

Loseblatt # 20

# BEWIRTSCHAFTUNG UND NUTZUNG BESTEHENDER HECKENSTRUKTUREN IN ABHÄNGIGKEIT DES ZIELTYPUS UND DER ZIELFUNKTION AM BEISPIEL DER GEMEINDE SONNEWALDE IN SÜD- BRANDENBURG

Christian Böhm, Penka Tsonkova, Rico Hübner, Julia Ehrhrit



# **Bewirtschaftung und Nutzung bestehender Heckenstrukturen in Abhängigkeit des Zieltyps und der Zielfunktion am Beispiel der Gemeinde Sonnenwalde in Südbrandenburg**

## **Autoren**

Christian Böhm, Penka Tsonkova, Rico Hübner, Julia Ehritt

Anschriften und Kontaktdaten

Dr. Christian Böhm, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus  
e-mail: boehmc@b-tu.de

Dr. Penka Tsonkova, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus  
e-mail: penka.tsonkova@b-tu.de

Dr. Rico Hübner, Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung, Emil-Ramann-Straße 6, 85354 Freising-Weihenstephan  
e-mail: rico.huebner@tum.de

Julia Ehritt, NABU Brandenburg, Lindenstr. 34, 14467 Potsdam  
e-mail: ehritt@nabu-brandenburg.de

## **Forschungsprojekt**

"Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie"

Projektlaufzeit: 01.11.2014 bis 31.07.2019

URL: <http://agroforst-info.de/>

## **Förderung und Förderkennzeichen:**

Die Förderung des Projektes erfolgte durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenprogramms Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)

Förderkennzeichen: 033L129

Die Verantwortung für den Inhalt dieses Loseblattes liegt bei den Autoren.

Cottbus, den 28.04.2020

## INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis .....	2
Tabellenverzeichnis .....	4
Zusammenfassung .....	5
1 Einleitung .....	6
2 Methodik .....	8
2.1 Lokalisierung vorhandener Gehölzstrukturen .....	8
2.2 Vor-Ort-Erhebungen heckenspezifischer Merkmale .....	8
2.2.1 Kategorisierung der Hecken.....	9
2.2.2 Erhebung von Heckengröße, Gehölzartenzusammensetzung und dendrometrischen Kenngößen .....	12
2.2.3 Berechnung des Holzbiomassepotentials .....	12
2.3 Bewertung des Zustandes vorhandener Gehölzstrukturen hinsichtlich der Bereitstellung ausgewählter Ökosystem-dienstleistungen .....	13
2.4 Identifizierung von Maßnahmen zur Erreichung bestimmter Hecken-Zieltypen in Hinblick auf die Bereitstellung ausgewählter Ökosystemdienstleistungen .....	14
2.5 Hinweise zur Weiterentwicklung und Nutzung von Heckenstrukturen in der landwirtschaftlichen Praxis .....	17
3 Fallbeispiel Sonnewalde (Südbrandenburg) .....	19
3.1 Lage des Untersuchungsgebietes.....	19
3.2 Charakterisierung der Heckenstrukturen im Untersuchungsgebiet.....	19
3.2.1 Analyse des Modellgebietes und Auswahl einer Aufnahmefläche .....	19
3.2.2 Verteilung und Aufbau der Gehölzstrukturen innerhalb der Aufnahmefläche .....	21
3.2.3 Biomassevolumen der analysierten Hecken .....	25
3.3 Bewertung der analysierten Heckenstrukturen hinsichtlich der Bereitstellung ausgewählter Ökosystemdienstleistungen .....	27
3.4 Weiterentwicklung und Nutzung ausgewählter Hecken .....	28
3.4.1 Auswahl repräsentativer Heckenstrukturen .....	28
3.4.2 Nutzungsszenarien .....	28
3.4.3 Eingangsparemeter und Durchführung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	30
3.4.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Abhängigkeit individueller Heckenmerkmale .....	34
3.5 Bewertung der Heckenbewirtschaftung auf dem gesamten Gebiet der Gemeinde Sonnewalde .....	44
4 Schlussfolgerungen .....	45
Literatur .....	46
Anhang.....	50
Lage der Heckenstrukturen im Aufnahmequadrat.....	50
Bilder analysierter Heckenstrukturen im Aufnahmequadrat (Auswahl).....	51
Verteilung des Brusthöhendurchmessers (BHD) .....	61
Verteilung der Baumarten .....	63
Verteilung der Straucharten.....	65

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1:</b> Auswahl von für die Digitalisierung relevanten Gehölzstrukturen (links) und Digitalisierung eine Gehölzstruktur entlang der Gehölzkrone (rechts) .....	8
<b>Abbildung 2:</b> Systematische Herleitung von 45 Heckenkategorien anhand der Kriterien Heckenstruktur, Bedeckungsgrad und Natürlichkeitsgrad .....	11
<b>Abbildung 3:</b> Allgemeine Bewertung der Ökosystemdienstleistungen (Produktion, Windschutz, Gewässerschutz, Lebensraum, Landschaftsbild) anhand der Kriterien Heckenstruktur (BH = Baumhecke; üBH = überwiegend Baumhecke; BSH = Baum-Strauch-Hecke; üSH = überwiegend Strauchhecke; SH = Strauchhecke), Bedeckungsgrad (G = Geschlossen; LL = Locker bis Licht; R = Räumdig) und Natürlichkeitsgrad (NN = überwiegend Naturnah; D = Durchmischt; NF = überwiegend Naturfern).....	13
<b>Abbildung 4:</b> Modellgebiet des Forschungsprojektes AUFWERTEN mit digitalisierten Gehölzstrukturen (grün).....	19
<b>Abbildung 5:</b> Modelgebiet mit 1 km <sup>2</sup> -Raster (n=350) sowie Lage der 4 km <sup>2</sup> großen Aufnahmeffläche für die detaillierte Analyse der vorhandenen Gehölzstrukturen .....	20
<b>Abbildung 6:</b> Aufnahmeffläche mit ausgewählten Gehölzstrukturen für die Vor-Ort-Datenerhebung.....	21
<b>Abbildung 7:</b> Gehölzstrukturendichte (m km <sup>-2</sup> ) in den Teilaufnahmequadraten A bis D (n = 83); Teilquadratffläche = 1km <sup>2</sup> , G = Geschlossen, LL = Locker bis Licht, R = Räumdig .....	22
<b>Abbildung 8:</b> Prozentualer Anteil der Gehölzstrukturen an der landwirtschaftlichen Nutzffläche (LN) im Aufnahmegebiet, getrennt nach den Teilfflächenquadraten A bis D (n = 83); Teilquadratffläche = 1 km <sup>2</sup> .....	23
<b>Abbildung 9:</b> Anzahl der Baumarten je Hecke (n = 37) .....	24
<b>Abbildung 10:</b> Anteil der Baumarten in den erfassten Heckenstrukturen, bezogen auf die Individuenanzahl (n = 37) .....	24
<b>Abbildung 11:</b> Prozentuale Verteilung der Baumarten in 37 Hecken des Aufnahmequadrates in Abhängigkeit des Brusthöhendurchmessers (BHD) und bezogen auf die Individuenanzahl (n = 1277).....	25
<b>Abbildung 12:</b> Geschätzter Anteil der Straucharten in der ersten Strauchschicht (> 1,5 m; links) und in der zweiten Strauchschicht (< 1,5 m; rechts) in den 37 detailliert analysierten Heckenstrukturen .....	25
<b>Abbildung 13:</b> Erfüllungsgrad ausgewählter Ökosystemdienstleistungen unter Berücksichtigung der Gehölzstrukturendichte (m km <sup>-2</sup> ), differenziert nach den Teilaufnahmequadraten A bis D (Teilquadratffläche = 1 km <sup>2</sup> ) (n = 83).....	27
<b>Abbildung 14:</b> Acht ausgewählte Heckenbeispiele aus verschiedenen Heckenkategorien mit Unterschieden hinsichtlich der Kriterien Heckenstruktur (BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke), Bedeckungsgrad (G = Geschlossen, LL = Locker bis Licht, R = Räumdig) und Natürlichkeitsgrad (NN = überwiegend Naturnah, D = Durchmischt, NF = überwiegend Naturfern).....	28
<b>Abbildung 15:</b> Pflanzkonzept für einen 20 m langen Heckenabschnitt (Bewirtschaftungseinheit) gemäß a) Szenario I (Kombinierte Produktion von Biomasse für Energiegewinnung und Stammholz) und b) Szenario II (Produktion von Stammholz) in Abhängigkeit des Heckenstrukturtyps; BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke.....	30

<b>Abbildung 16:</b> Investitions- und Aufwandskosten bei der Neuanlage von Hecken in Abhängigkeit des Heckenstrukturtyps (BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und des Szenarios I und II (vgl. Kapitel 3.4.2).....	33
<b>Abbildung 17:</b> Annuität der Neubegründungskosten in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2); Betrachtungszeitraum = 60 Jahre .....	34
<b>Abbildung 18:</b> Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2) .....	35
<b>Abbildung 19:</b> Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2) .....	36
<b>Abbildung 20:</b> Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2) .....	37
<b>Abbildung 21:</b> Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2) .....	38
<b>Abbildung 22:</b> Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2) .....	39
<b>Abbildung 23:</b> Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2) .....	40
<b>Abbildung 24:</b> Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2) .....	41
<b>Abbildung 25:</b> Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2) .....	42
<b>Abbildung 26:</b> Identifikationsnummern der im Aufnahmequadrat kartierten Gehölzstrukturen .....	50
<b>Abbildung 27:</b> Verteilung des Brusthöhendurchmessers (BHD) bei den analysierten a) Baumhecken und b) überwiegend Baumhecken.....	61
<b>Abbildung 28:</b> Verteilung des Brusthöhendurchmessers (BHD) bei den analysierten a) Baum-Strauchhecken und b) überwiegend Strauchhecken sowie Strauchhecken .....	62
<b>Abbildung 29:</b> Verteilung der Baumarten bei den analysierten a) Baumhecken und b) überwiegend Baumhecken .....	63
<b>Abbildung 30:</b> Verteilung der Baumarten bei den analysierten a) Baum-Strauchhecken und b) überwiegend Strauchhecken sowie Strauchhecken.....	64
<b>Abbildung 31:</b> Verteilung der Straucharten bei den analysierten a) Baumhecken und b) überwiegend Baumhecken .....	65

**Abbildung 32:** Verteilung der Straucharten bei den analysierten a) Baum-Strauchhecken und b) überwiegend Strauchhecken sowie Strauchhecken..... 66

## TABELLENVERZEICHNIS

**Tabelle 1:** Hauptheckenstrukturen und deren prozentualen Anteile von Baum- und Strauchschicht..... 10

**Tabelle 2:** Differenzierung des Bedeckungsgrades einer Hecke ..... 11

**Tabelle 3:** Differenzierung des Natürlichkeitsgrades einer Hecke anhand des Anteils einheimischer und gebietsfremder Arten..... 11

**Tabelle 4:** Einfluss der Erhöhung des Bedeckungsgrades (Maßnahme A) und der Erhöhung des Anteils einheimischer Gehölzarten (Maßnahme B) auf die Bereitstellung der Ökosystemdienstleistungen Produktion, Windschutz, Gewässerschutz, Lebensraum und Landschaftsbild..... 14

**Tabelle 5:** Einfluss wichtiger Merkmale einer Heckenstruktur auf relevante Ökosystemdienstleistungen ..... 15

**Tabelle 6:** Erläuterung der Wirkung ausgewählter Merkmale auf ausgewählte Ökosystemdienstleistungen ..... 16

**Tabelle 7:** Checkliste nach Nutzungsart der Bäume für die Planung eines 20 m langen Heckenabschnittes ..... 18

**Tabelle 8:** Flächenanteil der Nutzungsart (Ackerland, Grünland, Wald) in % an der Fläche der Gesamtgemeinde..... 20

**Tabelle 9:** Anteile der landwirtschaftlichen Nutzfläche, der Hecken an der landwirtschaftlichen Nutzfläche sowie Heckendichte und Gehölzstrukturendichte im Modellgebiet und in den vier Teilquadraten des Aufnahmeareals..... 21

**Tabelle 10:** Anteil der Hecken an der Gesamtlänge der Heckenstrukturen (%), differenziert nach Kategorisierungskriterien und bezogen auf die Gesamtlänge der in den vier 1 km<sup>2</sup> großen Teilquadraten (A, B, C, D) vorkommenden Gehölzstrukturen (n = 83) ..... 23

**Tabelle 11:** Theoretisches Biomassepotential in Abhängigkeit der Heckenstruktur (n = 37) ..... 26

**Tabelle 12:** Merkmale der acht ausgewählten Hecken (vgl. Abb. 14)..... 29

**Tabelle 13:** Angenommene durchschnittliche Kosten für Investitionsmaterial und Arbeitsaufwand einschließlich Arbeitszeit und Maschinen..... 32

**Tabelle 14:** Mittlere Annuitäten für die Entwicklung einer Hecke in Richtung einer bestimmten Zielstruktur in Abhängigkeit der Ausgangsstruktur und mittlere Annuitäten für die Neubegründung von Heckenbestandteilen im Zuge der Schließung des Bedeckungsgrades (Betrachtungszeitraum jeweils = 60 Jahre) ..... 43

**Tabelle 15:** Kosten für die Lückenschließung und die Bewirtschaftung aller in der Gemeinde Sonnewalde digitalisierten Heckenstrukturen in Abhängigkeit verschiedener Entwicklungsoptionen; die Berechnung erfolgte auf der Basis durchschnittlicher Annuitätswerte (vgl. Kapitel 3.4.3) unter Berücksichtigung eines Zeitraumes von 60 Jahren ..... 44

**Tabelle 16:** Zuordnung der in Kapitel 3.4 verwendeten Nummern (1 bis 8) für ausgewählte Hecken zu den Identifikationsnummern der im Aufnahmequadrat kartierten Gehölzstrukturen..... 50

## ZUSAMMENFASSUNG

In der Agrarlandschaft existieren zahlreiche Hecken und heckenähnliche Strukturen. Diese erfüllen vielfältige Funktionen und haben eine erhebliche Bedeutung für die Förderung der Biodiversität sowie für den Schutz von Boden und Wasser. Viele dieser Gehölzstrukturen befinden sich infolge Überalterung und mangelnder bzw. fehlender Pflege in einem schlechten Zustand. Für den langfristigen Erhalt der Hecken sind regelmäßige Pflegeeingriffe notwendig, die seitens der Landwirtschaftsbetriebe über eine agroforstliche Nutzungsweise realisiert werden könnten. Eine solche Nutzung ist in der Regel jedoch wirtschaftlich nicht lukrativ. Zudem existieren bezüglich der Nutzung von Gehölzen aus Heckenstrukturen naturschutz- bzw. gehölzschutzrechtliche Restriktionen und Auflagen, die eine regelmäßige Bewirtschaftung der Gehölze erschweren oder sogar untersagen. Für einen langfristigen Erhalt von strukturreichen und wuchskräftigen Heckenstrukturen ist eine extensive Bewirtschaftung jedoch erforderlich. Gleichfalls stellt dies eine wichtige Voraussetzung dar, um vorhandene Gehölzstrukturen in pflanzenbauliche Entscheidungsprozesse zu re-integrieren und damit eine effektivere Ausnutzung der durch diese bereitgestellten Vorteilswirkungen zu erreichen.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel dieser Untersuchungen, den aktuellen Zustand von linearen Gehölzstrukturen in Bezug auf relevante Ökosystemdienstleistungen (Produktion, Wind- und Wasserschutz, Lebensraum und Landschaftsbild) zu analysieren, Entwicklungsoptionen unter Beachtung verschiedener Zielfunktionen darzustellen und hieraus ableitend Möglichkeiten für eine nachhaltige und dennoch wirtschaftlich effiziente Nutzung bestehender Hecken in der Agrarlandschaft aufzuzeigen. Hierfür erfolgte die Erstellung eines Klassifizierungsschemas, welches eine Kategorisierung der Gehölzstrukturen (Feldhecken, Windschutzstreifen, Uferrandstreifen) nach einem allgemeingültigen Muster ermöglicht. Alle Kategorien wurden hinsichtlich der potentiellen Bereitstellung verschiedener Ökosystemdienstleistungen (Produktion, Wasserschutz, Windschutz, Lebensraum, Landschaftsbild) bewertet. Auf der Grundlage dieser Bewertung wurden in Abhängigkeit unterschiedlicher Heckenzieltypen Maßnahmen zur Verbesserung der Hecken-situation vorgeschlagen und Hinweise für das Heckenmanagement unter Berücksichtigung möglicher Konflikte zwischen den betrachteten Zielfunktionen gegeben.

Das so entwickelte Nutzungskonzept wurde beispielhaft in einer Agrarlandschaft der Gemeinde Sonnewalde (Südbrandenburg) angewendet. Hierbei wurde auch das Biomassepotenzial der in diesem Gebiet vorkommenden Hecken ermittelt und die Kosten der Bewirtschaftungsmaßnahmen bei ausgewählten Hecken unter Berücksichtigung zweier Szenarien errechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der hohen Gesamtkosten, die bei einer nachhaltigen Nutzung und Entwicklung der Gehölzstrukturen entstehen, sowie bedingt durch die aktuell relativ niedrigen Holzpreise, eine Bewirtschaftung mit positiven Annuitäten in der Regel nicht zu realisieren ist. So führten die Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Beispielszenarien – unabhängig des angestrebten Zieltyps – zu einem Gewinnverlust. Jedoch ermöglicht die Nutzung der Heckenbiomasse eine erhebliche Senkung der mit dem Heckenmanagement in Verbindung stehenden Gesamtkosten.

## 1 EINLEITUNG

In der Agrarlandschaft sind lineare Gehölzstrukturen wie Hecken, Windschutz- oder Uferrandstreifen (im Folgenden zusammenfassend als Hecken bezeichnet), die aus Bäumen und/oder Sträuchern bestehen, von erheblicher Bedeutung für die Förderung der Biodiversität sowie für den Schutz von Boden und Wasser (DVL 2006; Knauer 1993). Zudem tragen Hecken zu einer Strukturierung der Agrarlandschaft und häufig auch zu einer Aufwertung des Landschaftsbildes bei.

Bei Hecken handelt es sich um Gehölzstrukturen, die durch den Menschen angelegt und hinsichtlich ihrer Altersstruktur und Artenzusammensetzung beeinflusst werden. In der Vergangenheit wurden sie zumeist regelmäßig bewirtschaftet und dienten vor allem als „natürliche Zäune“ bei der Weidetierhaltung sowie als Abgrenzungen zwischen landwirtschaftlichen Nutzflächen (Forman und Baudry 1984; Baudry et al. 2000; Huwer und Wittig 2012). Gleichzeitig lieferten sie Holz und andere Produkte wie Obst, Futter und medizinische Kräuter (Herzog, 2000). Die Heckennutzung war Teil der landwirtschaftlichen Nutzung und kann folglich als traditionelle Form der Agroforstwirtschaft angesehen werden. Diese Art der agroforstlichen Bewirtschaftung ging vor allem ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts stark zurück. So kam es durch die zunehmende Nutzung fossiler Energieträger zu einer deutlichen Verringerung des Bedarfs an Brennholz. Auch die Einführung ökonomisch effizienterer Pfosten- und Drahtzäune trug zu einer abnehmenden Wirtschaftlichkeit der Heckennutzung bei. Hinzu kam die Intensivierung der Landwirtschaft, im Zuge derer u.a. Maßnahmen wie die Vergrößerung und Vereinheitlichung von Ackerschlägen zu einer Beseitigung von Gehölzstrukturen führten (Eichhorn et al. 2006; Nerlich et al. 2013). Nicht zuletzt wurden agroforstliche Nutzungsformen – und damit auch die Bewirtschaftung von Hecken im Rahmen der Landwirtschaft – auch durch eine zunehmend sektorale Sicht- und Wirtschaftsweise, welche durch die strikte Trennung zwischen unterschiedlichen Flächennutzungsarten im Rahmen der EU-Agrarförderung noch begünstigt wurde, zurückgedrängt.

Heutzutage werden Gehölzstrukturen in der Feldflur zumeist nicht mehr bewirtschaftet, das heißt, es findet keine Nutzung des Holzes oder anderer Produkte wie Früchte statt. Dies führte vielerorts zu einer Abnahme der Strukturvielfalt und zum Teil auch zu einer Überalterung der Gehölzbestände. Bei Neuanlagen von Hecken wurden zudem häufig gebietsfremde Arten angepflanzt. Beides bewirkte, dass viele Heckenstrukturen aus naturschutzfachlichen Gesichtspunkten an Wert verloren haben. Auch Ökosystemdienstleistungen wie der Schutz des Bodens vor Winderosion oder die Minderung des Stoffeintrages in Gewässer können von überalterten, teils lückigen Hecken nicht mehr optimal bereitgestellt werden. Auf mittel- bis langfristige Sicht ist oftmals sogar deren Weiterbestand gefährdet, so dass ohne das Eingreifen im Rahmen eines nachhaltigen Heckenmanagements ein weiterer Verlust an Heckenstrukturen wahrscheinlich ist. Dies wiederum wäre mit negativen Folgen für die gesamte Agrarlandschaft verbunden.

Aufgrund ihres hohen ökologischen und kulturellen Wertes werden bestehende lineare Gehölzstrukturen in Agrarlandschaften vor allem aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes sehr geschätzt (Baudry et al. 2000). Um existierende Heckenstrukturen zu erhalten, wurden daher einerseits sehr restriktive Regelungen erlassen, durch welche Eingriffe wie die Entnahme einzelner Bäume unterbunden oder zumindest stark eingeschränkt werden. Andererseits wurde durch bestimmte Maßnahmen der EU-Agrarförderung versucht, den Anteil an Heckenstrukturen in der Agrarlandschaft zu erhöhen. So werden Hecken auf beihilfefähigen Agrarflächen als Landschaftselemente ausgewiesen, die im Rahmen der ersten Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union als ökologische Vorrangflächen (ÖVF) anerkannt werden können und hierdurch für die EU-Agrarförderung von besonderer Relevanz sind. Für diese Hecken, welche den formalen Status eines Landschaftselementes besitzen, besteht nach §8 der "Agrarzahlungsverpflichtungen-Verordnung" (AgrarZahlVerpflV 2015) ein Beseitigungsverbot. In einigen Bundesländern werden die Umweltleistungen, die durch die Heckenstrukturen bereitgestellt werden, auch über Zahlungen für Agrarumwelt- und Klimaverpflichtungen (zweite Säule der GAP) honoriert.

