuführen, u. U. wurde dadurch der Gehalt an kondensierten Tanninen zu hoch eingeschätzt. Bei der Sorte Somborne wurde der höchste CT-Gehalt ermittelt. Neben dem Genotyp und dem Erntestadium, die den Gehalt an kondensierten Tanninen beeinflussen, könnte dies darauf hindeuten, dass die Sorte aufgrund der Witterung besonders gestresst war und deshalb mehr kondensierte Tannine gebildet hatte als die anderen Sorten. Barry und Manley (1986) sowie Lees et al. (1994) beschreiben in ihren Arbeiten, dass vermehrter Stress bei Pflanzen zur Stimulierung des Shikimisäurewegs und dadurch zur Erhöhung des Gehalts an kondensierten Tanninen führt.

Ähnlich wie bei den Untersuchungen zu Chicorée wurde abschließend ein Ranking der Esparsetten-Sorten durchgeführt, in dem ihre agronomische Eigenschaften sowie ihre Eignung zur Kontrolle von Endoparasiten verglichen wurden (Tab. 5). Bei dieser abschließenden Beurteilung schnitt die Sorte Perdix aufgrund ihres hohen Rohproteingehaltes und des hohen Ertrages am besten ab, obwohl sie bei den Inhaltsstoffen nur auf Rang 3 lag. Da sich diese jedoch zwischen den Sorten nur sehr geringfügig unterschieden, wurde das Ranking vor allem nach Ertrag und Rohproteingehalt durchgeführt. Die Sorte Somborne erreichte beim Rohproteingehalt zwar nur den 4. Rang, dafür lag sie beim Ertrag aber im mittleren Bereich (Rang 3) und bei den Inhaltsstoffen sogar auf Rang 1 und wurde daher ebenfalls sehr hoch bewertet. Darauf folgten die Sorten Perly und Zeus mit der Sorte Visnovsky auf dem letzten Rang. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Empfehlungen auf einjährigen Versuchsergebnissen beruhen und weitere Untersuchungen notwendig sind, um abschließende Empfehlungen zu geben.

Tab.5: Ranking der Esparsette-Sorten Perdix, Perly, Zeus, Somborne und Visnovsky hinsichtlich ihrer Anbaueignung und ihrer Eignung zur Bekämpfung von Endoparasiten (Ränge 1 – 5 nach Schulnotensystem absteigend)

Rang	Biomasse- ertrag	Rohprotein	Gesamtphe- nolgehalt	Gehalt an kondensierten Tanninen
1	Perdix	Perdix	Somborne	Somborne
2	Zeus	Perly	Perly	Visnovsky
3	Somborne	Zeus	Perdix	Perly
4	Visnovsky	Somborne	Visnovsky	Perdix
5	Perly	Visnovsky	Zeus	Zeus

4. Arbeitspaket 3: Verdaulichkeit und Futterwert

4.1. Material und Methoden

Es wurden zwei verschiedene in vitro Versuche durchgeführt. Der erste Versuch analysierte den ruminalen Kohlenhydrat- und Proteinabbau und die scheinbare Gesamttraktverdaulichkeit der organischen Substanz (VOS) ausgewählter Chicorée- oder Esparsettesorten mit unterschiedlichen Konzentrationen an KT (i.e. niedrig, mittel, hoch). Der zweite Versuch diente der Prüfung der biologischen Aktivität der KT in Chicoréesorten sowie deren Futterwert in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt (59 Tage vs. 82 Tage nach Aussaat).

Das Probenmaterial stammte aus den Gewächshaus- (Versuch I) und Freilandversuchen (Versuch II) von Beck (2015) und Mächtel (2016). Die Gewinnung und Aufarbeitung der Proben erfolgte entsprechend den Beschreibungen in Kap. 3.1.1 und 3.2.1. Anhand der von Beck (2015) und Mächtel (2016) ermittelten Konzentrationen an KT wurden für den ersten Versuch 26 Chicorée- und 42 Esparsettesorten ausgewählt. Die Proben wurden jeweils in Sorten mit niedrigen, mittleren und hohen Gehalten an KT unterteilt. Für den zweiten Versuch wurde Probenmaterial von acht Chicoréesorten verwendet, um den Einfluss des Erntezeitpunktes zu testen, und die biologische Aktivität der KT wurde in fünf Chicoréeproben analysiert.

Die Analyse des Probenmaterials auf Trockensubstanz (TS), Rohasche (XA) und Rohprotein (XP) erfolgte in Doppelbestimmung nach Naumann und Bassler (2012 a und b). Die Konzentrationen an neutraler und saurer Detergentienfaser wurden in zwei Replikaten nach van Soest et al. (1991) bestimmt. Die Bestimmung der Konzentrationen der Gesamtphenole (GP) und Gesamttannine (GT) erfolgte mittels der Folin-Ciocalteu Methode (Makkar et al., 1993) und der KT mit der Butanol-Salzsäure Methode (Porter et al., 1985). Die Analysen der Gehalte an KT, GP und GT der Proben für den ersten Versuch erfolgte durch Beck (2015) und Mächtel (2016) (siehe Kapitel 3.1. und 3.2.).

In beiden Versuchen wurden die Proben entsprechend des *in vitro* Hohenheimer Futterwerttests nach Close und Menke (1986) inkubiert. Jede Probe wurde pro Inkubationszeit (i.e. 8 h vs. 24 h; Versuch I) oder Behandlung (mit vs. ohne Zusatz von PEG; Versuch II) mit drei Wiederholungen in je zwei Durchläufen inkubiert. Dazu wurden jeweils 200 mg ($\pm 0,05$ mg) des getrockneten Probenmaterials eingewogen. Die Bestimmung der biologischen Aktivität der KT erfolgte nach Makkar et al. (1995). Sechs nur mit Inkubationsmedium befüllte Spritzen dienten der Korrektur der Gasbildung um die Gasproduktion aus dem Inkubationsmedium (Close und Menke 1986). Zusätzlich wurden pro Durchlauf noch jeweils drei Spritzen mit zwei verschiedenen Standardfuttermitteln inkubiert, welche zur Korrektur der Gasbildung um Unterschiede zwischen den verschiedenen Durchläufen genutzt wurden.

Anhand der korrigierten Gasbildung nach 24 h Inkubation und den Konzentrationen an XA, XP und Rohfett (Literaturwerte) wurden dann die Gehalte an VOS und metabolisierbarer Energie (ME) nach Close und Menke (1986) geschätzt. Zusätzlich wurden in Versuch I der pH und die Konzentrationen an Ammoniakstickstoff (NH₃-N) und kurzkettigen Fettsäuren im Inkubationsmedium nach 8 h und 24 h Inkubation entsprechend Weatherburn (1967) und Castro-Montoya et al. (2011) bestimmt.

4.2. Ergebnisse und Diskussion

4.2.1 Versuch I

Die Parameter des Kohlenhydrat- und Proteinabbaus sowohl nach 8 h als auch nach 24 h Inkubation unterschieden sich deutlich zwischen Chicorée und Esparsette, was auf deutliche Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung zwischen den Pflanzenarten zurückzuführen ist. Eine niedrigere kumulative Gasbildung, Konzentrationen an kurzkettigen Fettsäuren für Esparsette im Vergleich zum Chicorée sind vermutlich wesentlich durch niedrigere Konzentrationen an XP sowie höhere Konzentrationen an XA und GP, GT und KT und die damit einhergehende niedrigere VOS bedingt (Tab. 6; Abb. 6, 7). Dementsprechend wurden niedrigere Konzentrationen an NH₃-N im Inkubationsmedium nach 24 h für Esparsette im Vergleich zum Chicorée bestimmt, was vermutlich auf die niedrigeren XP-Konzentrationen, die höheren Konzentrationen an KT und den damit geringeren ruminalen XP-Abbau in Esparsette zurückzuführen ist und nicht den höhere Nutzung an NH₃-N für die Synthese von mikrobiellem Protein. Dementsprechend waren auch die Konzentrationen der verzweigtkettigen Fettsäuren im Inkubationsmedium nach 8 h und 24 h niedriger für Esparsette im Vergleich zum Chicorée.

Chicoréeproben mit niedrigen, mittleren und hohen Konzentrationen an KT unterschieden sich nicht hinsichtlich ihrer VOS und ME-Gehalte sowie der Parameter des Kohlenhydrat- und Proteinabbaus nach 24 h Inkubation trotz deutlicher Unterschiede in den Konzentrationen an KT und auch an XP. Dies ist vermutlich zurückzuführen auf (i) die große Streuung in den Konzentrationen an KT, den Fermentationsparametern, VOS und ME innerhalb der Gruppen und (ii) den vergleichsweise niedrigen Konzentrationen an KT in Chicorée. Die mittlere KT-Konzentration für die Gruppe „Hoch“ von 2.9 g/100 g TS ist niedriger als die Konzentrationen, die laut Literatur deutlich negative Effekte auf den ruminalen Nährstoffabbau und VOS zeigen (Aerts et al. 1999). Entgegen unseren Erwartungen korrelierten VOS und ME sogar positiv mit den Konzentrationen an GP und GT (Tab. 7). Hingegen war die Gasbildung zu Beginn der Inkubation (i.e. 2 h und 4 h) im Mittel signifikant niedriger in Esparsettesorten mit hohen Gehalten an KT als in solchen mit mittleren und niedrigen KT-Konzentrationen. Die VOS für Esparsettesorten mit hohen KT-Konzentrationen war nur numerisch niedriger als VOS der Sorten mit niedrigen KT-Gehalten. Jedoch korrelierten die Konzentrationen an GP, GT und KT negativ mit VOS, ME und NH₃-N-Konzentrationen im Inkubationsmedium nach 24 h, was auf einen negativen Effekt steigender KT-Gehalte auf den Kohlenhydrat- und Proteinabbau zurückzuführen ist. Die Unterschiede in den Effekten der KT-Konzentrationen zwischen Chicorée und Esparsette sind vermutlich durch die per se höheren Konzentrationen an KT in Esparsette aber möglicherweise auch deren höhere biologische Aktivität im Vergleich zu Chicorée bedingt.

