

Justus-Liebig-Universität Gießen
Fachbereich 09
Agrarwissenschaften, Ökötrophologie und Umweltmanagement
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I

Bachelorarbeit

**Beurteilung von Gehölzarten hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit als
Futterhecken auf der silvopastoralen Agroforstfläche des
Gladbacher Hofes**

gestellt von: Dr. Philipp Weckenbrock (Erstbetreuer)
Dr. Konstantin Becker (Zweitbetreuer)

eingereicht von: Joshua Book

Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	<i>I</i>
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	<i>II</i>
<i>Tabellenverzeichnis</i>	<i>III</i>
<i>Abstract</i>	<i>1</i>
<i>Zusammenfassung</i>	<i>1</i>
<i>1 Einleitung</i>	<i>3</i>
1.1 Klimawandel und die Rolle der Landwirtschaft.....	3
1.2 Agroforstsysteme.....	3
1.3 Historische und aktuelle Bedeutung von Hecken.....	4
1.4 Futterhecken – neues Interesse für altes Wissen	5
1.5 Ernährung von Rindern und die Bedeutung von Laubfutter	5
1.6 Problematik.....	7
1.7 Zielsetzung, Fragestellung und Aufbau	7
<i>2 Material und Methoden</i>	<i>9</i>
<i>3 Ergebnisse</i>	<i>11</i>
3.1 Entwicklung der Auswahlkriterien	11
3.2 Auswahlkriterien.....	12
3.3 Ausschlusskriterien.....	14
3.4 Auswahl der Arten.....	16
<i>4 Diskussion</i>	<i>23</i>
4.1 Diskussion der Ergebnisse	23
4.1.1 Wuchseigenschaften	23
4.1.2 Inhaltsstoffe.....	23
4.1.3 Verdaulichkeit	24
4.2 Kritische Betrachtung der Literaturbefunde und Methodik	25
4.2.1 Literaturbefunde	25
4.2.2 Methodik.....	25
<i>5 Fazit sowie Empfehlungen für Forschung und Praxis</i>	<i>31</i>
<i>Literaturverzeichnis</i>	<i>33</i>
<i>Interviewverzeichnis</i>	<i>41</i>
<i>Anhang</i>	<i>I</i>

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1. Links: Galloway-Bulle beim Verbiss eines Apfelbaums.

Abb. 2. Rechts: Angus-Rind beim Verbiss einer Weide.

Abb. 3. Angler-Rind beim Verbiss einer gemischten Futter- und Naturschutzhecke.

Abb. 4. Links: Silvoarables Agroforstsystem auf dem Gladbacher Hof.

Abb. 5. Rechts: Silvopastorales Agroforstsystem auf dem Gladbacher Hof.

Tabellenverzeichnis

Tab. 1. Liste der ungeeigneten Gehölze mit Begründung.

Tab. 2. Ergebnisse der Literaturliteraturarbeit als semi-qualitative Veranschaulichung zusammengefasst.

Abstract

As formative elements of the Central European cultural landscape, hedge structures have a diverse history of use and are of great importance for soil, climate and species protection. Traditionally, the foliage of trees and shrubs has long been used as supplemental fodder for livestock. As a form of silvopastoral agroforestry, hedge structures can be integrated into grasslands to provide weather protection and seasonal forage supplementation for livestock. Interest in these systems is increasing, but the establishment of woody plants can present many obstacles for farms. Therefore, with the help of a literature review and expert interviews, the potential usability of woody plants as fodder hedges was investigated in more detail in this thesis. In order to support the planting of fodder hedgerows on the Gladbacher Hof, a catalog of criteria has been drawn up which allows the examination of tree and shrub species for their suitability as a component of fodder hedges. This can be used to provide a basis for discussion for planting. Of 42 species and genera examined, 27 were rated as unsuitable and 15 species were rated as suitable. Based on the main criteria of growth characteristics, constituents and digestibility, 15 woody species are suitable for fodder hedges. Overall, it was found that, as of this writing, much relevant knowledge on the respective characteristics of the tree and shrub species is lacking. Although the number of studies on native forage woody species has increased in recent years, further research and practical experience is needed to benefit from the potentials of silvopastoral agroforestry in the future.

Zusammenfassung

Als prägende Elemente der mitteleuropäischen Kulturlandschaft weisen Heckenstrukturen eine vielfältige Nutzungsgeschichte auf und sind von großer Bedeutung für den Boden-, Klima- und Artenschutz. Traditionell wurde das Laub von Bäumen und Sträuchern lange als zusätzliches Futter für Nutztiere eingesetzt. Als eine Form silvopastoraler Agroforstsysteme können Heckenstrukturen auf Grünlandflächen integriert werden und somit Nutztieren Witterungsschutz sowie eine saisonale Futterergänzung bieten. Das Interesse für diese Systeme steigt, jedoch kann die Etablierung von Gehölzen für Betriebe viele Hindernisse bedeuten. Daher wurde in dieser Arbeit, anhand von Literaturrecherchen und Expertengesprächen, die potentielle Nutzbarkeit von Gehölzen als Futterhecken näher untersucht. Um die

Anlage der geplanten Futterheckenreihen auf dem Gladbacher Hof zu unterstützen, wurde ein Kriterienkatalog erstellt, der es ermöglicht, Baum- und Straucharten auf ihre Eignung als Bestandteil einer Futterhecke zu untersuchen. Damit kann eine Diskussionsgrundlage für die Pflanzung geboten werden. Von 42 untersuchten Arten und Gattungen wurden 27 als ungeeignet und 15 Arten als geeignet bewertet. Basierend auf den Hauptkriterien Wuchseigenschaften, Inhaltsstoffe und Verdaulichkeit sind 15 Gehölzarten für Futterhecken nutzbar. Insgesamt war festzustellen, dass zum Stand dieser Arbeit viele relevante Kenntnisse zu den jeweiligen Eigenschaften der Baum- und Straucharten fehlen. Wenngleich die Anzahl der Studien zu einheimischen Futtergehölzen in den vergangenen Jahren zugenommen hat, bedarf es weiterer Forschung und Praxiserfahrungen, um auch in Zukunft von den Potentialen silvopastoraler Agroforstwirtschaft profitieren zu können.

1 Einleitung

1.1 Klimawandel und die Rolle der Landwirtschaft

Die Folgen des Klimawandels und die Überschreitung der planetaren Belastungsgrenzen, nach einer Definition von Steffen et al. (2015): Biodiversitätsverlust, Störung biochemischer Kreisläufe, Landnutzungsänderungen, Ozeanversauerung und Süßwassernutzung, stellen die globale Gesellschaft vor große Herausforderungen. Der Druck auf Landökosysteme steigt (WBGU, 2020), dabei ist die heutige Form der Landnutzung in dreifacher Hinsicht mit dem Klimawandel verbunden. Durch Landnutzungsänderungen und als Emittent von klimawirksamen Treibhausgasen ist sie einerseits als Mitverursacher und treibender Faktor zu sehen (WBGU, 2020; Chmielewski, 2011). Andererseits steht die Landwirtschaft in unmittelbarer Abhängigkeit zum Klima und den Witterungsverhältnissen, weshalb sie einer der am stärksten von den Veränderungen des Klimas betroffenen Sektoren ist (Weigel, 2011). Trotz dieser Vulnerabilität verdeutlicht der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), dass Landnutzungssysteme mit einer Vielzahl von Handlungsoptionen, wie der Bereitstellung von Ökosystemleistungen und -funktionen, großes Potential zur Anpassung an den Klimawandel sowie zu seiner Minderung und zu nachhaltiger Entwicklung beitragen können. Eine dieser Handlungsoptionen können Agroforstsysteme sein (IPCC, 2019).

1.2 Agroforstsysteme

Agroforstsysteme sind, nach einer Definition des United States Department of Agriculture (USDA), "die absichtliche Integration von Bäumen und Sträuchern in Ackerbau- und Tierhaltungssysteme, um ökologische, wirtschaftliche und soziale Vorteile zu schaffen" (Elevitch et al., 2018, S.2). Je nach Kombination weisen Agroforstsysteme meist drei Unterkategorien auf: Die Pflanzung von Bäumen und/oder Sträuchern auf einer Ackerfläche wird als *silvoarables Agroforstsystem* bezeichnet. Werden Bäume und/oder Sträucher mit der Tierhaltung verbunden, so wird von *silvopastoralen Agroforstsystemen* gesprochen. Letztlich kombinieren *agrosilvopastorale Agroforstsysteme* den Anbau von Bäumen und Feldfrüchten mit der Tierhaltung auf einer Fläche (WBGU, 2020). Diese multifunktionalen Landnutzungssysteme zielen auf eine Anbaudiversifizierung ab und verbinden die Produktion von Gütern (Lebensmittel, Wertholz, etc.) mit der Bereitstellung von

Umweltleistungen (Erosionsschutz, Biodiversität, Kohlenstoffsequenzierung)(IPCC, 2019; WBGU, 2020).

Während die Wissenschaft sich erst seit einigen Jahren mit der Erforschung von Agroforstsystemen beschäftigt, zeigt sich in den Grundsätzen und Methoden dieser Landnutzung eine alte Praxis, die in verschiedenen Regionen der Welt bereits seit Jahrtausenden ihre Anwendung findet (Elevitch et al., 2018; Hejcmanová et al., 2014; Luske & van Eekeren, 2018). In Europa sind u.a. die spanischen Dehesas oder die Streuobstwiesen Mitteleuropas als alte Formen der Agroforstwirtschaft zu betrachten (Eichhorn et al., 2006; Nerlich et al., 2013).

1.3 Historische und aktuelle Bedeutung von Hecken

Gehölzstrukturen unterschiedlichster Ausprägung sind seit jeher ein prägendes Element der landwirtschaftlichen Feldflur und weisen in der Kulturlandschaft Mitteleuropas eine lange Tradition der landwirtschaftlichen Nutzung und Pflege auf (van Elsen & Immel, 2001). So dienten Hecken ursprünglich als natürliche Zäune zur Grenzmarkierung oder zur Einfriedung von Ackerflächen. Die in Norddeutschland verbreiteten Wallhecken, oder „Knicks“, sind auf diese Praxis zurückzuführen (Ellenberg & Leuschner, 2010). Äste, Reisig und Stämme verschiedener Gehölze wurden zur Brennholzgewinnung, als Räuchermaterial oder als Rohstoff für bauliche Zwecke geerntet. Zudem dienten Laub und Früchte von Bäumen und Sträuchern der menschlichen und tierischen Ernährung (Machatschek, 2002; Rahmann, 2004). Mit der zunehmenden Intensivierung der Landwirtschaft wurden Gehölze immer weniger als landwirtschaftliche Ressource betrachtet und ihre vielfältigen Funktionen verloren an Relevanz. Um Acker- oder Grünlandflächen für die Landwirtschaft zu erweitern und Produktionssysteme zu intensivieren, erfolgte vielerorts eine Flurbereinigung. Die Nutzung und Pflege freistehender Gehölze, Waldsäume und Heckenstrukturen wurde somit in weiten Teilen Mitteleuropas aufgegeben (Rahmann, 2004; van Elsen & Immel, 2001).

In den letzten Jahren treten Gebüsche und Hecken wieder in den Vordergrund des landwirtschaftlichen Interesses. Als alte Form der Agroforstwirtschaft können Gehölzstrukturen heute in modernen Landnutzungssystemen neu integriert werden (Vandermeulen, 2017). Im Hinblick auf die vielen ökologischen Funktionen können Hecken als Strukturelemente in der offenen Landschaft einen wertvollen Beitrag zum Boden- und Klimaschutz sowie zum Erhalt der Biodiversität in der Agrarlandschaft leisten (Ellenberg & Leuschner, 2010; Popp & Scheibe, 2013; Vandermeulen, 2017).

1.4 Futterhecken – neues Interesse für altes Wissen

Das Wissen darüber, dass Hecken nicht nur von ökologischer Bedeutung sind, sondern auch einen Vorteil für landwirtschaftliche Nutztiere bieten, ist lange bekannt (Machatschek, 2002). Gehölze sind für Weidetiere wichtige Strukturen, da sie zum Reiben oder Scharren genutzt werden und vor Witterung schützen können (Popp & Scheibe, 2013). Traditionell waren Bäume und Sträucher für die Landwirtschaft eine wichtige Ressource als Tierfutter. Das Laub der Gehölze diente den Tieren als Zusatzfutter, insbesondere in Jahreszeiten, in denen die Futterverfügbarkeit knapp wurde. Die sogenannte *Schneitelwirtschaft*, der Rückschnitt von Bäumen für die Ernte von Laubfutter, war in vielen Regionen Europas verbreitet (Hejzmanová et al., 2014; Machatschek, 2002; Rahmann, 2004). Trotz des Wissens um die traditionelle Praxis bleibt die Rolle des Laubfutters bislang wenig wissenschaftlich behandelt. Silvopastorale Landnutzungssysteme mit Laubfutter-Nutzung sind heute noch weit verbreitet, insbesondere in der mediterranen Klimazone, wo saisonal bedingte Trockenheit den Weidegang limitiert. Auch in subtropischen und tropischen Ländern wird das Laub von Gehölzpflanzen für die Tierernährung verwendet (Eichhorn et al., 2006; Rahmann, 2004; Smith et al., 2012).

Im Hinblick auf die durch den Klimawandel steigende Wahrscheinlichkeit längerer und häufigerer Dürreperioden, steigt auch das Interesse für Futterbäume oder -sträucher in der gemäßigten Klimazone Europas. Unter Umständen könnten diese eine wichtige ergänzende Futterquelle darstellen, weshalb eine neue Bewertung der Nutzbarkeit von Gehölzarten sinnvoll erscheint (Mahieu et al., 2021; Vandermeulen, 2017).