Diese Förderung setzt ebenfalls voraus, dass keine wirtschaftliche Nutzung der Hecken stattfindet. Darüber hinaus werden bestehende Gehölzstrukturen, die formal nicht als Landschaftselement anerkannt und somit nicht Bestandteil der förderfähigen Agrarfläche sind, durch lokale und regionale Verordnungen (z.B. Gehölzschutz- und Baumschutzverordnungen) geschützt. Folglich ist die Bewirtschaftung der vorhandenen Gehölze, ohne einen sehr großen bürokratischen und finanziellen Aufwand, für den Landwirt in der Regel gar nicht möglich. Somit trugen diese Nutzungsverbote ebenfalls dazu bei, dass während der letzten Jahrzehnte das Interesse der Landwirte sowohl an vorhandenen als auch an der Anlage neuer Heckenstrukturen stark abgenommen hat.

Ohne regelmäßige Eingriffe des Menschen ist die Beibehaltung spezifischer Merkmale von Heckenstrukturen und damit eine beständige Bereitstellung von bestimmten Ökosystemdienstleistungen nicht möglich (Baudry et al. 2000, Schleyer und Plieninger 2011). Für einen dauerhaften Erhalt fehlt es jedoch meistens an finanzierbaren und naturschutzfachlich anerkannten Nutzungskonzepten, die eine Nutzung der Hecken trotz ihres besonderen Schutzstatus erlauben. Die Möglichkeit, Hecken – wie es in der Vergangenheit üblich war – zu bewirtschaften und somit deren Produktivität als eine Zielfunktion zu betrachten, könnte das Interesse der Landwirte an der Nutzung und Erhaltung der Hecken wieder steigern. Durch eine nachhaltige Nutzung kann zudem der ökologische Wert und die soziale Bedeutung der Hecken erhalten und bei zahlreichen Gehölzstrukturen sogar verbessert werden. Um das Nutzungspotential einer Hecke abschätzen zu können, ist einerseits die Festlegung der gewünschten Zielfunktionen und andererseits eine zuverlässige Ermittlung des Biomassepotentials bestehender Hecken erforderlich.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel dieser Studie, ein allgemein anwendbares und dennoch individuell modifizierbares Heckenmanagementkonzept unter Berücksichtigung wirtschaftlicher, naturschutzfachlicher und landschaftsästhetischer Gesichtspunkte zu entwickeln. Zu diesem Zwecke wurden die Ökosystemdienstleistungen Produktivität, Windschutz, Gewässerschutz, Lebensraumvielfalt und Landschaftsbild als relevante Zielfunktionen linearer Gehölzstrukturen definiert. Akteuren des Landnutzungsbereichs sollte es ermöglicht werden, Heckenstrukturen nach einem generalisierenden Muster zu kategorisieren und die jeweiligen Kategorien hinsichtlich der Erfüllungsstärke einzelner Zielfunktionen zu bewerten. Ausgehend vom aktuellen Zustand einer Hecke und der für diese festgelegten Zielfunktion(en) können so entsprechende Entwicklungsmöglichkeiten abgeleitet und das Heckenmanagement unter Einbeziehung einzelfallbezogener Merkmale hierauf abgestimmt werden. Um die Praxistauglichkeit des Heckennutzungskonzeptes zu prüfen, bestand ein weiteres Teilziel darin, im Rahmen eines Fallbeispiels die Heckenstrukturen einer Agrarlandschaft hinsichtlich ihres aktuellen Zustandes, ihres Biomassepotentials sowie möglicher Zielfunktionen zu analysieren und hieraus für einzelne Heckenstrukturen konkrete Entwicklungspläne abzuleiten. In diesem Zusammenhang sollte ebenfalls der Einfluss einer wirtschaftlichen Holznutzung aus Hecken auf die Kosten des jeweiligen Entwicklungskonzeptes abgebildet werden.

Die Bewirtschaftung und Weiterentwicklung von bestehenden Heckenstrukturen wurde innerhalb des Forschungsprojektes AUFWERTEN als wichtiger Eckpfeiler auf dem Weg zu einer verstärkten Anwendung agroforstlicher Nutzungsformen in Deutschland angesehen. Hierbei bestand ein besonderes Anliegen darin, aufzuzeigen, dass eine nachhaltige Nutzung, bei der sich wirtschaftliche und naturschutzfachliche Zielfunktionen ergänzen können, nicht zu einem Wertverlust der Hecken, sondern im Gegenteil, zu deren langfristigen Erhalt und folglich zu einer dauerhaften Bereitstellung der mit diesen in Verbindung stehenden Ökosystemdienstleistungen beiträgt. Durch die Etablierung von Heckennutzungskonzepten wird sich eine Akzeptanzsteigerung bei den Landwirten und hiermit verbunden eine aktive Re-Integration von bestehenden Gehölzstrukturen in ackerbauliche Entscheidungsprozesse erhofft. In der Praxis können vorhandene Gehölzstrukturen dabei auch als Bestandteil neu angelegter Agroforstsysteme fungieren. Prinzipiell sollten bei der Festlegung der Bewirtschaftungsziele von Heckenstrukturen die lokalen Ansprüche von Flächennutzern und Anwohnern berücksichtigt sowie die standörtlichen Besonderheiten der umgebenden Landschaft in die Entscheidungsfindung einbezogen werden.

## 2 METHODIK

Die im Folgenden erörterte Methodik zur Charakterisierung der Gehölzstrukturen wurde im Rahmen dieser Studie entwickelt und wird anhand des in Kapitel 3 beschriebenen Fallbeispiels beschrieben. Sie ist insbesondere auch in Agrarräumen anwendbar, in denen Informationen bezüglich Größe, Struktur und Artenzusammensetzung der dort vorkommenden Heckenstrukturen fehlen oder unvollständig vorliegen. Gemäß dieser Herangehensweise können bei der Erhebung der für das Nutzungskonzept erforderlichen Daten zwei Ebenen unterschieden werden: (1) die Lokalisierung vorhandener Gehölzstrukturen auf der Basis von Luftbildern und (2) die Vor-Ort-Erhebungen heckenpezifischer Merkmale. Erstere ist vor allem dann relevant, wenn mehrere Hecken oder ganze Agrarräume hinsichtlich vorhandener Gehölzstrukturen analysiert werden sollen.

### 2.1 Lokalisierung vorhandener Gehölzstrukturen

Für die Lokalisierung der vorhandenen Gehölzstrukturen sollten möglichst aktuelle und hochaufgelöste Luftbilder verwendet werden. Für das in Kapitel 3 erläuterte Fallbeispiel wurden aktuelle Luftbilder der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB) mit einer Auflösung von 40 cm genutzt. Sämtliche Heckenstrukturen des dieses Untersuchungsgebietes wurden mittels eines Geoinformationssystem digitalisiert, um Flächengrößen und Abstände einfach ermitteln zu können. Als Fläche einer Gehölzstruktur wurde deren gesamter Kronenbereich festgelegt. Folglich erfolgte die Digitalisierung der Heckenstrukturen entlang der Gehölzkronen. Von der Digitalisierung ausgeschlossen wurden lediglich Gehölzformationen, die entweder als Wald oder als Landschaftselement im Sinne des §8 der "Agrarzahlungen-Verpflichtungen-Verordnung" (AgrarzahlVerpflV 2015) deklariert sind und einem Beseitigungsverbot unterliegen oder deren Länge kleiner als 20 m ist. Letzteres wurde festgelegt, um Einzelbäume und Kleinstrukturen, welche nicht als linienförmige Gehölzstrukturen betrachtet werden können, von der Heckenbewirtschaftung auszuschließen. Gehölzstrukturen, die größere Lücken aufwiesen, wurden als zusammenhängende Gehölzformation angesehen, wenn die Distanz zwischen zwei Gehölzbereichen 30 m nicht überschritt (Abb. 1).



**Abbildung 1:** Auswahl von für die Digitalisierung relevanten Gehölzstrukturen (links) und Digitalisierung eine Gehölzstruktur entlang der Gehölzkrone (rechts)

### 2.2 Vor-Ort-Erhebungen heckenpezifischer Merkmale

Die Erhebungen heckenpezifischer Merkmale erfolgte in drei Schritten: (1) Kategorisierung der Hecken anhand der Heckenstruktur, des Bedeckungsgrades und des Natürlichkeitsgrades, (2) Ermittlung der tatsächlichen Heckengröße, der konkreten Gehölzartenzusammensetzung und der für die Biomassebestimmung relevanten Kenngrößen sowie (3) Berechnung des Holzbiomassepotentials einzelner Hecken und abgrenzbarer Agrarräume.

## 2.2.1 Kategorisierung der Hecken

Zur Kategorisierung der Hecken wurden Kriterien gewählt, anhand derer eine leicht durchzuführende und vor allem generalisierbare Einordnung aller Heckenstrukturen möglich ist. Bei diesen Kriterien handelt es sich um die Heckenstruktur, den Bedeckungsgrad und den Natürlichkeitsgrad der Hecken. Die Kategorisierung der Gehölzstrukturen kann unabhängig der von ihnen erwarteten Ökosystemdienstleistungen durchgeführt werden (Tsonkova et al. 2018a).

### 2.2.1.1 Heckenstruktur

Ähnlich wie Wälder bestehen Hecken aus verschiedenen vertikalen Schichten wie Baum-, Strauch-Kraut- und Mooschicht. Um die Ermittlung der Heckenstruktur möglichst einfach zu gestalten, wurde sich jedoch auf die für die Heckenfunktion besonders relevante Baum- (erste und zweite Baumschicht zusammengefasst; Gehölzhöhe > 5 m) und Strauchschicht (0,5 bis 5 m; LfL 2005) beschränkt. Das Kriterium Heckenstruktur bezieht sich dabei auf den prozentualen Flächenanteil dieser Vegetationsschichten in Bezug zur Gesamthecke. Anhand der Relationen dieser Anteile erfolgte die Unterscheidung in neun Kombinationen, welche wiederum in die folgenden fünf Hauptheckenstrukturen zusammengefasst wurden: (1) Baumhecke (BH), (2) überwiegend Baumhecke (übH), (3) Baum-Strauch-Hecke (BSH) mit annähernd gleichen Anteilen an Bäumen und Sträuchern, (4) überwiegend Strauchhecke (üsH) und (5) Strauchhecke (SH; Tab. 1).

### 2.2.1.2 Bedeckungsgrad

Der Bedeckungsgrad bezieht sich auf die Geschlossenheit einer Hecke. Viele Hecken weisen Lücken auf, die beispielsweise nach dem Absterben oder der Entnahme von Gehölzen entstehen können oder bewusst so angelegt wurden. Lücken können auch Anzeichen mangelnder Pflege sein (Gelling et al., 2007), so sind für die Schaffung eines dauerhaft hohen Bedeckungsgrades eine regelmäßige Pflegeeingriffe und Neupflanzungen von Bäumen und/oder Sträuchern erforderlich (Croxtton et al. 2004; Staley et al. 2015). Zur einfachen Charakterisierung der Heckenstrukturen wurden drei Bedeckungsgrade unterschieden: (1) Geschlossen (G), (2) Locker bis Licht (LL) und (3) Räumig (R; Tab. 2). Bei Letzterem fehlen Bäume und Sträucher auf mindestens einem Drittel der Heckenfläche.

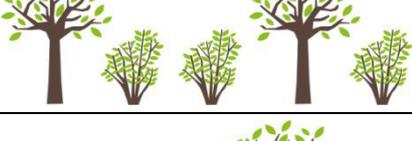
### 2.2.1.3 Natürlichkeitsgrad

Der Natürlichkeitsgrad stellt ein wichtiges naturschutzfachliches Kriterium zur Bewertung von Wäldern dar und bezieht sich auf die Ähnlichkeit der untersuchten Biozönose mit dem vermuteten Naturzustand vor menschlichen Eingriffen (Reif und Walentowski 2008). Da es sich bei Hecken zumeist um stark vom Menschen beeinflusste Gehölzstrukturen handelt, ist dieser Begriff hier nur unter Einschränkungen anwendbar. In der vorliegenden Studie beschreibt das Kriterium Natürlichkeitsgrad den für die naturschutzfachliche Bewertung relevanten Anteil einheimischer und gebietsfremder Arten. Hierbei wurden die Hecken wie folgt differenziert: (1) überwiegend Naturnah (NN), (2) Durchmischt (D) und (3) überwiegend Naturfern (NF; Tab. 3).

### 2.2.1.4 Mögliche Heckenkategorien

Aus der Kombination der fünf Hauptheckenstrukturen, der drei Bedeckungsgrade sowie der drei Natürlichkeitsgrade ergeben sich insgesamt 45 Kategorien, die sich jeweils durch spezifische Merkmale auszeichnen und für somit die allgemeine Beschreibung der vorhandenen Heckenstrukturen in der Agrarlandschaft benutzt werden können (Abb. 2).

**Tabelle 1:** Hauptheckenstrukturen und deren prozentualen Anteile von Baum- und Strauchschicht

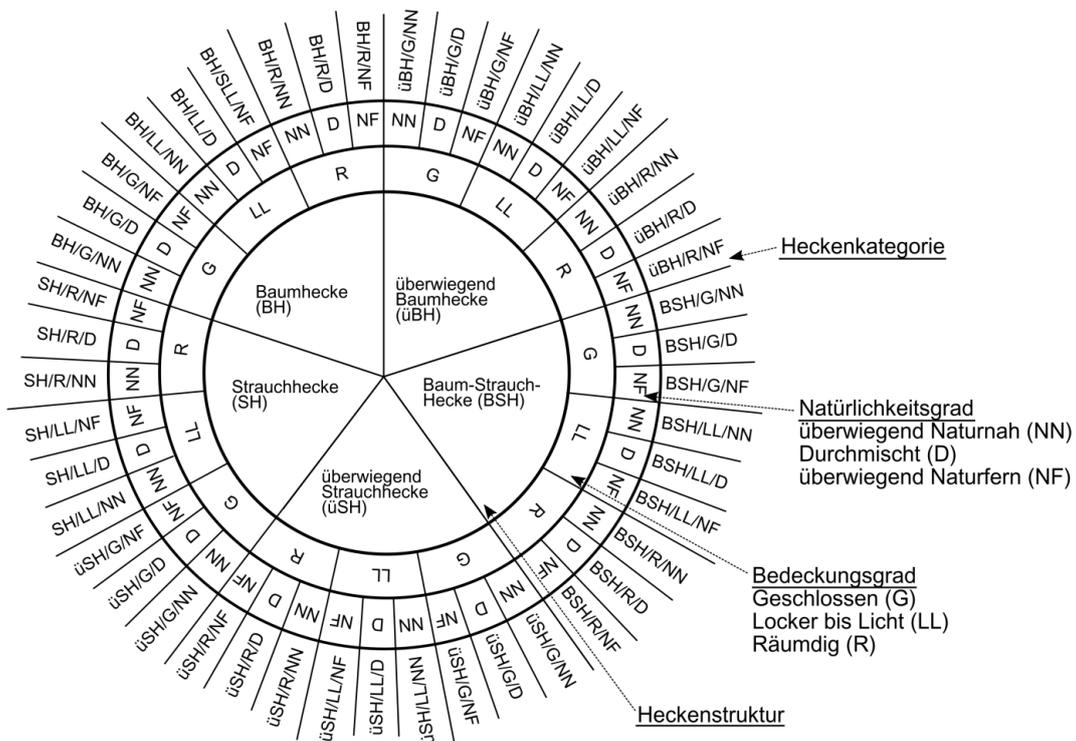
Heckenstruktur	Strauchschicht (%)	Baumschicht (%)	Illustratives Beispiel
Baumhecke (BH)	0-33	66-100	
überwiegend Baumhecke (üBH)	0-33	33-66	
	33-66	66-100	
Baum-Strauch-Hecke (BSH)	0-33	0-33	
	33-66	33-66	
	66-100	66-100	
überwiegend Strauchhecke (üSH)	33-66	0-33	
	66-100	33-66	
Strauchhecke (SH)	66-100	0-33	

**Tabelle 2:** Differenzierung des Bedeckungsgrades einer Hecke

Bedeckungsgrad	Beschreibung	Illustratives Beispiel
Geschlossen (G)	Kronen stehen dicht nebeneinander und berühren sich ggf. mit den Zweigspitzen; eine weitere Gehölzkrone hat zwischen den Kronen keinen Platz	
Locker bis Licht (LL)	Kronen haben Abstand zueinander; es kann auch eine weitere Gehölzkrone zwischen den Kronen Platz finden	
Räumdig (R)	Kronen haben großen Abstand zueinander; mehrere Gehölzkronen haben zwischen den Kronen Platz	

**Tabelle 3:** Differenzierung des Natürlichkeitsgrades einer Hecke anhand des Anteils einheimischer und gebietsfremder Arten

Natürlichkeitsgrad	Beschreibung
überwiegend Naturnah (NF)	Hecken bestehen überwiegend (> 75 %) aus einheimischen Gehölzen (Bäume und Sträucher)
Durchmischt (D)	Hecken bestehen aus einer Mischung von einheimischen und gebietsfremden Gehölzen (Bäume und Sträucher)
überwiegend Naturfern (NN)	Hecken bestehen überwiegend (> 75 %) aus gebietsfremden Gehölzen (Bäume und Sträucher)



**Abbildung 2:** Systematische Herleitung von 45 Heckenkategorien anhand der Kriterien Heckenstruktur, Bedeckungsgrad und Natürlichkeitsgrad

## 2.2.2 Erhebung von Heckengröße, Gehölzzusammensetzung und dendrometrischen Kenngrößen

Um das Nutzungskonzept individuell auf einzelne Hecken abstimmen zu können wurden neben den für die Kategorisierung der Hecken relevanten Merkmalen auch folgende Parameter erhoben:

- Heckenlänge (m),
- Heckenbreite (m),
- Anzahl der Baumreihen,
- Baummerkmale (Baumart, Brusthöhendurchmesser (BHD; cm), Baumhöhe (m))
- Strauchmerkmale (Anteil von Sträuchern  $\geq 1,5$  m und  $< 1,5$  m)

Die Bestimmung dieser Parameter erfordert einen vergleichsweise hohen Zeitaufwand. Um diesen in der Praxis zu beschränken, sollte die Datenerhebung je Hecke auf einer Länge von maximal 100 m erfolgen. Dies bedeutet, dass Hecken, die eine Länge von  $\leq 100$  m aufwiesen, vollständig aufgenommen wurden. Bei jenen, die länger als 100 m waren, erfolgte die Datenerhebung hingegen nur abschnittsweise. Hierfür wurden jeweils fünf Abschnitte mit einer Länge von 20 m gleichmäßig über die Gesamtlänge der Hecke verteilt, so dass eine repräsentative Datenerhebung auf einer Heckenlänge von insgesamt 100 m erfolgte.

Für die Bestimmung der dendrometrischen Parameter wurden in den Messabschnitten alle Bäume herangezogen, deren BHD zum Zeitpunkt der Messung oberhalb der Derbhholzgrenze ( $BHD \geq 7$  cm) lag. Alle anderen blieben unberücksichtigt. Bei Sträuchern wurden ebenfalls keine dendrometrischen Daten wie Durchmesser und exakte Höhe erhoben, da diese im Sinne der Holznutzung keine wirtschaftliche Relevanz besitzen. Maßgeblich für die Unterscheidung zwischen Baum und Strauch waren hierbei botanische Merkmale und nicht die aktuelle Gehölzhöhe.

## 2.2.3 Berechnung des Holzbiomassepotentials

Bei der Ermittlung des Biomassepotentials wird unter anderem zwischen theoretischem und technischem Potential unterschieden (Kaltschmitt et al. 2009). Das theoretische Potential beschreibt das theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot und wird allein durch die gegebenen physikalischen Nutzungsgrenzen bestimmt (Kaltschmitt et al. 2009). Es markiert dabei die Obergrenze des theoretisch realisierbaren Beitrages zur Energiebereitstellung. Das technische Potential beschreibt den Teil des theoretischen Potentials, der unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen, strukturellen und ökologischen Begrenzungen sowie gesetzlichen Vorgaben, nutzbar ist.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde unter Verwendung der erhobenen dendrometrischen Daten zunächst das theoretische Biomassepotential berechnet. Für die Nutzungs- und Entwicklungsstrategie einer Hecke wurden hingegen deren individuellen Merkmale berücksichtigt, so dass sich die tatsächliche Bewirtschaftungsempfehlung an dem technischen Biomassepotential orientiert.

Die Berechnung des Derbhholzvolumens  $V$  (in  $m^3$ ) erfolgte gemäß Gleichung [1] unter Berücksichtigung der Baumgrundfläche  $g$  (in  $m^2$ ), der Baumhöhe  $h$  (in m) und des Formfaktors  $f$ , wobei die Baumgrundfläche nach Gleichung [2] ermittelt wurde (Kramer und Akça 2008).