Tab. 6 Futterwert und Produkte des Protein- und Kohlenhydratabbaus nach 24 h *in vitro* Inkubation verschiedener Sorten von Esparsette und Chicorée mit unterschiedlichen Konzentrationen an kondensierten Tanninen (Arithmetisches Mittel \pm Standardabweichung).

Tanningehalte	Chicorée			Esparsette			P-Wert ¹		
	Niedrig (n = 9)	Mittel (n = 11)	Hoch (n = 6)	Niedrig (n = 11)	Mittel (n = 15)	Hoch (n = 16)	Chicorée	Esparsette	Chicorée vs. Esparsette
<i>Futterwert (g/100 g Trockensubstanz)</i>									
XP	15,4 \pm 2,3	15,3 \pm 3,8	12,5 \pm 3,4	14,5 \pm 1,7	13,5 \pm 3,4	12,6 \pm 3,4	na	na	na
GP	3,0 \pm 0,9	3,0 \pm 0,9	3,2 \pm 1,2	5,4 \pm 0,7	6,2 \pm 0,4	7,8 \pm 0,6	na	na	na
GT	1,9 \pm 0,5	2,0 \pm 0,6	2,1 \pm 0,8	4,7 \pm 1,0	5,4 \pm 0,6	7,3 \pm 0,8	na	na	na
KT	0,8 \pm 0,4	1,7 \pm 0,2	2,9 \pm 0,3	4,6 \pm 0,6	5,5 \pm 0,1	6,8 \pm 0,6	na	na	na
VOS (g/100 g OS)	74,2 \pm 2,7	75,6 \pm 2,3	71,3 \pm 3,8	56,2 \pm 2,0	54,8 \pm 1,6	53,3 \pm 1,8	ns	ns	**
ME (MJ/kg Trockensubstanz)	8,9 \pm 0,5	9,1 \pm 0,5	8,8 \pm 0,9	8,0 \pm 0,3	7,8 \pm 0,3	7,6 \pm 0,3	ns	ns	**
<i>Fermentationsprodukte (μmol/mL Inkubationsmedium)</i>									
Essigsäure	20,1 \pm 1,2	20,2 \pm 0,6	18,5 \pm 2,7	15,0 \pm 1,1	13,9 \pm 1,9	14,5 \pm 1,2	ns	ns	**
Propionsäure	6,5 \pm 1,1	6,3 \pm 0,5	6,1 \pm 1,0	4,8 \pm 0,4	4,4 \pm 0,5	4,7 \pm 0,5	ns	ns	**
Isobuttersäure	0,2 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	ns	ns	**
Buttersäure	1,7 \pm 0,4	1,7 \pm 0,7	1,3 \pm 1,0	0,7 \pm 0,2	0,6 \pm 0,3	0,4 \pm 0,2	ns	ns	**
Isovaleriansäure	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,2	0,3 \pm 0,6	0,0 \pm 0,0	0,1 \pm 0,4	ns	ns	ns
Valeriansäure	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,0	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	ns	ns	ns
Gesamt	28,9 \pm 7,9	28,8 \pm 7,9	26,4 \pm 7,3	21,3 \pm 5,9	19,3 \pm 5,5	20,1 \pm 5,8	ns	ns	**
pH	6,9 \pm 0,0	6,9 \pm 0,1	6,9 \pm 0,0	6,9 \pm 0,0	6,9 \pm 0,0	6,9 \pm 0,0	ns	ns	**
NH ₃ -N (mg/30 mL Inkubationsmedium)	5,4 \pm 0,5	5,2 \pm 0,9	4,9 \pm 0,6	4,0 \pm 0,6	3,7 \pm 0,6	3,3 \pm 0,5	ns	ns	**

¹ Unterschied zwischen Sorten mit niedrigen, mittleren und hohen Tanningehalten innerhalb Chicorée oder Esparsette sowie zwischen Chicorée und Esparsette; ** P < 0,01; na: nicht analysiert; ns: nicht signifikant. P: Gesamtphenole; GT: Gesamtannine; KT: Kondensierte Tannine; ME: Metabolisierbare Energie; NH₃-N: Ammoniak-Stickstoff; OS: Organische Substanz; VOS: Verdauliche organische Substanz; XP: Rohprotein.

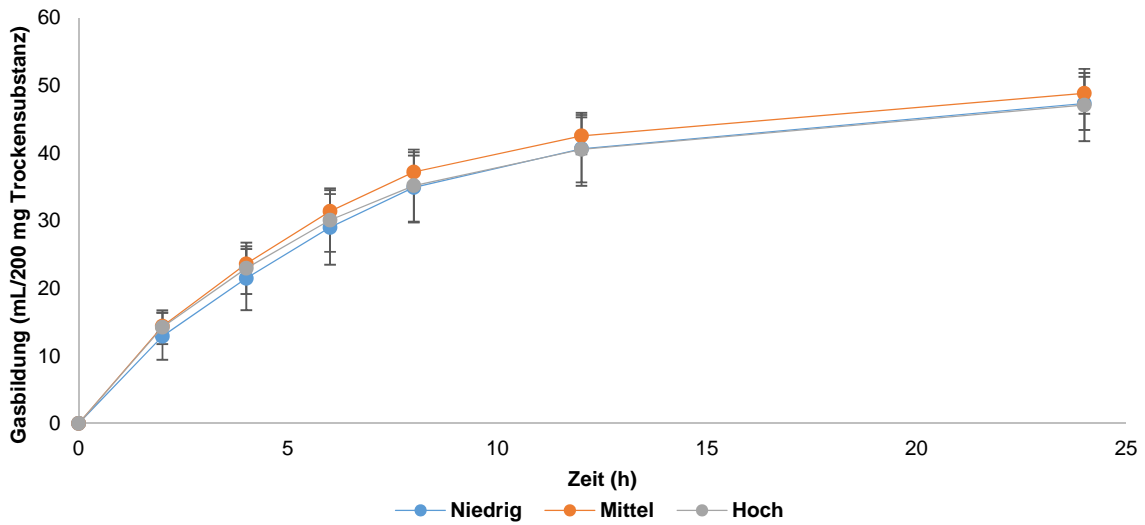


Abb. 6 Kumulative Gasbildung für unterschiedliche Chicoréesorten mit niedrigen ($n = 9$) mittleren ($n = 11$) und hohen ($n = 6$) Konzentrationen an kondensierten Tanninen während 24 h *in vitro* Inkubation (Arithmetisches Mittel \pm Standardfehler)

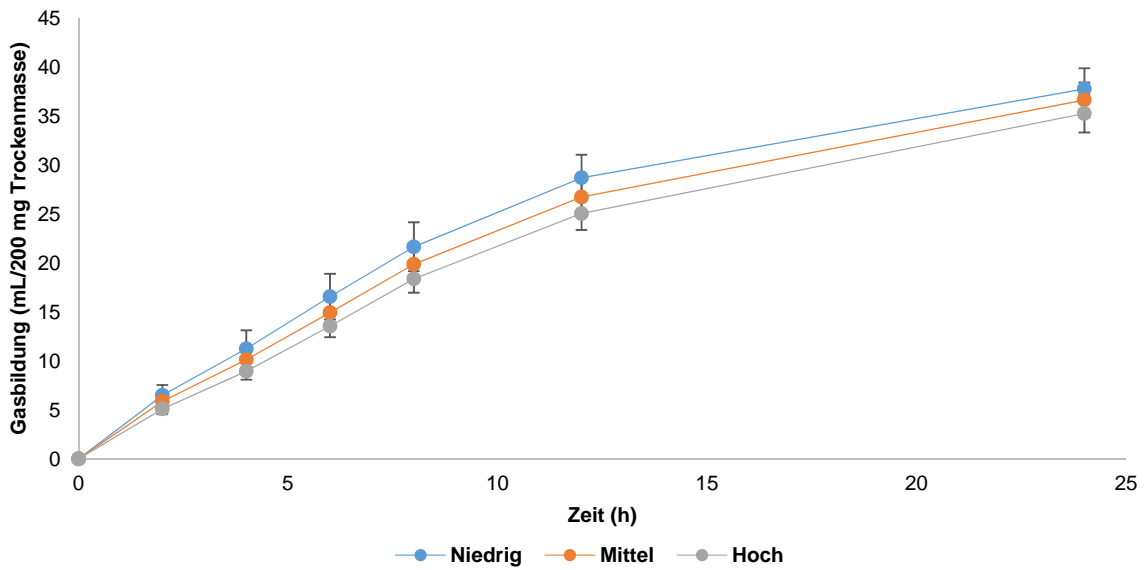


Abb. 7 Kumulative Gasbildung für unterschiedliche Esparsettesorten mit niedrigen ($n = 11$) mittleren ($n = 15$) und hohen ($n = 16$) Konzentrationen an kondensierten Tanninen während 24 h *in vitro* Inkubation (Arithmetisches Mittel \pm Standardfehler)