1.5 Ernährung von Rindern und die Bedeutung von Laubfutter

Rinder sind Pflanzenfresser (Herbivore) und gehören zu den Wiederkäuern (Ruminantia). Wiederkäuer besitzen drei Vormägen, in denen sie die für andere Tierarten unverdaulichen Futterbestandteile durch Mikroorganismen aufspalten und verwerten können. Zudem sind sie in der Lage, die Nahrung nach bakterieller Vorverdauung wieder hochzuwürgen, nochmals durchzukauen und runterzuschlucken („wiederkäuen“), ehe das Futter in den eigentlichen Magen (Labmagen) gelangt, wo die weitere Verdauung stattfindet (Rahmann, 2004). Verglichen mit anderen Nutztieren sind Rinder in ihrer Futterwahl weniger selektiv (Zahn, 2014). Der überwiegende Anteil ihres Futters besteht aus Gräsern und Kräutern, Blätter und frische Triebe von Gehölzen werden jedoch ebenfalls gefressen (siehe Abb. 1-3). Letztere können bis zu 10 % der Nahrung von Rindern decken (Rahmann, 2004).

Mit der Einführung von Bäumen oder Sträuchern auf einer landwirtschaftlichen Fläche haben Nutztiere die Möglichkeit, ihre Ernährung bei Bedarf zu diversifizieren. Abwechslungsreiches Futter kann individuelle Ernährungsbedürfnisse befriedigen und die Selektionsfähigkeit der Tiere anregen, was zum Wohl der Tiere beitragen kann (Leiber, 2021; Vandermeulen, 2017). Soll eine Futterhecke in den Betrieb eingeführt werden, erfordert dies Kenntnisse über den Futterwert der verschiedenen Gehölzarten (Luske & Eekeren, 2014). Dies hängt von der Schmackhaftigkeit, der chemischen Zusammensetzung und der Verdaulichkeit der verschiedenen Bestandteile des Futters ab (Robinson, 1985).

Die ernährungsphysiologische Bedeutung von Gehölzen ist bereits oft beschrieben worden. Laubfutter kann durchaus als Ergänzungsfutter dienen und Wiederkäuern gesundheitliche Vorteile bieten. Aus der verfügbaren Literatur geht hervor, dass verschiedene einheimische Gehölzarten als mögliche Quellen für Rohfaser, Rohprotein sowie Spuren- und Mengenelemente sehr interessant sein können und zudem gute Verdaulichkeitswerte aufweisen (Emile et al., 2016; Luske & van Eekeren, 2018; Mahieu et al., 2020, 2021; Rahmann, 2004, 2005; Shayo, 1997). Darüber hinaus enthalten bestimmte Strauch- und Baumarten sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die unterschiedliche positive Wirkungen auf die Tiergesundheit haben können (Leiber, 2014; Smith et al., 2012).



Abb. 1. Links: Galloway-Bulle beim Verbiss eines Apfelbaums (Quelle: Peter Ströde).

Abb. 2. Rechts: Angus-Rind beim Verbiss einer Weide (Quelle: Peter Ströde).



Abb. 3. Angler-Rind beim Verbiss einer gemischten Futter- und Naturschutzhecke. Ort: Hof Luna in Everode, Niedersachsen (Quelle: Burkhard Kayser).

1.6 Problematik

Silvopastorale Systeme sind seit jeher Bestandteil der europäischen Landschaft und könnten auch in Zukunft einen positiven Beitrag zur nachhaltigen Landwirtschaft in Europa leisten (Enri et al., 2020; Smith et al., 2014; Vandermeulen, 2017). Obgleich der in der Einleitung beschriebenen Potentiale bleibt die Integration von Gehölzstrukturen in landwirtschaftliche Systeme für Landwirtinnen und Landwirte stets mit einem Mehraufwand verbunden. Dabei können unterschiedliche Hindernisse und limitierende Faktoren (Wissenslücken, Arbeit, Kosten, rechtliche Fragen, Maschinenbeeinträchtigung, etc.) auftreten (Luske, 2014; Vandermeulen, 2017).

1.7 Zielsetzung, Fragestellung und Aufbau

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Anlage von Futterhecken auf der silvopastoralen Agroforstfläche des Gladbacher Hofes zu unterstützen. Hierfür werden Vorschläge ausgearbeitet, welche die Bewertung verschiedener Baum- und Straucharten hinsichtlich festgelegter Kriterien beinhalten und reflektieren.

Zentrale Fragestellung ist dabei, welche Gehölzarten für die geplanten Futterhecken geeignet sein könnten und welche Nutzungskriterien dabei zu beachten sind. Dazu werden Ausschluss- und Auswahlkriterien aufgestellt, anhand derer die Gehölze bewertet werden sollen. Um auch in Zukunft Landwirtinnen und Landwirte bei der Entscheidung über die Einführung einer Futterhecke und der entsprechenden Artenauswahl zu unterstützen, kann diese Arbeit einen Überblick über die Nutzbarkeit und Eignung von Gehölzen bieten.

Die Hessische Staatsdomäne Gladbacher Hof wird seit 1981 nach Bioland-Richtlinien bewirtschaftet und ist seit 1990 Lehr- und Versuchsbetrieb für ökologischen Landbau der Justus-Liebig-Universität Gießen. Der Hof befindet sich im nordwestlichen Taunus südlich von Aumenau, auf 140 bis 280 m ü N.N. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 9,3 Grad Celsius und der Niederschlag liegt bei 654 mm im langjährigen Mittel. Pararendzinen und Parabraunerden sind die bestimmenden Bodentypen (Betriebsspiegel Gladbacher Hof, 2019).

Um belastbare Erkenntnisse über die Auswirkungen von Agroforstsystemen in den gemäßigten Breiten zu erhalten, werden auf dem Gladbacher Hof zwischen den Jahren 2020 und 2023 drei verschiedene Agroforstsysteme angelegt und erforscht. Ein silvoarables Agroforstsystem wurde bereits etabliert (siehe Abb. 4). Auf der neu angelegten, acht Hektar großen Grünlandfläche des silvopastoralen Agroforstsystems (siehe Abb. 5) wurden im November 2021 33 Baumreihen gepflanzt, die im Herbst 2022 durch Futterheckenreihen ergänzt werden. Zwischen den Baumreihen ist eine Grünlandnutzung durch weidende Milchkühe vorgesehen. Die Heckenreihen sollen die Fläche in vier Weidebereiche unterteilen.



Abb. 4. Links: Silvoarables Agroforstsystem auf dem Gladbacher Hof (Quelle: eigene Aufnahmen, Juni 2022). **Abb. 5.** Rechts: Silvopastorales Agroforstsystem auf dem Gladbacher Hof (Quelle: eigene Aufnahmen, Juni 2022).

2 Material und Methoden

Bei der vorliegenden Arbeit handelt sich um eine Literaturstudie. Im ersten Schritt wurde der aktuelle Wissensstand zu Heckengehölzen und ihrer Futterlaub-Nutzung recherchiert und herausgearbeitet. Für die Suche nach relevanten Studien und Veröffentlichungen wurden im Zeitraum vom 17.02.22 bis 31.03.22 zwei verschiedene wissenschaftlichen Datenbanken genutzt: Zum einen das Rechercheportal JUSTfind der Justus-Liebig-Universität Gießen und zum anderen Google Scholar. Für die Recherche wurden die Suchbegriffe „Futterhecke“, „Laubfutter“, „Wallhecken“, „Knicks“, „Verdaulichkeit“, „Wiederkäuer“ und „Gehölzfutter“ in verschiedenen Kombinationen verwendet. Da außerdem englischsprachige Studien vorliegen, wurden die Begriffe „agroforestry“, „silvopasture“, „temperate shrubs“, „tree fodder“, „leaf fodder“, „forage“, „digestibility“, „temperate hedges“, „willow“, „chemical composition“, „browse plant species“, „ruminants“ und „cattle“, ebenfalls in verschiedenen Kombinationen für die Recherche verwendet.

Als zusätzliche Informationsquelle wurden Expertengespräche geführt, um der Leitfrage nachzugehen, welche Kriterien bei der Etablierung einer Futterheckenreihe zu beachten sind und welche Gehölzarten sich dafür eignen könnten. Die Auswahl der Gehölze und Kriterien richtet sich primär nach den Bewirtschaftungsinteressen des Gladbacher Hofes. Daher wurde ein Gespräch mit Johannes Eisert, dem Administrator des Betriebs, geführt. Weitere Gesprächspartner waren Dr. sc. nat. Florian Leiber, Leiter des Departments Nutztierwissenschaften am Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Dr. Peter Ströde, von der Professur für Ökologischen Landbau der JLU Gießen, und Hans Pfeffer, Landwirt des Biolandhofes Bannmühle in Odernheim am Glan.

Basierend auf den Einschätzungen dieser Experten und der verwendeten Literatur wurden zuerst Auswahlkriterien und Ausschlusskriterien und anschließend geeignete und ungeeignete Arten identifiziert. In den Ergebnissen wurde dann jede geeignete Art den festgelegten Kriterien nach bewertet. Besonderer Fokus der Bewertung lag dabei auf den Kriterien *Wuchseigenschaften*, *Inhaltsstoffe* und *Verdaulichkeit*. Diese wurden als Hauptkriterien festgelegt.

Zur einfachen und übersichtlichen Zusammenfassung der Ergebnisse, wurde eine semi-qualitative Veranschaulichung erstellt, die als Diskussions- und Entscheidungsgrundlage für Pflanzung der Hecken dienen soll. In dieser Veranschaulichung wurden die wichtigsten Ergebnisse der Arbeit durch zwei Ebenen dargestellt. Einerseits mit einer farblichen Markierung, andererseits durch Plus- und

Minuszeichen. Den ausgewählten Gehölzarten wurde zu jedem Hauptkriterium die Farbe Grün oder Hellgrün zugeteilt, um die Anzahl der verfügbaren Literatur zu symbolisieren, die für die jeweiligen Pflanzeigenschaften gefunden wurde. Die Farbe Grün symbolisiert dabei, dass für die Pflanzeigenschaft des entsprechenden Kriteriums mindestens zwei Quellen verfügbar waren. Die Farbe Hellgrün symbolisiert, dass für die Pflanzeigenschaft des entsprechenden Kriteriums nur eine Quelle verfügbar war. Um zusätzlich Eignungstendenzen erkennbar zu machen, wurden Plus- und Minuszeichen vergeben. Hinweise auf besonders gute Pflanzeigenschaften, beispielsweise „hoher Futterwert der Blätter“, die durch mindestens zwei Quellen belegt wurden, wurden mit dem Pluszeichen (+) symbolisiert. Hinweise auf möglichen Einschränkungen der Nutzbarkeit, beispielsweise „niedrige Verdaulichkeitswerte“, die durch mindestens zwei Quellen belegt wurden, wurden mit dem Minuszeichen (-) symbolisiert. Zusätzlich zu diesen zwei Bewertungsebenen wurden Hinweise auf Futterlaub-Nutzungen für jede Art mit „ja“ oder „nein“ beantwortet.

3 Ergebnisse

3.1 Entwicklung der Auswahlkriterien

Die Einführung von Futterhecken in einen landwirtschaftlichen Betrieb erfordert verschiedene Kenntnisse über die Strauch- und Baumarten sowie ihre Bewirtschaftung (Luske & Eekeren, 2014). Welche Pflanzenarten sich für eine Etablierung eignen, hängt von der geplanten Nutzung (Rahmann, 2004) und den Zielen der Heckenbewirtschaftung ab (Eisert, p. K., 2022; Ströde, p. K., 2022). Daraus können dann Anforderungen an die Gehölze abgeleitet werden.

In den Gesprächen mit externen Experten und dem Administrator des Gladbacher Hofs wurde deutlich, dass neben der ökonomischen Bewertung von Futterhecken für den Betrieb (Eisert, p. K., 2022) auch Standortbedingungen und Wuchseigenschaften der Gehölze wichtige Kriterien darstellen (Eisert, p. K., 2022; Pfeffer, p. K. 2022; Ströde, p. K. 2022). Regenerationsfähige, schnellwachsende Gehölzarten mit einer hohen Produktivität in Form von Blattbiomasse werden dabei bevorzugt (Eisert, p. K., 2022; Pfeffer, p. K., 2022; Ströde, p. K., 2022). Das Laub der Bäume und Sträucher sollte gut verdaulich und schmackhaft sein, sowie den Tieren nach Möglichkeit gesundheitliche Vorteile bieten (Eisert, p. K., 2022).

Die Artenzusammensetzung der Hecken kann unterschiedlich sein, je nachdem welches Nutztier auf der Fläche gehalten werden soll. Ziegen sind beispielsweise, im Gegensatz zum Rind, kletterfähig und können selbst das Laub von dornigen oder stacheligen Gehölzen fressen (Rahmann, 2004). Pfeffer (2022) und Leiber (2022) sprachen sich für eine möglichst vielfältige Heckengestaltung aus. Dadurch kann ein abwechslungsreiches Futterangebot geschaffen werden und untersucht werden, welche Pflanzenarten unter welchen Bedingungen gut gedeihen und welche Arten sich weniger als Futterquelle eignen. Ströde (2022) hingegen sprach sich für eine weidendominierte Heckengestaltung aus. Weiden zeichnen sich besonders durch ein hohes Regenerationsvermögen, einen einfachen Schnitt und Salicylat-Gehalte in der Rinde aus (Ströde, p. K., 2022).