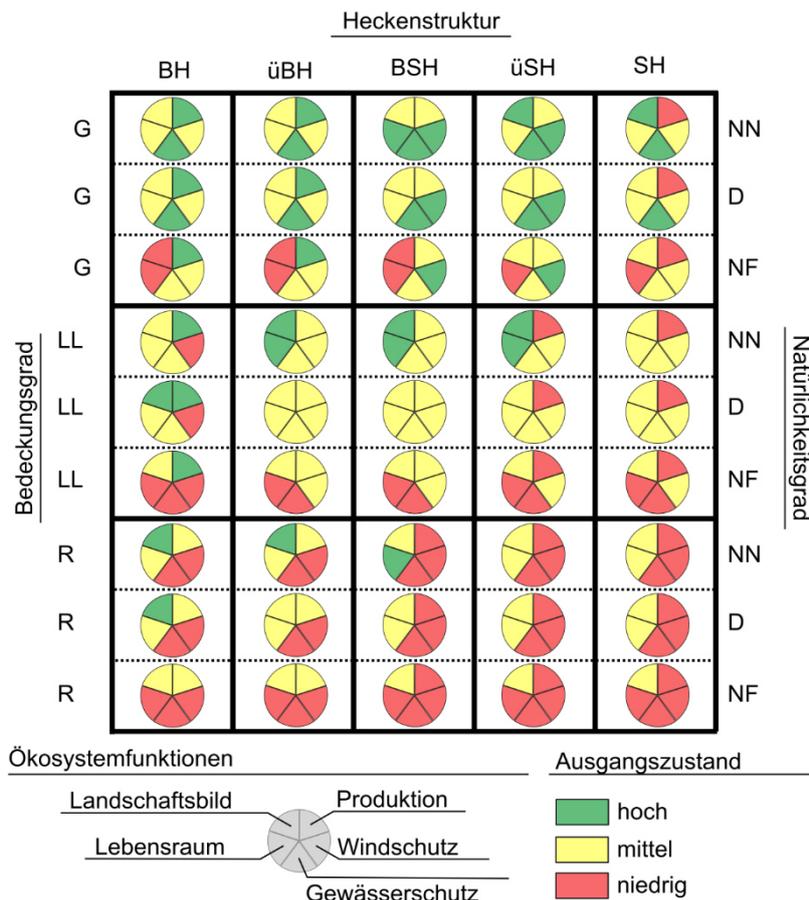
$$[1] \quad V = g \times h \times f$$

$$[2] \quad g = \frac{\pi}{4} \times DBH^2$$

## 2.3 Bewertung des Zustandes vorhandener Gehölzstrukturen hinsichtlich der Bereitstellung ausgewählter Ökosystemdienstleistungen

Um den Ist-Zustand der vorhandenen Gehölzstrukturen in Agrarlandschaften hinsichtlich ihrer Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen einschätzen zu können, wurden zunächst fünf für Heckenstrukturen als relevant geltende Ökosystemdienstleistungen ausgewählt. Hierbei handelt es sich um die Bereitstellung von holzartiger Biomasse, welche unter dem Begriff „Produktion“ zusammengefasst wurde, um die Windschutzwirkung („Windschutz“), die Fähigkeit, Gewässer vor Stoffeinträgen zu schützen („Gewässerschutz“), die Förderung von Struktur- und Artenreichtum („Lebensraum“) sowie um die Aufwertung des Landschaftsbildes („Landschaftsbild“). Im Weiteren wurden die einzelnen Heckenkategorien anhand ihrer spezifischen Kategorisierungsmerkmale Heckenstruktur, Bedeckungsgrad und Natürlichkeitsgrad (vgl. Kapitel 2.2.1) hinsichtlich ihres Erfüllungsgrades zur Bereitstellung der jeweiligen Ökosystemdienstleistung auf der Basis von Literaturdaten bewertet. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte vereinfacht mittels einer dreistufigen Skala (hoher, mittlere und niedriger Erfüllungsgrad, Abb. 3), welche in der Praxis eine schnelle Einordnung des jeweiligen Heckenzustandes ermöglicht.

Gemäß diesem Bewertungsansatz zeichnen sich allgemeingültige Trends ab. So nimmt der Erfüllungsgrad hinsichtlich aller einbezogenen Ökosystemdienstleistungen mit einer Zunahme der Lücken sowie mit einer Erhöhung des Anteils nicht einheimischer Arten tendenziell ab. Einen generell mittleren bis hohen Erfüllungsgrad weisen hingegen Baum- bzw. überwiegend Baumhecken sowie Baum-Strauch- und überwiegend Strauchhecken mit jeweils geschlossenem Bedeckungsgrad und hohem Anteil einheimischer Arten auf. Gleiches für überwiegend Baum- und Baum-Strauch-Hecken mit einem locker bis lichten Bedeckungsgrad und hohem Anteil gebietsheimischer Arten (Abb. 3).



**Abbildung 3:** Allgemeine Bewertung der Ökosystemdienstleistungen (Produktion, Windschutz, Gewässerschutz, Lebensraum, Landschaftsbild) anhand der Kriterien Heckenstruktur (BH = Baumhecke; übBH = überwiegend Baumhecke; BSH = Baum-Strauch-Hecke; üSH = überwiegend Strauchhecke; SH = Strauchhecke), Bedeckungsgrad (G = Geschlossen; LL = Locker bis Licht; R = Räumdig) und Natürlichkeitsgrad (NN = überwiegend Naturnah; D = Durchmisch; NF = überwiegend Naturfern)

## 2.4 Identifizierung von Maßnahmen zur Erreichung bestimmter Hecken-Zieltypen in Hinblick auf die Bereitstellung ausgewählter Ökosystemdienstleistungen

Ausgehend von der Bewertung des Zustandes der Heckenstrukturen können Maßnahmen zur Erreichung bestimmter Zieltypen abgeleitet werden. Die Auswahl des Heckenzieltyps und damit auch die Gewichtung einzelner Ökosystemdienstleistungen liegt hierbei im Ermessen des Planers bzw. Bewirtschafters. Für eine vielfältige und strukturreiche Landschaft sollten allerdings möglichst viele Hauptheckenstrukturen (vgl. Kapitel 2.2.1.1) in einem Agrarraum vertreten sein. Hierbei sollte sich deren Lage sowohl nach dem Potential des Ausgangszustandes einer Hecke als auch nach dem konkreten standörtlichen Bedarf bestimmter Ökosystemdienstleistungen richten. Hinsichtlich des Bedeckungs- und Natürlichkeitsgrades sollte allgemein das Schließen von Lücken sowie die Erhöhung des Natürlichkeitsgrades durch Entfernung gebietsfremder und Förderung gebietsheimischer Arten verfolgt werden (Tab. 4). Jedoch sind auch hierbei Prüfungen des Einzelfalles erforderlich, da beispielsweise einzelne Lücken auch zur Auflockerung der Hecke und damit gegebenenfalls zur Aufwertung des Landschaftsbildes beitragen können.

**Tabelle 4:** Einfluss der Erhöhung des Bedeckungsgrades (Maßnahme A) und der Erhöhung des Anteils einheimischer Gehölzarten (Maßnahme B) auf die Bereitstellung der Ökosystemdienstleistungen Produktion, Windschutz, Gewässerschutz, Lebensraum und Landschaftsbild

Heckenstruktur		Maßnahme A: Erhöhung des Bedeckungsgrades										Maßnahme B: Erhöhung des Anteils einheimischer Gehölzarten											
		"Räumdig" zu "Locker bis Licht"					"Locker bis Licht" zu "Geschlossen"					"Naturfern" zu "Gemischt"					"Gemischt" zu "Naturnah"						
		Natürlichkeitsgrad	Produktion	Windschutz	Gewässerschutz	Lebensraum	Landschaftsbild	Produktion	Windschutz	Gewässerschutz	Lebensraum	Landschaftsbild	Bedeckungsgrad	Produktion	Windschutz	Gewässerschutz	Lebensraum	Landschaftsbild	Produktion	Windschutz	Gewässerschutz	Lebensraum	Landschaftsbild
BH	NN	↑	→	↑	→	↓	→	↑	↑	→	→	G	→	→	↑	↑	↑	→	→	→	→	→	
	D	↑	→	↑	→	→	→	↑	↑	→	↓	BH	LL	→	→	↑	↑	↑	→	→	→	→	↓
	NF	↑	→	→	→	→	→	↑	↑	→	↓	R	→	→	→	↑	↑	→	→	→	→	→	
übH	NN	→	↑	↑	↑	→	↑	→	↑	↓	↓	G	→	→	↑	↑	↑	→	→	→	→	→	
	D	→	↑	↑	→	→	↑	→	↑	→	→	übH	LL	→	→	↑	↑	→	→	→	→	↑	↑
	NF	→	↑	→	→	→	↑	→	↑	→	↓	R	→	→	→	↑	→	→	→	→	→	↑	
BSH	NN	↑	↑	↑	→	↑	→	↑	↑	→	↓	G	→	→	↑	↑	↑	→	→	→	↑	→	
	D	↑	↑	↑	→	→	→	↑	↑	→	→	BSH	LL	→	→	↑	↑	→	→	→	→	↑	↑
	NF	↑	↑	→	→	→	→	↑	↑	→	↓	R	→	→	→	↑	→	→	→	→	→	↑	
üşH	NN	→	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	→	G	→	→	↑	↑	→	→	→	→	→	↑	
	D	→	↑	↑	→	→	↑	↑	↑	→	→	üşH	LL	→	→	↑	↑	→	→	→	→	↑	↑
	NF	→	↑	→	→	→	↑	↑	↑	→	→	R	→	→	→	↑	→	→	→	→	→	→	
SH	NN	→	↑	↑	→	↑	→	→	↑	→	→	G	→	→	↑	↑	→	→	→	→	→	↑	
	D	→	↑	↑	→	→	→	→	↑	→	→	SH	LL	→	→	↑	↑	→	→	→	→	→	↑
	NF	→	↑	→	→	→	→	→	↑	→	→	R	→	→	→	↑	→	→	→	→	→	→	

Die Hintergrundfarbe zeigt den aktuellen Zustand einer Hecke in Bezug zur Bereitstellung der jeweiligen Ökosystemdienstleistung an (grün = hoch, gelb = mittel, rot = niedrig); die Pfeile zeigen – bezogen auf eine Stufe – die Zustandsänderung, hinsichtlich einer bestimmten Ökosystemdienstleistung nach Anwendung der spezifischen Maßnahme an (↑ = Verbesserung, → = keine Änderung, ↓ = Verschlechterung); BH = Baumhecke; übH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke; üSH = überwiegend Strauchhecke; SH = Strauchhecke; G = Geschlossen; LL = Locker bis Licht; R = Räumdig; NN = überwiegend Naturnah; D = Durchmisch; NF = überwiegend Naturfern



Tabelle 4 stellt auf vereinfachte Weise die Wirkung der Änderung von Bedeckungs- und Natürlichkeitsgrad auf die Qualität der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen dar. So würde beispielsweise die Produktionsfunktion einer naturfernen Baum-Strauch-Hecke nach Änderung des Bedeckungsgrades von „räumdig“ zu „locker bis licht“ von der Zustandsstufe „niedrig“ (rot) zu „mittel“ (gelb) ansteigen. Eine weitere Erhöhung des Bedeckungsgrades von „locker bis licht“ zu „geschlossen“ würde hingegen keine Änderung der Zustandsstufe „mittel“ (gelb) hervorrufen. Der Anteil heimischer Arten spielt hierbei eine untergeordnete Rolle. Dieser ist jedoch z.B. für die Lebensraumfunktion von großer Bedeutung. Mit der Anpflanzung heimischer Baumarten könnte also nicht nur die Produktions-, sondern auch die Lebensraumfunktion verbessert werden. Auf diese Weise wird es durch Maßnahmenkombinationen möglich, mehrere Ökosystemdienstleistungen gleichzeitig zu verbessern.

Neben Bedeckungs- und Natürlichkeitsgrad können für die Bewertung der Ökosystemdienstleistungen einer Heckenstruktur noch weitere Merkmale herangezogen werden. Diese sind einschließlich ihrer Auswirkung auf die betrachtete Ökosystemdienstleistung in Tabelle 5 genannt. Ergänzend hierzu enthält Tabelle 6 eine genauere Beschreibung des Effektes dieser Merkmale auf die Ökosystemdienstleistungen. Hierbei wird deutlich, dass bezüglich verschiedener Merkmale auch Konflikte zwischen den Funktionen einer Hecke auftreten können. In solchen Fällen ist bei der Weiterentwicklung von Heckenstrukturen eine Priorisierung der gewünschten Ökosystemdienstleistungen erforderlich. Beispielsweise führt die Erhöhung des Strauchanteils zwar zu einer Verbesserung der Windschutzfunktion, jedoch zu einer Verschlechterung der Produktionsfunktion. Eine Optimierung beider Funktionen wird anhand von diesem Merkmal folglich nicht möglich sein. Andererseits kann die Ausprägung eines Merkmals auch unterschiedliche Effekte innerhalb einer Ökosystemdienstleistung hervorrufen. Dies trifft vor allem für den Lebensraum und das Landschaftsbild zu.

**Tabelle 5:** Einfluss wichtiger Merkmale einer Heckenstruktur auf relevante Ökosystemdienstleistungen

Merkmalsname	Produktion	Windschutz	Gewässerschutz	Lebensraum	Landschaftsbild
Anteil der Bäume	↑	↑	↑	↑↓	↑↓ <sub>F</sub>
Anteil der Sträucher	↓	↑	↑	↑↓	↑ <sub>F</sub>
Bedeckungsgrad	↑	↑	↑	↑	↑↓ <sub>F, N</sub>
Natürlichkeitsgrad			↑	↑	↑↓ <sub>F, N</sub>
Baumartenanzahl				↑	↑ <sub>N</sub>
Baumhöhe	↑	↑	↑	↑↓	↑ <sub>F</sub>
Baumdurchmesser (-alter)	↑			↑	↑ <sub>N, F</sub>
Stammanzahl je m <sup>2</sup>	↑↓	↑	↑		↓ <sub>N</sub>
Strauchhöhe		↑			↑ <sub>F</sub>
Strauchartanzahl				↑	↑ <sub>N</sub>
Gehölzstrukturendichte (m km <sup>-2</sup> )	↑	↑	↑	↑↓	↑↓ <sub>N, F</sub>

↑ eine Erhöhung des Merkmals bewirkt eine Verbesserung der Ökosystemdienstleistung  
 ↓ eine Erhöhung des Merkmals bewirkt eine Verschlechterung der Ökosystemdienstleistung  
 ↑↓ eine Erhöhung des Merkmals kann eine Verbesserung oder eine Verschlechterung der Ökosystemdienstleistung bewirken  
 F = Fernwirkung, N = Nahwirkung

**Tabelle 6:** Erläuterung der Wirkung ausgewählter Merkmale auf ausgewählte Ökosystemdienstleistungen

Merkmal	Funktion					Erläuterung
	P	W	G	H	L	
Heckenstruktur (Anteil der Bäume und Sträucher)	X					Ein höherer Anteil von Bäumen erhöht die wirtschaftliche Bedeutung der Hecke. Die Schutzwirkung von Windschutzstreifen kann sich aufgrund der Baumhöhe in einer großen Entfernung ausbreiten, in der Regel bis 25-mal der Baumhöhe. Die Dichte der vertikalen Schichtung innerhalb der Hecke beeinflusst ihre Windschutzwirksamkeit (Brandle et al. 2009). Eine unterhalb der Baumschicht befindliche Strauchschicht kann die Windschutzwirkung in der Nähe der Hecke daher erheblich verbessern.
		X				Uferrandstreifen aus Bäumen, Sträuchern sowie einer Krautschicht sind mit Vorteilen für die Oberflächen- und Grundwasserqualität verbunden. Sie wirken als Barriere und filtern diffuse Nähr- und Schadstoffe aus landwirtschaftlichen Flächen, insbesondere solche, die mit dem Oberflächenabfluss transportiert werden (Bach 2000; Borin et al. 2010; Lee et al. 2003; Nerlich et al. 2013; Ryszkowski und Kedziora 2007; Schultz et al. 2004). Das tiefe Wurzelsystem der Bäume kann als "Sicherheitsnetz" für Nährstoffe, die unterhalb der Wurzelzone von Ackerkulturen ausgewaschen wurden, fungieren (Jose et al. 2004).
			X			Reine Baum- oder Strauchhecken fördern einzelne Artengruppen, für die Biodiversität ist v.a. die Mischung bzw. die gleichmäßige Verteilung verschiedener Strukturen vorteilhaft; eine reine Baumhecke kann z.B. nachteilig für Kleinsäuger und die Insektenvielfalt, aber positiv für Baumbrüter sein; Baumhecken sind attraktiv für Vögel u.a. als Brutplatz oder Sitz- und Singwarte. Eine abgestufte Hecke mit Kraut-, Strauch- und Baumschicht bietet vielen Tier- und Pflanzenarten einen Rückzugs- und Lebensraum und erfüllt damit auch wichtige Funktionen der Biotopvernetzung (DVL 2006; Forman und Baudry 1984; Hinsley and Bellamy 2000; Knauer 1993; LfL 2005; Weber 2003)
				X		Baumreihen werden als Alleen allgemein positiv bewertet, insbesondere in ihrer Fernwirkung, auch ohne Unterwuchs, z.B. entlang von Straßen. Gleichzeitig werden auch reine Strauchhecken sehr positiv bewertet. Je höher der Anteil an Sträuchern im Unterwuchs, desto höher ist allgemein die landschaftsästhetische Qualität.
		X				Je höher der Bedeckungsgrad einer Hecke ist, desto größer ist das Holzbiomassepotential und damit deren Produktivität.
Bedeckungsgrad		X				Durch Lücken kann ein Düseneffekt entstehen und damit eine stärkere Erosionsgefährdung hervorrufen. Für einen effektiven Windschutz soll die Hecke geschossen, jedoch nicht undurchlässig sein (Brandle et al. 2004; Cleugh 1998; Nuberg 1998).
			X			Eine dichte und geschlossene Hecke ist für einen effektiven Gewässerschutz erforderlich, sodass Nähr- und Schadstoffe abgefangen werden (Bach 2000; Lee et al. 2003;).
				X		Locker bis lichte Bedeckung und räumliche Strukturen zeichnen Waldrandlage/ Einzelbiotope der Offenlandschaften aus, daher sind sie attraktiv für diverse Vogelarten auch als Sitz- und Singwarte; ein niedriger Bedeckungsgrad lässt auch sonnige/schattige Plätze für Reptilien und Amphibien zu. An durch Fragmentierung (Lückenbildung) neuentstandenen Heckenrändern können sich durch ein verändertes Mikroklima Pflanzen- und Tiergemeinschaften der Hecke verändern (Collinge 1996, Saunders et al. 1991). Demnach können große Lücken Temperaturschwankungen sowie erhöhte Lichtverfügbarkeit verursachen. Letzteres kann zu einer Veränderung in der Vegetationszusammensetzung der Hecke führen (Litza und Diekmann 2017, Weber 2003). Darüber hinaus können Lücken, die Bewegung der Arten entlang von Habitatkorridoren einschränken (Bright 1998; Dondina et al. 2016).
				X		Abwechslungsreichtum wird allgemein positiv bewertet, da es meist naturnäher wahrgenommen wird. Somit können auch lückige Heckenstrukturen einen hohen landschaftsästhetischen Wert besitzen.
			X			Die Verwendung von einheimischen Arten ist für die gebietsheimische Entwicklung des Gewässers vorteilhaft (Bach 2000; Herdt et al. 2007; Schultz et al. 2004)
Natürlichkeitsgrad				X	Mit zunehmender Standortangepasstheit und Naturnähe der Arten verbessert sich das Nahrungsangebot und die Lebensraumqualität vieler Arten der Insekten, Vögel und Kleinsäuger. So bevorzugen z.B. Wildbienen einheimische Arten als Futterpflanzen mehr als gebietsfremde Arten (Morandin und Kremen 2013).	
				X	Heimische Arten wirken zumeist vertrauter. Allerdings werden auch nicht heimische Arten als attraktiv empfunden, insbesondere von Personen, die keine Kenntnisse über die Problematik einzelner Neophyten haben.	
Baumartenanzahl			X		Eine zunehmende Artenanzahl wirkt sich positiv auf die Lebensraumvielfalt aus.	
			X		Monotone, artenarme Hecken werden verstärkt abgelehnt.	
Baumhöhe	X				Die Reichweite der Schutzwirkung der Bäume nimmt mit zunehmender Baumhöhe zu (in der Regel beträgt sie das 25-fache Baumhöhe (Deumlich et al. 2006)	
			X		Je höher die Bäume, desto größer die Fernwirkung. Die Nahwirkung bleibt von der Baumhöhe weitestgehend unberührt.	

Ökosystemdienstleistungen: P = Produktion, W = Windschutz, G = Gewässerschutz, H = Habitat und Nahrungsquelle (Lebensraum), L = Landschaftsbild



**Tabelle 6:** Fortsetzung

Baumdurchmesser (-alter)	X	Je höher der Baumdurchmesser ist, desto älter sind die Baumbestände. Alte Bäume sowie Totholz bieten auch durch Höhlungen bestimmten Vogelarten wie bspw. Eulen besondere Brutplätze; auch wird das Insektenvorkommen gesteigert und Winterquartiere u.a. für Bilche geschaffen
	X	Einige alte Bäume, sog. Methusalems oder Biotopbäume machen die Hecken auch ästhetisch interessant, vor allem in der Nahwirkung.
Stammanzahl m <sup>2</sup>	X	Bei einer sehr hohen Gehölzdichte sind vorwiegend Bäume mit geringem Durchmesser wahrscheinlich, was für die stoffliche Nutzung ein Nachteil sein kann. Andererseits lässt eine hohe Stammzahl auf viel Biomasse schließen, was gerade bei einer energetischen Verwertung vorteilhaft sein kann.
	X	Viele und eventuell eher dünne Stämme wirken sich eher negativ auf die Attraktivität aus, da es als undurchdringlich wahrgenommen werden kann (Reppin und Augenstein 2018). In der Fernwirkung sind Auswirkungen dahingehend geringer einzuschätzen.
Strauchhöhe	X	Je höher die Sträucher, desto größer ist die positive Fernwirkung bezüglich des Landschaftsbildes.
Strauchar- tenanzahl	X	Je diverser und standortangepasster die Arten sind, desto vielfältiger ist das Nahrungsangebot für Insekten, Vögel und Kleinsäuger.
	X	Insbesondere für die Nahwirkung relevant (Blüh-, Frucht-, und Duftaspekte). Je mehr Arten, desto vielfältiger sind die möglichen positiven Erfahrungen.
Gehölzstrukturendichte (m km <sup>-2</sup> )	X	Je mehr Landschaftselemente vorhanden sind und je größer und breiter diese sind, desto höher ist die Qualität der Landschaft. Eine monotone Agrarlandschaft kann durch eine mittlere Gehölzstrukturendichte aufgewertet werden. Wenn die Gehölzstrukturendichte allerdings zu hoch wird, kann dies auch mit negativen Effekten verbunden sein. So können z.B. Vögel der weiten Offenlandschaften verdrängt werden, da deren Lebensraum eingeschränkt wird (z.B. Wiesenbrüter, Rastvogelplätze). Für gehölzbewohnende Arten ist eine hohe Gehölzstrukturendichte vorteilhaft. Die Gehölzstrukturen dienen auch als Trittsteinbiotope in ausgeräumten Landschaften. Grundsätzlich sind vielseitige Formen anzustreben.
	X	Mit zunehmender Gehölzstrukturendichte wird das Landschaftsbild in ausgeräumten Agrarlandschaften aufgewertet. Eine zu hohe Dichte kann – insbesondere, wenn durch die Gehölze Blickachsen versperrt werden – jedoch auch nachteilig für das Landschaftsbild sein.