Tab. 7 Korrelationen zwischen der Konzentration (g/100 g Trockensubstanz) an Gesamtphenolen (GP), Gesamttanninen (GT) und kondensierten Tanninen (KT) in unterschiedlichen Chicorée- (n = 26) oder Esparsettesorten (n = 42) mit Parametern des Futterwerts und des Protein- und Kohlenhydratabbaus nach 24 h in vitro Inkubation

Futterpflanze	Parameter	GP	GT	KT
Chicorée	XA	-0,29 ns	-0,31 ns	-0,70 **
	XP	-0,65 **	-0,64 **	-0,40 *
	VOS	0,60 **	0,55 **	0,09 ns
	ME	0,61 **	0,56 **	0,11 ns
	NH ₃ -N	-0,18 ns	-0,21 ns	-0,38 *
	FS	0,44 *	0,39 *	-0,14 ns
	pH	-0,52 **	-0,50 **	-0,21 ns
Esparsette	XA	0,94 **	0,99 **	0,84 **
	XP	-0,04 ns	-0,02 ns	-0,21 ns
	VOS	-0,69 **	-0,62 **	-0,57 **
	ME	-0,68 **	0,61 **	-0,56 **
	NH ₃ -N	-0,51 **	-0,50 **	-0,52 **
	FS	-0,09 ns	-0,12 ns	-0,11 ns
	pH	-0,31 *	-0,28 ns	-0,15 ns

* P < 0,05; ** P < 0,01; ns: nicht signifikant.

VOS: Verdauliche organische Substanz (g/100 g organischer Substanz); ME: Metabolisierbare Energie (MJ/kg Trockensubstanz); NH₃-N: Ammoniak-Stickstoff (mg/mL Inkubationsmedium); FS: Summe der Konzentrationen an kurzkettigen Fettsäuren (µmol/mL Inkubationsmedium); XA: Rohasche (g/100 g Trockensubstanz); XP: Rohprotein (g/100 g Trockensubstanz).

Basierend auf den Ergebnissen erscheint hinsichtlich einer möglichen antiparasitären Wirkung der Fütterung von Chicoréesorten mit mittleren und hohen Konzentrationen an GP und GT und gleichzeitig hoher VOS und ME-Gehalten an kleine Wiederkäuer empfehlenswert. Die zeitgleiche Reduktion des ruminalen Proteinabbaus könnte sich zudem positiv auf die Proteinversorgung des Tieres und dessen Stickstoffnutzungseffizienz auswirken. Jedoch sollten die Ergebnisse mit Pflanzenmaterial aus Freilandversuchen sowie in in-vivo-Fütterungsversuchen verifiziert und die Wirksamkeit von Chicorée in der Kontrolle von gastrointestinalen Nematoden geprüft werden.

4.2.2 Versuch II

Die chemische Zusammensetzung des Blattmaterials der acht unterschiedlichen Chicoréesorten ist in Tabelle 3 dargestellt. Wild_Ger_10, Commander, Puna II und Choice zeichneten sich im Vergleich zu den anderen Sorten durch einen hohen ME-Gehalt (9,7 - 9,8 MJ ME/kg TS) und einen niedrigen XP-Gehalt aus, während die Sorte Wild_Pak einen besonders hohen XP-Gehalt aufwies.

Die Gehalte an ME und XP waren mit $R^2=0.9$ stark negativ korreliert. Dabei wiesen die ersten drei Sorten einen hohen Gehalt an KT (1,9 - 3,2 g/100 g TS) auf. Eine Verfütterung dieser Sorten wäre in Bezug auf die antiparasitäre Wirkung von KT empfehlenswert, jedoch könnte die VOS herabgesetzt werden. Es ließ sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen VOS und dem KT-Gehalt zwischen den verschiedenen Sorten nachweisen, jedoch war die Stärke des PEG-Effekts positiv mit dem KT-Gehalt korreliert ($r = 0,58$). Insgesamt war die gemessene biologische Aktivität der KT gering. Bei niedrigen KT-Gehalten (0,2 - 1,8 g/100 g TS) war der PEG-Effekt sogar negativ (Abb. 8). Dies lässt entweder vermuten, dass sich ein niedriger KT-Gehalt positiv auf die VOS auswirkt oder dass sich die Zugabe von PEG bei niedrigen KT-Konzentrationen negativ auf die Gasproduktion in vitro auswirkt.

Tab. 8 Die chemische Zusammensetzung und Gehalte an metabolisierbarer Energie (ME) und verdaulicher organischer Substanz (VOS) der Blätterproben von verschiedenen Chicoréesorten ($n = 2$ Proben pro Sorte).

Genotyp	XA	XP	NDF	ADF	KT	VOS	ME
	(g/100 g TS)					(g/100 g OS)	(MJ/kg TS)
Choice	11,1	13,0	16,4	12,8	0,95	76,4	9,69
33/83_Ger	12,5	15,3	21,0	14,9	1,83	77,0	9,50
Wild_Ger_10	11,1	10,7	18,9	15,1	2,71	76,3	9,81
Wild_Pak	15,2	23,1	19,2	14,7	1,31	75,1	8,45
Commander	10,9	12,5	19,0	14,2	1,92	77,0	9,84
22/83_Ger	13,0	16,5	19,7	15,0	0,15	75,9	9,21
Wild_Ger_27	11,7	12,5	21,7	15,2	1,78	74,5	9,37
Puna II	11,1	11,9	20,6	14,1	3,23	76,0	9,70

ADF: Saure Detergentienfaser; KT: Kondensierte Tannine; NDF: Neutrale Detergentienfaser; TS: Trockensubstanz; OS: Organische Substanz; XA: Rohasche; XP: Rohprotein.

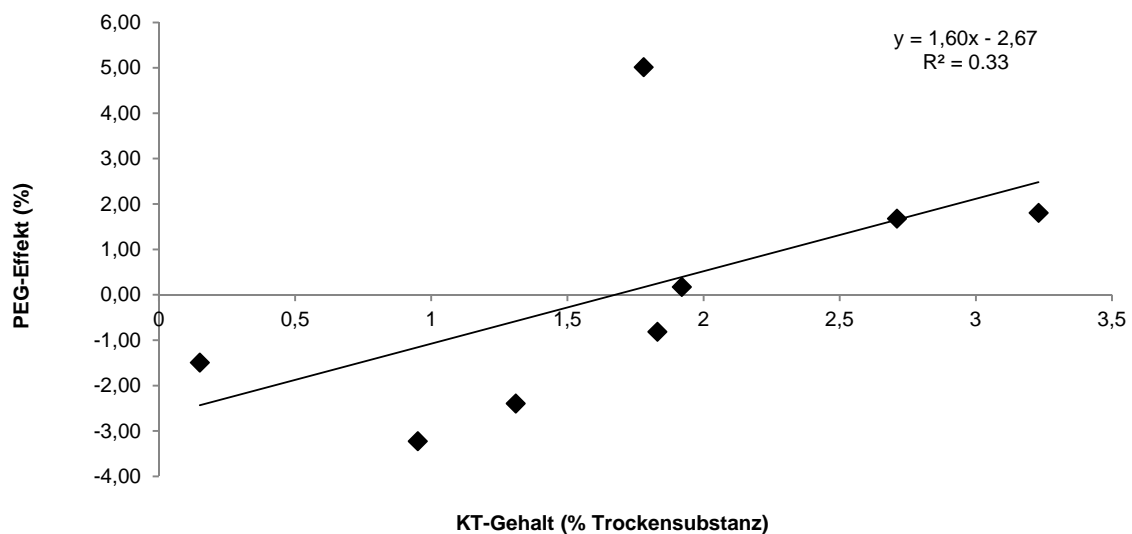


Abb. 8 Lineare Regression zwischen dem Gehalt an kondensierten Tanninen (KT) und dem Effekt des Zusatzes von Polyethylenglycol (PEG)¹ auf die Gasbildung bei der Inkubation von acht verschiedenen Chicoréesorten mit Pansensaft

¹ PEG-Effekt: Prozentualer Anstieg der Gasbildung durch PEG-Zugabe bei der in vitro Inkubation mit Pansensaft im Vergleich zur Inkubation ohne Zusatz von PEG.

Im zweiten Teil dieses Versuches wurden die Futterqualität und die biologische Aktivität der KT in vitro von ausgewählten Chicoréesorten in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt untersucht (Tab.9). Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in den gemessenen Parametern zwischen den Chicoréesorten des Feldversuches. Der Erntezeitpunkt hatte jedoch einen signifikanten Einfluss auf die chemische Zusammensetzung des Blattmaterials. Beim späteren Erntezeitpunkt war der Proteingehalt signifikant erniedrigt, während die Gehalte an XA sowie GP anstiegen. Die Fasergehalte zeigten keine signifikanten Unterschiede. Trotz gleicher Analysemethoden, waren die Gehalte an GP, GT und KT in den hier analysierten Chicoréeproben deutlich niedriger als die von Beck (2015) ermittelten Gehalte und lagen teilweise an der Nachweisgrenze. Dies könnte auf eine Polymerisierung der KT während längerer Lagerungszeiten zurückzuführen sein (Makkar und Singh, 1993), wodurch sie sowohl für Methoden zur Bestimmung der Konzentration als auch der biologischen Aktivität inaktiv werden. Dies könnte ebenfalls ein Grund für den sehr geringen bzw. negativen PEG-Effekt darstellen.