Aus betrieblicher Sicht ist die Abschätzung der Relation zwischen Fraßzeit und Pflanzenaufwuchs bedeutsam, ebenso wie ein guter Verbisschutz, insbesondere in den ersten Jahren nach der Pflanzung (Eisert, p. K., 2022; Ströde, p. K., 2022). Die Heckenanlage sollte günstig für Grünlandmaßnahmen und die maschinelle Pflege der Hecken gestaltet werden. Ein regelmäßiges „auf den Stock setzen“ der Pflanzen kann dabei notwendig sein (Ströde, p. K., 2022).

3.2 Auswahlkriterien

Für die Futterhecken des Gladbacher Hofes werden folgende Kriterien aufgestellt: *Standortbedingungen und Klima, Bodenbedingungen, Wuchseigenschaften, Inhaltsstoffe, Verdaulichkeit, Schmackhaftigkeit, sonstige negative Kriterien* und *sonstige positive Kriterien*. Besonderer Fokus der Entscheidungsgrundlage liegt dabei auf den *Wuchseigenschaften* der Gehölze sowie den *Inhaltsstoffen* und der *Verdaulichkeit* der Blätter. Diese stellen die Hauptkriterien dar, nach welchen die Arten bewertet werden. Weitere positive wie negative Kriterien werden ebenfalls in der Gesamtbewertung berücksichtigt und dienen als Diskussionsgrundlage. Im Folgenden werden die Auswahlkriterien kurz eingeordnet und erläutert.

Standortbedingungen, Klima und Boden

Mit der Entscheidung darüber, Gehölzpflanzen auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche zu etablieren, sollten genaue Informationen zu den jeweiligen Standortansprüchen beachtet werden. Einheimische und auf den Standort der Grünlandfläche angepasste Arten sollten bevorzugt ausgewählt werden. Auf die Bodenbedingungen der Grünlandfläche sollten die Pflanzen ebenfalls angepasst sein (Eisert, p. K., 2022; Ströde, p. K. 2022). Standortgerechte Arten können sich besser an Veränderungen der Umwelt anpassen und erfüllen die Nahrungsansprüche heimischer Tierarten. Der Einsatz standorttypischer Gehölze, die im besten Fall auch in ihrer Artenzusammensetzung zueinander passen, kann zudem die Entwicklung naturnaher Pflanzengesellschaften ermöglichen (MWU Sachsen-Anhalt, o. J.).

Wuchseigenschaften

Die Wuchseigenschaften der Gehölze stellen ein zentrales Auswahlkriterium dar. Um eine Verbuschung und einen Wuchs in die Grünlandfläche zu verhindern, ist ein regelmäßiges Pflegen und Zurückschneiden der Hecken erforderlich (Schuller, 2020). Das kann zum Beispiel durch „Stocksetzen“ erfolgen, bei dem die Pflanzen regelmäßig bis zu einer zuvor definierten Höhe über dem Boden abgeschnitten werden. Der Rückschnitt fördert die Bildung neuer Stockausschläge und damit frische Triebe und Blätter (Machatschek, 2002). Daher sollten Gehölzarten ausgewählt werden, die einen regelmäßigen Rückschnitt vertragen und sich durch „gute“ Wuchseigenschaften auszeichnen (Ströde, p. K., 2022). Mit „guten“ Wuchseigenschaften ist einerseits die Fähigkeit zur Regeneration und Wiederaustrieb nach Beweidung oder Schnitt gemeint und andererseits die Wachstumsgeschwindigkeit der Pflanzen. Die Gehölze sollten

schnellwüchsig sein und sich durch einen mindestens guten Stockausschlag regenerieren können. Nach Möglichkeit sollte der Schnitt einfach und günstig erfolgen (Ströde, p. K., 2022). Das Laub der Pflanzen sollte für die Rinder gut erreichbar sein (Rahmann, 2004), weshalb die Wuchshöhe und -breite der Gehölze entscheidend sein kann. Aus einer Untersuchung von Luske et al. (2017) ergab sich für Rinder eine maximale Verbisshöhe von 190 cm. Um eine dreidimensionale Beweidung zu fördern, eignen sich im Optimalfall Bäume und Sträucher, die durch eine breite Morphologie gekennzeichnet sind. So können Rinder Laub und Zweige der Pflanzen in erreichbarer Höhe fressen und die Hecken somit „natürlich beschneiden“, wodurch sich eine weniger intensive Bewirtschaftung ergeben kann (Luske et al., 2017).

Inhaltsstoffe, Verdaulichkeit und Schmackhaftigkeit

Um das Laub als zusätzliche Futterquelle im Betrieb nutzen zu können, sollten relevante Inhaltsstoffe verschiedener Baum- und Straucharten verglichen und interpretiert werden (Emile et al., 2016). Im Sinne der guten Wiederkäuerernährung sollte das Laub einen hohen Nährwert, bzw. Futterwert, aufweisen und nach Möglichkeit den Tieren eine saisonale Ergänzung zum Futter bieten. Das Laubfutter sollte nicht nur nahrhaft, sondern auch gut verdaulich sein und den Tieren eine gute Schmackhaftigkeit bieten (Rahmann, 2004; Eisert, p. K. 2022).

Wie beschrieben, kann Laubfutter nur einen gewissen Anteil der Wiederkäuerernährung decken. Zu den relevanten Inhaltsstoffen zählen Makro- und Mikronährstoffe sowie gegebenenfalls sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe. Makronährstoffe meint dabei Wasser, Energie, Proteine, Asche, Zucker, Fette und Stickstoff-freie Extraktionsstoffe (NfE). Mikronährstoffe sind Mengenelemente (Calcium, Phosphor, Magnesium, Natrium, Kalium, Chlor und Schwefel) sowie Spurenelemente (Eisen, Kobalt, Kupfer, Mangan, Molybdän, Selen und Zink) (Rahmann, 2004). In dieser Arbeit wird jedoch nur auf solche Inhaltsstoffe eingegangen, die in den Studien besonders hervorgehoben wurden. Eine genauere Analyse der Inhaltsstoffe im Sinne der Tierernährung ist nicht vorgesehen.

Der Nährwertanspruch des Laubfutters kann davon abhängig sein, welche Nutztierhaltung vorgesehen ist (Rahmann, 2004). Auf der Grünlandfläche des Gladbacher Hofes ist die Haltung weidender Milchkühe vorgesehen, die sich in Laktation befinden und somit einen hohen Energie- und Proteinbedarf aufweisen (Eisert, p. K., 2022).

Sonstige positive und negative Kriterien

Unter dieser Kategorie werden verschiedene zusätzliche Eigenschaften der Pflanzen zusammengefasst, die in der Literatur beschrieben wurden. Diese Eigenschaften werden bei der Entscheidung über die Auswahl mitberücksichtigt. Dabei geht es um Ökosystemfunktionen (Erosionsschutz, Windschutz, Bereitstellung von Futter, Schutz und Lebensraum), Trockenheitstoleranz und weitere Aspekte. Zudem werden auch negative Eigenschaften der Gehölze aufgeführt, die die Nutzbarkeit als Futterhecke möglicherweise einschränken könnten.

3.3 Ausschlusskriterien

Aufgrund verschiedener Pflanzeigenschaften können viele Baum- und Straucharten für die Kultivierung einer Futterhecke potentiell ungeeignet sein. In einem ersten Schritt wurden deshalb Ausschlusskriterien definiert und entsprechend ungeeignete Gehölze tabellarisch aufgeführt (siehe Tab. 1.). Die Ausschlusskriterien richten sich nach den Anforderungen des Gladbacher Hofes und werden im Folgenden kurz erläutert.

Pflanzliche Abwehrmechanismen: Die ausgewählten Bäume und Sträucher dürfen weder Dornen noch Stacheln aufweisen, da sich die Rinder sonst beim Verbiss der Pflanzen verletzen könnten.

Toxizität: Keine für den Verbiss relevante Pflanzenteile dürfen giftige Inhaltsstoffe beinhalten. Somit wird die Gesundheit der Tiere nicht gefährdet.

Invasivität: Pflanzen mit invasivem Potential werden ebenfalls ausgeschlossen, da der Fokus des Pflanzungsvorschlags darauf liegt, standortgerechte und einheimische Gehölze in die Heckenreihen zu integrieren.

Wuchseigenschaften: Schließlich stellen Wuchsform und Morphologie der Arten ein Ausschlusskriterium dar. Sind Bäume oder Sträucher aufgrund ihrer Wuchseigenschaften (ungünstige Wuchsform, geringes Stockausschlagvermögen, langsames Wachstum, o.ä.) nicht als Hecken nutzbar, werden diese ebenfalls ausgeschlossen.

Für die Nutzung als Bestandteil einer Futterhecke sind 23 Arten und vier Gattungen einheimischer Gehölze ungeeignet. Die Nicht-Eignung der gelisteten Pflanzengattungen ergibt sich aus Literaturangaben, bei welchen keine Arten näher spezifiziert wurden.

Tab. 1. Liste der ungeeigneten Gehölze mit Begründung. Die Vollbelege der Referenzen sind im Anhang aufgeführt.

ID	Gehölzart/-gattung (deut.)	Gehölzart/-gattung (lat.)	Nicht-Eignung	Referenz
1	Gewöhnlicher Spindelstrauch	<i>Euonymus europaeus</i>	Samen, Blätter und Rinde giftig	[3]
2	Gewöhnliche Robinie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	invasiv, sehr konkurrenzstark	[25]
3	Europäische Stechpalme	<i>Ilex aquifolium</i>	Blätter stachelig, Früchte und Blätter giftig	[1][2]
4	Gemeiner Flieder	<i>Syringa vulgaris</i>	invasiv	[25]
5	Echter Faulbaum	<i>Rhamnus frangula</i>	Rinde, Früchte und Blätter giftig	[3][1][9]
6	Eingriffeliger Weißdorn	<i>Crataegus monogyna</i>	mit Dornen besetzt	[2]
7	Zweigriffeliger Weißdorn	<i>Crataegus laevigata</i>	mit Dornen besetzt	[2]
8	Gemeine Schlehe	<i>Prunus spinosa</i>	mit Dornen besetzt	[3]
9	Rosen	<i>Rosa</i>	mit Stacheln besetzt	[2]
10	Pappeln	<i>Populus</i>	Wuchsform ungünstig, keine Nutzung beschrieben	[35][1]
11	Gewöhnlicher Liguster	<i>Ligustrum vulgare</i>	Rinde, Früchte und Blätter giftig, Wuchsform ungünstig	[2][1]
12	Gemeine Heckenkirsche	<i>Lonicera xylosteum</i>	Früchte leicht giftig bis giftig, widersprüchliche Angaben.	[4][3][1]
13	Spätblühende Traubenkirsche	<i>Prunus serotina</i>	giftig, invasiv	[25][2]
14	Gewöhnlicher Buchsbaum	<i>Buxus sempervirens</i>	giftig	[9]
15	Gemeine Berberitze	<i>Berberis vulgaris</i>	mit Dornen besetzt, giftig	[3][2]
16	Gewöhnliche Traubenkirsche	<i>Prunus padus</i>	besonders Rinde und Samen giftig	[1][9]
17	Europäische Eibe	<i>Taxus baccata</i>	giftig	[9][17]
18	Gewöhnlicher Efeu	<i>Hedera helix</i>	Beeren und Blätter giftig	[34]
19	Gewöhnlicher Sanddorn	<i>Hippophae rhamnoides</i>	mit Dornen besetzt	[1][2][3]
20	Stieleiche	<i>Quercus robur</i>	leicht giftig, langsam wachsend, niedriger Futterwert	[34][20][19]
21	Birken	<i>Betula</i>	unbeliebtes Futter	[9][18]
22	Rot-Buche	<i>Fagus sylvatica</i>	Laub vom Vieh ungerne gefressen, langsam wachsend, niedriger Futterwert	[9][20][19]
23	Lorbeer- oder Kirsche	<i>Prunus laurocerasus</i>	nicht-einheimisch, potentiell invasive Art, Blätter und Samen giftig	[25][34]
24	Erlen	<i>Alnus</i>	wird vom Vieh verschmäht	[9]
25	Eberesche	<i>Sorbus aucuparia</i>	meist als Solitärbaum, gezielte Verjüngung wird schlecht vertragen	[1]
26	Gewöhnlicher Schneeball	<i>Viburnum opulus</i>	Giftwirkung von Rinde und Blättern beschrieben	[3]
27	Wolliger Schneeball	<i>Viburnum lantana</i>	Rinde und Blätter giftig	[1]

3.4 Auswahl der Arten

Tab. 2. Ergebnisse der Literaturliteraturarbeit als semi-qualitative Veranschaulichung zusammengefasst. Die Vollbelege der Referenzen sind im Anhang aufgeführt. „k.A.“ = keine Angaben. Grün = für die Pflanzeigenschaften des entsprechenden Kriteriums waren mind. zwei Quellen verfügbar. Hellgrün = für die Pflanzeigenschaften des entsprechenden Kriteriums war nur eine Quelle verfügbar. (+) = Hinweise auf besonders gute Pflanzeigenschaften durch mind. zwei Quellen beschrieben. (-) = Mögliche Einschränkungen der Nutzbarkeit durch mind. zwei Quellen beschrieben.