Ökosystemdienstleistungen: P = Produktion, W = Windschutz, G = Gewässerschutz, H = Habitat und Nahrungsquelle (Lebensraum), L = Landschaftsbild

## 2.5 Hinweise zur Weiterentwicklung und Nutzung von Heckenstrukturen in der landwirtschaftlichen Praxis

Bevor ein Nutzungskonzept für eine Hecke in der Agrarlandschaft erstellt wird, sollten die konkreten Interessen von relevanten Akteuren der Landnutzung erfragt, gegebenenfalls gemeinsam diskutiert und bei der Bewirtschaftung der Gehölzstruktur berücksichtigt werden. Als besonders wichtige Akteure sind hierbei die Landwirte sowie die Naturschutzverwaltung zu nennen. Aber auch Jäger, ehrenamtliche Naturschützer, der Gewässer- und Bodenverband sowie Anwohner können für die Entscheidungsfindung relevant sein.

Im Rahmen der Entscheidungsfindung für ein geeignetes Nutzungskonzept können dabei folgende Fragen von besonderer Bedeutung sein:

- Welche Funktion(en) der Hecke bzw. Ökosystemdienstleistung(en) soll(en) sind prioritär?
- Welche Gehölze sollen in welchen Zeitabschnitten entnommen werden?
- Welche Verwertungsoptionen gibt es für das Holz bzw. sind andere Nutzungsmöglichkeiten wie z.B. eine Fruchtnutzung vorgesehen?
- Welche Pflanzen (Bäume und Sträucher) sind für die Erreichung der Zielfunktion(en) geeignet?
- Welcher Pflanzplan (Pflanzabstände, Breite der Hecke, etc.) ist geeignet?
- Welche Maßnahmen sind bezüglich der Pflanzung erforderlich (z.B. Bodenvorbereitung, Schutzzaun)
- Welche Maßnahmen zur Pflege der gepflanzten Gehölze sind erforderlich (z.B. Mulchen, Astung)
- Wie wird die langfristige Pflege und hiermit verbundene Zustandsbeurteilung der Hecke geregelt?

Prinzipiell ist angeraten, eine Hecke nur abschnittsweise zu erneuern. Dies hat den großen Vorteil, dass wichtige Ökosystemdienstleistungen zumindest teilweise aufrechterhalten werden können. Als geeignet sind hierbei Abschnitte von 20 bis 30 m Länge, verteilt über die Länge der Hecke. In Tabelle 7 wurde als Planungshilfe eine Checkliste für einen 20 m langen Heckenabschnitt unter Berücksichtigung verschiedener Nutzungsarten zusammengestellt.

**Tabelle 7:** Checkliste nach Nutzungsart der Bäume für die Planung eines 20 m langen Heckenabschnittes

Heckenkategorie				
Länge (m)				
Breite (m)				
Bewirtschaftungs- Periode (Jahre)				
Nutzungsart	Strauch <input type="checkbox"/>	Energieholz <input type="checkbox"/>	Stammholz <input type="checkbox"/>	Wertholz <input type="checkbox"/>
Zieldurchmesser des Baums für Ernte (cm)	k.A.			
Abstand zwischen den Gehölzen innerhalb einer Reihe (m)				
Abstand zwischen den Reihen (m)				
Verteilung der Gehölzarten (%)	1.....(%)	1.....(%)	1.....(%)	1.....(%)
	2.....(%)	2.....(%)	2.....(%)	2.....(%)
	3.....(%)	3.....(%)	3.....(%)	3.....(%)
	4.....(%)	4.....(%)	4.....(%)	4.....(%)
	5.....(%)	5.....(%)	5.....(%)	5.....(%)
	.....(%)	.....(%)	.....(%)	.....(%)
Zaun (Stück)				
Auf den Stock setzen (% der Vegetation)				
Häufigkeit des Aufdenstock- setzens (Jahre)				
Häufigkeit der Baumpflege (Jahre)				
Anzahl der nicht genutzter Bäume (Überhälter)				

## 3 FALLBEISPIEL SONNEWALDE (SÜDBRANDENBURG)

### 3.1 Lage des Untersuchungsgebietes

Als Untersuchungsgebiet für diese Studie wurde das Modellgebiet des Forschungsprojektes AUFWERTEN ausgewählt. Bei diesem handelt es sich um die Gemeinden Sonnewalde und Finsterwalde sowie um das aus den vier amtsgebundenen Gemeinden Crinitz, Massen-Niederlausitz, Lichterfeld-Schacksdorf und Sallgast bestehende Amt Kleine Elster (Abb. 4). Die aneinandergrenzenden Gemeinden befinden sich im Nordosten des Landkreises Elbe-Elster in Südbrandenburg.

Die mittlere jährliche Temperatur und der mittlere jährliche Niederschlag im Bereich des Modellgebietes betragen 9,3 °C bzw. 600 mm (für die Periode 1981-2010). Die vorherrschenden Bodenarten sind Sand und lehmiger Sand.

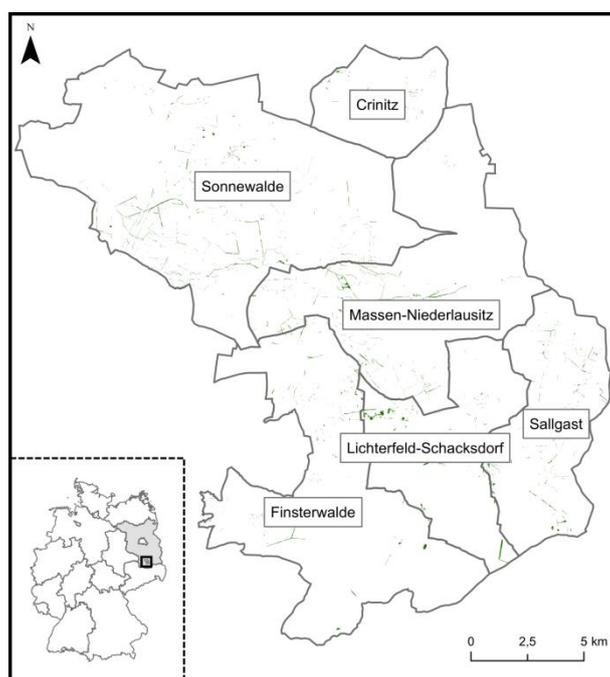


Abbildung 4: Modellgebiet des Forschungsprojektes AUFWERTEN mit digitalisierten Gehölzstrukturen (grün)

### 3.2 Charakterisierung der Heckenstrukturen im Untersuchungsgebiet

#### 3.2.1 Analyse des Modellgebietes und Auswahl einer Aufnahmefläche

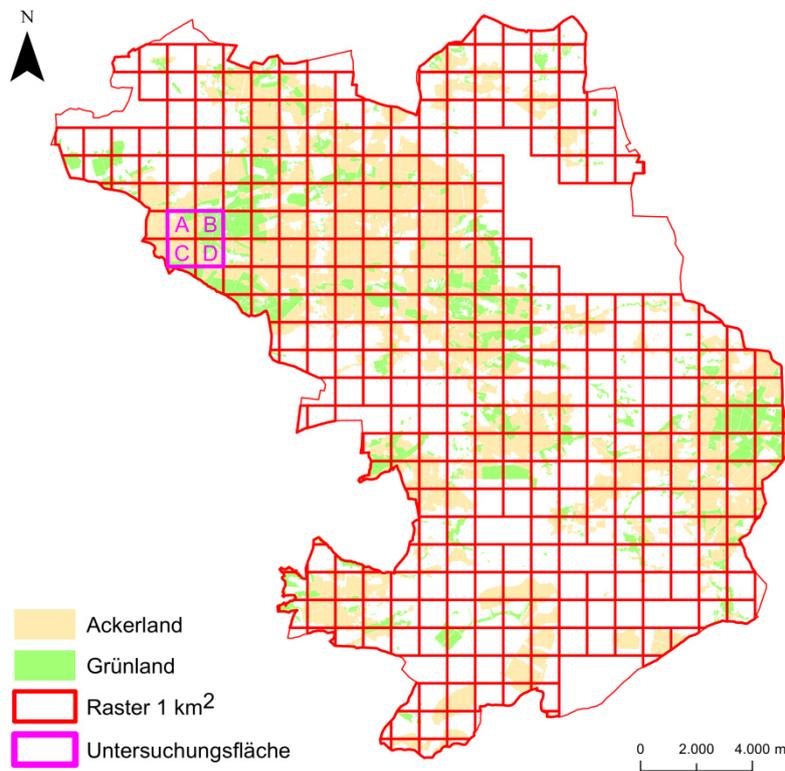
Das Modellgebiet hat eine Gesamtfläche von 37.750 ha. Hiervon beträgt die Fläche an Ackerland 10.310 ha, jene an Grünland 3.840 ha und jene an Wald 16.090 ha. Die Gesamtfläche der digitalisierten Gehölzstrukturen in der Agrarlandschaft umfasst 253 ha, während die Fläche der Gehölzstrukturen, die 2015 als Landschaftselement angemeldet (LE) wurden, 67 ha beträgt.

Die Mehrheit der Gehölzstrukturen (87,3 ha) befindet sich auf dem Gebiet der Gemeinde Sonnewalde. Diese Gemeinde hat mit 53 % zugleich auch den größten Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche (Tabelle 8). Im Gegensatz dazu hat die Gemeinde Crinitz, welche den geringsten Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche und den größten Anteil an Waldfläche aufweist, auch die wenigsten Gehölzstrukturen im Agrarbereich (Tab. 8).

**Tabelle 8:** Flächenanteil der Nutzungsart (Ackerland, Grünland, Wald) in % an der Fläche der Gesamtgemeinde

Gemeinde	Landwirtschaftliche Nutzung		Wald
	Ackerland	Grünland	
Sonnenwalde	39	14	36
Finsterwalde	22	6	31
Lichterfeld-Schacksdorf	18	6	41
Sallgast	30	17	38
Massen	21	9	62
Crinitz	17	4	63

Vor diesem Hintergrund wurde ein strukturreicher Agrarraum in der Gemeinde Sonnenwalde als Fallbeispiel für das erarbeitete Heckenentwicklungsmanagement ausgewählt. Die Fläche, auf der eine detaillierte Analyse der vorhandenen Gehölzstrukturen vorgenommen wurde, setzt sich aus vier 1 km<sup>2</sup> großen Quadratflächen (A, B, C, D) zusammen und beträgt folglich insgesamt 4 km<sup>2</sup> (Abb. 5).



**Abbildung 5:** Modelgebiet mit 1 km<sup>2</sup>-Raster (n=350) sowie Lage der 4 km<sup>2</sup> großen Aufnahmefläche für die detaillierte Analyse der vorhandenen Gehölzstrukturen

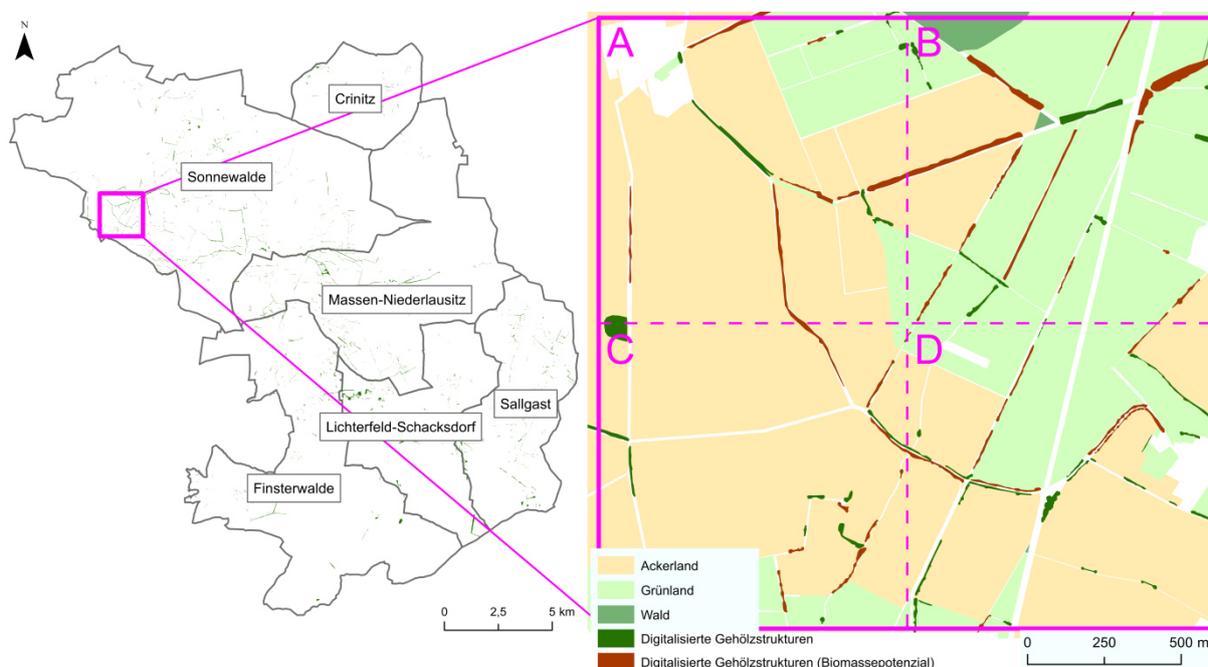
Der Anteil der Gehölzstrukturen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche sowie die Gehölzstrukturendichte wurden in den vordefinierten 4 x 1 km<sup>2</sup> großen Quadraten der Aufnahmefläche mit dem entsprechenden Mittelwert des Modelgebietes verglichen (Tab. 9). Demnach stimmt sowohl im Modellgebiet als auch im Aufnahmeareal selbst der ermittelte, durchschnittliche Anteil an Gehölzstrukturen mit der Empfehlung für die gute fachliche Praxis von 1 bis 2 % überein (Knickel et al. 2001). Die Gehölzstrukturendichte ist jedoch niedriger als die für walddarme Landschaften bezüglich des Schutzes vor Winderosion empfohlenen 5000 m km<sup>-2</sup> (Bachmann 2001).

**Tabelle 9:** Anteile der landwirtschaftlichen Nutzfläche, der Hecken an der landwirtschaftlichen Nutzfläche sowie Heckendichte und Gehölzstrukturendichte im Modellgebiet und in den vier Teilquadranten des Aufnahmeareals

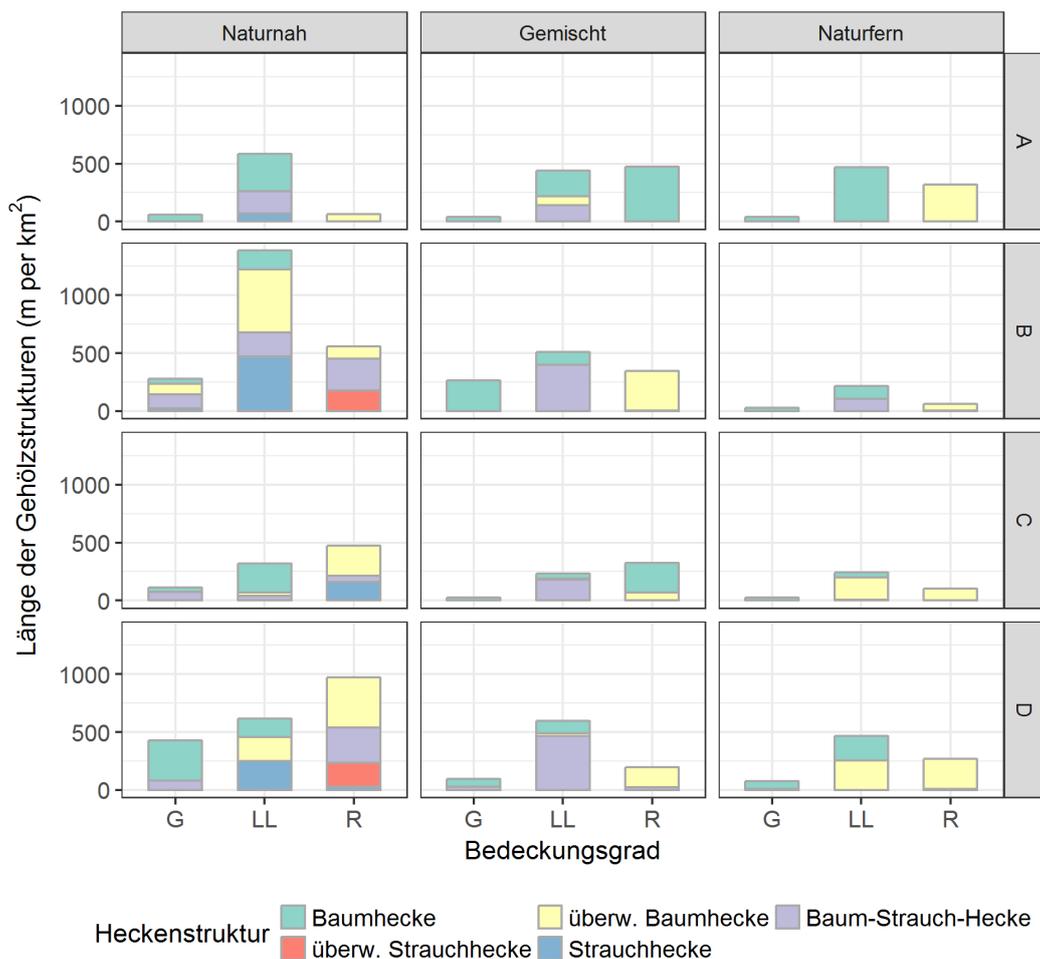
Quadrat	Landnutzung	Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche pro km <sup>2</sup> (%)	Anteil der Hecken an der landwirtschaftlichen Nutzfläche (%)	Heckendichte pro landwirtschaftlichen Nutzfläche (m ha <sup>-1</sup> )	Gehölzstrukturendichte (m km <sup>-2</sup> )
A	Ackerland	73	2,45	27,75	2497
	Grünland	17			
B	Ackerland	17	4,74	40,93	3643
	Grünland	72			
C	Ackerland	80	1,82	19,24	1866
	Grünland	17			
D	Ackerland	58	2,67	41,32	3719
	Grünland	32			
Modellgebiet Ø	Ackerland	61	1,74	16,78	780
	Grünland	32			

### 3.2.2 Verteilung und Aufbau der Gehölzstrukturen innerhalb der Aufnahmefläche

Innerhalb des 4 km<sup>2</sup> großen Aufnahmequadrats wurden 83 separate Hecken identifiziert und digitalisiert. Die Gesamtlänge dieser digitalisierten Gehölzstrukturen betrug 11.725 m (Abb. 6). Von diesen Hecken wurden insgesamt 37 Hecken mit einer Gesamtlänge von 7.079 m für die Erhebung konkreter Merkmale (u.a. Länge, Baum- und Straucharten, BHD- und Baumhöhenverteilung) bzw. für die Bestimmung des Biomassepotentials herangezogen.


**Abbildung 6:** Aufnahmefläche mit ausgewählten Gehölzstrukturen für die Vor-Ort-Datenerhebung

Von den möglichen 45 Kategorien (vgl. Kapitel 2.2.1), wurden im Untersuchungsgebiet 27 Kategorien vorgefunden, wobei die größte Variationsbreite bei naturnahen Heckenstrukturen auftrat (Abb. 7).



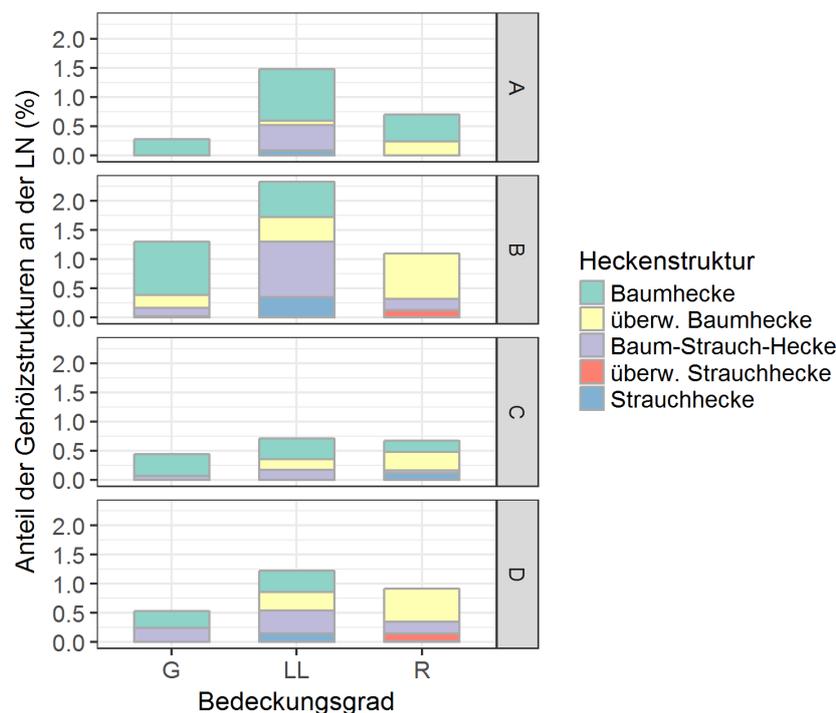
**Abbildung 7:** Gehölzstrukturendichte (m km<sup>-2</sup>) in den Teilaufnahmequadraten A bis D (n = 83); Teilquadratfläche = 1km<sup>2</sup>, G = Geschlossen, LL = Locker bis Licht, R = Räumdig

In Abbildung 8 ist der Anteil aller vorhandenen Gehölzstrukturen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Abhängigkeit der Kriterien Heckenstruktur und Bedeckungsgrad dargestellt. Demnach treten innerhalb des Aufnahmeareals Baumhecken mit geschlossenem oder lockerem bis lichtem Bedeckungsgrad am häufigsten auf. Verbreitet sind ebenfalls Baumhecken und überwiegend Baumhecken mit räumdigem Bedeckungsgrad sowie Baum-Strauch-Hecken mit lockerem bis lichtem Bedeckungsgrad. Durch Sträucher dominierte Hecken sind im Erhebungsgebiet hingegen vergleichsweise rar.

Auch in Hinblick auf die Länge der im Untersuchungsquadrat vorkommenden Gehölzstrukturen überwiegen Baum-dominierte Hecken. So machen – bezogen auf die Länge der Gehölzstrukturen – Baum- und überwiegend Baumhecken mehr als 50 % aus. Den höchsten Längenanteil mit 34 % haben allerdings Baum-Strauch-Hecken (Tab. 10). Für eine ausgewogene Verteilung der fünf Heckenstrukturtypen sollte im Untersuchungsquadrat bei gegebener Gehölzstrukturendichte jede Heckenstruktur eine Länge von ca. 2.300 m aufweisen. Dies zeigt einmal mehr, dass Strauchhecken und überwiegend Strauchhecken, die zusammen lediglich auf eine Länge von 1.400 m kommen, im Aufnahmeareal unterrepräsentiert sind.