Zusammenfassend lässt sich eine hohe Futterqualität von Chicorée bestätigen, die chemische Zusammensetzung der einzelnen Sorten hängt dabei stärker vom Erntezeitpunkt als von der Sorte ab. Es sollten daher Sorten mit hohen Biomasserträgen gewählt und der Effekt der Anbaubedingungen und des Erntezeitpunktes auf die nutritiven Eigenschaften und den Gehalt an antiparasitär wirkenden KT dieser Sorten näher untersucht werden.

Tab. 9 Die chemische Zusammensetzung und Gehalte an verdaulicher organischer Substanz (VOS) und metabolisierbarer Energie (ME), und der Effekt des Zusatzes von Polyethylenglycol (PEG) bei der *in vitro* Inkubation von Blattmaterial unterschiedlicher Chicoréesorten zu zwei verschiedenen Erntezeitpunkten.

Genotyp	Erntezeitpunkt ²	XA	XP	NDF	ADF	GP	GT	KT	VOS	ME	PEG-
		(g/100 g TS)							(g/100 g OS)	(MJ/kg TS)	Effekt ¹
Choice P3	1	10,5	17,9	18,9	15,4	3,90	2,61	0,05	77,3	10,24	0,24
	2	12,9	10,3	20,5	16,6	4,30	2,92	0,03	75,8	9,76	-1,90
Commander	1	11,0	19,2	19,2	15,8	3,40	2,29	0,01	74,7	9,74	-1,39
	2	13,4	12,0	20,2	16,0	4,21	2,76	0,04	75,9	9,72	-0,19
Puna II	1	11,5	16,5	20,4	16,4	3,19	2,31	0,04	76,7	10,04	-0,62
	2	14,2	11,5	19,5	15,9	4,11	2,67	0,04	76,5	9,73	-1,42
Choice P6	1	11,2	15,9	19,7	15,8	3,69	2,45	0,04	76,1	9,96	0,40
	2	13,0	11,3	22,8	18,5	3,65	2,15	0,04	73,2	9,31	-0,33
Puna	1	10,9	14,9	20,3	16,7	3,28	2,13	0,03	75,2	9,87	3,09
	2	12,5	11,6	20,5	16,4	3,95	2,40	0,04	74,2	9,54	1,45
P-Wert	Genotyp	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Erntezeitpunkt	***	***	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

¹ Prozentualer Anstieg in der Gasbildung bei *in vitro* Inkubation mit PEG-Zusatz im Vergleich zur Inkubation ohne Zusatz von PEG .

² Erntezeitpunkt 1 = 59 Tage nach Aussaat; 2 = 82 Tage nach Aussaat.

ADF: Saure Detergentienfaser; GP: Gesamtphenole; GT: Gesamttannine; KT: Kondensierte Tannine; NDF: Neutrale Detergentienfaser; OS: Organische Substanz; TS: Trockensubstanz; XA: Rohasche; XP: Rohprotein.

*P < 0,05; *** P < 0,001; ns: nicht signifikant.

5. Arbeitspaket 4: Wirksamkeit gegen Endoparasiten (Untersuchungen werden gerade im Rahmen einer Masterarbeit durchgeführt, Ergebnisse noch ausstehend)

6. On-Farm-Versuche

6.1. Chicorée

Der Chicorée-On-Farm-Versuch fand auf dem Betrieb U. u. W. Reimer GbR, in Gaildorf-Reippersberg (479 m ü. NN) statt. Auf dem Betrieb wurden die Chicorée-Sorten Puna II und Chicorée im Gemenge mit Weißklee angebaut, außerdem existierte eine weitere Fläche mit der Sorte Puna II im Gemenge mit Weißklee im 3. Anbaujahr. Der Betrieb hält Juraschafe, die die Bestände im Versuchsjahr 2015 regelmäßig beweideten. Frau Hasenmaier-Reimer hat während der Laufzeit im Jahr 2015 regelmäßig Kotproben der Tiere vor und nach der Beweidung der Chicorée-Bestände zur Kontrolle der Einzahlen an die Tierärztliche Hochschule Hannover versandt. Die dortigen Erhebungen ergaben immer einen Rückgang der Eizahlen nach der Beweidung.

Die Chicorée-Bestände der Sorten Puna II und Choice wurden am 09.05.2015 ausgesät, aufgrund des Beikrautdrucks erfolgte am 02.07. ein Schröpfschnitt. Puna II zeigte eine deutlich bessere Jugendentwicklung und eine bessere Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkräutern als Choice. Alle drei Chicorée-Bestände wurden am 13.07. beprobt, der Zeitpunkt entsprach der Probenahme im Exaktversuch. Puna II und Choice befanden sich zur Probenahme im vegetativen Stadium, während der dreijährige Bestand von Puna II bereits Stängel und Blüten aufwies. Das Pflanzenmaterial wurde ebenso wie das Material aus den Exaktversuchen aufbereitet.

Im On-Farm-Versuch hatte die Sorte Choice die höchsten Rohproteingehalte (21.2 % i. d. TS) DM), die höchsten Gesamtphenolgehalte (4.14 % i. d. TS) und die höchsten Gesamttanningehalte (2.53 % i. d. TS). 'Puna II' im dritten Anbaujahr zeigte die höchsten Gehalte an kondensierten Tanninen (2.04 % i. d. TS), allerdings waren die Gehalte in Choice und Puna II im ersten Anbaujahr nur wenig niedriger (2.00 % bzw. 1.90 % i. d. TS). Der Futterwert von Puna II im 3. Anbaujahr wurde aufgrund der starken Stängelbildung als niedrig eingeschätzt.

Die Gehalte an bioaktiven Inhaltsstoffen unterschieden sich auch beim Chicorée zwischen den beiden Standorten, wobei der Standort Gaildorf bei den Gesamtphenolen für beide Sorten niedrigere, bei den kondensierten Tanninen jedoch höhere Werte aufwies. Auch hatte die Sorte Choice im On-Farm-Versuch jeweils höhere Gehalte an Gesamtphenolen (4,14 % i. d. TS) und kondensierten Tanninen (2,0 % i. d. TS) als die Sorte Puna II (3,69 % i. d. TS und 1,90 % i. d. TS). Im Feldversuch war die Reihung der Sorten umgekehrt. Da die Entwicklungsstadien der Pflanzen zum Probenahmezeitpunkt auf beiden Flächen ähnlich waren, ist davon auszugehen, dass diese Unterschiede vor allem auf unterschiedliche Standortfaktoren zurückzuführen sind.

6.2. Esparsette

Im Rahmen der Untersuchungen zur Esparsette wurde auch der Esparsetten-Bestand der Landwirtschaftsbetriebs Hölzle beprobt. Der Betrieb befindet sich in Niederstotzingen am Rand der Schwäbischen Alb (ca. 465 m ü. NN). Der pH Wert des Standorts lag bei 7,3. Angebaut wurden die beiden Sorten Zeus (Aussaart August 2014) und Perly (Aussaart 2015) in Reinsaat. Während des Sommers 2015 wurden die Esparsettenbestände einmal siliert, um Beikräuter in den Beständen zu unterdrücken, die Flächen wurden außerdem mit Ziegen beweidet. Aufgrund der Arbeitsbelastung sah sich Herr Hölzle jedoch nicht in der Lage, Kotproben der Tiere vor und nach der Beweidung für eine Untersuchung des Parasitenbefalls zu nehmen.

Da der Sommer 2015 sehr warm und trocken war, bildete sich nur ein dürftiger Esparsetten-Bestand. Die Pflanzen begannen bereits Ende Juli bei einer Höhe von 15 cm zu blühen, was normalerweise erst bei doppelter Höhe eintritt. Die Ernte des Probenmaterials fand am 7. August 2015 statt. Dabei wurde von beiden Sorten an vier verschiedenen Stellen des Feldes jeweils ca. 50 g Pflanzenmaterial entnommen, das wie das Material aus den Exaktversuchen aufbereitet und analysiert wurde.

Im Praxisversuch wiesen Perly 17,9 % und Zeus 18,5 % Rohprotein i. d. TS auf, diese Gehalte waren höher als die im Feldversuch in Kleinhohenheim mit jeweils 11,0 % i. d. TS. Dagegen waren die Gehalte an bioaktiven Inhaltsstoffen im Praxisversuch mit Gesamtphenolgehalten von 6,5 % i. d. TS (Perly) und 5,1 % i. d. TS (Zeus) deutlich niedriger als im Feldversuch mit 9,81% und 9,53. Auch die Gehalte an kondensierten Tanninen lagen mit 4,9 % (Perly) und 4,2 % i. d. TS deutlich unter denen im Feldversuch in Kleinhohenheim. Diese Unterschiede sind vermutlich vor allem auf die unterschiedliche Pflanzenentwicklung zur Probenahme sowie auf Standorteffekte (Klima, Nährstoffverfügbarkeit usw.) zurückzuführen.