ID	Gehölzart	Hauptkriterien			Hinweise auf Futterlaub-Nutzung	Referenzen		
		Wuchseigenschaften	Inhaltsstoffe	Verdaulichkeit		Wuchseigenschaften	Inhaltsstoffe	Verdaulichkeit
1	Gemeine Hasel	+	-	-	ja	[1][4][12][15]	[5][11][13][19][21]	[5][11]
2	Schwarzer Holunder	+	+	+	ja	[2][12][15]	[3][5][6][7]	[5][6]
3	Roter Hartriegel				nein	[1][12]	[5]	[5]
4	Gelber Hartriegel				ja	[1][2][3]	k.A.	k.A.
5	Gemeine Esche	+	+	+	ja	[1][2][15][20]	[6][11][19]	[6][9][10][11]
6	Weißer Maulbeere		+	+	ja	[2]	[6][16][23]	[6][11][16]
7	Gemeine Hainbuche	+			ja	[1][2][15]	[19]	k.A.
8	Feldahorn				ja	[1][2][15]	k.A.	k.A.
9	Sommerlinde				ja	[2][4][14]	[6][13]	[6][8]
10	Winterlinde	+			ja	[2][4][14][30]	[19]	[8]
11	Berg-Ulme				ja	[2][14]	[9][19]	[9]
12	Feld-Ulme				ja	[2]	[5][9][22]	[9]
13	Silberweide				nein	[2][4][26][39]	[5][6]	k.A.
14	Sal-Weide				ja	[2][4][39]	[6][22][24]	k.A.
15	Korb-Weide			-	nein	[2][14][39]	[6][22][29]	[27][28]

Basierend auf den Literaturbefunden und Expertengesprächen sind 15 der insgesamt 42 untersuchten Gehölzarten und -gattungen für die Etablierung von Futterhecken geeignet (siehe Tab. 2). Diese dienen als Diskussions- und Entscheidungsgrundlage für die Pflanzung der Heckenreihen auf dem Gladbacher Hof. Für zehn der 15 Arten liegen zu jedem Bewertungskriterium Informationen vor. Für zwölf der 15 Arten gibt es in der Literatur Hinweise auf eine Nutzung als Futterlaub. Die Ergebnisse der Literaturbefunde werden für jede Art nachfolgend beschrieben.

Gemeine Hasel (*Coryllus avellana*): Als Viehfutter begehrt, war die Nutzung der Hasel als Futterlaubgehölz in Europa einst weit verbreitet und wird in der Literatur mehrfach als solches aufgeführt (Dapper, 1992; Hejcmanová et al., 2014; Machatschek, 2002; Vandermeulen, 2017). *C. avellana* soll als Ergänzung zum Weidefutter nützlich sein (van Elsen & Immel, 2001). Hinsichtlich der Wuchseigenschaften zeigt die Hasel schnellen Wuchs und ein sehr gutes Regenerationsvermögen durch Stockausschlag. Sie ist als Stockausschlaghecke geeignet (Ellenberg & Leuschner, 2010; Kurz et al., 2011; Westphal, 2011). Es liegen keine Befunde zur Schmackhaftigkeit der Blätter vor. In einer Studie zur Selektivität von Rindern erwies sich *C. avellana* jedoch als eines der Sträucher, die am meisten von den Tieren aufgenommen wurden (Vandermeulen, 2017). Zudem konnten hohe Kupfergehalte im Laub gemessen werden, die als Ergänzung der Spurenelemente interessant sein könnten (Luske & Eekeren, 2014). Berichten von Züchtern zufolge hatte *C. avellana* positive Auswirkungen auf die Milchqualität (Mahieu et al., 2021). Im Kontrast dazu wird jedoch mehrfach von mittlerer bis schlechter Nährstoffqualität der Blätter mit niedriger Verdaulichkeit und einem Gehalt an kondensierten Tanninen berichtet (Emile et al., 2016; Hejcmanová et al., 2014; Rahmann, 2004; Vandermeulen, 2017). Die Gemeine Hasel ist eine gute und frühe Bienenfutterpflanze, kann als Windschutzgehölz fungieren und ist resistent gegen Trockenheit (Dapper, 1992; Kurz et al., 2011; Schütt et al., 2006)

Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*): Der Schwarze Holunder wächst rasch und stark und zeichnet sich durch ein sehr gutes Stockausschlagvermögen aus (Dapper, 1992; Ellenberg & Leuschner, 2010; Westphal, 2011). Ihm wird ein besonders hoher Futterwert für Rinder zugesprochen. Dies zeigt sich in einem hohen Proteinwert der Blätter und jungen Sprossen (Mahieu et al., 2021; Schütt et al., 2006; Vandermeulen, 2017) sowie einer sehr guten Verdaulichkeit der Blätter. Auch von hohen Calcium- und Magnesiumwerten wird in der Literatur berichtet (Mahieu et al., 2021; Rahmann, 2004).

In einer Untersuchung von Popp & Scheibe (2013) war *S. nigra* eine besonders präferierte Verbisspflanze für Rinder. Das Laub des Strauches wirkt zudem bodenverbessernd (Schütt et al., 2006). Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die unreifen Früchte des Strauches giftig sind (Kurz et al., 2011).

Roter Hartriegel (*Cornus sanguinea*): Wird der Rote Hartriegel auf den Stock gesetzt, so zeigt er gute Regeneration und ein sehr gutes Stockausschlagvermögen (Kurz et al., 2011; Westphal, 2011). Hinsichtlich der Inhaltsstoffe ist wenig bekannt. Es wird von sehr hohen Calciumwerten und besonders rohfasernarmen Blättern berichtet (Rahmann, 2004). Die Verdaulichkeit und Schmackhaftigkeit der Blätter ist nicht eindeutig geklärt, jedoch konnte Vandermeulen (2017) in einer Untersuchung zum Selektionsverhalten von Rindern zeigen, dass *C. sanguinea* eines der meist verbissenen Gehölze war. Der Rote Hartriegel hat eine breite ökologische Anpassungsfähigkeit (Kurz et al., 2011) und stellt ein Bodenschutz-, Vogelnist- und Nährgehölz dar. Er bietet Bienen und Schmetterlingen Futter und soll auch für Ziegen ein gutes Futterlaubgehölz sein (Dapper, 1992; Machatschek, 2002). Er gilt jedoch als langsam wachsend, steht in Konkurrenz mit *C. avellana* und *C. betulus* und kann von wuchskräftigen Gehölzen unterdrückt werden (Kurz et al., 2011).

Gelber Hartriegel (*Cornus mas*): In der Literatur ist wenig über *C. mas* als Futterlaubgehölz zu finden. Kurz et al. (2011) zufolge ist der im Sommer geerntete Gelbe Hartriegel als Futtermittel geeignet. Für Ziegen sei es ein sehr gutes Futtermittel (Wessely, 1877). Der Gelbe Hartriegel schnittverträglich und zeigt ein hohes Regenerationsvermögens mit gutem Stockausschlag. Auch auf den Stock setzen ist möglich, jedoch wächst *C. mas* langsam (Dapper, 1992; Kurz et al., 2011). Weder zu Inhaltsstoffen noch zu Verdaulichkeit oder Schmackhaftigkeit der Blätter konnten Informationen gefunden werden. Der Gelbe Hartriegel ist nektar- und pollenreich und gilt als frühe und gute Bienenweide. Außerdem dient er der Bodenbefestigung und gilt als trockenheitsresistent (Dapper, 1992; Kurz et al., 2011; Schweiger & Machmerth, 2016).

Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*): Im Vergleich zu anderen Arten ist die Esche in der Literatur vielfach beschrieben. Sie unterlag einer langen traditionellen Nutzung als beliebtes Schneitel- und Futterlaubgehölz (Enri et al., 2020; Hejzmanová et al., 2014; Machatschek, 2002). Ihre Wuchseigenschaften werden den

Bewirtschaftungsbedingungen der Futterhecken gerecht, da sie sehr schnittverträglich ist und einen kräftigen bis sehr guten Stockausschlag zeigt. *F. excelsior* entwickelt sich in ihrer Jugend schnell und ist konkurrenz- und verjüngungskräftig. Bei Schnitt- und Kopfheckennutzung kann sich jedoch ein starkes Dickenwachstum im Stamm entwickeln (Dapper, 1992; Ellenberg & Leuschner, 2010; Kurz et al., 2011). Die Blätter enthalten hohe Calcium- und Phosphorgehalte und hohe Proteinwerte. Zudem weisen sie gute bis hohe Verdaulichkeitswerte auf (Emile et al., 2016; Luske & van Eekeren, 2018; Machatschek, 2002; Mahieu et al., 2021). Die Gemeine Esche bietet Erosionsschutz (Kurz et al., 2011), wird jedoch gerne von Vieh und Wild verbissen (Kayser, 2022) und ist spätfrostempfindlich (Veste et al., 2018).

Weißer Maulbeere (*Morus alba*): Diese Pflanzenart repräsentiert das einzige nicht-einheimische Gehölz in dieser Auswahl. *M. alba* ist schnittverträglich und kann sich durch starken Stockausschlag regenerieren (Dapper, 1992). Die verwendete Literatur hebt besonders die Inhaltsstoffe und den Futterwert dieses Baums hervor. Demnach stellen die Blätter der Pflanze ein wertvolles Futter für Wiederkäuer dar, mit hohem Protein- und Phosphorgehalten sowie hohen Verdaulichkeitswerten (Emile et al., 2016; Mahieu et al., 2021; Papanastasis et al., 2008; Shayo, 1997). Laut Mosquera-Losada et al. (2017) sind die Blätter der Weißen Maulbeere bekannt für ihre Schmackhaftigkeit. *M. alba* soll bei Schafen beliebt und resistent gegen Trockenheit sein (Dapper, 1992).

Gemeine Hainbuche (*Carpinus betulus*): Mehrere Quellen berichten von der Laubfütterung der Hainbuche (Dapper, 1992; Hejcmanová et al., 2014; van Elsen & Immel, 2001). In einer Studie zur Selektivität von Rindern erwies sich *C. betulus* als eines der Sträucher, welches am meisten von den Tieren aufgenommen wurden (Vandermeulen, 2017). Die Hainbuche zeigt sich in ihrer Regenerationsfähigkeit sehr bis außerordentlich ausschlagfähig und ihre Schnittverträglichkeit ist sehr gut. Je öfter sie jedoch im Sommer geschnitten wird, desto mehr Dickenwachstum entwickelt sie. Das regelmäßige Stocksetzen in kurzen Zeitabständen verträgt *C. betulus* daher schlecht (Dapper, 1992; Ellenberg & Leuschner, 2010; Kurz et al., 2011). Laut Hejcmanová et al. (2014) sind die Blätter der Hainbuche von geringer Futterqualität. Zusätzlich ist ihr geringer Wasserverbrauch, ihre Krankheitsresistenz und die Erosions-, Wind- und Vogelschutzfunktion der Hainbuche zu nennen (Dapper, 1992).

Feldahorn (*Acer campestre*): Während weder zu Inhaltsstoffen noch zur Verdaulichkeit oder Schmackhaftigkeit Informationen vorliegen, wird der Feldahorn dennoch mehrfach als beliebtes Laubfuttergehölz aufgeführt. Geschneitete Zweige mit Blättern dienten lange als Viehfutter (Dapper, 1992; Kurz et al., 2011; Machatschek, 2002; Schweiger & Machmerth, 2016). Diese Baum- oder Strauchart verträgt Rückschnitt gut und ist sehr gut als solche Hecke nutzbar, die regelmäßig auf den Stock gesetzt wird (Dapper, 1992; Kurz et al., 2011). Das Stockausschlagvermögen wird als gut bis mäßig gut beschrieben (Ellenberg & Leuschner, 2010). Der Feldahorn ist trockenheitsresistent, in der Jugend jedoch dürreempfindlich. Für Bienen und Schmetterlinge bietet er Futter und dient dem Erosions-, Wind- und Vogelschutz (Dapper, 1992; Kurz et al., 2011).

Linden (*Tilia*): Linden werden in unterschiedlichen Quellen ohne Artspezifikation als beliebte Laubfutterbäume genannt (Hejzmanová et al., 2014; Machatschek, 2002; van Elsen & Immel, 2001; Wessely, 1877). Lindenblättern wird ein milder und neutraler Geschmack zugeschrieben. Im Vergleich zu anderen Gehölzen sind sie im Frühling wenig geschmack- und gehaltvoll, im Sommer enthalten sie kaum Bitterstoffe. Das Laubfutter wurde nicht nur von Rindern, sondern von allen Nutztieren gerne gefressen (Kurz et al., 2011; Machatschek, 2002). Lindenblättern wird eine gute Verdaulichkeit zugeschrieben (Wessely, 1877). Sowohl die Blüten der Sommer- als auch die der Winterlinde dienen Bienen und Schmetterlingen als Futterpflanze (Bartsch et al., 2020; Schweiger & Machmerth, 2016).

Sommerlinde (*Tilia platyphyllos*): Die Sommerlinde ist schnellwüchsig und schnittverträglich. Das Stockausschlagvermögen ist ebenfalls gut, jedoch ist sie im Vergleich zu *T. cordata* nicht gut auf den Stock zusetzen (Dapper, 1992; Schweiger & Machmerth, 2016). In den Literaturbefunden ist vergleichsweise viel zu Inhaltsstoffen, Verdaulichkeit und Schmackhaftigkeit der Blätter ersichtlich. Das Futterlaub ist reich an Calcium, Magnesium und Phosphor (Mahieu et al., 2021). In einer Untersuchung von Luske & Eekeren (2014) wies *T. platyphyllos* einen höheren Rohproteingehalt als Weidegras auf. Die Blätter der Sommerlinde sind moderat bis gut verdaulich (Mahieu et al., 2021; Wessely, 1877). Die Schmackhaftigkeit ist oben beschrieben. Sie ist frost- und dürreempfindlicher als *T. cordata*, jedoch hitzetolerant (Avila et al., 2021; Kurz et al., 2011).