Bei Betrachtung des Bedeckungsgrades fällt auf, dass – wiederum bezogen auf die Heckenstrukturlänge – mehr als die Hälfte (52 %) der Hecken locker bis licht sind, gefolgt von räumdigen und

geschlossenen Gehölzstrukturen mit 36 % bzw. 13 % (Tab. 10). Unter der Annahme, dass große Lücken mindestens ein Drittel der Heckenlänge einnehmen, sind demnach etwa 1.400 m (dies entspricht knapp 12 % der Gesamtheckenlänge) entlang der bestehenden Hecken derzeit vegetationsfrei und sollten im Sinne einer nachhaltigen Heckenentwicklung neu bepflanzt werden.



**Abbildung 8:** Prozentualer Anteil der Gehölzstrukturen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) im Aufnahmegebiet, getrennt nach den Teilflächenquadraten A bis D (n = 83); Teilquadratfläche = 1 km<sup>2</sup>

**Tabelle 10:** Anteil der Hecken an der Gesamtlänge der Heckenstrukturen (%), differenziert nach Kategorisierungskriterien und bezogen auf die Gesamtlänge der in den vier 1 km<sup>2</sup> großen Teilquadraten (A, B, C, D) vorkommenden Gehölzstrukturen (n = 83)

Kriterien	Anteil an der Gesamtlänge der Heckenstrukturen (%)					
	Quadrat	A	B	C	D	Gesamt
<i>Heckenstruktur</i>						
Baumhecke		3	10	3	8	23
überwiegend Baumhecke		4	10	6	12	31
Baum-Strauch-Hecke		14	6	6	8	34
überwiegend Strauchhecke		0	1	0	2	3
Strauchhecke		1	4	1	2	9
<i>Bedeckungsgrad</i>						
Geschlossen		1	5	1	5	12
Locker bis Licht		13	18	7	14	52
Räumdig		7	8	8	12	36
<i>Natürlichkeitsgrad*</i>						
überwiegend Naturnah		6	19	8	17	50
Durchmischt		8	10	5	8	30
überwiegend Naturfern		7	3	3	7	20

\* Zur Einschätzung des Natürlichkeitsgrades aller im Aufnahmegebiet vorkommenden Heckenstrukturen wurde die in 37 Hecken ermittelte Verteilung der Baum- und Straucharten auf alle 83 Hecken des Aufnahmequadrates übertragen

Was den Natürlichkeitsgrad der Hecken angeht, so sind 50 % der vorhandenen Heckenstruktur-  
länge als überwiegend naturnah und lediglich 20 % als überwiegend naturfern einzustufen  
(Tab. 10). Vor allem die im Aufnahmegebiet häufig anzutreffende, nichtheimische Hybridpappel  
sollte im Zuge eines nachhaltigen Heckenmanagements schrittweise durch gebietsheimische Arten  
ersetzt werden. Dies wäre auch mit einer Erhöhung des Potentials an kurzfristig verfügbarer Holz-  
biomasse verbunden.

Die durchschnittliche Länge der 37 im Detail analysierten Hecken betrug 200 m, die durchschnitt-  
liche Breite 5 m. Mit Ausnahme von vier Hecken, die in zwei Reihen gepflanzt wurden, handelte  
es sich um einreihige Strukturen. Die Mehrheit dieser Hecken bestand aus ein bis zwei Baumarten  
(Abb. 9).

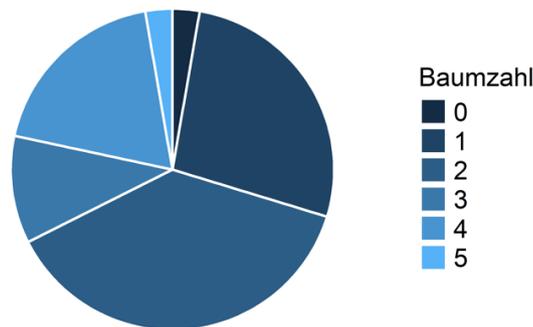


Abbildung 9: Anzahl der Baumarten je Hecke (n = 37)

Insgesamt wurden 14 Baumarten erfasst, wobei Pappeln (*Populus spec.*) und Weiden (*Salix spec.*)  
nicht näher differenziert wurden. Am häufigsten (52 %) – bezogen auf die Individuenanzahl –  
wurde die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) vorgefunden. Weiterhin in größerem Umfang vertreten  
waren die Hybridpappel (insbesondere *Populus x canadensis*) und die Stieleiche (*Quercus robur*),  
die 17 % bzw. 13 % der erfassten Baumarten ausmachten (Abb. 10)

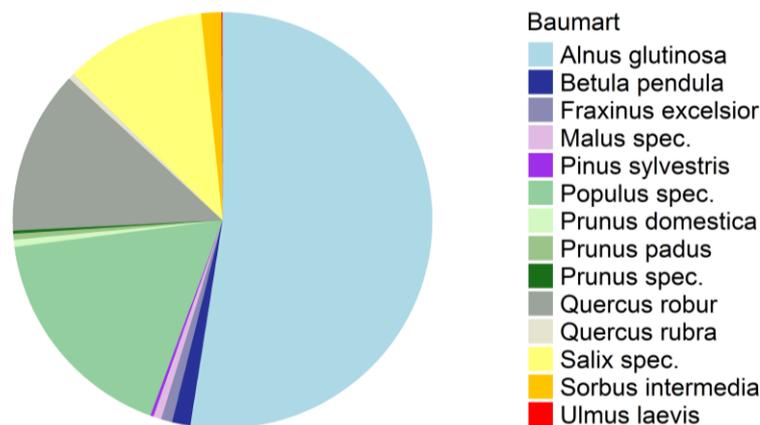
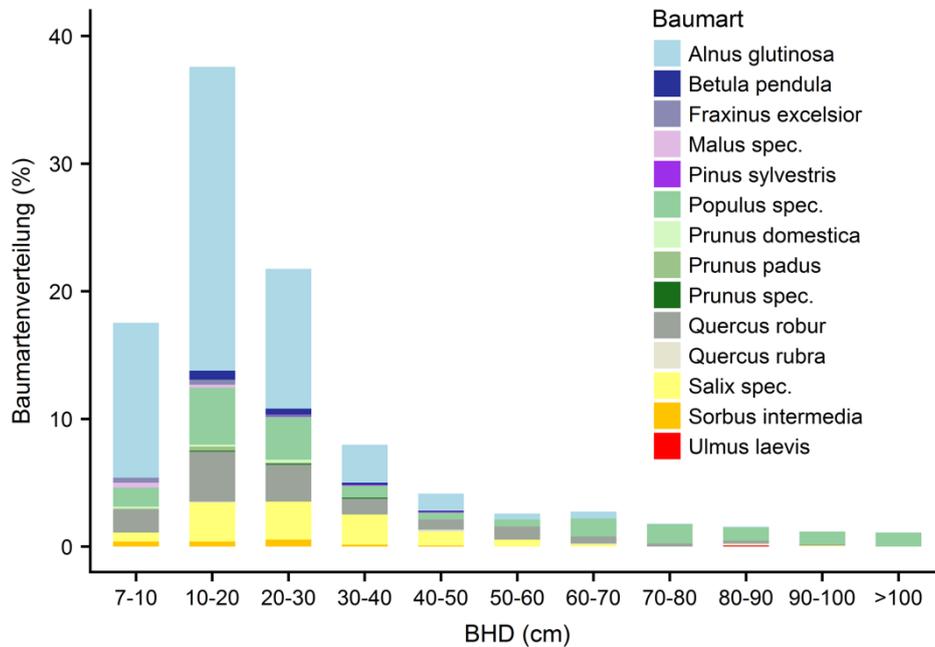


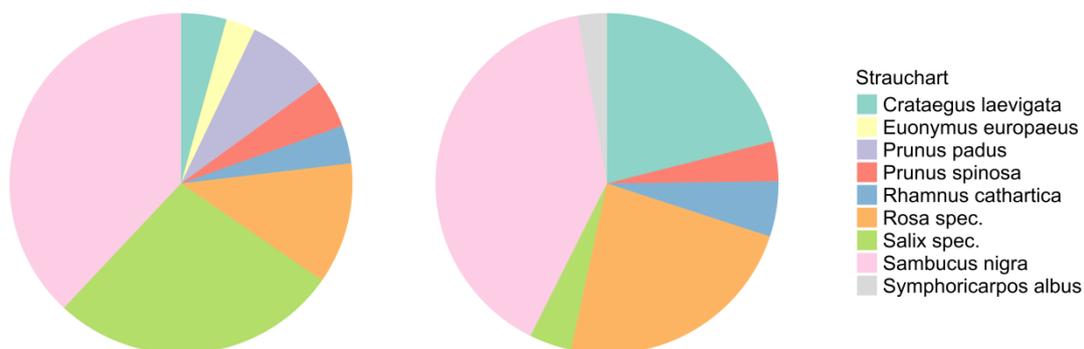
Abbildung 10: Anteil der Baumarten in den erfassten Heckenstrukturen, bezogen auf die Individuenanzahl (n = 37)

Die Mehrheit der Bäume wies einen BHD von < 30 cm auf, was auf vergleichsweise junge  
Heckenstrukturen hindeutet. Unter diesen Bäumen dominierte die Schwarzerle mit 46%. Die  
Dominanz der vor allem in Gewässernähe angebauten Schwarzerle ist mit der Vielzahl von  
Uferrandstreifen zu begründen, durch welche sich das Versuchsareal auszeichnet. In der BHD-  
Klasse > 60 cm überwog die Hybridpappel (Abb. 11). Bei dieser handelt es sich um eine  
gebietsfremde Baumart, genauso wie bei der ebenfalls vorgefundenen Roteiche (*Quercus rubra*),  
deren Anteil jedoch weniger als 1 % der erfassten Individuen ausmachte.

In der Strauchschicht der Hecken wurden insgesamt neun Arten registriert, wobei in der ersten Strauchschicht (> 1,5 m) die Arten Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*), Weide (*Salix spec.*) und Rosen (*Rosa spec.*) dominierten, während in der zweiten Strauchschicht (< 1,5 m) neben Schwarzem Holunder und Rosen verstärkt auch der Zweigrifflige Weißdorn (*Crataegus laevigata*) auftrat. Die erste Strauchschicht war insgesamt stärker ausgeprägt und umfasste schätzungsweise 85 % der Gesamtstrauchschicht (Abb. 12). Bei den vorgefundenen Arten handelte es sich bis auf die Gewöhnliche Schneebeere (*Symphoricarpos albus*), welche jedoch nur in einer Hecke vorgefunden wurde, um gebietsheimische Arten.



**Abbildung 11:** Prozentuale Verteilung der Baumarten in 37 Hecken des Aufnahmequadrates in Abhängigkeit des Brusthöhendurchmessers (BHD) und bezogen auf die Individuenanzahl (n = 1277)



**Abbildung 12:** Geschätzter Anteil der Straucharten in der ersten Strauchschicht (> 1,5 m; links) und in der zweiten Strauchschicht (< 1,5 m; rechts) in den 37 detailliert analysierten Heckenstrukturen

### 3.2.3 Biomassevolumen der analysierten Hecken

Tabelle 11 zeigt in Abhängigkeit des Heckenstrukturtyps das ermittelte theoretische Biomassepotential. Demnach variierte der Mittelwert des BHD der gemessenen Bäume zwischen  $25 \pm 5$  cm und  $49 \pm 16$  cm und jener der Baumhöhe zwischen  $10 \pm 1$  m und  $18 \pm 3$  m. Für die Berechnung des Baumvolumens wurde aus der Ertragstafel von Schober (1995) der Formfaktor für die im Versuchsareal

dominierende Baumart Schwarzerle verwendet. Eine diesbezüglich genauere Differenzierung nach einzelnen Baumarten wurde als nicht praxistauglich eingeschätzt, zumal es sich bei dem berechneten Biomassevolumen je Hecke lediglich um einen Überschlagswert handelt. Das Derbholzvolumen ( $BHD > 7 \text{ cm}$ ) lag im Mittel zwischen  $240 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  und  $690 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Hierbei war mit abnehmendem Baumanteil eine Verringerung des Biomassevolumens feststellbar. So wiesen die Baumhecken das höchste und die Strauchhecken das niedrigste Biomassepotential auf. Auch innerhalb des Heckentyps zeichnete sich ein steigendes Biomassepotential mit zunehmendem Baumanteil ab. Bei den Baum-Strauch-Hecken stieg das Biomassevolumen von  $250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  bei einem Baumschichtanteil von 0-33 % auf  $470 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  bei einem Baumschichtanteil von 66-100 % (Tsonkova et al. 2018b).

**Tabelle 11:** Theoretisches Biomassepotential in Abhängigkeit der Heckenstruktur (n = 37)

Heckenstruktur	n	Derbholzvolumen ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) Mittelwert ( $\pm$ Standardfehler)
Baumhecke (BH)	7	690 ( $\pm 190$ )
überwiegend Baumhecke (üBH)	10	540 ( $\pm 110$ )
Baum-Strauch-Hecke (BSH)	13	330 ( $\pm 38$ )
überwiegend Strauchhecke (üSH)	1	345 (NA)
Strauchhecke (SH)	6	240 ( $\pm 110$ )

Das Ergebnis der Biomassevolumenberechnung weist auf ein hohes theoretisches Biomassepotential bestehender Hecken hin. So war das berechnete Potential für BH und üBH sogar höher als das durchschnittliche Derbholzvolumen in deutschen Wäldern, welches gemäß der dritten Bundeswaldinventur unter Berücksichtigung aller Altersgruppen und aller Baumarten mit  $330 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  angegeben wird (Thünen Institut 2012). Ein maximales durchschnittliches Derbholzvolumen von über  $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  wurde für über 80 Jahre alte Wälder in Bayern ermittelt. In Schleswig-Holstein werden für über 150 Jahre alte Wälder  $550 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  angegeben (Thünen Institut 2012). Dies zeigt, dass das Biomassepotential der im Versuchsgebiet befindlichen Hecken, welche einen höheren Baumanteil aufweisen, mit Jenem älterer Wälder vergleichbar ist.

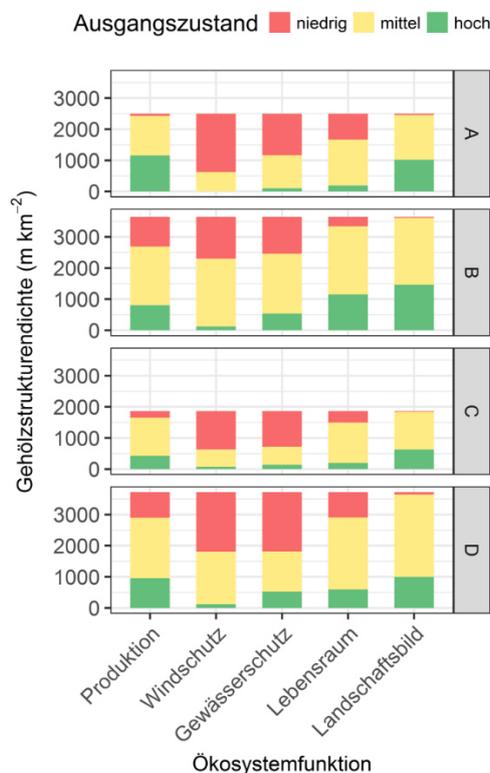
Begründet werden kann das höhere Biomassenvolumen von BH und üBH im Vergleich zu Wäldern mit den besseren Lichtverhältnissen. Diese lassen je Flächeneinheit eine höhere Stammdichte bei dennoch guter Kronenentwicklung zu. Dementsprechend war die Stammzahl der aufgenommenen Gehölzstrukturen mit bis zu  $1500 \text{ Stämmen ha}^{-1}$  deutlich höher als in Wäldern, für die beispielsweise in Brandenburg eine Höchststammzahl von ungefähr  $900 \text{ ha}^{-1}$  unter Berücksichtigung aller Baumaltersgruppen angegeben wird. In Hecken kann je Flächeneinheit folglich mehr Holz als in Wäldern produziert werden, weshalb diese ein hohes Potential für die Produktion holzartiger Biomasse besitzen.

Die vorherrschenden Heckenstrukturen Baumhecke, überwiegend Baumhecke und Baum-Strauch-Hecke wiesen das höchste theoretische Biomassepotential auf. Ferner weist der vergleichsweise hohe Anteil an nichtheimischen Arten innerhalb der Heckenstrukturtypen überwiegend Baumhecke und Baum-Strauch-Hecke auf eine hohe Verfügbarkeit von vordergründig zu entfernenden Bäumen hin (Abb. 7). Folglich ist im Erhebungsquadrat die Menge an als hoch einzuschätzen. Andererseits wird das Biomassepotential dieser Hecken wahrscheinlich durch die vorhandenen Lücken reduziert. Dennoch ist die Nutzung der verfügbaren Biomasse erforderlich, um die Verteilung der Heckenstrukturen in der Agrarlandschaft und deren Heckenzustand zu verbessern.

### 3.3 Bewertung der analysierten Heckenstrukturen hinsichtlich der Bereitstellung ausgewählter Ökosystemdienstleistungen

Der Zustand der Hecken wurde anhand der aufgestellten Heckenkategorien gemäß des in Kapitel 2.3 aufgezeigten Bewertungsansatzes bezüglich der Erfüllung relevanter Ökosystemdienstleistungen bewertet. Wie Abbildung 13 verdeutlicht, weisen die im Aufnahmegebiet existierenden Heckenstrukturen größtenteils einen niedrigen oder mittleren Erfüllungsgrad bezüglich der Bereitstellung relevanter Ökosystemdienstleistungen auf. Dies bedeutet, dass bei der Mehrzahl der Hecken Handlungsbedarf für eine Optimierung der Ökosystemdienstleistungen besteht. Besonders ausgeprägt war dies in Hinblick auf die Windschutz- und Gewässerschutzfunktion. So wurde der Ausgangszustand – bezogen auf die Gesamtheckenlänge – bei 54 % bzw. 47 % der Heckenstrukturen als „niedrig“ eingestuft, das heißt, der Erfüllungsgrad der jeweiligen Ökosystemdienstleistung als gering eingeschätzt.

Der größte diesbezügliche Entwicklungsbedarf in Relation zur Gehölzstrukturendichte wurde in den Teilquadraten A und C festgestellt. Diese Gebiete sind überwiegend durch Ackerland gekennzeichnet und weisen den niedrigsten Anteil an Hecken mit geschlossener Struktur auf. Die hier vorherrschende Kombination aus dominierender Ackerlandnutzung, überwiegend sandiger Bodenart und einer geringen Windschutzwirkung seitens vorhandener Gehölzstrukturen deutet darauf hin, dass diese Landschaft gegenüber Winderosion ein hohes Gefährdungspotential aufweist. Darüber hinaus ist eine Verbesserung des Gewässerschutzes erforderlich. Zwar befinden sich im Erhebungsareal die meisten Hecken entlang von kleinen Fließgewässern und Gräben, doch kann anhand des Zustandes dieser Uferrandstreifen häufig auf ein ungenutztes Schutzpotential geschlossen werden. Eine Verbesserung der Schutzwirkung dieser Hecken kann erreicht werden, indem der Anteil der Straucharten erhöht und große Lücken geschlossen werden.



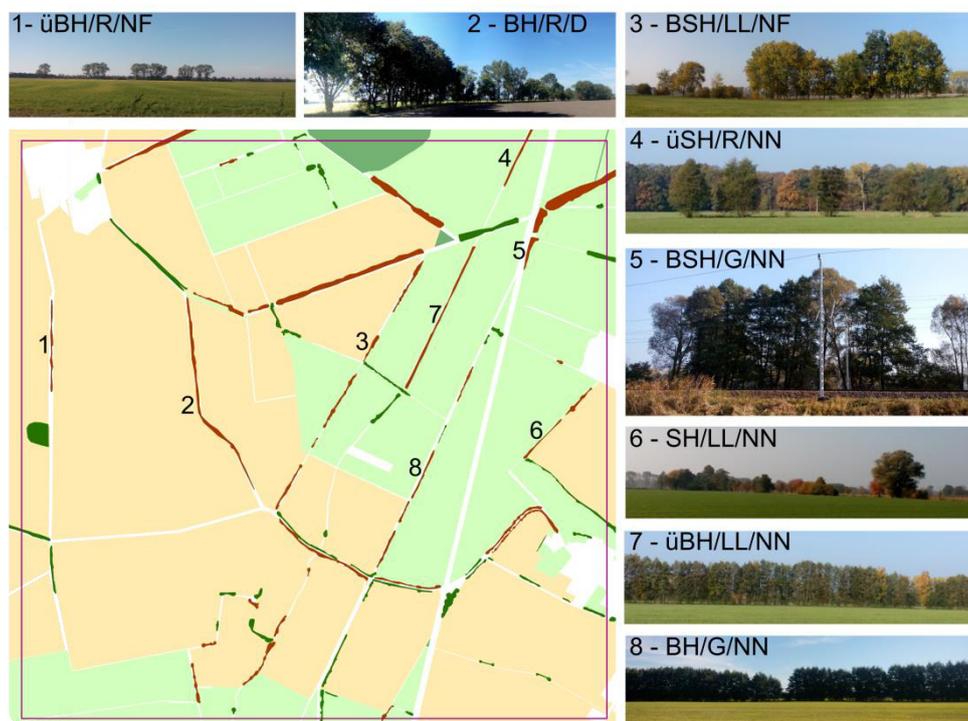
**Abbildung 13:** Erfüllungsgrad ausgewählter Ökosystemdienstleistungen unter Berücksichtigung der Gehölzstrukturendichte ( $\text{m km}^{-2}$ ), differenziert nach den Teilaufnahmequadraten A bis D (Teilquadratfläche =  $1 \text{ km}^2$ ) ( $n = 83$ )

Bezüglich der Ökosystemdienstleistungen Landschaftsbild, Lebensraum und Produktion wurden die Hecken im Aufnahmeareal anhand ihres Ausgangszustandes zu 64 %, 62 % und 54 % der Gesamtheckenlänge als mäßig geeignet (mittel) und zu 35 %, 18 % und 29 % als günstig (hoch) eingestuft. Folglich waren die Gehölzstrukturen bezüglich der Ökosystemdienstleistung Landschaftsbild insgesamt am positivsten zu bewerten.