7 Experten-Workshop der Universität Hohenheim

Am 01.12. 2015 fand im Rahmen der Bioland e.V. Schaf- und Ziegentagung der Experten-Workshop „Würmer wegfressen! – Ackerfutter gegen Endoparasiten“ statt. Der Workshop wurde von Dr. Pera Herold und Dr. Sabine Zikeli moderiert und von ca. 50 bis 60 Teilnehmerinnen besucht. Die Veranstaltung umfasste zwei Teile, einem Input-dominierten Vortagsteil und eine auf Erfahrungsaustausch beruhenden Diskussionsrunde: Zum Auftakt wurde von Frau Dr. Zikeli das Gesamtprojekt vorgestellt, anschließend präsentierte Frau Maria Beck erste Ergebnisse ihrer Forschungsarbeit zum Chicorée und im Anschluss daran berichtete Frau Hasenmaier-Reimer von ihren Praxiserfahrungen im Chicorée-Anbau und der Endoparasitenkontrolle durch Chicorée-Beweidung bei Schafen. Als letzter Referent war Herr Dr. Leopold Podstatzky (HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Österreich) geladen, um seine Forschungsergebnisse zum Einsatz unterschiedlicher, pflanzenbasierter Verfahren in der Endoparasitenkontrolle bei kleinen Wiederkäuern zu zeigen.

In der anschließenden Diskussionsrunde erfolgte ein intensiver Austausch über die Möglichkeit, mittels Beweidungs- und Fütterungsstrategien den Endoparasitendruck bei kleinen Wiederkäuern zu minimieren. Dabei war besonders die Kultur Chicorée von Interesse, da sie im Vergleich zur Esparsette pflanzenbaulich einfacher zu führen ist und geringe Standortansprüche aufweist. Als problematisch wurden hier die schlechte Verfügbarkeit von Saatgut und die geringe Anzahl von Sorten gesehen, zumal über deren Winterhärte wenig bekannt ist. Darüber hinaus wurde die Notwendigkeit einer Züchtung auf Resistenz gegenüber Endoparasiten bei Schafen und Ziegen von Seiten der Praktiker betont, sowie die Bedeutung des Weidemanagements diskutiert. Die Nutzung von extern produzierten und dann bei Bedarf zugekauften Futtermitteln (z.B. Esparsette-Pellets) wurde aus Kostengründen kritisch gesehen.

Grundsätzlich scheint bei den Schaf- und Ziegenhaltern ein großes Interesse am Thema „Ackerfutter gegen Parasiten“ vorzuliegen, da der Einsatz von Antihelminthika aufgrund der aktuellen Resistenzentwicklungen bei den Parasiten sowie den Schadstoffeinträge in die Umwelt kritisch gesehen wird. Dementgegen steht eine positive Wahrnehmung der Nutzung von Ackerfuttermitteln zu Parasitenkontrolle, welche zum einen als mit den Grundsätzen des ökologischen Landbaus kompatibel angesehen werden und zum anderen in ihrem Einsatz in der Hand der Betriebsleiterin liegen, so dass das Gesundheitsmanagement eigenverantwortlich durchgeführt werden kann.

Durch den Workshop wurde klar, dass auf Seiten der Ökolandbau-Praxis Forschungsbedarf zum Thema „Tanninhaltige Ackerfuttermittel für die Bekämpfung von Endoparasiten bei kleinen Wiederkäuern“ besteht. Darüber hinaus ist eine erste Vernetzung der Projektpartner mit anderen Akteuren (Bio-Verbände, Landwirte, Tiergesundheitsdienst, Wissenschaftlerinnen, Berater) ist erfolgt, die für weitere Antragstellungen genutzt werden sollte. Zudem wurden die Moderatorinnen von anwesenden Schaf- und Ziegenhaltern angesprochen, die gerne an weiteren Feldstudien teilnehmen würden bzw. am Anbau von Chicorée- und/oder Esparsette im eigenen Betrieb interessiert waren.

8 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für weiter führende Projekte

Im Rahmen des Projektes „Tanninhaltige Ackerfuttermittel als Komponenten der Endoparasiten-Bekämpfung bei kleinen Wiederkäuern im ökologischen Landbau“ wurden die Arbeitspakete 1. Literaturstudie zum Stand des Wissens zur Rolle der Züchtung für die Kontrolle von Endoparasiten bei kleinen Wiederkäuern, 2. Genotypenscreening und Anbauversuche zu Chicorée und Esparsette sowie Analyse der Inhaltsstoffe und 3. Verdaulichkeitsuntersuchungen zu Chicorée und Esparsette erfolgreich bearbeitet und abgeschlossen. Arbeitspaket 4. Wirksamkeit gegen Endoparasiten wird gerade im Rahmen einer Masterarbeit bearbeitet, die Ergebnisse stehen noch aus, die Mittel wurden noch nicht verwendet.

Die aktuell verfügbare Literatur zum Thema Züchtung auf Resistenz gegenüber Magen-Darm-Nematoden zeigt, dass insbesondere bei Schafen genetisch bedingte immunologische Reaktionen auf Endoparasiten gibt, die durch entsprechende Züchtungsstrategien genutzt werden können. Generell wird angenommen, dass die genetische Grundlage der Resistenz polygen ist und sich von Rasse zu Rasse unterscheidet. In Europa wurden im letzten Jahrzehnt jedoch kaum Studien zu Unterschieden zwischen Ziegen- oder Schafrassen in der Resistenz gegen Infektionen mit Magen-Darm-Nematoden durchgeführt. Während die Heritabilität für Resistenz bei Schafen bekannt ist und die Merkmale systematisch erfasst und in gewerbliche Zuchtprogramme integriert wurden, ist die Datenverfügbarkeit für Ziegen gering. Darüber hinaus scheinen genetisch bedingte Verhaltensaspekte wie das Fressverhalten („Selbstmedikation“) eine Rolle zu spielen.

Um eine nachhaltige Kontrolle von durch Magen-Darm-Nematoden verursachte Infektionen zu ermöglichen, sollten die Verbesserung des Herden- und Weidemanagements und phytomedizinische Ansätze mit genetischen Verbesserungsmaßnahmen kombiniert werden.

Um die Resistenz gegen Infektionen mit Magen-Darm-Nematoden in den Aufbau eines Zuchtprogramms für Ziegen und Schafe im ökologischen Landbau in Deutschland zu integrieren, sind folgende von uns identifizierte Schritte notwendig:

- Vergleich der Resistenz gegen Magen-Darm-Nematoden von lokalen und importierten Rassen und deren Kreuzungen in Studien auf Versuchsstationen und auf Betrieben.
- Untersuchungen der epidemiologischen Situation bezüglich Infektionen mit Magen-Darm Nematoden auf Betrieben mit ökologischer Ziegen- und Schafhaltung und Evaluation des ökonomischen Nutzens einer Reduktion der Infektionen mit Magen-Darm-Nematoden.
- Schätzung von genetischen Parameter für Resistenz, Resilienz und Toleranz gegen Magen-Darm-Nematoden inklusive genetischer Korrelationen mit Leistungs- und Fortpflanzungsmerkmalen unter Berücksichtigung unterschiedliche Rassen, Altersgruppen, Geschlechter und Haltungsbedingungen.

- Evaluation der ökonomischen und organisatorischen Machbarkeit um Resistenz, Resilienz und Toleranz gegen Magen-Darm-Nematoden in ökologische Ziegen- und Schafzuchtprogramme aufzunehmen.

Die, die die Resistenz der Ziegen gegen Nematodenbefall und die Resilienz und Toleranz gegen Infektionen berücksichtigen, profitieren. Jedoch besteht noch ein großer Forschungsbedarf, bevor solche Merkmale in ein Zuchtprogramm aufgenommen werden können.

Im Rahmen der pflanzenbaulichen Untersuchungen wurden jeweils fünf aktuell verfügbare Chicorée- und fünf Esparsette-Sorten im Feldversuch unter ökologischen Anbaubedingungen geprüft, ein Teil dieser Sorten wurde außerdem in On-Farm-Versuchen auf zwei Landwirtschaftsbetrieben in Baden-Württemberg angebaut. Basierend auf den Ergebnissen der Feldversuche wurden die Chicorée-Sorten Puna II, Commander und Puna aufgrund ihrer guten pflanzenbaulichen Eigenschaften, ihrer Eignung als Futterpflanze und ihrer Gehalte an bioaktiven Inhaltsstoffen als „sehr gut“ eingestuft. Neben den Feldversuchen wurden mit Chicorée— und Esparsette-Genotypen aus Genbanken Gefäßversuche durchgeführt, um die Spannweite der bioaktiven Inhaltsstoffe zu erfassen. Dabei zeigte sich, dass sowohl bei der Esparsette als auch beim Chicorée Genotypen existieren, die hohe Gehalte an kondensierten Tanninen und/oder Rohrprotein aufweisen und damit für weitere Züchtungsarbeiten in Frage kommen.