Winterlinde (*Tilia cordata*): Das Stockausschlagvermögen von *T. cordata* wird als stark bis intensiv beschrieben. Die Winterlinde ist gut auf den Stock setzbar (Dapper, 1992; Kayser, 2022; Schweiger & Machmerth, 2016). Die Blätter haben einen hohen Futterwert (Hejcmanová et al., 2014). Im Vergleich zur Sommerlinde, verträgt *T. cordata* bei ausreichender Bodenfeuchte, Hitze und Dürre besser (Dapper, 1992; Schweiger & Machmerth, 2016).

Ulmen (*Ulmus*): An dieser Stelle werden zwei Ulmenarten aufgeführt, bei welchen sich Hinweise auf Futterlaub-Nutzung ergeben haben. Es handelt sich zum einen um die Feld-Ulme (*Ulmus minor*) und zum anderen um die Berg-Ulme (*Ulmus glabra*). Wessely (1877) und Machatschek (2002) bezeichnen Ulmen, ohne Artspezifikation, als sehr gutes und beliebtes Futter für Rinder. Weitere Quellen berichten von der Ulmen-Nutzung als Laubfutterbaum (Dapper, 1992; Hejcmanová et al., 2014). Allgemein wird Ulmen ein hoher Mineralstoffgehalt zugesprochen und das Laub soll zudem leicht verdaulich sein (Machatschek, 2002). Ulmen sind jedoch sehr krankheitsanfällig für das „Holländische Ulmensterben“ (Bartsch et al., 2020).

Feld-Ulme (*Ulmus minor*): Die auch als mehrstämmiger Strauch nutzbare Feld-Ulme ist in ihrer Jugend schnellwüchsig, wächst jedoch später langsamer. Die Feld-Ulme hat ein gutes Stockausschlagvermögen (Dapper, 1992) und die Blätter weisen hohe Calcium- und Eisenwerte auf (Rahmann, 2004; Smith et al., 2018).

Berg-Ulme (*Ulmus glabra*): Die Berg-Ulme besitzt ebenfalls ein gutes und hohes Stockausschlagvermögen und ist schnellwüchsig (Bartsch et al., 2020; Dapper, 1992). Der Futterwert der Blätter ist hoch (Hejcmanová et al., 2014). Es liegen keine weiteren Informationen bezüglich Verdaulichkeit und Schmackhaftigkeit vor.

Weiden (*Salix*): Weiden sind Pioniergehölze, die bekanntermaßen raschwüchsig sind und ein hohes Regenerationsvermögen aufweisen (Dachsel et al., 2018). Sie werden aufgrund ihrer starken Jugendentwicklung auf Kurzumtriebsplantagen eingesetzt (Röhricht & Ruscher, 2004). Es liegen keine Informationen zur Schmackhaftigkeit von Weidenblättern vor.

Silberweide (*Salix alba*): *S. alba* wächst meist als Baum, ist aber auch in Strauchform nutzbar. Zusammen mit *S. viminalis* wurde die Silberweide früher als Kopfweide kultiviert (Bartsch et al., 2020; Dapper, 1992). Das Wuchsverhalten zeichnet sich durch

Schnellwüchsigkeit und guten Stockausschlag aus (Dapper, 1992; Schweiger & Machmerth, 2016). Besonders der relativ hohe Rohproteinwert und die hohen Calcium- und Zinkgehalte in den Blättern sind hier hervorzuheben (Mahieu et al., 2021; Rahmann, 2004). Für Bienen und Schmetterlinge bietet *S. alba* wichtige Nahrung. Zudem gilt sie als Erosions-, Wind- und Vogelschutzgehölz und ist trockenheitsresistent (Dapper, 1992).

Sal-Weide (*Salix caprea*): Der Name *caprea*, lateinisch für „Ziege“ oder „Reh“, deutet auf die Nutzung der Sal-Weide als Futtergehölz hin (Enescu et al., 2016). Wessely (1877) berichtet zudem, dass *S. caprea* ein gutes Futter für Rinder sei. Mit bis zu 2,50 m Zuwachs pro Jahr ist sie besonders schnellwüchsig (Schweiger & Machmerth, 2016). Die Jugendentwicklung ist rasch und das Stockausschlagvermögen gut. Schnitt verträgt *S. caprea* ebenfalls gut (Dapper, 1992). Das Laub der Blätter weist hohe Zinkgehalte auf und enthält hohe Tanninwerte (Enri et al., 2020; Mahieu et al., 2021). Ähnlich zu *S. alba* gilt die Silberweide als gute Bienenweide und wichtige Pflanze für die Biodiversität (Bartsch et al., 2020; Dapper, 1992; Kayser, 2022). Als Pioniergehölz schützt sie den Boden vor Erosion, ist jedoch anfällig für Trockenstress (Dapper, 1992; Veste et al., 2018).

Korb-Weide (*Salix viminalis*): Das Wuchsverhalten der Korb-Weide ist ähnlich zu *S. alba* und *S. caprea*: Eine rasche Jugendentwicklung sowie gute Regenerationsfähigkeit mit gutem Stockausschlagvermögen. Auch hier sind hohe Zinkgehalte beschrieben worden (Mahieu et al., 2021; Smith et al., 2018). Blätter und Zweige enthalten zudem Mangan und Eisen (Luske et al., 2017), die Verdaulichkeitswerte sind jedoch niedrig (Smith et al., 2012, 2014).

4 Diskussion

Die wichtigsten Erkenntnisse dieser Literaturlarbeit werden nachfolgend reflektiert. In einem ersten Schritt werden die Ergebnisse der Bewertungen diskutiert und damit Eignungshinweise der Gehölze hervorgehoben. Anschließend werden die verwendete Literatur sowie die angewandte Methodik kritisch betrachtet.

4.1 Diskussion der Ergebnisse

4.1.1 Wuchseigenschaften

Alle ausgewählten Baum- und Straucharten zeichnen sich durch ein mindestens gutes Regenerationsvermögen aus. Dies stellt eines der wesentlichen Eignungsmerkmale dar. *C. avellana*, *S. nigra*, *C. sanguinea*, *F. excelsior* und *C. betulus* überzeugen mit einem sehr guten Stockausschlagvermögen und einem schnellen Wuchs (Dapper, 1992; Ellenberg & Leuschner, 2010; Kurz et al., 2011; Weber, 2003; Westphal, 2011). *C. mas*, *A. campestre*, *T. cordata*, *U. glabra* und *S. alba* sind ebenfalls aufgrund von gutem bis mäßig gutem Stockausschlagvermögen, hoher Schnittverträglichkeit oder ihrer Schnellwüchsigkeit als Heckenpflanze geeignet (Bartsch et al., 2020; Dapper, 1992; Ellenberg & Leuschner, 2010; Kurz et al., 2011; Schweiger & Machmerth, 2016). Einzelne Quellen deuten zudem auf ein gutes Regenerationsvermögen von *M. alba*, *T. platyphyllos*, *U. minor*, *S. caprea* und *S. viminalis* hin (Bartsch et al., 2020; Dapper, 1992; Kurz et al., 2011; Schweiger & Machmerth, 2016). Allgemein weisen *Salix*-Arten ein hohes Regenerationsvermögen auf (Dachsel et al., 2018).

Nachteiliges Wuchsverhalten wird für *F. excelsior*, *C. betulus*, *C. mas* und *C. sanguinea* beschrieben. Der Gelbe und der Rote Hartriegel gelten als langsam wachsende Sträucher (Dapper, 1992; Kurz et al., 2011). Bei regelmäßiger Schnitt- und Kopfheckennutzung der Gemeinen Esche wird starkes Dickenwachstum im Stamm beobachtet, was der Heckeneignung entgegensprechen kann. Auch die Gemeine Hainbuche kann Dickenwachstum entwickeln, je öfter sie im Sommer geschnitten wird. Daher soll sie regelmäßiges Stocksetzen in kurzen Zeitabständen schlecht vertragen (Kurz et al., 2011).

4.1.2 Inhaltsstoffe

Es ist erkennbar, dass bestimmte Baum- und Straucharten einen hohen Futterwert aufweisen und der ergänzenden Ernährung von Rindern dienlich sein können. Diese Ergänzung kann in erster Linie durch Rohproteingehalte sowie Mengen- und

Spurenelemente erfolgen. Gehölze mit dem höchsten Futterwert sind *S. nigra*, *F. excelsior*, *M. alba*, *S. caprea* und *S. viminalis*. Für den Schwarzen Holunder, die Gemeine Esche und die Weiße Maulbeere sind gute bis hohe Gehalte an Rohprotein beschrieben worden (Emile et al., 2016; Mahieu et al., 2021; Schütt et al., 2006; Shayo, 1997; Vandermeulen et al., 2013). Den Schwarze Holunder kennzeichnen hohe Magnesiumwerte (Mahieu et al., 2021; Rahmann, 2004). Die Blätter der Sal- und Korb-Weide sind reich an Zink (Mahieu et al., 2021; Smith et al., 2018), enthalten jedoch hohe Tanningehalte (Enri et al., 2020; Mahieu et al., 2021). Gehölze mit Hinweisen auf gute Futterwerte sind *C. sanguinea*, *T. platyphyllos*, *T. cordata*, *U. minor*, *U. glabra* sowie *S. alba* (Hejcmanová et al., 2014; Luske & Eekeren, 2014; Machatschek, 2002; Mahieu et al., 2021; Rahmann, 2004; Smith et al., 2018; Vandermeulen et al., 2013). Hervorzuheben ist dabei der Gehalt an Calcium in den Blättern folgender Pflanzen: Schwarzer Holunder, Roter Hartriegel, Gemeine Esche, Sommerlinde und Feldulme. Gehölze mit minderer Futterqualität sind *C. avellana* und *C. betulus* (Emile et al., 2016; Hejcmanová et al., 2014; Rahmann, 2004).

Wie bereits ausgeführt, kann das Laub der Gehölze jedoch nur zur Ergänzung des übrigen Futters dienen, da Wiederkäuer nur einen Teil ihres Futterbedarfs durch Laub decken können (Rahmann, 2004). Daher sollte kein Anspruch auf die vollständige Deckung aller wichtigen Nährstoffe durch Laubfutter erhoben werden.

4.1.3 Verdaulichkeit

Von allen Hauptkriterien liegen zu diesem Kriterium die wenigsten Informationen vor, obwohl es einen wichtigen Faktor in der Tierernährung darstellt. Insbesondere das Laub von *S. nigra*, *F. excelsior* und *M. alba* ist sehr gut verdaulich (Emile et al., 2016; Luske & van Eekeren, 2018; Machatschek, 2002; Mahieu et al., 2021; Rahmann, 2004; Shayo, 1997). Hinweise auf gute Verdaulichkeitswerte liegen für *C. sanguinea*, *T. platyphyllos*, *T. cordata* sowie *U. minor* und *U. glabra* vor (Machatschek, 2002; Mahieu et al., 2021; Rahmann, 2004; Wessely, 1877). Weniger gut verdaulich sind hingegen die Blätter der Hasel und der Korb-Weide (Emile et al., 2016; Rahmann, 2004; Smith et al., 2012, 2014). Zwölf der 17 ausgewählten Baum- und Straucharten werden in unterschiedlichen Quellen als traditionelle Futterlaubgehölze aufgeführt. Daher liegt die Vermutung nahe, dass sich diese trotz der unvollständigen Informationen als Futterquelle eignen könnten. Leiber (2022) vermutet, dass Laubfutter selten schlecht verdaulich ist, da der Anteil des Laubes am Gesamtfutter niedrig ist und meist lediglich ergänzend eingesetzt wird.

4.2 Kritische Betrachtung der Literaturbefunde und Methodik

4.2.1 Literaturbefunde

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit basieren auf sehr unterschiedlichen Literaturbefunden. Einerseits liegen diverse Studien vor, die die Blätter mitteleuropäischer Gehölze auf ihre Inhaltsstoffe und Verdaulichkeit untersucht haben. Andererseits liegen Angaben zu Pflanzeigenschaften vor, die auf anekdotischem und altem Wissen von Landwirten basieren. Dabei handelt es sich um zusammengetragenes Praxiswissen und Erzählungen, beispielsweise aus der Tradition der Schneitelwirtschaft (Machatschek, 2002; Popp & Scheibe, 2013; Smith et al., 2018). Das in dieser Arbeit zitierte Werk „Laubgeschichten“ von Michael Machatschek (2002) ist hierfür ein bekanntes Beispiel. Diesem Wissen kann ein besonderer Wert zugesprochen werden, da es sich um praxisnahe Beobachtungen handelt. Da die Studienlage zum Stand dieser Arbeit noch sehr lückenhaft ist, sind Angaben zur Laubfutternutzung der einheimischen Arten äußerst hilfreich. Diverse beschriebene Pflanzeigenschaften, beispielsweise gesundheitsfördernde Wirkungen von Gehölzen, sind jedoch schwer überprüfbar. Zudem wurden viele der Informationen zu Standortbedingungen, Wuchseigenschaften und weiteren positiven wie negativen Kriterien, u.a. aus Büchern mit Kurzbeschreibungen von Gehölzen sowie aus Skripten, Berichten, Internetbeiträgen, Postern oder Regierungsbeiträgen entnommen.

Für die meisten Arten lassen sich aus unterschiedlichen Quellen Hinweise auf Futterlaubnutzungen ableiten, es liegen jedoch nicht für alle Arten vollständige Informationen zu den wichtigsten Auswahlkriterien vor. Die jeweiligen Pflanzeigenschaften konnten teilweise mit nur einer Quelle belegt werden. In den letzten Jahren scheint das Interesse an Futterbäumen und -sträuchern in den gemäßigten Breiten zugenommen zu haben, weswegen insbesondere der Nährwert und die Futtereignung der Blätter zunehmend untersucht werden (Enri et al., 2020). Einen Artenvergleich mit Berücksichtigung der in dieser Arbeit definierten Kriterien scheint es bisher jedoch nicht zu geben.