### 3.4 Weiterentwicklung und Nutzung ausgewählter Hecken

#### 3.4.1 Auswahl repräsentativer Heckenstrukturen

Um verschiedene Möglichkeiten für die Weiterentwicklung und Nutzung von Heckenstrukturen aufzuzeigen, wurden innerhalb des Aufnahmequadrates (vgl. Kapitel 3.2.1) acht Hecken ausgewählt, die hinsichtlich ihrer Struktur, ihres Bedeckungsgrades und ihrer Naturnähe ein möglichst breites Spektrum repräsentieren (Abb. 14). Wichtige Merkmale dieser Hecken wurden in Tabelle 12 zusammengefasst.



**Abbildung 14:** Acht ausgewählte Heckenbeispiele aus verschiedenen Heckenkategorien mit Unterschieden hinsichtlich der Kriterien Heckenstruktur (BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke), Bedeckungsgrad (G = Geschlossen, LL = Locker bis Licht, R = Räumdig) und Natürlichkeitsgrad (NN = überwiegend Naturnah, D = Durchmisch, NF = überwiegend Naturfern)

Für die Erstellung eines nachhaltigen Entwicklungs- und Nutzungskonzeptes sind unbedingt die individuellen Eigenschaften einer jeden Hecke zu berücksichtigen. Nur so ist es möglich, exakte Informationen zu beispielsweise Bestandeslücken, Artenspektrum und Durchmesserverteilung zu erhalten und den Managementplan hierauf aufzubauen. Für den konkreten Entwicklungsplan ist schließlich zu klären, welche Zielfunktion(en) die Hecke unbedingt erfüllen soll und welche Bewirtschaftungsweise für die Zielerreichung angeraten ist.

#### 3.4.2 Nutzungsszenarien

Um die Wirtschaftlichkeit des Heckenmanagements beurteilen zu können wurde im Zuge der Weiterentwicklung der Hecken eine Holznutzung unterstellt. In der Praxis ist unter Einbeziehung der entsprechenden Behörden (z. B. Untere Naturschutzbehörde, Gehölzschutzstellen in Kommunen)

zu klären, ob der rechtliche Status der jeweiligen Hecken deren Nutzung gestattet. Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit wurden zwei Szenarien verfolgt. Während im ersten Szenario (Szenario I) von einer kombinierten Nutzung von holzartiger Biomasse für die energetische Verwertung und Stammholz ausgegangen wurde, beschränkte sich das zweite Szenario (Szenario II) ausschließlich auf die Produktion von Stammholz.

**Tabelle 12:** Merkmale der acht ausgewählten Hecken (vgl. Abb. 14)

Heckennummer (vgl. Abb. 14)	1	2	3	4	5	6	7	8
Heckenkategorie*	üBH/R/NF	BH/R/D	BSH/LL/NF	üSH/R/NN	BSH/G/NN	SH/LL/NN	üBH/LL/NN	BH/G/NN
Besonderheit	Wind-schutz-hecke	Wind-schutz-hecke		Ufer-rand-streifen	Bahn-trasse		Ufer-rand-streifen	Ufer-rand-streifen
Länge (m)	305	748	112	280	110	175	566	181
Breite (m)	5	6	4	3	8	3	2	3
Anteil der beprobten Fläche (%)	33	13	89	36	91	57	18	55
Länge der Lücken (m)	91	224	11	84	0	17	57	0
Mittlere Baumhöhe (m)	23	14	11	13	12	9	14	10
Mittlerer Brusthöhen-durchmesser (cm)	103	33	21	23	20	28	20	12
Derbholzvolumen** (m <sup>3</sup> )	109	154	9	20	20	11	82	19

\*Heckenstruktur: BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke; Bedeckungsgrad: G = Geschlossen, LL = Locker bis Licht, R = Räumdig; Natürlichkeitsgrad: NN = überwiegend Naturnah, D = Durchmisch, NF = überwiegend Naturfern

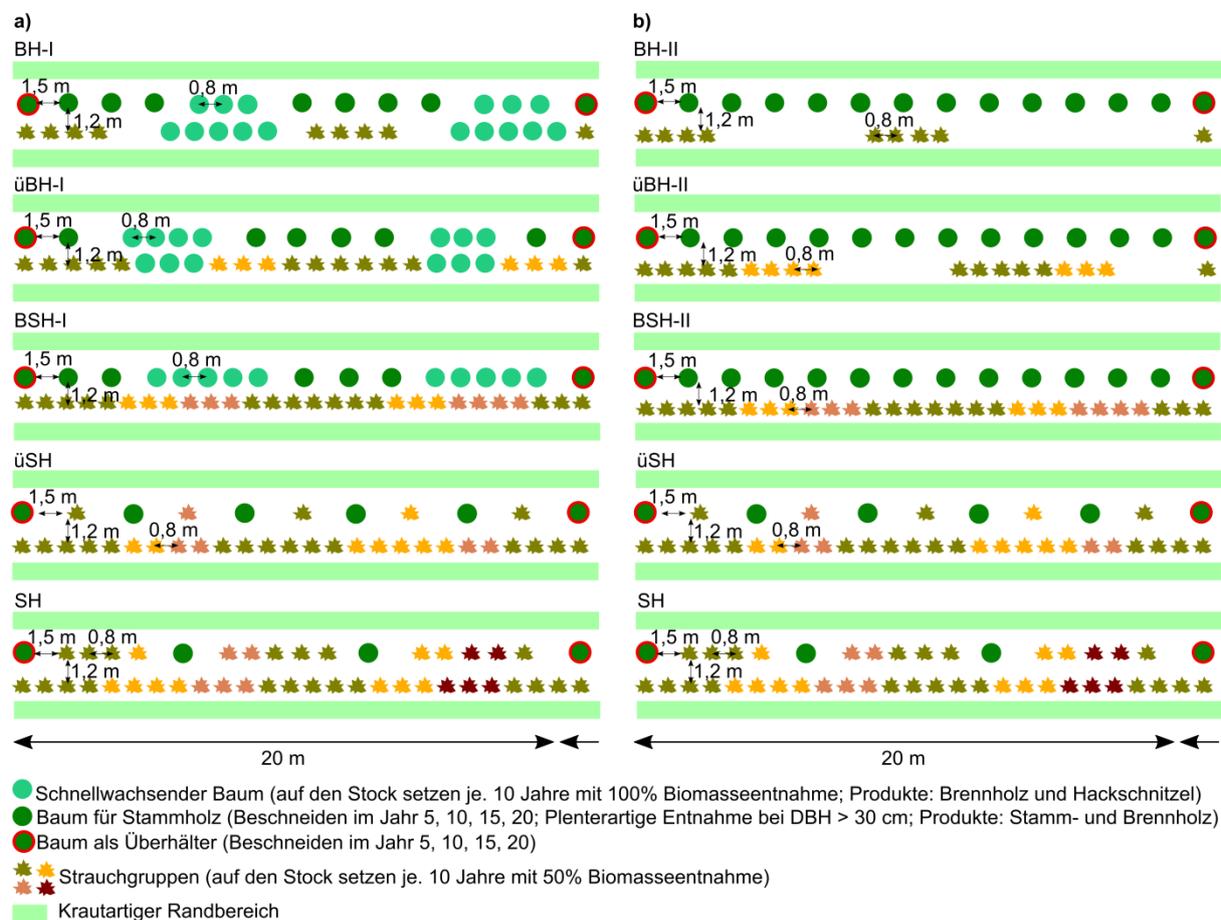
\*\* theoretische Biomassepotenzial

Die beiden entwickelten Szenarien sind als Beispiele für die Nutzung der Hecken bzw. ihrer Produktionsfunktion zu verstehen. Hierbei werden entsprechend des Heckenzieltyps nicht nur Bäume entnommen, sondern regelmäßig auch junge Gehölze gepflanzt. Auf diese Weise sollen die Hecken mit Blick auf den Erfüllungsgrad ausgewählter Ökosystemdienstleistungen bei Vorliegen eines guten Zustandes erhalten oder in Richtung eines zufriedenstellenden Zustandes (vgl. Abb. 13) weiterentwickelt werden. Die Wichtung der verschiedenen Ökosystemdienstleistungen sollte im Zuge der Szenarienerstellung dabei möglichst ausgewogen sein.

Die Szenarien basieren auf einer Managementstrategie, die vergleichsweise schnell zu einer kompletten Verjüngung der Hecke führt, ohne deren Ökosystemdienstleistungen durch die Bewirtschaftung nennenswert einzuschränken. So ist angedacht, unter Beachtung möglicher Nachteilwirkungen für Lebensraum und Landschaftsbild zunächst alle größeren Lücken zu schließen und im weiteren Zeitverlauf aller fünf Jahre 20 % der Hecke zu bewirtschaften. Innerhalb von 20 Jahren würde somit die gesamte Hecke in die Bewirtschaftung integriert und somit verjüngt werden. Um die Funktionen der Hecken möglichst wenig zu beeinflussen, sollten die Eingriffe auf 20 m langen und über die gesamte Heckenlänge verteilten abschnitten erfolgen. Bei einer 100 m langen Hecke wären demzufolge aller fünf Jahre nur 20 m, bei einer 200 m langen Hecke 2 mal 20 m von der Bewirtschaftung betroffen.

In Abbildung 15 wurde für beide genannten Szenarien der exakte Pflanzplan in Abhängigkeit der verschiedenen Heckenstrukturtypen für einen 20 m langen Heckenabschnitt dargestellt. Hierbei fällt auf, dass Strauchhecken und überwiegend Strauchhecken sich aufgrund des geringen Baumanteils nicht zwischen den Szenarien unterscheiden.

Bei Heckenanlagen sollte die Baumhöhe des Pflanzgutes zum Zeitpunkt der Pflanzung zwischen 1,0 m und 1,5 m und die Strauchhöhe zwischen 50 cm und 70 cm betragen (DVL 2000; Bioland et al. 2011). Die ausgewählten Gehölzarten sollten auf die Standortseigenschaften des jeweiligen Gebietes abgestimmt sein. Im vorliegenden Fall wurde die vielerorts als standortgerecht anzusehende Schwarzerle als Hauptbaumart beibehalten. Um eine Mindestanzahl an Altbäumen zu garantieren, wurde auf jedem 20 m-Abschnitt die Pflanzung einer Stieleiche (*Quercus robur*) vorgesehen, welche nicht wirtschaftlich genutzt, sondern als Überhälter der Hecke erhalten bleiben soll (Abb. 15). Ein gewisser Anteil an Sträuchern wird in allen Heckenstrukturtypen als wichtig erachtet. Das Anpflanzen der Sträucher sollte in Gruppen mit ein oder zwei vorherrschenden Arten erfolgen, wobei je Hecke insgesamt drei bis acht Straucharten auftreten sollten (DVL 2006).



**Abbildung 15:** Pflanzkonzept für einen 20 m langen Heckenabschnitt (Bewirtschaftungseinheit) gemäß a) Szenario I (Kombinierte Produktion von Biomasse für Energiegewinnung und Stammholz) und b) Szenario II (Produktion von Stammholz) in Abhängigkeit des Heckenstrukturtyps; BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke

### 3.4.3 Eingangsparemeter und Durchführung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die ökonomische Bewertung des Heckenmanagements bzw. dessen Profitabilität erfolgte auf Basis berechneter Annuitäten, die unter Anwendung der dynamischen Investitionsrechnung ermittelt wurden. Die dynamische Investitionsrechnung ist eine gebräuchliche Methode zur Beurteilung von

Nutzungssystemen, die auf einer Fläche über einen längeren Zeitraum (mehrere Jahre bis Jahrzehnte) ausgeübt werden und sich zumeist durch hohe Anfangsinvestitionskosten auszeichnen (z.B. Energieholzproduktion auf Ackerstandorten; Bemann et al. 2007; Grünwald et al. 2009). Bei der dynamischen Investitionsrechnung erfolgt unter Berücksichtigung von Zinseffekten eine Zeit-Raum-bezogene Betrachtung aller über einen bestimmten Zeitraum erfolgten Einnahmen und Ausgaben. Dies bedeutet, dass Zahlungen in der Zukunft anders bewertet werden als Zahlungen, die in der Gegenwart erfolgen. Dem wird durch die Abzinsung aller Zahlungsgrößen Rechnung getragen. Somit ermöglicht die dynamische Investitionsrechnung die betriebswirtschaftliche Beurteilung einer Investitionsmaßnahme im Bereich der längerfristigen Landnutzung.

Mit Hilfe der Annuitätenmethode werden die Gegenwartswerte auf durchschnittliche Jahresbeiträge, sogenannte Annuitäten, umgerechnet (Schmidt, 2011). Bei der als ökonomische Bewertungsgröße herangezogenen Annuität handelt es sich also um den theoretischen Betrag, der während des Investitionszeitraumes jährlich konstant unter Erhaltung des eingesetzten Kapitals als Gewinnbeitrag entnommen oder – im negativen Fall – als Kostenbeitrag gezahlt werden kann. Die Annuität ( $r$ ) ist gemäß Gleichung [3] das Produkt aus Kapitalwert (KW) und Annuitätenfaktor, der vom Zinssatz ( $i$ ) und dem Investitionszeitraum ( $n$ ; Anzahl der Jahre) abhängt.

$$[3] \quad r = KW \times \frac{(1+i)^n \times i}{(1+i)^n - 1}$$

Der Kapitalwert ist allgemein definiert durch die Summe sämtlicher auf einen Zeitpunkt auf- bzw. abgezinsten Kosten und Erlöse zum Zeitpunkt  $n$  ( $K(n)$  und  $E(n)$ ), die durch eine Investition verursacht wurden. Die Berechnung des Kapitalwertes erfolgte gemäß Gleichung [4], wobei analog zu Gleichung [3] die Variable  $i$  den Zinssatz und  $n$  die Anzahl der Jahre des Investitionszeitraumes repräsentieren.

$$[4] \quad KW = \sum \left( \frac{E(n) - K(n)}{(1+i)^n} \right)$$

Als Grundlage für die Berechnung der Investitionskosten für Baum- und Strauchpflanzen wurde die aktuelle Preisliste von F.-O. Lürssen Baumschulen GmbH & Co.KG (2017) verwendet, wobei für verschiedene Baum- und Straucharten unterschiedliche Preise kalkuliert wurden (Tab. 13). Die Ermittlung der ebenfalls in Tabelle 13 angegebenen Arbeitszeiten für das Heckenmanagement, inklusive der Fixkosten und der variablen Kosten der eingesetzten Maschinen, erfolgte auf Basis standardisierter Kosten (Ackermann et al. 2005; Joswig et al. 2012). Die Stundenlohnkosten wurden nach dem aktuellen Tarifregister von Berlin und Brandenburg bestimmt (SIAS 2017).

Die Einnahmen werden aus der Holznutzung abgeleitet. Hierbei wird angenommen, dass die als Stammholz, Brennholz oder Hackschnitzel produzierte Biomasse zu Preisen von jeweils 80 € fm<sup>-1</sup>, 40 € rm<sup>-1</sup> und 22 € srm<sup>-1</sup> verkauft wird. Da davon auszugehen ist, dass die Holzbiomasse immer nur in vergleichsweise kleinen Teilmengen anfällt, erscheint die Einbindung eines Großabnehmers nicht realistisch. Vielmehr sollte auf einen Verkauf an Privatpersonen für den Eigenbedarf abgezielt werden, welche dann auch die Transportkosten übernehmen. Beim Verkauf an Privatpersonen kann in der Regel auch von etwas höheren Preisen ausgegangen werden.

Als Kalkulationszinssatz  $i$  wurden für diese Studie 3 % gewählt. Der betrachtete Gesamtzeitraum betrug 60 Jahre, wobei – wie bereits erwähnt – im Rahmen des Heckenmanagements ein fünfjähriger Bewirtschaftungssturnus unterstellt wurde. So wurde davon ausgegangen, dass im ersten Jahr in alle größeren Lücken Gehölze gepflanzt werden, um frühzeitig Hecken mit geschlossenem Bedeckungsgrad zu erhalten. In bereits geschlossenen Heckenstrukturen erfolgt eine plenterartige Entnahme des Holzes auf jeweils 20 m langen, gleichmäßig verteilten Heckenabschnitten (vgl. Kapitel 3.4.2). Bei der Ernte von Stammholz wurde unterstellt, dass die Bäume einen BHD von

> 30 cm aufweisen. In Hecken oder Heckenabschnitten, in denen der BHD der Bäume weniger als 30 cm beträgt, wurde eine Ernte erst im Jahr 40 unterstellt, da nach dieser Zeit im Mittel von einem BHD > 30 cm auszugehen ist.

**Tabelle 13:** Angenommene durchschnittliche Kosten für Investitionsmaterial und Arbeitsaufwand einschließlich Arbeitszeit und Maschinen

Aktion		Kosten	
<b>Investition</b>			
Anlage	Baum	2,50-6,00 € pro Baum	
	Strauch	1,50-2,50 € pro Strauch	
	Baumschutz-Gitterhülle	2,50 € pro Pflanze	
<b>Aufwand</b>			
	Bodenvorbereitung: lockern von Pflanzflächen mit Fräse am Allradtraktor	0,10 € pro m <sup>2</sup>	
Anlage	Strauchhecke	0,95 € pro Pflanze	
	Anlage anhand der Heckentypen	überw. Strauchhecke, gleicher Anteil Bäume und Sträucher, überw. Baumhecke	
	Baumhecke	1,10 € pro Pflanze	
	Mulchen von Einzelbäume mit Festmist	Strauchhecke überw. Strauchhecke Gleicher Anteil von Bäume und Sträucher, überw. Baumhecke, Baumhecke	
	Zaunanlage	0,73 € pro Pflanze	
Fällen und Rücken	Fällen von Einzelbäumen mit Motorkettensäge	Stammdurchmesser 30-50 cm	56,00 € pro Baum
		Stammdurchmesser 50-70 cm	78,00 € pro Baum
		Stammdurchmesser >70 cm	120,40 € pro Baum
	Entfernen von Wurzelstöcken mit Stubenfräse	Durchmesser Baumscheibe <55 cm	41,70 € pro Baum
		Durchmesser Baumscheibe <70 cm	100,10 € pro Baum
		Durchmesser Baumscheibe <85 cm	116,70 € pro Baum
	Entbuschen mit Freischneider	Deckungsgrad 30 %	4,40 € per m <sup>2</sup>
Deckungsgrad 50 %		6,40 € per m <sup>2</sup>	
Deckungsgrad 70 %		8,50 € per m <sup>2</sup>	
Auf den Stock setzen*	Fällen mit Motorkettensäge und häckseln der Biomasse mittels Holzhäcksler	100% Biomasseentnahme	49,10 € pro m
		50% Biomasseentnahme	26,10 € pro m
		25% Biomasseentnahme	13,20 € pro m
Pflege von Laubbäumen und Sträuchern	Auf den Stock setzen	50% Biomasseentnahme	1,35 € pro m
	Laubgehölze schneiden mit Baumschere bzw. Astsäge (Auslichtungs- und Verjüngungsschnitt)		4,90 € pro Baum

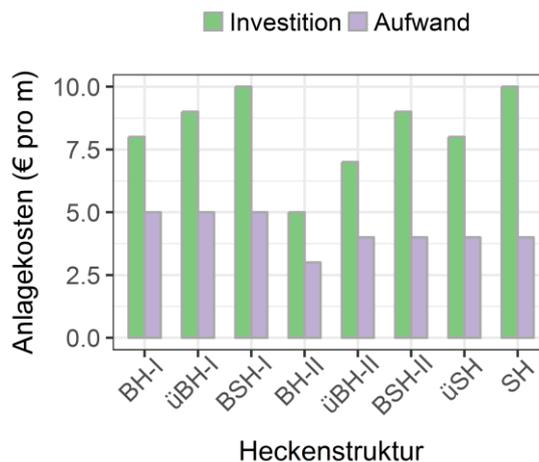
\* der Anteil entnommener Biomasse richtet sich nach der Verfügbarkeit der planmäßig auf den Stock zu setzenden Gehölze

Für die Produktion von Energieholz (Bestandteil des Szenarios II) werden vorrangig schnellwachsende Baumarten eingesetzt. Diese sollen aller 10 Jahre zu 100 % entnommen und dafür auf den Stock gesetzt werden. Nach der Ernte ist von einem erneuten Austreiben der Wurzelstöcke auszugehen. Gleiches gilt für die Sträucher. Bei diesen wurde jedoch angenommen, dass je Eingriff nur 50 % der Strauchfläche auf den Stock gesetzt wird, um in allen Bereichen der Hecke einen Teil der

Strauchvegetation dauerhaft aufrecht zu erhalten. Nach 20 Jahren ist somit davon auszugehen, dass die gesamte Länge einer Heckenstruktur (mit Ausnahme von Abschnitte, in denen Bäume mit einem BHD < 30 cm dominieren) in das Heckenmanagement einbezogen wurde. Ferner wurde bei den Berechnungen unterstellt, dass im Jahr 60 die im Jahr 1 gepflanzten Bäume einen BHD von > 30 cm erreicht haben und somit als Stammholz genutzt werden können. Im Jahr 60 werden folglich alle Bäume, die in dem ersten Jahr gepflanzt wurden, geerntet und ihre Wurzeln entfernt, um Platz für eine Neupflanzung zu schaffen. Um einen fassbaren Zeitraum zu betrachten, wurde der Nutzungszeitraum auf 60 Jahre begrenzt. Vor dem Hintergrund einer auf Langfristigkeit ausgelegten, nachhaltigen Heckenbewirtschaftung sollte das Heckenmanagement jedoch auch im Anschluss an diesen Zeitraum nach dem erläuterten Prinzip immer weiter fortgesetzt werden.

#### 3.4.3.1 Angenommene Kosten für die Neubegründung von Heckenstrukturen

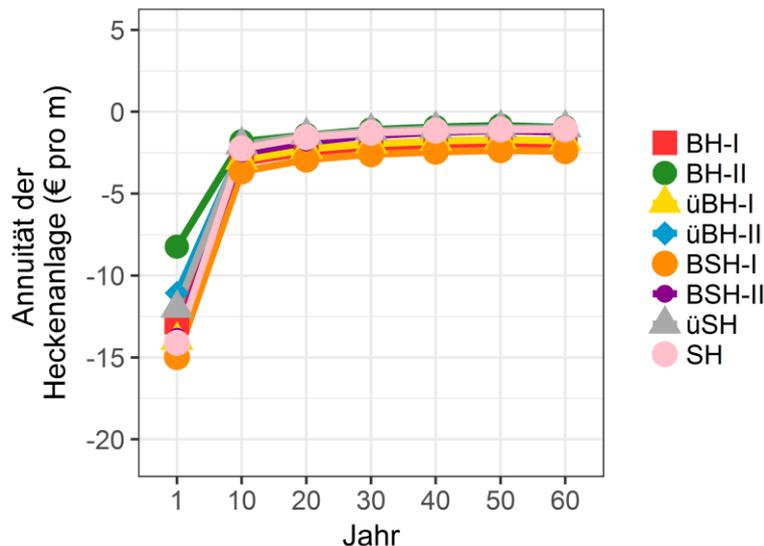
In Hecken, die größere Lücken aufweisen, ist die Füllung dieser Zwischenräume mit der Neuanlage einer Heckenstruktur gleichzusetzen. Die hierfür veranschlagten Kosten sind nicht Bestandteil der in dieser Studie (ab Kapitel 3.4.3) berechneten Annuitäten, da die Füllung bestehender Lücken lediglich einmalig auftritt, mit Hilfe der Annuität, welche sich auf die Bewirtschaftung der 20-m Abschnitte bezieht, aber der langfristig entstehende Gewinn bzw. die langfristig entstehenden Kosten abgebildet werden sollten. Gleichwohl können auch die Kosten der Neubegründung über einen Zeitraum von 60 Jahren betrachtet werden, um deren theoretischen Anteil am jährlichen Finanzmittelbedarf für ein nachhaltiges Heckenmanagement abzubilden.