Hinsichtlich einer möglichen antiparasitären Wirkung bei guter Verdaulichkeit scheint die Fütterung von Chicorée- und Esparsette-Sorten mit mittleren und hohen Konzentrationen an Gesamtphenolen und Gesamtanninen und gleichzeitig hoher Gesamttraktverdaulichkeit der organischen Substanz und hohen Gehalten an metabolisierbarer Energie an kleine Wiederkäuer empfehlenswert. Die zeitgleiche Reduktion des ruminalen Proteinabbaus könnte sich zudem positiv auf die Proteinversorgung des Tieres und dessen Stickstoffnutzungseffizienz auswirken.

Um Anbau- und Haltungssysteme zu entwickeln, in die Chicorée und Esparsette als tiergesundheitsförderndes Ackerfutter integrierbar sind, sind jedoch noch einige Fragen offen:

- Die vorliegenden Versuchsergebnisse im Pflanzenbau sind lediglich einjährig – um Anbauempfehlungen für die Sorten geben zu können, sollten die Versuche über mindestens 2 Jahre wiederholt werden.
- Eine systematische Prüfung der Chicorée-Sorten auf Winterhärte ist bisher nicht erfolgt. Winterhärte ist jedoch ein wichtiges Kriterium für den Anbau in Baden-Württemberg.
- In den Feld- und On-Farm-Versuchen unterschieden sich die Gehalte an kondensierten Tanninen und Gesamtphenolen nicht nur in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt, sondern zeigten auch Unterschiede auf Sortenebene, die nur durch unterschiedliche Umwelteigenschaften zu erklären sind. Welche Umwelteigenschaften jedoch wie Einfluss auf die Gehalte an bioaktiven Inhaltsstoffen nehmen, ist bisher unklar.
- Darüber hinaus fehlen systematische Untersuchungen zur Bildung der kondensierten Tannine in der Pflanze im Laufe ihrer Entwicklung und in ihren unterschiedlichen Organen. Dies ist jedoch wichtig, um bessere Empfehlungen zum Zeitpunkt der Beweidung geben zu können.
- Im Vergleich zur Esparsette ist die Datenlagen zur Wirksamkeit von Chicorée in der Endoparasitenbekämpfung bei kleinen Wiederkäuern ungenügend. Für die Ziegen- und Schafhaltung ist aber gerade die Kultur Chicorée von Interesse, da sie im Vergleich zur Esparsette pflanzenbaulich einfacher zu führen ist und geringe Standortansprüche aufweist. Daher sind weitere in-vivo-Fütterungsversuche notwendig, um die Wirksamkeit

von Chicorée in der Kontrolle von gastrointestinalen Nematoden zu überprüfen. So sind Gehalte an kondensierten Tanninen in Chicorée im Vergleich zur Esparsette gering, dennoch führt die Fütterung mit Chicorée zu einer Reduzierung der Magen-Darm-Nematoden. Dies könnte durch eine weitere Stoffgruppe, die Sesquiterpen-Lactone, bedingt sein, die im vorliegenden Versuch jedoch nicht untersucht wurden. Die Datenlage zur Wirkung im Tierversuch ist unzureichend, so dass hier noch weitere Untersuchungen nötig sind.

- Da Sesquiterpen-Lactone unerwünschte Bitterstoffe sind, die auch in die Milch übergehen, erfolgt in der Chicorée-Züchtung normalerweise eine Selektion auf niedrige Gehalte in der Pflanze. Unter Umständen ist es sinnvoll, in der Pflanzenzüchtung spezielle Sorten zu entwickeln, die hohe Gehalte an Sesquiterpen-Lactonen aufweisen und die vor allem als „Gesundfutter“ oder in der Fleischerzeugung eingesetzt werden.
- Das Genotypen-Screening für Esparsette und Chicorée zeigt, dass für beide Pflanzenarten ein Genpool vorhanden ist, der die Selektion auf höhere Gehalte an kondensierten Tanninen in der Pflanze erlaubt. Dies würde u.U. die Möglichkeit eröffnen, Futterergänzungsmittel kostengünstiger zu produzieren, so dass Landwirte, die keine Möglichkeit haben, Chicorée (Auswinterungsgefahr) oder Esparsette (zu niedrige pH-Werte) anzubauen, diese dennoch als „Gesundfutter“ einsetzen können. Hier bietet sich in Zukunft eine Kooperation mit Landwirten als Produzenten dieser Kulturen und mit Futtermittel- und Tierarzneimittelherstellern an, um geeignete Produkte zu entwickeln.

Um Chicorée und Esparsette erfolgreich als „Gesundfutter“ einsetzen zu können, sind daher noch weitere Forschungsarbeiten notwendig. Ein Antrag der Antragsteller im ERA-Net Sustainable Animal Production (SUSAN) war leider nicht erfolgreich. Die Projektbearbeiter versuchen weiterhin, gemeinsam mit der landwirtschaftlichen Praxis und den ökologischen Anbauverbänden, Drittmittel einzuwerben, um an diesen Forschungsfragen zu arbeiten und ihr Netzwerk zum Thema auszubauen.

9 Literatur

- Aerts, R. J., Barry, T. N., McNabb, W. C., 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 75:1-12.
- Arrigo, Y., 2012. Bestimmter und geschätzter Futterwert von Zichorie, Hornklee und Esparsette. *Agrarforschung Schweiz* 3:492–499.
- Afolayan, R. A., Fogarty, N. M., Morgan, J. E., Gaunt, G. M., Cummins, L. J., Gilmour, A. R. 2009. Preliminary genetic correlations of milk production and milk composition with reproduction, growth, wool traits and worm resistance in crossbred ewes. *Small Ruminant Research* 82:27–33.
- Albers, G. A. A., Gray, G. D., Piper, L. R., Barker, J. S. F., Le Jambre, L. F., Barger, I. A. 1987. The genetics of resistance and resilience to *Haemonchus contortus* infection in young Merino sheep. *International Journal for Parasitology* 17:1355–1363.
- Assenza, F., Elsen, J.-M., Legarra, A., Carré, C., Sallé, G., Robert-Granié, C., Moreno, C. R. 2014. Genetic parameters for growth and faecal worm egg count following *Haemonchus contortus* experimental infestations using pedigree and molecular information. *Genetics, Selection, Evolution* 46:13.
- Baker, R. L., Gray, G. D. 2004. Appropriate breeds and breeding schemes for sheep and goats in the tropics. In: Sani, R. A., Gray, G. D., Baker, R. L., eds., *Worm control for small ruminants in*

tropical Asia. Canberra: ACIAR Monograph No. 113, pp. 63-95

- Baker, R. L., Audho, J. O., Aduda, E. O., Thorpe, W. 2001. Genetic resistance to gastro-intestinal nematode parasites in Galla and Small East African goats in the sub-humid tropics. *Animal Science* 73:61–70.
- Barry, T. N., Manley, T. R. 1986. Interrelationships between the concentrations of total condensed tannin, free condensed tannin and lignin in *Lotus* sp. and their possible consequences in ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 37:248-254.
- Barry, T. N., McNabb, W. C. 1999. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British Journal of Nutrition* 81:263-272.
- Beck, M., 2015: Screening of forage chicory (*Cichorium intybus*) genotypes for their content of bitter compounds and their agronomic performance in South Germany, Masterarbeit, Universität Hohenheim.
- Beynon, S. A. 2012. Potential environmental consequences of administration of anthelmintics to sheep. *Veterinary Parasitology* 189:113-124.
- Beraldi, D., McRae, A. F., Gratten, J., Pilkington, J. G., Slate, J., Visscher, P. M., Pemberton, J. M. 2007. Quantitative Trait Loci (QTL) mapping of resistance to strongyles and coccidia in the free-living Soay sheep (*Ovis aries*). *International Journal for Parasitology* 37:121-129.
- Bishop, S. C. 2012. A consideration of resistance and tolerance for ruminant nematode infections. *Frontiers in Genetics* 3:168.
- Bishop, S. C., Jackson, F., Coop, R. L., Stear, M. J. 2004. Genetic parameters for resistance to nematode infections in Texel lambs and their utility in breeding programmes. *Animal Science* 78:185–94.
- Bolormaa, S., Olayemi, M., van der Werf, J. H. J., Baillie, N., Le Jambre, F., Ruvinsky, A., Walkden-Brown, S. S. 2010. Estimates of genetic and phenotypic parameters for production, haematological and gastrointestinal nematode-associated traits in Australian Angora goats. *Animal Production Science* 50:25-36.
- Bouix, J., Krupinski, J., Rzepecki, R., Nowosad, B., Skrzyzala, I., Roborzynski, M., Fudalewicz-Niemczyk, W., Skalska, M., Malczewski, A., Gruner, L. 1998. Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in Polish long-wool sheep. *International Journal for Parasitology* 28:1797-1804.
- Brown, D. J., Swan, A. A., Gill, J. S. 2010. Within- and across-flock genetic relationships for breech flystrike resistance indicator traits. *Animal Production Science* 50:1060–1068.
- Castro-Montoya, J.M., Makkar, H., Becker, K., 2011: Chemical composition of rumen microbial fraction and fermentation parameters as affected by tannins and saponins using an in vitro rumen fermentation system. *Canadian Journal of Animal Science* 91:433-448.
- Ceyhan, A., Moore, K., Mrode, R. 2015. The estimation of (co)variance components growth, reproduction, carcass, FECS and FECN traits in Lleyln sheep. *Small Ruminant Research* 131:29–34.
- Close, W.H., Menke, K.-H. 1986: Selected topics in animal nutrition: a manual prepared for the 3rd Hohenheim Course on Animal Nutrition in the Tropics and Semi-Tropics. Feldafing: Dt. Stiftung für Internat. Entwicklung, Zentralstelle für Ernährung u. Landwirtschaft.
- Davies, G., Stear, M. J. and Bishop, S. C. 2005. Genetic relationships between indicator traits and nematode parasite infection levels in 6- month-old lambs. *Animal Science* 80:143-150.
- de la Chevrotière, C., Moreno, C., Jaquiet, P., Mandonnet, N. 2011. La sélection génétique pour la maîtrise des strongyloses gastro-intestinales des petits ruminants. *INRA Productions Animales* 24:221–234.
- de la Chevrotière C., Bambou, J.-C., Arquet, R., Jacquet, P., Mandonnet, N. 2012. Genetic analysis of