4.2.2 Methodik

Veranschaulichung der Ergebnisse

Eine klare Bewertung jeder Gehölzart erwies sich als schwierig, da die Datenlage lückenhaft sowie teils uneindeutig war und für viele Arten sowohl positive, als auch

negative Eigenschaften (im Sinne der Eignung für Futterhecken) beschrieben worden sind. Die Bewertung der Arten wurde daher an die Anzahl der verfügbaren Literatur geknüpft. Sechs der 15 Arten konnten zusätzlich in Form von Plus- und Minuszeichen mit Hinweisen auf besonders gute Eigenschaften oder mögliche Einschränkungen versehen werden. Dadurch wurden Eignungstendenzen deutlich. Die Veranschaulichung der Ergebnisse kann jedoch nur bedingt aussagekräftig sein. Sie stellt viel mehr die Zuverlässigkeit der Daten dar und gilt als Diskussionsgrundlage für zukünftige Entscheidungen. Für genauere Abwägungen sollten die im Ergebnisteil aufgeführten Artenbeschreibungen beachtet werden.

Identifizierung und Reflexion geeigneter Arten

Grundlage der Artenauswahl waren die in 4.2.1 beschriebenen Werke sowie verschiedene Studien, die Inhaltsstoffe sowie Futter- und Verdaulichkeitswerte von Gehölzen untersucht haben. Die in den Studien aufgeführten Arten wurden für die Auswahl näher betrachtet. Die Eignung oder Nichteignung der Bäume und Sträucher bietet Grundlage zur Diskussion. Da es für Futterhecken bisher keine einheitliche Artenauswahl gibt und die Literatur stellenweise uneindeutig ist, könnten die hier als nicht geeignet aufgeführten Gehölze unter Umständen dennoch nutzbar sein. In diesen Fällen kann eine abschließende Bewertung erst durch praxisnahe Erfahrungen und weitere Forschung erfolgen. Aus der Recherche ergaben sich weitere potentielle Gehölzarten, die jedoch nicht näher untersucht wurden: Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), Flatterulme (*Ulmus laevis*), Edelkastanie (*Castanea sativa*) und Gewöhnliche Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*).

An dieser Stelle soll die Eignung der Gemeinen Hasel, Gemeinen Hainbuche, Weißen Maulbeere und des Schwarzen Holunders diskutiert werden: Die Hasel (*C. avellana*) und die Hainbuche (*C. betulus*) können in verschiedener Hinsicht als ungeeignet oder geeignet gesehen werden. In einem Literaturvergleich fanden Luske & Eekeren (2014) hohe Kupfergehalte in den Blättern der Hasel. Gleichzeitig wurden jedoch niedrige Verdaulichkeitswerte ermittelt, was durch weitere Quellen bestätigt wird. *C. avellana* wird ein mittlerer bis schlechter Futterwert zugeschrieben und ist somit weniger als ergänzendes Futtermittel für Rinder geeignet (Emile et al., 2016; Hejcmanová et al., 2014; Rahmann, 2004). Der Gemeinen Hainbuche wird ebenfalls eine geringe Futterqualität zugeschrieben (Hejcmanová et al., 2014). Zudem soll sie regelmäßiges Stocksetzen in kurzen Zeitabständen schlecht vertragen (Kurz et al., 2011). Diese Argumente sprechen gegen ihre Nutzbarkeit als Futterhecke. Sowohl *C. avellana* als

auch *C. betulus* werden jedoch mehrfach in der Literatur als Laubfuttergehölz genannt und sind aufgrund des hohen Stockausschlagvermögens und schnellem Wuchs sowie weiterer Kriterien (Boden- und Windschutz, Trockenheitstoleranz, Bienenweide) als wichtige Gehölze zu betrachten.

Mit Ausnahme der Weißen Maulbeere (*Morus alba*), sind alle Arten in Mitteleuropa heimisch. Die Weiße Maulbeere (*Morus alba*) ist kein einheimisches Gehölz und dennoch Teil der Artenauswahl. Der Grund dafür ist, dass *M. alba* nicht als invasive Art gelistet wird und ihr ein besonders hoher Futterwert zugeschrieben wird. In bestimmten Regionen der Erde wurde *M. alba* bereits als Futtermittel eingeführt und scheint in dieser Hinsicht ein wertvolles Gehölz zu sein (Hassan et al., 2020; Mosquera-Losada et al., 2017).

Pflanzen mit giftigen Bestandteilen wurden grundsätzlich als ungeeignet klassifiziert und dennoch ist *S. nigra* Teil der Artenauswahl. Verschiedene Quellen deuten darauf hin, dass der Schwarze Holunder früher schon als Laubfuttergehölz eingesetzt wurde und gerne von Rindern verbissen wird. Grund dafür könnte der hohe Futterwert der Blätter sein. Daher wird *S. nigra* trotz der Toxizität unreifer Früchte für die Pflanzung empfohlen. Nichtsdestotrotz sollte jedes Gehölz auf toxische Inhaltsstoffe geprüft werden, bevor es als Futtergehölz gepflanzt wird. Die natürliche Selektionsfähigkeit der Rinder und die Erfahrungen von Landwirtinnen und Landwirten sollte hier bei der Entscheidung miteinbezogen werden (Leiber, 2022).

Integration invasiver Arten

Um ein silvopastorales System etablieren zu können, ist es erforderlich, die am besten geeigneten Gehölzarten entsprechend der Gegebenheiten im Vorhinein zu bestimmen. Dazu zählt eine Invasivitätsbewertung der Pflanzen (Vandermeulen, 2017). Um eine ungewollte Ausbreitung und die potentielle Gefährdung einheimischer Arten und Ökosysteme zu verhindern, wurden invasive Arten in der vorliegenden Auswahl ausgeschlossen. Die Pflanzung gebietsfremder Arten, ist jedoch umstritten. In der Recherche zu geeigneten Futtergehölzen wurde deutlich, dass verschiedene Meinungen zur Nutzung invasiver Arten, insbesondere der Gewöhnlichen Robinie (*Robinia pseudoacacia*), vorliegen (Leiber, p. K., 2022; Pfeffer, p. K., 2022; Ströde, p. K., 2022). Aufgrund verschiedener Eigenschaften kann diese für die landwirtschaftliche Nutzung sehr vielversprechend sein (Pfeffer, p. K., 2022) und wird oft als potentieller Laubfutterbaum erwähnt. Die Robinie ist ein Neophyt. Sie ist ausgesprochen schnellwüchsig und regenerationsfähig, verträgt Hitze und

Trockenstress sehr gut, besitzt ein wertvolles Holz und kann aufgrund ihrer Symbiose mit luftstickstofffixierenden Bakterien zur Bodenverbesserung beitragen. *R. pseudoacacia* gilt zudem als nektarreiche Trachtpflanze für Honigbienen (Dörken & Jagel, 2021; Veste et al., 2018). Vor allem im Offenland besitzt *R. pseudoacacia* jedoch ein hohes Verbreitungspotential und kann durch N-Fixierung auf mageren Standorten hochspezialisierte Biozönosen verdrängen (Avila et al., 2021). Sie wird vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) auf der schwarzen Liste invasiver Arten als invasiv eingestuft (Nehring et al., 2013). Aus diesen Gründen wurde *R. pseudoacacia* aus der Artenauswahl ausgeschlossen.

Wuchseigenschaften

Innerhalb des Kriteriums „Wuchseigenschaften“ wurden unterschiedliche Pflanzeigenschaften zusammengefasst. Das Regenerationsvermögen von Bäumen und Sträuchern wird in der untersuchten Literatur teilweise mit diversen Begriffen (Stockausschlagvermögen, Wiederaustrieb, Schnittverträglichkeit) und unterschiedlichen Adjektiven („mäßig“, „gut“, „sehr gut“, „stark“, „intensiv“, „hoch“) beschrieben. Eine konkrete Nutzbarkeit aus diesen Merkmalen abzuleiten kann schwierig sein, da verschiedenen Begriffen subjektive Bedeutungen zugesprochen werden und die Unterschiede zwischen den Merkmalen nicht klar definiert oder kategorisiert sind.

Inhaltsstoffe und Verdaulichkeit

Das Auswahlkriterium „Inhaltsstoffe“ beinhaltet Angaben zu Makro- und Mikronährstoffen sowie zu sekundären Pflanzeninhaltsstoffen der Blätter. Die behandelten Studien sprechen hier von der „Futterwertigkeit“ oder „Futterqualität“ des Laubfutters. Dabei wurden meist verschiedene Inhaltsstoffe, beispielsweise Rohprotein, Rohfaser, Asche, verdauliche organische Substanz, etc., analysiert. Bemerkbar war jedoch, dass die Untersuchungen der Inhaltsstoffe keinem einheitlichen Schema folgten. So gab es zwischen den Studien Abweichungen in der Auswahl der untersuchten Nährwerte.

Zwar wurden in der vorliegenden Arbeit „Inhaltsstoffe“ und „Verdaulichkeit“ als zwei unabhängige Kriterien definiert, jedoch ist in der Auswertung deutlich geworden, dass diese zwei Kriterien nicht immer getrennt voneinander betrachtet werden können. Beispielsweise kann ein „hoher Futterwert“, bzw. eine „hohe Nährstoffqualität“, mit einer „hohen Verdaulichkeit“ einhergehen. Ein „hoher Futterwert“ kann zudem

bedeuten, dass die Blätter des jeweiligen Gehölzes hohe Gehalte an Spuren- oder Mengenelementen aufweisen. Um die Bewertung der Pflanzen zu vereinfachen, wurden Literaturangaben zur Futterwertigkeit oder Nährstoffqualität, beispielsweise „hohe Futterqualität der Blätter“ oder „sehr hohe Calciumwerte“, dem Kriterium „Inhaltsstoffe“ zugeordnet und explizite Angaben zur Verdaulichkeit der Blätter dem Kriterium „Verdaulichkeit“ zugeordnet. In dieser Arbeit sollen lediglich Eignungshinweise zusammengefasst und veranschaulicht werden, nicht aber der Futterwert jeder Art geprüft werden.

Saisonale Unterschiede

Die Qualität des Laubfutters kann saisonale Unterschiede aufweisen. Mit dem zunehmenden Alter der Blätter über die Vegetationsperiode hinweg verändert sich die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe (Hejzmanová et al., 2014; Luske & van Eekeren, 2018; Smith et al., 2018). Der Futterwert und die Schmackhaftigkeit der Blätter kann mit dem Alter des Laubes abnehmen, da zunehmend sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe und unverdauliche Inhaltsstoffe gebildet werden (Rahmann, 2004; Smith et al., 2014; Vandermeulen, 2017). Demnach könnte das Laub im Frühling schmackhafter und verdaulicher sein als im Spätsommer und von den tatsächlichen Inhaltsstoffe der vorliegenden Angaben abweichen. In einer Studie von Mahieu et al. (2021) wurden Nährwerte von Blättern gezielt im August untersucht, da die Futterverfügbarkeit den Autoren zufolge in vielen Gebieten der gemäßigten Zone in diesem Zeitraum durch Trockenheit bedingt kritisch sein kann. Rahmann (2004) betont, dass die von ihm angegebenen Futterwerte der jeweiligen Gehölze mit Vorsicht zu betrachten sind, da sie je nach Standort, Jahreszeit oder untersuchtem Pflanzenteil Unterschiede aufweisen können. Folglich sollten die Futterwertigkeitsangaben der vorliegenden Arbeit ebenfalls mit Vorsicht betrachtet und gegebenenfalls überprüft werden.

Zur Bedeutung sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe

In der Diskussion um die Nutzung von Gehölzfutter wird häufig von potentiellen Gesundheitswirkungen gesprochen, die mit der Aufnahme sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe einhergehen. Prominente Beispiele hierfür sind Tannine und das in der Rinde bestimmter Weidearten (*Salix*) enthaltene Salicin.

Tannine sind Gerbstoffe, die beispielsweise, abhängig von Art und Herkunft, im Pansen mit Proteinen Komplexe bilden können. Diese können den Pansen passieren und erst später im Labmagen oder Dünndarm enzymatisch verdaut werden, was bei

Futtermitteln mit Rohproteinüberschüssen zur effizienteren Proteinverwertung beitragen kann und eine Ammoniakbelastung des Stoffwechsels reduziert. Tannine können sich jedoch unter Umständen auch negativ auf die Verdauung auswirken, weshalb die Nutzung tanninhaltiger Futtermitteln zur besseren Proteinverdauung in der Praxis noch nicht angewandt wird (Leiber, 2014). Tanninhaltige Pflanzen sind den vorliegenden Befunden nach *Corylus avellana*, *Salix caprea* und *Salix viminalis*. Eine übermäßige Aufnahme von Tanninen durch Gehölzfutter sei Leiber (2022) zufolge jedoch unwahrscheinlich. Es bedarf hier an weiterer Forschung zur Entwicklung von systematischem Wissen zur Wirkung von Tanninen auf die Gesundheit von Milchkühen (Leiber, 2014)

Salicin, ein Glykosid, kommt in der Rinde verschiedener Weidenarten vor. Im Körper wird es zu Salicylsäure umgewandelt, welches einen entzündungshemmenden und schmerzlindernden Effekt haben soll. Für *Salix caprea* und *Salix viminalis* sind jedoch keine relevanten Gehalte an Salicin dokumentiert, *Salix alba* enthält nur einen niedrigen Salicingehalt (meist < 1%). Die Salicingehalte der hier relevanten *Salix*-Arten sind demnach zu gering, um einen wirksamen Effekt bei den Tieren hervorzurufen (Hänsel & Sticher, 2010). Da die Rolle der Salicylsäure in den untersuchten Studien nicht behandelt wurde, wurde diese auch in dieser Arbeit nicht näher betrachtet.