**Abbildung 16:** Investitions- und Aufwandskosten bei der Neuanlage von Hecken in Abhängigkeit des Heckenstrukturtyps (BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und des Szenarios I und II (vgl. Kapitel 3.4.2)

In Abbildung 16 sind zunächst die Kosten – getrennt nach Investitions- und Aufwandskosten (Maschinen- bzw. Arbeitskosten) – für die Neuanlage in Abhängigkeit der Heckenstruktur und des angestrebten Szenarios (I und II) dargestellt. Demnach variieren die Gesamtkosten pro laufenden Meter Hecke zwischen 8 € bei Baumhecken des Szenarios II und 15 € bei Baum-Strauch-Hecken des Nutzungsszenarios I. Typisch für eine Neubegründung ist, dass die Investitionskosten (Pflanzmaterial, Einzelbaumschutz) höher als die Aufwandskosten sind. Hierbei hängt die Höhe der Investitionskosten stark von den zu etablierenden Pflanzen ab. So ist beispielsweise eine Stieleiche teurer als eine Schwarzerle oder Pappel. Die Anpflanzung einiger Stieleichen ist dennoch sinnvoll, da sie einen hohen ökologischen und ggf. später (in dieser Studie wurde keine Nutzung von Stieleichen unterstellt) auch einen höheren ökonomischen Wert besitzen (Eaton et al. 2016). Auch die Anpflanzung verschiedener Sträucher ist mit vergleichsweise hohen Investitionskosten verbunden und erfolgte vordergründig zur Verbesserung der durch die Hecken bereitgestellten Schutz-, Lebensraum- und Landschaftsbildwirkungen.

In Abbildung 17 sind die Neubegründungskosten mit Bezug auf einen Zeitraum von 60 Jahren dargestellt. Gemäß diesen berechneten Annuitäten beträgt der jährliche Kostenanteil für das Füllen vorhandener Bestandeslücken zwischen rund  $-1 \text{ € m}^{-1}$  und  $-2,5 \text{ € m}^{-1}$ , wobei der im Jahr 1 bestehende Unterschied zwischen Baumhecken ohne Energieholznutzung (Szenario II) und Strauchhecken im Verlauf der Zeit aufgehoben wird.



**Abbildung 17:** Annuität der Neubegründungskosten in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2); Betrachtungszeitraum = 60 Jahre

### 3.4.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Abhängigkeit individueller Heckenmerkmale

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der acht im Aufnahmequadrat ausgewählten Hecken (vgl. Kapitel 3.4.1) berücksichtigt drei Entwicklungsstrategien:

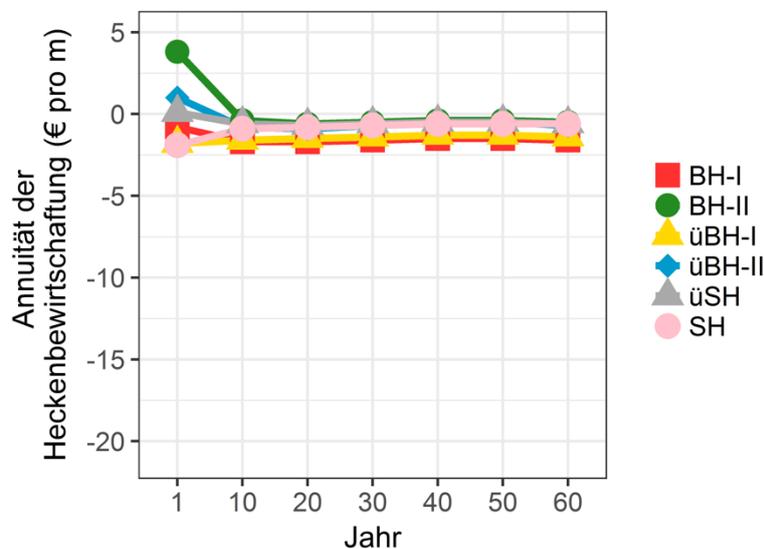
- (1) Weiterbewirtschaftung der Hecke gemäß des aktuell vorliegenden Heckenstrukturtyps (bei Baumhecken, überwiegend Baumhecken und Baum-Strauch-Hecken erfolgt Differenzierung nach Szenarien I und II)  
[Ausgangsstruktur = Zielstruktur (Szenarien I und II)],
- (2) Weiterentwicklung der Hecke unter besonderer Berücksichtigung der Produktionsfunktion; durch das Heckenmanagement erfolgt eine Umwandlung der Hecke in Richtung Baumhecke, wobei Szenarien I und II differenziert betrachtet werden  
[Ausgangsstruktur → BH-I oder BH-II],
- (3) Weiterentwicklung der Hecke unter besonderer Berücksichtigung der Naturschutzfunktion; durch das Heckenmanagement erfolgt eine Umwandlung der Hecke in Richtung Strauchhecke oder überwiegend Strauchhecke  
[Ausgangsstruktur → SH oder üSH].

#### 3.4.3.1 Hecke 1 (üBH/R/NF)

Bei Hecke 1 handelt es sich um eine überwiegende Baumhecke mit einem räumigen Bedeckungsgrad und mehrheitlich naturfernem Artenbestand. So besteht die Baumschicht ausschließlich aus der gebietsfremden Hybridpappel, welche eine mittlere Höhe von 23 m und einen mittleren BHD von über 100 cm aufweisen. Damit besitzt diese Hecke die stärksten Bäume, die innerhalb des Untersuchungsgebietes erhoben wurden. Mit 120 Bäumen pro Hektar weist sie allerdings auch die niedrigste Stammdichte auf.

Die Hecke befindet sich in einer ackerbaulich genutzten Landschaft und ist von großen Schlägen umgeben. Es ist zu vermuten, dass sie ursprünglich aus Gründen des Windschutzes angelegt wurde. Hierauf verweist auch die nordsüdliche Ausrichtung. Zum Zeitpunkt der Aufnahme war die Hecke durch zahlreiche Lücken gekennzeichnet. Der hieraus resultierende räumliche Bedeckungsgrad, aber auch die sehr schwach ausgeprägte Strauchschicht sind eindeutige Merkmale dafür, dass diese Hecke ihrer umfänglichen Windschutzfunktion nicht mehr gerecht wird. Die Strauchschicht ist ebenfalls monoton und weist lediglich Schwarzen Holunder auf.

Würde die Hecke im Zuge des Heckenmanagements weiter als überwiegende Baumhecke entwickelt werden, so wäre bei Unterstellung von Szenario II mit einer Annuität von  $+1,0 \text{ € m}^{-1}$  im Jahr 1 und von  $-0,7 \text{ € m}^{-1}$  im Jahr 60 zu rechnen (Abb. 18). Die positive Annuität zu Beginn der Bewirtschaftung resultiert aus der vergleichsweise großen Zahl gebietsfremder, starker Bäume, durch die eine große Menge an Holzbiomasse bereitgestellt werden kann. Die Einnahmen durch den Holzverkauf decken die anfänglichen Pflanzkosten sowohl bei Szenario II als auch bei der Umwandlung in eine überwiegende Strauchhecke. Allerdings können durch die Einnahmen nicht die gesondert kalkulierten Kosten für die Neubegründung von Heckenabschnitten kompensiert werden, die für die Schließung des Bedeckungsgrades in den bestehenden Lücken notwendig ist (vgl. Kapitel 3.4.2.1). Bei noch stärkerer Fokussierung der Produktionsfunktion, das heißt, wenn die Hecke in Richtung reiner Baumhecke entwickelt wird, beträgt die Annuität nach 60 Jahren  $-0,5 \text{ € m}^{-1}$  bei Szenario II und  $-1,6 \text{ € m}^{-1}$  bei Szenario I. Die Umwandlung der Hecke in eine überwiegende Strauchhecke oder reinen Strauchhecke würde nach 60 Jahren eine unwesentlich niedrigere Annuität von  $-0,6 \text{ € m}^{-1}$  ergeben (Abb. 18). Der parzellenartige Anbau von Energieholz (Szenario I) stellt sich bei dieser Hecke folglich als weniger rentabel als die Umwandlung in eine vermeintlich naturschutzfachlich wertvollere Strauchhecke heraus. Allerdings reicht der Gewinn bei keinem Szenario aus, um die Kosten eines langfristig durchgeführten Heckenmanagements auszugleichen.



**Abbildung 18:** Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2)

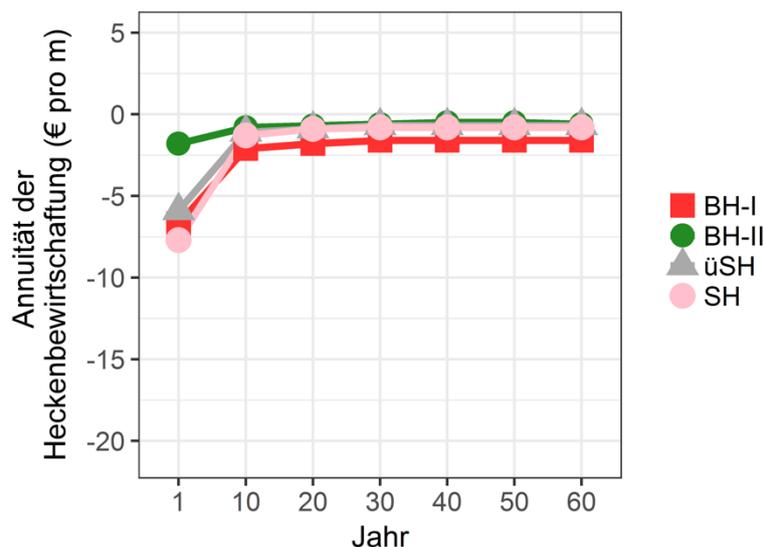
Die Entscheidung, welche Heckenstruktur im Zuge der Heckenbewirtschaftung entwickelt werden soll, hängt maßgeblich von deren primären Zielfunktion ab. Für die zwischen großen Schlägen gelegene Hecke 1 ist die Windschutzfunktion als ausgesprochen wichtig anzusehen, zumal im Modellgebiet sandige Substrate vorherrschen. Außerdem besitzt diese Hecke aufgrund der geringen Gehölzstrukturendichte in diesem Bereich eine besondere Bedeutung als Strukturelement, Lebensraum und Nahrungsquelle. Vor dem Hintergrund dieser Zielfunktionen (Windschutz, Lebensraum, Landschaftsbild) sollte die Hecke in eine überwiegende Strauchhecke oder alternativ in eine reine Strauchhecke umgewandelt werden. Die Einmischung einzelner Bäume kann hierbei nicht nur den

Naturschutz- und Landschaftsbildwert erhöhen, sondern ebenfalls zu einer verbesserten Produktionsleistung beitragen. Gemäß der Annuität von  $-0,6 \text{ € m}^{-1}$  würde eine solche Umwandlung für die gesamte 305 m lange Hecke jährliche Kosten von 183 € erzeugen. Hinzu kommen die Kosten für das Füllen bestehender Bestandeslücken. Diese betragen für die Etablierung einer überwiegenden Strauchhecke  $-12 \text{ € m}^{-1}$  und  $-14 \text{ € m}^{-1}$  für die Begründung einer Strauchhecke. Angenommen, dass die Lücken ein Drittel der räumigen Hecke einnehmen, betragen die Gesamtkosten für die Neubegründung von Heckenabschnitten als überwiegende Strauchhecke insgesamt 1.100 €.

### 3.4.3.2 Hecke 2 (BH/R/D)

Auch Hecke 2 ist eine Baumhecke mit einem räumigen Bedeckungsgrad. Allerdings ist der Anteil gebietsheimischer Arten hier höher als bei Hecke 1. Mit einer Länge von knapp 750 m ist sie die längste Hecke im Aufnahmequadrat. Die Baumschicht besteht zu gleichen Teilen aus Hybridpappeln und Stieleichen, wobei die Hybridpappeln einen deutlich höheren BHD als die Stieleichen aufweisen und der mittlere BHD somit über 30 cm beträgt. In der nur sporadisch vorhandenen Strauchschicht wächst lediglich Schwarzer Holunder. Ähnlich wie bei Hecke 1 grenzen an Hecke 2 große Ackerschläge an. Daher ist auch Hecke 2 für den Windschutz von großer Bedeutung. Ihre Windschutzfunktion sollte daher unbedingt erhalten bzw. durch ein entsprechendes Heckenmanagement verbessert werden.

Im Gegensatz zu Hecke 1 decken die Einnahmen durch den Verkauf der geernteten Bäume bei keinem Szenario die Kosten für die Heckenentwicklung. So variiert die Annuität zwischen  $-7,7 \text{ € m}^{-1}$  (bei Umgestaltung in eine Strauchhecke) und  $-1,8 \text{ € m}^{-1}$  (bei Weiterentwicklung als Baumhecke gemäß Szenario II) bei Betrachtung des ersten Jahres und zwischen  $-1,6 \text{ € m}^{-1}$  (bei Weiterentwicklung als Baumhecke gemäß Szenario I) und  $-0,6 \text{ € m}^{-1}$  (bei Weiterentwicklung als Baumhecke gemäß Szenario II) nach 60 Jahren (Abb. 19). Aufgrund der verschiedenen Altersgruppen und dem hiermit verbundenen höheren Struktureichtum sowie der naturnäheren Vegetation hat die Hecke 2 im Vergleich zu Hecke 1 potentiell einen höheren Lebensraumwert. Dieser ist kurz- bis mittelfristig allerdings mit einer geringeren Produktionsleistung verbunden, da gemäß der Intention dieses hier vorgestellten Entwicklungskonzeptes die Stieleiche nicht bzw. bei höherem Vorkommen nur in sehr geringem Umfang geerntet werden soll.



**Abbildung 19:** Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2)

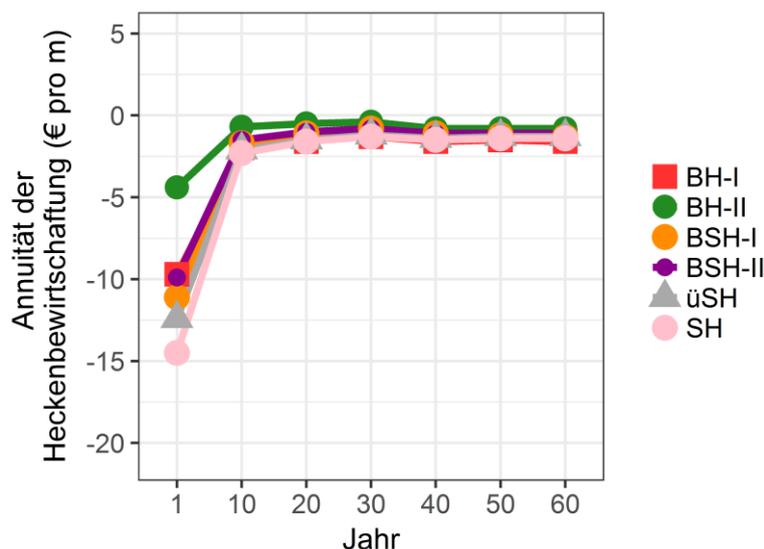
Da bei Hecke 2 ebenfalls die Ökosystemdienstleistungen Windschutz und Lebensraum als wichtigste Zielfunktionen erachtet werden, sollte auch hier der Anteil der Strauchschicht deutlich erhöht werden. Um dennoch die Nutzung einiger Bäume zu ermöglichen und gleichzeitig eine noch

höhere Strukturvielfalt zu schaffen, wird ebenfalls die Umwandlung in eine überwiegende Strauchhecke empfohlen. Die Kosten für die Schließung vorhandener Bestandeslücken im Sinne einer überwiegenden Strauchhecke belaufen sich für die gesamte Hecke auf ca. 2.700 €.

### 3.4.3.3 Hecke 3 (BSH/LL/NF)

Hecke 3 ist eine Baum-Strauch-Hecke mit etwa gleichen Anteilen an Bäumen und Sträuchern (jeweils 33-66 %). Der Bedeckungsgrad ist locker bis licht und das Artenspektrum vorwiegend naturfern. So dominieren in der Baumschicht ebenfalls Hybridpappeln. Darüber hinaus existieren einzelne Kiefern (*Pinus sylvestris*). Die Mehrzahl der Bäume sind mit einem BHD von < 30 cm vergleichsweise jung. In der ersten Strauchschicht sind vorwiegend Weiden und in der zweiten Strauchschicht Schwarzer Holunder vorzufinden. Die Hecke ist mit reichlich 100 m Länge relativ kurz und befindet sich zwischen Acker- und Grünlandflächen.

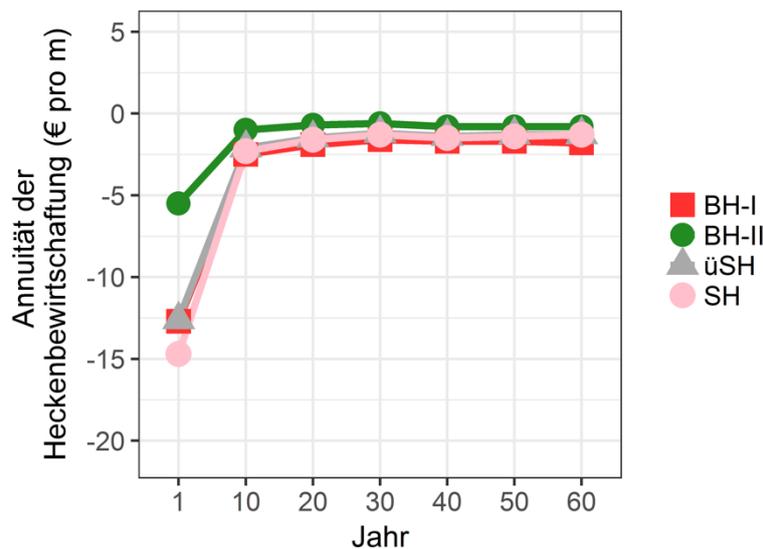
Bis zum Jahr 10 variiert die Annuität zwischen den Entwicklungsszenarien erheblich. So kann im Jahr 1 bei einer Umwandlung in eine Strauchhecke mit  $-14,5 \text{ € m}^{-1}$  gerechnet werden, während bei einer Entwicklung Richtung Baumhecke mit Szenario II lediglich  $-4,4 \text{ € m}^{-1}$  zu veranschlagen sind. In diesem Fall wäre das produktionsorientierte Szenario deutlich kostengünstiger als das eher naturschutzfachlich ausgerichtete. Bei Betrachtung eines Zeitraumes von 60 Jahren werden die Differenzen erheblich geringer. So bewegt sich die Annuität lediglich zwischen  $-1,6 \text{ € m}^{-1}$  bei einer Entwicklung Richtung Baumhecke mit Szenario I und  $-0,8 \text{ € m}^{-1}$  bei einer Baumhecke mit Szenario II (Abb. 20). Der Anbau von Energieholz (Szenario I) schneidet aus wirtschaftlichen Überlegungen über längere Sicht bei dieser Hecke folglich am schlechtesten ab. Ein Erhalt der Hecke als Baum-Strauch-Hecke würde kostenseitig zwischen den beiden Baumheckenszenarien liegen und wäre in der Unterhaltung etwas günstiger als eine reine Strauchhecke. Da Baum-Strauch-Hecken durch eine hohe Strukturvielfalt gekennzeichnet sind, ist eine diesbezügliche Weiterentwicklung vor allem aus Gründen der Lebensraumvielfalt und des Landschaftsbildes als sinnvoll zu erachten. Bei einer stärkeren Ausrichtung auf die Produktionsfunktion sollte beachtet werden, dass aufgrund der vergleichsweise geringen Heckenlänge je Eingriff lediglich Holz aus ein bis zwei 20 m-Abschnitten anfällt und somit die Bergungskosten je Holzeinheit relativ hoch ausfallen können.



**Abbildung 20:** Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2)

#### 3.4.3.4 Hecke 4 (üSH/R/NN)

Bei Hecke 4 handelt es sich um eine überwiegende Strauchhecke mit einem räumigen Bedeckungsgrad und naturnaher Vegetation. Sie befindet sich in einer durch Grünland geprägten Landschaft und grenzt direkt an einen Graben an. Die Baumschicht der Hecke besteht ausschließlich aus Schwarzerle. Die Bäume sind vorwiegend jung und weisen zu 90 % einen BHD < 30 cm auf. In der Strauchsicht ist ausschließlich Schwarzer Holunder vertreten. Aufgrund des geringen Artenspektrums kann die Hecke als monoton bezeichnet werden. Daher, aber auch bedingt durch den räumigen Bedeckungsgrad und der unterdurchschnittlichen Breite der Hecke, ist der Erfüllungsgrad gegenüber der Ökosystemdienstleistung Lebensraum als gering einzustufen.