- the potential role of IgA and IgE responses against *Haemonchus contortus* in parasite resistance of Creole goats. *Veterinary Parasitology* 186:337–343.
- EBLEX Division, Agriculture and Development Board, 2013. Using Chicory and Plantain in Beef and Sheep Systems. Better Returns Programme, Warwickshire. Verfügbar unter: <http://www.eblex.org.uk/wp/wp-content/uploads/2013/12/BRPplusChicory-and-Plantain031213.pdf>. Zugriff am 03.05. 2015.
- Foster, J. G., Cassida, K. A., Turner, K. E., 2011. In vitro analysis of the anthelmintic activity of forage chicory (*Cichorium intybus* L.) sesquiterpene lactones against a predominantly *Haemonchus contortus* egg population. *Vet. Parasitol.* 180:298–306.
- Frame, J. 2005. Forage Legumes for Temperate Grasslands. Enfield (NH), USA. Science Publishers, Inc., S. 309.
- Fraquelli, C., Zanzani, S. A., Gazzonis, A. L., Rizzi, R., Manfredi, M. T. 2015. Effects of condensed tannin on natural coccidian infection in goat kids. *Small Ruminant Research*, doi:10.1016/j.smallrumres.2015.01.019.
- Frick, R., Mosimann, E., Suter, D., Hirschi, H. (2011). Schotenklee und Esparsette: Ergebnisse der Sortenversuche 2008 bis 2010. *Agrarforschung Schweiz* 2(9):396-401.
- Gauly, M., Erhardt, G. 2001. Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in Rhön sheep following natural infection. *Veterinary Parasitology* 102:253–59.
- Gauly, M., Kraus, M., Vervelde, L., Van Leeuwen, M. A. W., Erhardt, G. 2002. Estimating genetic differences in natural resistance in Rhön and Merinoland sheep following experimental *Haemonchus contortus* infection. *Veterinary Parasitology* 106:55–67.
- Greeff, J. C., Karlsson, L. J. E. 1997. Genetic relationships between faecal worm egg count and scouring in Merino sheep in a Mediterranean environment. *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* 12:333–337.
- Grewal, H. S., Williams, R. 2003. Liming and cultivars affect root growth, nodulation, leaf to stem ratio, herbage yield, and elemental composition of alfalfa on an acid soil. *Journal of Plant Nutrition* 26(8):1683-1696.
- Gruner, L., Bouix, J., Brunel, J. C. 2004. High genetic correlation between resistance to *Haemonchus contortus* and to *Trichostrongylus colubriformis* in INRA 401 sheep. *Veterinary Parasitology* 119:51–58.
- Häring, D. A., Scharenberg, A., Heckendorn, F., Dohme, F., Lüscher, A., Maurer, V., Suter, D., Hertzberg, H. 2007. Tanniferous forage plants: Agronomic performance, palatability and efficacy against parasitic nematodes in sheep. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23:19-29.
- Häring, D.A., Scharenberg, A., Heckendorn, F., Dohme, F., Lüscher, A., Maurer, V., Suter, D., Hertzberg, H., 2008. Tanniferous forage plants. Agronomic performance, palatability and efficacy against parasitic nematodes in sheep. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23:19–29.
- Heckendorn, F. 2011. Fütterung von Esparsette bei Ziegen – Effekte auf innere Parasiten und Milch. *Forum* 8, 14-21.
- Heckendorn, F., Häring, D. A., Maurer, V., Senn, M., Hertzberg, H., 2007. Individual administration of three tanniferous forage plants to lambs artificially infected with *Haemonchus contortus* and *Cooperia curticei*. *Veterinary Parasitology* 146:123–134.
- Heckendorn, F., Werne, S., Maurer, V., Perler, E., Amsler, Z., Probst, J., Zaugg, C., Krenmeyr, I. (2013): Sainfoin – new data on anthelmintic effects and production in sheep and goats. In: *Planta Medica*, Geogr Thieme Verlag KG, Stuttgart, New York, 79, S. 1125.
- Houdijk, J. G. M., Kyriazakis, I., Kidane, A., Athanasiadou, S. 2012. Manipulating small ruminant parasitic epidemiology through the combination of nutritional strategies. *Veterinary Parasitology* 186:38-50.

- Hoste H., Leveque H., Dorchies, P. 2001. Comparison of nematode infections of the gastrointestinal tract in Angora and dairy goats in a rangeland environment: relations with the feeding behaviour. *Veterinary Parasitology* 101: 127-35.
- Hoste, H., Jackson, F., Athanasiadou, S., Thamsborg, S. M., Hoskin, S. O. 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitology* 22:253-261.
- Hume, L. J., Withers, N. J. 1985. Nitrogen fixation in sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) - 2. Effectiveness of the nitrogen-fixing system. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 28 (3):337-348.
- Khusro, M., Van Der Werf, J. H. J., Brown, D. J., Ball, A. 2004. Across flock (co)variance components for faecal worm egg count, live weight, and fleece traits for Australian merinos. *Livestock Production Science* 91:35-43.
- Knight, T. L., Moss, R. A., Fraser, T. J., Rowarth, J. S., Burton, R. N. 1996. Effect of pasture species on internal parasites of lambs. *Proc. of the New Zealand Grassland Association* 58:59-62.
- Jackson, F., Varady, M., Bartley, D. J. 2012. Managing anthelmintic resistance in goats – Can we learn lessons from sheep? *Small Ruminant Research* 103:3-9.
- Lees, G. L., Hinks, C. F., Suttill, N. H. 1994. Effect of high temperature on condensed tannin accumulation in leaf tissues of big trefoil (*Lotus uliginosus* Schkuhr). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 65:415-421.
- Lumaret, J. P., Errouissi, F. 2002. Use of anthelmintics in herbivores and evaluation of risks for the non target fauna of pastures. *Veterinary Research* 33:547-562.
- Mächtel, R., 2016. Untersuchung verschiedener Esparsetten-Sorten (*Onobrychis viciifolia* Scop.) hinsichtlich Entwicklung, Wachstum und Inhaltsstoffe. Masterarbeit, Universität Hohenheim.
- Makkar, H.; Blümmel, M.; Becker, K., 1995. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in in vitro techniques. *British Journal of Nutrition* 73:897-913.
- Makkar, H., Blümmel, M., Borowy, N. K., Becker, K., 1993. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 61:161-165.
- Makkar, H., Singh, B., 1993. Effect of storage and urea addition on detannification and in sacco dry matter digestibility of mature oak (*Quercus incana*) leaves. *Animal Feed Science and Technology* 41:247-259.
- Mandal, A. and Sharma, D. K. 2008. Inheritance of faecal nematode egg count in Barbari goats following natural *Haemonchus contortus* infection. *Veterinary Parasitology* 155:89-94.
- Mandonnet, N., Aumont, G., Fleury, J., Arquet, R., Varo, H., Gruner, L., Bouix, J. and Khang, J. V. 2001. Assessment of genetic variability of resistance to gastrointestinal nematode parasites in Creole goats in the humid tropics. *Journal of Animal Science* 79:1706-1712.
- Marley, C.L., Cook, R., Keatinge, R., Barrett, J., Lampkin, N. H. 2003. The effect of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and chicory (*Cichorium intybus*) on parasite intensities and performance of lambs naturally infected with helminth parasites. *Veterinary Parasitology* 112:147-55.
- McCutcheon, J., Lewandowsky, R., Shulaw, W.P., Foster, J.G., 2012. Use of Forage Chicory in a Small Ruminant Parasite Control Program. Fact Sheet *Veterinary Preventive Medicine*. The Ohio State University (Ed.). Abrufbar unter: http://ohioline.osu.edu/vme-fact/pdf/VME_31_12.pdf. Zugriff am 15.06. 2015.
- McEwan, J. C., Mason, P., Baker, R. L., Clarke, J. N., Hickey, S. M. and Turner, K. 1992. Effect of selection for productive traits on internal parasite resistance in sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 52:53-56.