Schmackhaftigkeit

Ob die weidenden Kühe die Blätter, Triebe oder Zweige einer bestimmten Baum- oder Strauchart gerne fressen oder verschmähen, ist nur durch Praxiswissen oder weitere Untersuchungen festzustellen. In der untersuchten Literatur ist dazu, ähnlich wie zur Verdaulichkeit, wenig beschrieben worden. Lediglich zur Weißen Maulbeere und zu Linden liegen Informationen vor. Aus den Untersuchungen von Vandermeulen (2017) und Popp & Scheibe (2013) zur Verbisspräferenz von Rindern könnte auf die Schmackhaftigkeit des Laubfutters zurückgeschlossen werden, jedoch ist hier eine abschließende Bewertung schwierig. Es ist deutlich geworden, dass durch unvollständige Informationen die Wahl des Kriteriums „Schmackhaftigkeit“ bei der Artenauswahl wenig hilfreich ist.

5 Fazit sowie Empfehlungen für Forschung und Praxis

Die Auswahl der richtigen Gehölzart ist, hinsichtlich bestimmter Kriterien, der wichtigste Faktor bei der Einführung von Futtergehölzen auf einer landwirtschaftlichen Fläche. Mit den in dieser Arbeit definierten Auswahl- und Ausschlusskriterien konnten Bäume und Sträucher auf ihre Eignung untersucht und so eine erste Auswahl getroffen werden. Dabei sind entsprechende Wuchseigenschaften wie ein hohes Regenerationsvermögen oder die hohe Futterwertigkeit des Laubes entscheidende Faktoren, die bei der Implementierung von Futterhecken beachtet werden sollten.

Die vorliegende Literaturarbeit konnte zeigen, dass insgesamt 15 Baum- und Straucharten und -gattungen aufgrund ihrer Eigenschaften gut in einer Futterhecke integriert werden können. Mit ausreichenden Informationen und Hinweisen auf ihre Nutzbarkeit können diese als Diskussionsgrundlage dienen und somit eine Entscheidungshilfe für die geplanten Futterlaubhecken des Gladbacher Hofes schaffen. Alle ausgewählten Gehölzarten können durch ihr Regenerationsvermögen als Bestandteil einer Hecke genutzt werden. Bestimmte Gehölze können zudem als Ergänzung für die Versorgung von Wiederkäuern mit Mengen- und Spurenelementen dienen und eine zusätzliche Rohproteinquelle bieten. Es können jedoch große Unterschiede in der Futterqualität zwischen den Sträuchern auftreten und tatsächliche Nährwerte von den vorliegenden Befunden, beispielsweise durch saisonale Unterschiede, abweichen. Auch die Selektivität und Verbisspräferenzen der Tiere können sehr unterschiedlich sein.

Für einige der Gehölze sind negative Eigenschaften dokumentiert, beispielsweise niedrige Futterwerte, Giftverdacht in Pflanzenteilen oder langsames Wachstum. Jedes dieser negativen Eigenschaften sollte vor der Entscheidung über die Nutzung der Pflanze mitberücksichtigt werden. Es bedarf hier also einer genauen Abwägung zwischen potentiellen Vor- und Nachteilen. Die vorliegende Arbeit kann dafür einen ersten Überblick bieten.

Zum Stand dieser Abschlussarbeit ist vergleichsweise wenig zum Potential von Laubfutter bekannt, insbesondere bei Baum- und Straucharten der gemäßigten Breiten bestehen größere Wissenslücken. Zahlreiche Untersuchungen zu Futterbäumen und -sträuchern beschränken sich bisher oft auf Studien tropischer Gehölze. Wie bereits ausgeführt handelt es sich bei Laubfutter meist um Wissen aus traditionellen Nutzungsformen. In manchen Fällen sind die jeweiligen Gehölzeigenschaften schwer überprüfbar, was eine abschließende Bewertung der Pflanzen erschwert. Wenngleich die Anzahl der Untersuchungen zu Arten der

gemäßigten Zone in den vergangenen Jahren erkennbar zugenommen hat, fehlen zu vielen Arten belastbare Daten. Es bedarf also an weiteren wissenschaftlichen Erkenntnissen und praktischen Erfahrungen zur Nutzbarkeit der Gehölzarten sowie zu Unterschieden zwischen den Arten, der geeigneten Bewirtschaftungsweisen und der Futterwertigkeit von Gehölzen. In diesem Zusammenhang ist praktisches Wissen derjenigen Betriebe besonders wertvoll, die bereits Erfahrungen mit der Nutzung von Futterhecken gesammelt haben. Nachfolgend werden konkrete Empfehlungen für die Forschung und Praxis ausgesprochen.

- Genauere Untersuchungen der Inhaltsstoffe von Laubfutter könnten in Zukunft mehr Aufschluss darüber geben, welche Baum- oder Strauchart eine relevante Ergänzung zur Ernährung von Wiederkäuern darstellen können. Dabei sollten die Inhaltsstoffe der Pflanzenteile mit den Bedarfswerten der Tierernährung verglichen und so Futterwerte abgeleitet werden.
- Die Wuchseigenschaften der Gehölze, insbesondere die qualitativen Unterschiede im Regenerationsvermögen (Stockausschlagvermögen, Schnittverträglichkeit, etc.) sollten einheitlich definiert und kategorisiert werden, um daraus konkrete Empfehlungen der Heckenbewirtschaftung abzuleiten.
- Die Schmackhaftigkeit von Blättern sollte in Experimenten oder durch Beobachtungen genauer untersucht werden, um herauszufinden, welche Verbisspräferenzen Wiederkäuer haben könnten.
- Während der Fokus der Forschung auf einheimischen Gehölzen liegen sollte, könnten unter Umständen auch gebietsfremde Arten, wie die Weiße Maulbeere, als Bestandteil von Futterhecken vielversprechend sein. Hierbei bedarf es jedoch einer genauen Invasivitätsbewertung im Vorhinein.
- Mit zunehmender Trockenheit und dem Auftreten von Dürreperioden in Europa sollten für die zukünftige Pflanzung von Futterhecken, Baum- und Straucharten in Erwägung gezogen werden, die sich durch ausgeprägte Trockenheitstoleranz auszeichnen.

Literaturverzeichnis

- Avila, A. L. de, Häring, B., Rheinbay, B., Brüchert, F., Hirsch, M., & Albrecht, A. (2021). *Artensteckbriefe 2.0: Alternative Baumarten im Klimawandel: eine Stoffsammlung*. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.
- Bartsch, N., Lüpke, B. von, & Röhrig, E. (2020). *Waldbau auf ökologischer Grundlage* (8., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Eugen Ulmer.
- Betriebsspiegel Gladbacher Hof. (2019). 2.
- Chmielewski, F.-M. (2011). Der Einfluss des Klimawandels auf den Wirtschaftssektor Landwirtschaft. In H. von Storch & M. Claussen (Hrsg.), *Klimabericht für die Metropolregion Hamburg* (S. 211–227). Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-16035-6_9
- Dachsel, K., Stowasser, A., & Roloff, A. (2018). *Bestimmung wichtiger Salix-Arten am Naturstandort und ihre Verwendung in der Ingenieurbiologie*. 6.
- Dapper, H. (1992). *Heckengehölze: Handbuch für Biologie, Kultur und Verwendung*. Patzer Verlag.
- Dörken, V. M., & Jagel, A. (2021). Robinia pseudoacacia – Robinie, Scheinakazie, Falsche Akazie (Fabaceae), Baum des Jahres 2020. *Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins*, 9.
- Eichhorn, M. P., Paris, P., Herzog, F., Incoll, L. D., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Papanastasis, V. P., Pilbeam, D. J., Pisanelli, A., & Dupraz, C. (2006). Silvoarable Systems in Europe – Past, Present and Future Prospects. *Agroforestry Systems*, 67(1), 29–50.
<https://doi.org/10.1007/s10457-005-1111-7>

- Elevitch, C., Mazaroli, D., & Ragone, D. (2018). Agroforestry Standards for Regenerative Agriculture. *Sustainability*, 21, 2. <https://doi.org/10.3390/su10093337>
- Ellenberg, H., & Leuschner, C. (2010). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht* (6., vollständig neu bearbeitete und stark erweiterte Auflage von Christoph Leuschner, Bd. 8104). Eugen Ulmer.
- Emile, J. C., Delagarde, R., Barre, P., & Novak, S. (2016). NUTRITIVE VALUE AND DEGRADABILITY OF LEAVES FROM TEMPERATE WOODY RESOURCES FOR FEEDING RUMINANTS IN SUMMER. *3rd European Agroforestry Conference Montpellier, 23-25 May 2016. EURAF*, 4.
- Enescu, C. M., Houston Durrant, T., de Rigo, D., & Caudullo, G. (2016). *Salix caprea* in Europe: Distribution, habitat, usage and threats. In J. San-Miguel-Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, & A. Mauri (Hrsg.), *European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg*, pp. E01322d+ (S. 2).
- Enri, S. R., Probo, M., Renna, M., Caro, E., Lussiana, C., Battaglini, L. M., Lombardi, G., & Lonati, M. (2020). Temporal variations in leaf traits, chemical composition and in vitro true digestibility of four temperate fodder tree species. *Animal Production Science*, 60(5), 643. <https://doi.org/10.1071/AN18771>
- Hänsel, R., & Sticher, O. (2010). *Pharmakognosie – Phytopharmazie* (9. Aufl.). Springer Medizin Verlag.
- Hassan, F., Arshad, M. A., Li, M., Rehman, M. S., Loor, J. J., & Huang, J. (2020). Potential of Mulberry Leaf Biomass and Its Flavonoids to Improve Production and Health in Ruminants: Mechanistic Insights and Prospects. *Animals*, 10(11), 2076. <https://doi.org/10.3390/ani10112076>

- Hejcmanová, P., Stejskalová, M., & Hejcman, M. (2014). Forage quality of leaf-fodder from the main broad-leaved woody species and its possible consequences for the Holocene development of forest vegetation in Central Europe. *Vegetation History and Archaeobotany*, 23(5), 607–613. <https://doi.org/10.1007/s00334-013-0414-2>
- IPCC. (2019). Summary for Policymakers. In P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, R. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, ... J. Malley (Hrsg.), *Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kayser, B. (2022, März 21). *[Informationen zu Pflanzeigenschaften und der Nutzbarkeit von Gehölzen]*. <http://www.agroforst.de>
- Kurz, P., Machatschek, M., & Iglhauser, B. (2011). *Hecken: Geschichte und Ökologie; Anlage; Erhaltung und Nutzung* (2. Auflage). Stocker.
- Leiber, F. (2014). Zur Bedeutung sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe für die Ernährung von Wiederkäuern. In C. Schwarz, M. Kraft, & M. Gierus (Hrsg.), *Wertvolle Pflanzenstoffe für die Tierernährung: Perspektiven und Entwicklungen*. (S. 6–10). Eigenverlag: Universität für Bodenkultur, Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie.
- Leiber, F. (2021). Gibt es Verhaltensansprüche der Rinder an Futter und Fütterung? *Verband der Landwirtschaftskammern / DLG (Ed.) Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Tagungsband*, 19–22.

- Luske, B. (2014). *Initial Stakeholder Meeting Report Fodder trees for cattle and goats in the Netherlands* (AGFORWARD - Agroforestry for Europe, S. 6). Louis Bolk Institute, Netherlands.
- Luske, B., & Eekeren, N. V. (2014). Renewed interest for silvopastoral systems in Europe – an inventory of the feeding value of fodder trees. In G. Rahmann & U. Aksoy (Hrsg.), *Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference* (S. 4).
- Luske, B., & van Eekeren, N. (2018). Nutritional potential of fodder trees on clay and sandy soils. *Agroforestry Systems*, 92(4), 975–986.
<https://doi.org/10.1007/s10457-017-0180-8>
- Luske, B., van Eekeren, N., Vonk, M., Kondylis, A. A., & Roelen, S. (2017). *Lessons learned-Agroforestry for ruminants in the Netherlands* (AGFORWARD - Agroforestry for Europe).
- Machatschek, M. (2002). *Laubgeschichten: Gebrauchswissen einer alten Baumwirtschaft, Speise-und Futterlaubkultur*. Böhlau Verlag.
- Mahieu, S., Emile, J. C., & Novak, S. (2020). Mineral composition of ash leaves (*Fraxinus excelsior* L.) used as fodder for the ruminants in summer. 4. *European Agroforestry Conference (EURAF 2018)*, 6.
- Mahieu, S., Novak, S., Barre, P., Delagarde, R., Niderkorn, V., Gastal, F., & Emile, J.-C. (2021). Diversity in the chemical composition and digestibility of leaves from fifty woody species in temperate areas. *Agroforestry Systems*, 95(7), 1295–1308. <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00662-2>
- Mosquera-Losada, M. R., Fernandez-Lorenzo, J. L., Rigueiro-Rodriguez, A., & Ferreiro-Dominguez, N. (2017). *Maulbeere (Morus spp.) als Viehfutter*. AGFORWARD - Agroforestry for Europe.