- McManus C., Paim T. D. P., de Melo C. B., Brasil BSAF, Paiva S.R. (2014) Selection methods for resistance to and tolerance of helminths in livestock. *Parasite* 21: 56.
- McMahon, L. R., Majak, W., McAllister, T. A., Hall, J. W., Jones, G. A., Popp, J. D., Cheng, K.-J. 1999. Effect of sainfoin on in vitro digestion of fresh alfalfa and bloat in steers. *Canadian Journal of Animal Science* 79(2):203-212.
- Min, B. R., Hart, S. P., 2003. Tannins for suppression of internal parasites. *Journal of Animal Science* 81:E102-E109.
- Morris, C. A., Bisset, S. A., Vlassoff, A., West, C. J., Wheeler, M. 2004. Genetic parameters for *Nematodirus* spp. egg counts in Romney lambs in New Zealand. *Animal Research* 33–39.
- Morris, C. A., Vlassoff, A., Bisset, S. A., Baker, R.L., West, C. J., Hurford, A. P. 1997a. Responses of Romney sheep to selection for resistance or susceptibility to nematode infection. *Animal Science* 64:319-329.
- Morris, C. A., Wheeler, M., Shaw, R. J. 2010. Correlated responses following genetic selection to change faecal worm egg count in Romney sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 70:229–234.
- Morris, C. A., Wheeler, M., Hosking, B. C., Watson, T. G., Hurford, A. P., Foote, B. J., Foote, J. F. 1997b. Genetic parameters for milk yield and faecal nematode egg count in Saanen does. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 40:523–528.
- Morris, C. A., Wheeler, M., Watson, T. G., Hosking, B. C., Leathwick, D. M. 2005. Direct and correlated responses to selection for high or low faecal nematode egg count in Perendale sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 48:1-10.
- Naumann, C., Bassler, R., 1976, Ergänzung 2012a. *Methodenbuch. Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Deutschland.
- Naumann, C., Bassler, R., 1976, Ergänzung 2012b. *Methodenbuch. Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln: Bestimmung von Rohprotein mittels Dumas-Verbrennungsmethode (4.1.2)*, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Deutschland.
- Neuhoff, D., Bücking, K. 2006. Möglichkeiten zur Integration der Futterleguminose Esparsette (*Onobrychis viciifolia*) in Fruchtfolgen des Ökologischen Landbaus. Verfügbar unter <http://orgprints.org/13111/1/13111-03OE081-uni-bonn-neuhoff-2006-esparsette.pdf>, abgerufen am 18.10.2016.
- Oliveira, P. A., Pinto, D. M., Ruas, J. L., dos Santos, T. R. B., Pappen, F. G., Salvadego, T. A., de Borba, T. C., Ferigollo, A. P. 2014. Anthelmintic efficacy of different drugs employed for the control of parasites in sheep. *Science and Animal Health* 2:126-136.
- Papadopoulos, E., Gallidis, E., Ptochos, S. 2012. Anthelmintic resistance in sheep in Europe: A selected review. *Veterinary Parasitology* 189:85-88.
- Pickering, N. K., Dodds, K. G., Blair, H. T., Hickson, R. E., Johnson, P. L., McEwan, J. C. 2012. Genetic parameters for production traits in New Zealand dual-purpose sheep, with an emphasis on dagginess. *Journal of Animal Science* 90:1411–1420.
- Podstatzky, L. (2009): *Futtermittel mit kondensierten Tanninen in der Parasitenregulation*. In: LFZ Raumberg-Gumpenstein, Parasitologische Fachtagung für ökologische Landwirtschaft 2009, 19-22, http://orgprints.org/15588/1/Tagungsband_Parasiten_2009.pdf.
- Pollott, G. E., Karlsson, L. J. E., Eady, S., Greeff, J. C. 2004. Genetic parameters for indicators of host resistance to parasites from weaning to hogget age in Merino sheep. *Journal of Animal Science* 82:2852–2864.

- Porter, L.J., Hrstich, L.N., Chan, B.G., 1985: The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry* 25:223-230.
- Ramseier, H. 2013. Schlussbericht Vorprojekt „Ressourcenschonender Ackerbau –Evaluation des agronomischen Potenzials von 30 Leguminosenarten zur Nutzung des Bodenstickstoffes und der N-Fixierung“. Zollikofen.
- Rivero, R. M., Ruiz, J. M., García, P. C., López-Lefebvre, L. R., Sánchez, E., Romero, L., 2001. Resistance to cold and heat stress. Accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Science* 160:315–321.
- Safari, E., Fogarty, N. M. and Gilmour, A. R. 2005. A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Production Science* 92: 271–289.
- Sanderson, M. A., Labreveux, M., Hall, M. H., Elwinger, G. F., 2003. Nutritive Value of Chicory and English Plantain Forage. *Crop Science* 43:1797–1804.
- Schneiter, A. A., Whitman, W. C., Larson, K. L. 1969. Sainfoin. A New Legume for North Dakota? *Farm Research* 27(1):11-13.
- Sréter, T., Kassai, T., Takacs, E. 1994. The heritability and specificity of responsiveness to infection with *Haemonchus contortus* in sheep. *International Journal for Parasitology* 24:871-876.
- Steffen, E., 2014. Eignung neuer Futterpflanzen. Prüfung der Anbaueignung und des Futterwertes von Futterpflanzen, die bisher in Deutschland (Sachsen) noch nicht genutzt werden als Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Schriftenreihe des LfULG 2. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg). Verfügbar unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/20938>. Zugriff an 15.06. 2015.
- Sutherland, I. A., Leathwick, D. M. 2011. Anthelmintic resistance in nematode parasites of cattle: A global issue? *Trends Parasitology* 27:176–181.
- Taylor, R. W., Allinson, D. W. 1983. Legume establishment in grass sods using minimum-tillage seeding techniques without herbicide application: Forage yield and quality. *Agronomy Journal* 75:167-172.
- Tzamaloukas, O., Athanasiadou, S., Kyriazakis, I., Huntley, J.F., Jackson, F., 2006. The effect of chicory (*Cichorium intybus*) and sulla (*Hedysarum coronarium*) on larval development and mucosal cell responses of growing lambs challenged with *Teladorsagia circumcincta*. *Parasitology* 132:419–426.
- Vagenas, D., Jackson, F., Russel, A. J. F., Merchant, M., Wright, I. A., Bishop, S. C. 2002. Genetic control of resistance to gastro-intestinal parasites in crossbred cashmere-producing goats: responses to selection, genetic parameters and relationships with production traits. *Animal Science* 74:199–208.
- Vanimisetti, H. B., Greiner, S. P., Zajac, A. M., Notter, D. R. 2004. Performance of hair sheep composite breeds: resistance of lambs to *Haemonchus contortus*. *Journal of Animal Science* 82:595–604.
- van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991: Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, 3583-3597.
- Waghorn, G., 2008. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production—Progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology* 147:116-139.
- Watson T.G., Baker R.L., Harvey T.G. 1986. Genetic variation in resistance or tolerance to internal nematode parasites in strains of sheep at Rotomahana. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 46:23-26.

- Weatherburn, M.W., 1967: Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Analytical Chemistry* 39:971-974.
- Werne, S., Perler, E., Maurer, V., Probst, J. K., Hoste, H., Drewek, A., Heckendorn, F. 2013. Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) and faba bean (*Vicia faba*) on the periparturient rise in ewes infected with gastrointestinal nematodes. *Small Ruminant Research* 113:454-460.
- Wolf, B. T., Howells, K., Nakielny, C., Haresign, W., Lewis, R. M., Davies, O., Davies, M. H. 2008. Genetic parameters for strongyle and *Nematodirus* faecal egg counts in lambs and their relationships with performance traits. *Livestock Science* 113:209–217.
- Woolaston R.R. and Piper L.R., 1996. Selection of Merino sheep for resistance to *Haemonchus contortus*: genetic variation. *Animal Science* 62:451-460.
- Woolaston, R. R., Windon, R. G., 2001. Selection of sheep for response to *Trichostrongylus colubriformis* larvae: genetic parameters. *Animal Science* 73:41-48.
- Woolaston, R. R., Singh, R., Tabunakawai, N., Le Jambre, L. F., Banks, D. J. P., Barger I. A., 1992. Genetic and environmental influences on worm egg counts of goats in the humid tropics. *Proceedings of the Australian Association of Animal Breeding and Genetics* 10:147-150.

Publikationen, Präsentationen und studentische Arbeiten im Rahmen des Projektes

Publikationen und Beiträge auf wissenschaftlichen Tagungen

- Muth, P.C., Tietgens, G., Pöhlmann, I., Reiber, C., Valle Zárate, A. (2017) Breeding for resistance to nematode infections in organic goat production in Germany – A way forward? In: S. Wolfrum, H. Heuwinkel, H.J. Reents, et al., Hrsg. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau: Ökologischen Landbau weiterdenken - Verantwortung übernehmen - Vertrauen stärken. Berlin: Verlag Dr.Köster, S. 442-443.

Sonstige Vorträge

- Beck, M. (2015) Futterchicorée – Versuche zur Anbaueignung und zur Bestimmung der Tanningehalte. 10. Internationale Schaf- und Ziegentagung, Kempten, 01.12.2015

Studentische Arbeiten

- Beck, M. (2015) Screening of forage chicory (*Cichorium intybus*) genotypes for their content of bitter compounds and their agronomic performance in South Germany, Universität Hohenheim, S. 73
- Mächtel, R. (2016) Untersuchung verschiedener Esparsetten-Sorten (*Onobrychis viciifolia* Scop.) hinsichtlich Entwicklung, Wachstum und Inhaltstoffe
- Sultana, F., De Zoysa Agampodi, T., Quiño, I. C. (2017) Organic goat production: Feed quality of organic chicory and biological activity of secondary plant compounds, Universität Hohenheim, S. 116