- MWU Sachsen-Anhalt. (o. J.). *Einheimische Gehölze*. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Sachsen-Anhalt. Ref. Öffentlichkeitsarbeit.
- Nehring, S., Kowarik, I., Rabitsch, W., & Essl, F. (Hrsg.). (2013). Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. *BfN-Skripten* 352, 204.
- Nerlich, K., Graeff-Hönninger, S., & Claupein, W. (2013). Agroforestry in Europe: A review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany. *Agroforestry Systems*, 87(2), 475–492. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9560-2>
- Papanastasis, V. P., Yiakoulaki, M. D., Decandia, M., & Dini-Papanastasi, O. (2008). Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. *Animal Feed Science and Technology*, 140(1–2), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.03.012>
- Popp, A., & Scheibe, K.-M. (2013). The Importance of Groves for Cattle in Semi-Open Pastures. *Agriculture*, 3(1), 147–156. <https://doi.org/10.3390/agriculture3010147>
- Rahmann, G. (2004). Gehölzfutter – eine neue Quelle für die ökologische Tierernährung. In *Naturschutz als Aufgabe des Ökologischen Landbaus*. (Bd. 21, S. 29–42). Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL).
- Rahmann, G. (2005). Spuren- und Mengenelement-Gehalte in Laubfutter. In J. Heß & G. Rahmann (Hrsg.), *Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau* (S. 2). kassel university press GmbH.

- Robinson, P. J. (1985). Trees as fodder crops. In M. G. R. Cannell, J. E. Jackson, & J. E. Jackson, *Attributes of Trees as Crop Plants* (S. 281–300). Institute of Terrestrial Ecology, Natural Environment Research Council.
- Röhricht, Dr. habil. C., & Ruscher, K. (2004). Anbauempfehlungen für schnellwachsende Baumarten. *Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. Fachbereich Pflanzliche Erzeugung*, 40.
- Schuller, J. (2020). Laub und Blätter können mehr sein, als eine zufällige Beilage auf der Weide. *Bauern Zeitung*. <https://www.bauernzeitung.ch/artikel/tiere/laub-und-blaetter-koennen-mehr-sein-als-eine-zufaellige-beilage-auf-der-weide-355363>
- Schütt, P., Weisgerger, H., Schuck, H. J., Lang, U., Roloff, A., & Stimm, B. (2006). *Enzyklopädie der Sträucher*. Nikol Verlag.
- Schweiger, E., & Machmerth, E. (2016). *Heimische Gehölze unserer Kulturlandschaft*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- Shayo, C. M. (1997). Uses, yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arid areas of central Tanzania. In *Tropical Grasslands* (Bd. 31, S. 599–604).
- Smith, J., Kuoppala, K., Yáñez-Ruiz, D., Leach, K., & Rinne, M. (2014). Nutritional and fermentation quality of ensiled willow from an integrated feed and bioenergy agroforestry system in UK. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote*, 9. <https://doi.org/10.33354/smst.75342>
- Smith, J., Leach, K., Rinne, M., Kuoppala, K., & Padel, S. (2012). Integrating willow-based bioenergy and organic dairy production – the role of tree fodder for feed supplementation –. In G. Rahmann & D. Godinho (Hrsg.), *Agriculture and Forestry Research, Special Issue No 362* (S. 394–397).

- Smith, J., Westaway, S., & Whistance, L. (2018). TREE FODDER IN UK LIVESTOCK SYSTEMS: OPPORTUNITIES AND BARRIERS. In *European Agroforestry Conference-Agroforestry as Sustainable Land Use, 4th. EURAF*. (S. 324–327).
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, *347*(6223), 1259855.
<https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- van Elsen, T., & Immel, K. (2001). Nutzung und Gestaltung von Hecken und Wildfruchtgehölzen im Ökologischen Landbau. *Beitr. 6. Wiss.-Tagung zum Ökol. Landbau (2001): 353-356, Freising*.
- Vandermeulen, S. (2017). *TREES AND SHRUBS INFLUENCE THE BEHAVIOUR OF GRAZING CATTLE AND RUMEN FERMENTATION* [Dissertation]. Gembloux Agro-Bio Tech. Universität Lüttich.
- Vandermeulen, S., Pascal, M., Marche, C., Pilet, A., & Beckers, Y. (2013). *Hedges and woody strips browsing by cattle on pasture in Wallonia. 2*.
- Veste, M., Schillem, S., & Böhm, C. (2018). Baumarten für die Agrarholzproduktion. In M. Veste & C. Böhm (Hrsg.), *Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft* (S. 81–118). Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-49931-3_4
- WBGU. (2020). *Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration*. WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Berlin: WBGU.
- Weber, H. E. (2003). *Gebüsche, Hecken, Krautsäume*. Ulmer Verlag.

- Weigel, H.-J. (2011). Klimawandel – Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten. In *Praxis trifft Forschung Neues aus dem Ökologischen Ackerbau und der Ökologischen Tierhaltung 2011*. VTI.
- Wessely, J. (1877). *Das Futterlaub: Seine Zucht und Verwendung*. Perles.
- Westphal, U. (2011). *Hecken—Lebensräume in Garten und Landschaft: Ökologie, Artenvielfalt, Praxis*. Pala Verlag.
- Zahn, A. (2014). Beweidung mit Rindern. In *Online-Handbuch „Beweidung im Naturschutz“*. Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL).
https://www.anl.bayern.de/fachinformationen/beweidung/7_2_rinderbeweidung.htm

Interviewverzeichnis

J. Eisert, *persönliche Kommunikation*, 08 Juni 2022.

F. Leiber, *persönliche Kommunikation*, 16. Mai 2022.

H. Pfeffer, *persönliche Kommunikation*, 29. Juli 2022.

P. Ströde, *persönliche Kommunikation*, 18. Mai 2022.

Anhang

Referenzen der Tab. 1 und Tab. 2

- [1] Kurz, P., Machatschek, M., & Iglhauser, B. (2011). *Hecken: Geschichte und Ökologie; Anlage; Erhaltung und Nutzung* (2. Auflage). Stocker.
- [2] Dapper, H. (1992). *Heckengehölze: Handbuch für Biologie, Kultur und Verwendung*. Patzer Verlag.
- [3] Schütt, P., Weisgerger, H., Schuck, H. J., Lang, U., Roloff, A., & Stimm, B. (2006). *Enzyklopädie der Sträucher*. Nikol Verlag.
- [4] Schweiger, E., Machmerth E. (2016). *Heimische Gehölze unserer Kulturlandschaft*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- [5] Rahmann, G. (2004). Gehölzfutter – eine neue Quelle für die ökologische Tierernährung. In *Naturschutz als Aufgabe des Ökologischen Landbaus*. (Bd. 21, S. 29–42). Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL).
- [6] Mahieu, S. et al. (2021). Diversity in the chemical composition and digestibility of leaves from fifty woody species in temperate areas. *Agroforestry Systems*, 95(7), 1295-1308. <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00662-2>
- [7] Vandermeulen, et al. (2013). *Hedges and woody strips browsing by cattle on pasture in Wallonia, Belgium*. 2.
- [8] Wessely, J. (1877). *Das Futterlaub: seine Zucht und Verwendung*. Perles.
- [9] Machatschek, M. (2002). *Laubgeschichten: Gebrauchswissen einer alten Baumwirtschaft, Speise-und Futterlaubkultur*. Böhlau Verlag.
- [10] Luske, B., & van Eekeren, N. (2018). Nutritional potential of fodder trees on clay and sandy soils. *Agroforestry Systems*, 92(4), 975-986. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0180-8>
- [11] Emile, J. C. (2016). Nutritive value and degradability of leaves from temperate woody resources for feeding ruminants in summer. In *3rd European Agroforestry Conference Montpellier, 23-25 May 2016*. EURAF. 4.
- [12] Westphal, U. (2011). *Hecken - Lebensräume in Garten und Landschaft: Ökologie, Artenvielfalt, Praxis*. Pala Verlag.
- [13] Luske, B., & Eekeren, N. V. (2014). Renewed interest for silvopastoral systems in Europe – an inventory of the feeding value of fodder trees. In G. Rahmann & U. Aksoy (Hrsg.), *Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference* (S. 4).

- [14] Bartsch, N., Lüpke, B. von, & Röhrig, E. (2020). *Waldbau auf ökologischer Grundlage* (8., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Eugen Ulmer.
- [15] Ellenberg, H., & Leuschner, C. (2010). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht* (6., vollständig neu bearbeitete und stark erweiterte Auflage von Christoph Leuschner, Bd. 8104). Eugen Ulmer.
- [16] Shayo, C. M. (1997). Uses, yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arid areas of central Tanzania. *Tropical grasslands*, 31(6), 599-604.
- [17] Schade, F., & Jockusch, H. (2018). *Betörend, berauschend, tödlich-Giftpflanzen in unserer Umgebung*. Springer-Verlag.
- [18] Zahn, A. (2014). Beweidung mit Rindern. In *Online-Handbuch „Beweidung im Naturschutz“*. Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL).
https://www.anl.bayern.de/fachinformationen/beweidung/7_2_rinderbeweidung.htm
- [19] Hejmanová, P. et al. (2014). Forage quality of leaf-fodder from the main broad-leaved woody species and its possible consequences for the Holocene development of forest vegetation in Central Europe. *Vegetation History and Archaeobotany*, 23(5), 607-613. <https://doi.org/10.1007/s00334-013-0414-2>
- [20] Weber, Heinrich E. (2003). *Gebüsche, Hecken, Krautsäume*. Ulmer Verlag
- [21] Vandermeulen, S. (2017). *TREES AND SHRUBS INFLUENCE THE BEHAVIOUR OF GRAZING CATTLE AND RUMEN FERMENTATION* [Dissertation]. Gembloux Agro-Bio Tech. Universität Lüttich.
- [22] Smith, J., Westaway, S., & Whistance, L. (2018). TREE FODDER IN UK LIVESTOCK SYSTEMS: OPPORTUNITIES AND BARRIERS. In *European Agroforestry Conference-Agroforestry as Sustainable Land Use, 4th. EURAF*. (S. 324–327).
- [23] Papanastasis, V. P. et al. (2008). Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. *Animal Feed Science and Technology*, 140(1-2), 1-17.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.03.012>
- [24] Enri, S. R., Probo, M., Renna, M., Caro, E., Lussiana, C., Battaglini, L. M., Lombardi, G., & Lonati, M. (2020). Temporal variations in leaf traits, chemical composition and in vitro true digestibility of four temperate fodder tree species. *Animal Production Science*, 60(5), 643. <https://doi.org/10.1071/AN18771>

- [25] Nehring, S., Kowarik, I., Rabitsch, W., & Essl, F. (2013). Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wildlebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. *BfN-Skripten*, 352, 1-202.
- [26] Veste, M., Schillem, S., & Böhm, C. (2018). Baumarten für die Agrarholzproduktion. In *Agrarholz–Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft* (pp. 81-118). Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49931-3_4
- [27] Smith, J., Kuoppala, K., Yáñez-Ruiz, D., Leach, K., & Rinne, M. (2014). Nutritional and fermentation quality of ensiled willow from an integrated feed and bioenergy agroforestry system in UK. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote*, 9. <https://doi.org/10.33354/smst.75342>
- [28] Smith, J., Leach, K., Rinne, M., Kuoppala, K., & Padel, S. (2012). Integrating willow-based bioenergy and organic dairy production – the role of tree fodder for feed supplementation –. In G. Rahmann & D. Godinho (Hrsg.), *Agriculture and Forestry Research, Special Issue No 362* (S. 394–397).
- [29] Luske, B., van Eekeren, N., Vonk, M., Kondylis, A. A., & Roelen, S. (2017). *Lessons learned-Agroforestry for ruminants in the Netherlands* (AGFORWARD - Agroforestry for Europe).
- [30] Kayser, B. (2022, März 21). [*Informationen zu Pflanzeigenschaften und der Nutzbarkeit von Gehölzen*]. <http://www.agroforst.de>
- [31] van Elsen, T., & Immel, K. (2001). Nutzung und Gestaltung von Hecken und Wildfruchtgehölzen im Ökologischen Landbau. *Beitr. 6. Wiss.-Tagung zum Ökol. Landbau (2001): 353-356, Freising*.
- [32] Rahmann, G. (2004b). *Utilisation and maintenance of indigenous shrubs in protected open grassland (Gentiano-Koelerietum) by organic goats keeping*. Landbauforschung Völkenrode, 8.
- [33] Popp, A., & Scheibe, K.-M. (2013). The Importance of Groves for Cattle in Semi-Open Pastures. *Agriculture*, 3(1), 147–156. <https://doi.org/10.3390/agriculture3010147>
- [34] Hahn, A., Liebenow, H., & Basler, A. (2000). *Giftige Pflanzen im Garten, in Parkanlagen und in freier Natur. Informationen zu Giftpflanzen und zur Auswahl geeigneter Pflanzen für Kinderspielplätze*. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz, 43(7), 541-548.
- [35] P. Ströde, *persönliche Kommunikation*, 18. Mai 2022.

[36] Mosquera-Losada, M. R., Fernandez-Lorenzo, J. L., Rigueiro-Rodriguez, A., & Ferreiro-Dominguez, N. (2017). *Maulbeere (Morus spp.) als Viehfutter*.

AGFORWARD - Agroforestry for Europe.

[37] Avila, A. L. de, Häring, B., Rheinbay, B., Brüchert, F., Hirsch, M., & Albrecht, A. (2021). *Artensteckbriefe 2.0: Alternative Baumarten im Klimawandel: eine Stoffsammlung*. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

[38] Enescu, C. M., Houston Durrant, T., de Rigo, D., & Caudullo, G. (2016). *Salix caprea* in Europe: Distribution, habitat, usage and threats. San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, Pp. E01322d+, 2.

[39] Dachsel, K., Stowasser, A., & Roloff, A. (2018). *Bestimmung wichtiger Salix-Arten am Naturstandort und ihre Verwendung in der Ingenieurbiologie*. 6.

Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, sind kenntlich gemacht. Ich habe die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt. Ich stimme zu, dass die vorliegende Arbeit mit einer Anti-Plagiatssoftware überprüft werden darf.

Ort, Datum

Eigenhändige Unterschrift