**Abbildung 21:** Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2)

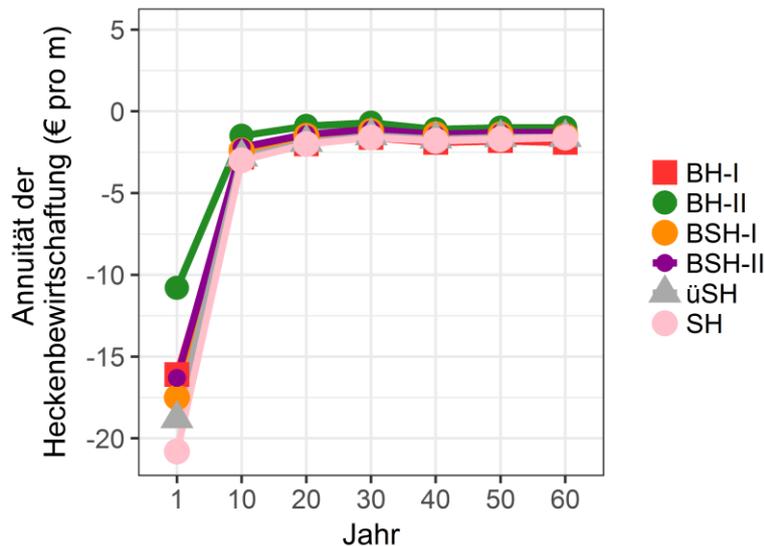
Die Annuität ist – wie in Abbildung 21 ersichtlich – bei einer produktionsorientierten Entwicklungsstrategie höher als bei einer stärker auf Sträucher ausgerichteten Heckenstruktur. Bei Betrachtung des ersten Jahres reicht die Annuität von  $-14,7 \text{ € m}^{-1}$  (Umwandlung in eine Strauchhecke) bis  $-5,5 \text{ € m}^{-1}$  (Umwandlung in eine Baumhecke nach Szenario I). Über einen Zeitraum von 60 Jahren ergeben sich Annuitäten zwischen  $-1,8 \text{ € m}^{-1}$  (Umwandlung in eine Baumhecke nach Szenario I) und  $-0,8 \text{ € m}^{-1}$  (Umwandlung in eine Baumhecke nach Szenario II). Für die Füllung der Lücken in dem Weiterbewirtschaftungsszenario als überwiegende Strauchhecke ist ferner von Kosten in Höhe von 1.000 € auszugehen, während bei der stellenweisen Neubegründung in Form einer Baumhecke (Szenario II) nur 670 € anfallen würden.

Die Tatsache, dass sich die Hecke in einem vergleichsweise strukturreichen Grünlandgebiet befindet, lässt auf eine vergleichsweise geringe Erosions- und Gewässergefährdung schließen. Daher erscheint die eher produktionsorientierte Entwicklung einer Baumhecke gemäß Szenario II als sinnvoll. Zur Verbesserung der Lebensraum- und Landschaftsbildfunktion sollte jedoch die Baumarten- und Strauchartenanzahl dieser Hecke schrittweise erhöht werden.

#### 3.4.3.5 Hecke 5 (BSH/G/NN)

Hecke 5 ist eine Baum-Strauch-Hecke mit einem geschlossenen Bedeckungsgrad und naturnaher Baum- und Strauchsicht. Die Baumschicht der Hecke besteht zu zwei Drittel aus Schwarzerle und zu einem Drittel aus Weide. Sie befindet sich nahe einer Bahntrasse in einer durch Grünlandnutzung geprägten Landschaft. Die Strauchsicht ist ebenfalls vorwiegend durch Weiden und zu geringeren Anteilen durch Rosen geprägt.

Drei Viertel der Bäume haben einen BHD < 30 cm und nur ein geringerer Anteil ist mit einem BHD von > 30 cm hiebsreif. Mit einer Länge von etwa 110 m und einer Breite von 8 m ist es unter den acht ausgewählten Gehölzstrukturen die kürzeste und zugleich breiteste Hecke. Die überdurchschnittliche Breite sowie das ausgewogene Verhältnis von Bäumen und Sträuchern deuten auf einen hohen Erfüllungsgrad der Lebensraumfunktion hin. Die Geschlossenheit und Breite der Hecke, aber auch der vergleichsweise hohe Strauchanteil sowie die nordsüdliche Ausrichtung entlang einer Bahntrasse weisen ebenfalls auf eine effektive Windschutzwirkung hin.



**Abbildung 22:** Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2)

Die Kosten je laufenden Meter für die Weiterentwicklung dieser Hecke sind aufgrund der Breite vergleichsweise hoch. Im Jahr 1 beträgt die Annuität bei einer unterstellten Entwicklung Richtung Strauchhecke  $-20,8 \text{ € m}^{-1}$ . Bei stärkerer Produktionsorientierung (Umwandlung in eine Baumhecke gemäß Szenario II) ergeben sich Annuitätswerte für das erste Jahr in Höhe von  $-10,8 \text{ € m}^{-1}$  (Abb. 22). Über einen 60-jährigen Zeitraum betrachtet sinken die jährlichen Kosten und variieren zwischen  $-1,9 \text{ € m}^{-1}$  bei Umwandlung in eine Baumhecke mit Energieholzproduktion (Szenario I) und  $-1,0 \text{ € m}^{-1}$  bei Entwicklung in eine Baumhecke nach Szenario II. Eine Füllung von Lücken ist wegen des geschlossenen Bedeckungsgrades nicht notwendig.

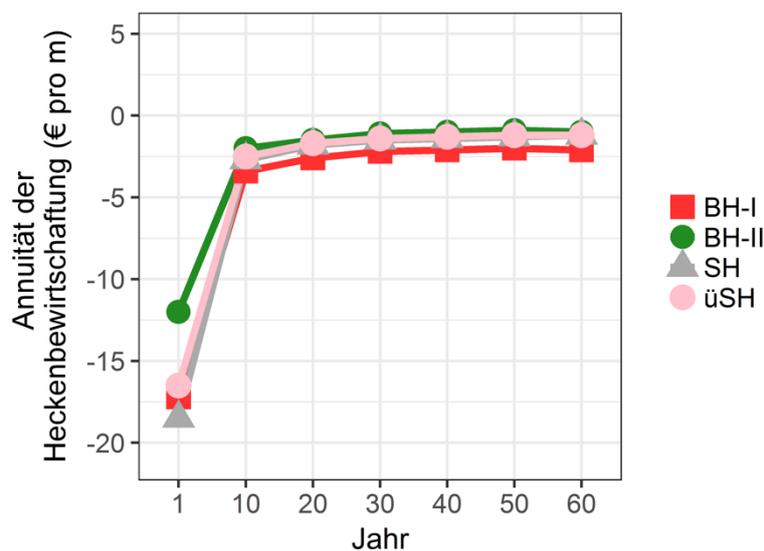
Hecke 5 ist mit Hecke 3 vergleichbar. Auch diese Hecke sollte als Baum-Strauchhecke unter Berücksichtigung eines erweiterten Artenspektrums der Gehölze weiterentwickelt werden.

#### 3.4.3.6 Hecke 6 (SH/LL/NN)

Hecke 6 ist eine Strauchhecke mit einem locker bis lichten Bedeckungsgrad und überwiegend naturnaher Gehölzvegetation. Die Hecke befindet sich zwischen Ackerland- und Grünlandschlägen und weist mit Schwarzerle, Kirsche (*Prunus spec.*), Stieleiche und Schwedischer Mehlbeere (*Sorbus intermedia*) eine relativ artenreiche Baumschicht auf. Zudem befinden sich die Bäume in unterschiedlichen Altersklassen. Etwa 57 % der Bäume haben einen BHD < 30 cm, 33 % der Bäume einen BHD zwischen 30 cm und 50 cm und bei 10 % der Bäume ist der BHD > 50 cm. Auch die erste Strauchschicht ist mit Schwarzem Holunder, Zweigriffligem Weißdorn, Weide und Gewöhnlicher Traubenkirsche (*Prunus padus*) recht artenreich. Allerdings existiert keine zweite Strauchschicht, was auf eine fehlende Verjüngung hinweist.

Diese Hecke hat eine der niedrigsten Annuitäten, das heißt, ihre Bewirtschaftung ist mit vergleichsweise hohen Kosten verbunden. Bei Betrachtung des ersten Jahres beträgt die Annuität  $-18,5 \text{ € m}^{-1}$ , wenn eine Strauchhecke entwickelt werden soll und erreicht maximal einen Wert

von  $-12 \text{ € m}^{-1}$  bei Umwandlung in eine Baumhecke gemäß Szenario II. Interessant ist, dass die Kosten für eine Umwandlung in eine Baumhecke gemäß Szenario I ähnlich jener für die Beibehaltung des Strauchheckentyps sind. Bei Betrachtung eines 60-jährigen Zeitraumes variiert die Annuität zwischen  $-2,1 \text{ € m}^{-1}$  (Umwandlung in eine Baumhecke nach Szenario I) und  $-1 \text{ € m}^{-1}$  (Entwicklung einer Baumhecke nach Szenario II) (Abb. 23). Unter Berücksichtigung der Heckenlänge von 175 m würde das Heckenmanagement bei 60-jähriger Betrachtung und unterstellter Beibehaltung des Strauchheckentyps Kosten von ca. 210 € jährlich verursachen. Hinzu kommen im ersten Jahr Kosten in Höhe von 245 € für die Ausfüllung des vergleichsweise geringen Anteils an Bestandeslücken.



**Abbildung 23:** Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2)

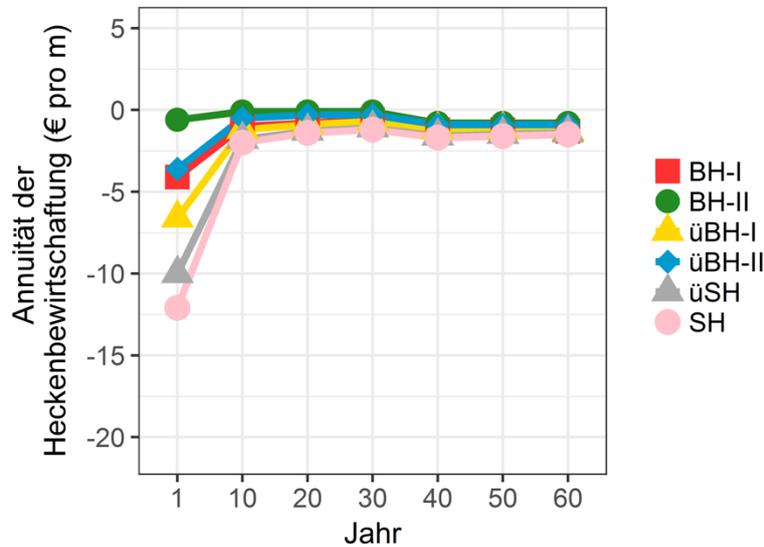
Die Beibehaltung der Strauchheckenstruktur erscheint sinnvoll, da dieser Heckentyp im Erhebungsareal unterrepräsentiert ist. Aufgrund der hohen Strukturvielfalt und des gebietsheimischen Artenspektrums besitzt die Hecke vor allem für die Funktion als Lebensraum eine große Bedeutung. Aber auch das Windschutzpotential ist bei einer Strauchhecke noch angemessen hoch. Dies ist wichtig, da dieser Hecke aufgrund ihrer Lage am Westrand eines Ackerschlages diesbezüglich ein großes Gewicht beizumessen ist. Um die Lebensraum- und zum Teil auch die Windschutz- und Landschaftsbildfunktion dieser Hecke langfristig aufzuwerten, wurde unterstellt, dass einerseits die vorhandenen Stieleichen nicht geerntet und andererseits eine zweite Strauchschicht mit heimischen, fruchttragenden Arten aufgebaut wird.

#### 3.4.3.7 Hecke 7 (üBH/LL/NN)

Hecke 7 ist eine überwiegend durch Bäume geprägte Gehölzstruktur. Sie weist einen lockeren bis lichten Bedeckungsgrad und eine vorwiegend naturnahe Gehölzflora auf. Bei mehr als 90 % der Bäume handelt es sich um Schwarzerle. Der restliche Baumbestand wird durch die Sandbirke (*Betula pendula*) repräsentiert. Innerhalb der Strauchschicht, die ausschließlich durch Rosen gebildet wird, dominieren Sträucher mit weniger als 1,5 m Höhe. Die zwischen Grünlandflächen liegende Hecke wächst entlang eines wasserführenden Grabens und fungiert damit als Uferrandstreifen. Mit über 560 m Länge stellt sie eine der größten Gehölzstrukturen im Erhebungsareal dar. Allerdings ist sie im Mittel nur 2 m breit und somit die schmalste der in dieser Studie beschriebenen Hecken.

Auch bei dieser Hecke schneidet eine Entwicklung in Richtung Baumhecke gemäß Szenario II am wirtschaftlichsten ab. Die Annuität in Jahr 1 beträgt für dieses Entwicklungsszenario  $-0,6 \text{ € m}^{-1}$  und sinkt bei Betrachtung von 60 Jahren schwach auf  $-0,8 \text{ € m}^{-1}$ . Im Gegensatz hierzu beträgt die

Annuität bei der stärker naturschutzfachlich ausgerichteten Entwicklung in Richtung Strauchhecke  $-12,1 \text{ € m}^{-1}$  im Jahr 1 und  $-1,5 \text{ € m}^{-1}$  bei Berücksichtigung des gesamten Zeitraumes von 60 Jahren (Abb. 24). Die Neubegründung der gehölzfreien Heckenbereiche im Sinne einer überwiegenden Baumhecke erfordert für das Jahr 1 einen zusätzlichen Kostenaufwand in Höhe von 450 €.



**Abbildung 24:** Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2)

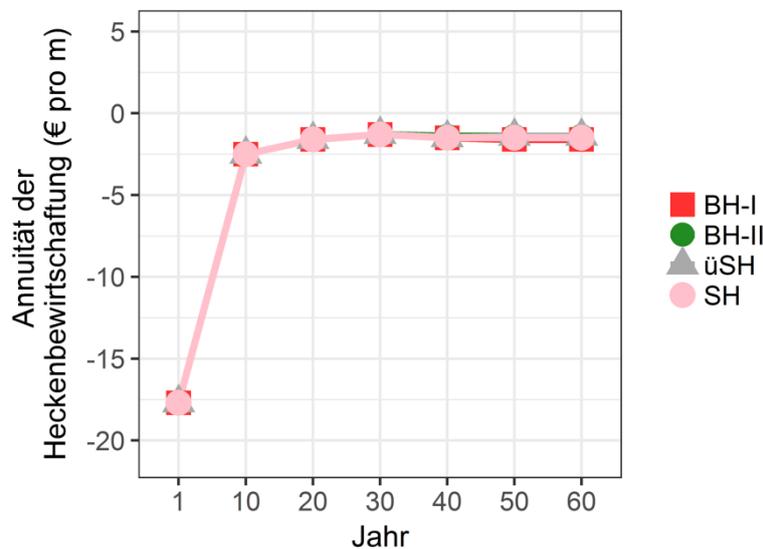
Die Belassung einer überwiegend durch Bäume geprägten Heckenstruktur wird als vorteilhaft angesehen. So erscheint eine stärkere Fokussierung auf die Ökosystemdienstleistungen Wind- und Gewässerschutz sowie Lebensraum aufgrund der Grünlandlage und der in der Umgebung vergleichsweise hohen Gehölzstrukturdichte als nicht notwendig. Vielmehr sollte in diesem Falle der Produktionsfunktion eine höhere Priorität beigemessen werden.

#### 3.4.3.8 Hecke 8 (BH/G/NN)

Hecke 8 ist eine reine Baumhecke (ohne Strauchschicht) mit einem geschlossenen Bedeckungsgrad und naturnahem Gehölzartenspektrum. Die Hecke besteht ausschließlich aus jungen, dicht stehenden Schwarzerlen, deren BHD  $< 30 \text{ cm}$  ist. Daher wird unterstellt, dass mangels genügend großem Zieldurchmesser in den ersten Jahren keine Bäume zur Stammholznutzung geerntet werden können. Durch die angenommene, regelmäßige Durchforstung der Hecke wird aber die Nutzung schwächerer Stammsortimente für die energetische Verwertung ermöglicht. Die verbleibenden Bäume können sich zu stärkeren Stämmen entwickeln und werden für die Berechnung der Annuitäten erst im Jahr 40 geerntet (vgl. Kapitel 3.4.3). Folglich ist die Annuität im Jahr 1 für alle vier dargestellten Entwicklungsszenarien gleich und beträgt  $-17,7 \text{ € m}^{-1}$  (Abb. 25). Die Kosten beziehen sich hierbei auf die Pflege der zur Stammholznutzung vorgesehenen Bäume bzw. auf das auf den Stock setzen der als Energieholz genutzten Bäume. Neupflanzungen sind in dieser Hecke erst ab dem Jahr 40 vorgesehen und führen zu einer vollständigen Erneuerung der Hecke im Jahr 60. Hierbei ist die Entwicklung einer Baumhecke gemäß Szenario II erneut die kostengünstigste Option. So beträgt die Annuität bei 60-jährigem Betrachtungszeitraum hierfür  $-1,4 \text{ € m}^{-1}$ . Gleiches gilt für eine Entwicklung in Richtung überwiegende Strauchhecke, während die Umwandlung in eine Baumhecke gemäß Szenario I eine Annuität von  $-1,6 \text{ € m}^{-1}$  ergeben würde.

Aus ähnlichen Gründen wie bei Hecke 7 wird auch bei Hecke 8 ein stärker auf die Produktionsfunktion ausgerichtetes Bewirtschaftungsszenario als sinnvoll erachtet. Ungeachtet dessen sollten zu einem gewissen Anteil auch Sträucher gepflanzt werden, da so auch die

Bereitstellung anderer Ökosystemdienstleistungen wie z.B. Windschutz oder Lebensraum verbessert werden kann.



**Abbildung 25:** Annuität in Abhängigkeit verschiedener Heckenstrukturentwicklungsstrategien (BH = Baumhecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und Nutzungsszenarien (I und II; vgl. Kapitel 3.4.2)

### 3.4.3.9 Zusammenfassende Kostenübersicht in Abhängigkeit der Ausgangs- und Zielstruktur der Hecken

In Tabelle 14 sind die durchschnittlichen Kosten – ausgedrückt als Annuität über einen Zeitraum von 60 Jahren – in Abhängigkeit der Ausgangs- und Zielstruktur der Hecken aufgeführt. Grundlage dieser Werte sind die Berechnungsergebnisse der in den Kapiteln zuvor beschriebenen acht Beispielhecken. Auffallend ist, dass sich über diesem Betrachtungszeitraum bei keinem Entwicklungsszenario positive Annuitäten ergeben. Folglich ist das Heckenmanagement immer mit mehr oder weniger hohen Kosten verbunden, wobei der Verkauf des Holzes allgemein zu einer Verringerung dieser Ausgaben beiträgt.

Die höchsten Kosten ( $-2,3 \text{ € m}^{-1}$ ) treten bei der Umwandlung einer Strauchhecke in eine Baum-Strauch-Hecke nach Szenario I auf. Die geringsten Kosten ( $-0,65 \text{ € m}^{-1}$ ) sind bei der Entwicklung einer überwiegenden Baumhecke in Richtung einer Baumhecke nach Szenario II zu veranschlagen. Insgesamt fallen die Durchschnittskosten der Heckenbewirtschaftung unter dem Nutzungsszenario I (vgl. Kapitel 3.4.2) höher als jene unter Szenario II aus. Dies zeigt, dass aus Sicht der Wirtschaftlichkeit die kombinierte Produktion von Stamm- und Energieholz weniger lukrativ als die ausschließliche Stammholznutzung ist. Gründe hierfür sind der hohe Bewirtschaftungsaufwand, die kleinen anfallenden Mengen an produzierter Biomasse und die gegenwärtig niedrigen Preise der Holzhackschnitzel.

Ebenfalls in Tabelle 14 ersichtlich ist, dass die Entwicklung von besonders strukturreichen Baum-Strauch-Hecken höhere Kosten als die Umwandlung monotonerer Baum- oder auch Strauchhecken verursacht. Die durchschnittlichen Kosten für die Ausfüllung der Bestandeslücken folgen dem selben Trend (Tab. 14). Diese sind mit Bezug auf den 60-jährigen Zeitraum zum Teil sogar höher als die Bewirtschaftung bestehender 20 m-Abschnitte und sollten daher nicht unterschätzt werden. Auch zeigt die Gegenüberstellung dieser Kostenbereiche, dass ein Heckenmanagement im Sinne einer Verjüngung bestehender Gehölzstrukturen häufig auch aus wirtschaftlichen Gründen einer Neubegründung von Hecken (z.B. infolge des Absterbens überalteter Hecken) vorzuziehen ist. Anders ist dies lediglich bei Strauchhecken und überwiegenden Strauchhecken, den allgemein ein

hoher ökologischer Wert zugesprochen werden kann. Hier ist eine Neubegründung theoretisch geringfügig günstiger als die regelmäßige Pflege im Rahmen eines nachhaltigen Heckenmanagements unter Annahme der in dieser Studie vorgestellten Nutzungsszenarien (vgl. Kapitel 3.4.2).

**Tabelle 14:** Mittlere Annuitäten für die Entwicklung einer Hecke in Richtung einer bestimmten Zielstruktur in Abhängigkeit der Ausgangsstruktur und mittlere Annuitäten für die Neubegründung von Heckenbestandteilen im Zuge der Schließung des Bedeckungsgrades (Betrachtungszeitraum jeweils = 60 Jahre)

Zielstruktur	Ausgangsstruktur					Neubegründung
	BH	üBH	BSH	üSH	SH	
Annuität in € pro m						
<b>BH-I</b>	1,63	1,44	1,74	1,76	2,06	2,02
<b>üBH-I</b>	1,50	1,32	1,58	1,53	1,83	1,78
<b>BSH-I</b>	1,83	1,69	1,39	1,57	2,30	2,41
<b>BH-II</b>	1,00	0,65	0,90	0,82	1,03	0,96
<b>üBH-II</b>	1,10	0,80	1,06	0,97	1,17	1,11
<b>BSH-II</b>	1,20	0,94	1,19	1,11	1,31	1,24
<b>üSH</b>	1,05	1,00	1,44	1,25	1,16	0,99
<b>SH</b>	1,11	1,08	1,51	1,33	1,23	1,07

BH = Baumhecke, üBH = überwiegend Baumhecke, BSH = Baum-Strauch-Hecke, üSH = überwiegend Strauchhecke, SH = Strauchhecke) und des Szenarios I und II (vgl. Kapitel 3.4.2)

In der gegenwärtigen Förderperiode (2014 bis 2020) der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union werden in einigen Bundesländern Deutschlands im Rahmen der Entwicklungsprogramme für den ländlichen Raum Fördermittel für die Pflege und Bewirtschaftung von Hecken bereitgestellt. Beispielsweise beträgt die Subvention für die Pflege und Erneuerung von Hecken als nicht produktive Flächen in Bayern 2,7 € m<sup>-2</sup>, in Nordrhein-Westfalen sind es 0,5 € m<sup>-2</sup>. Dies ist mehr als im Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz (GAK) für die Pflege und Erneuerung von Hecken vorgesehen ist. Der hier angegebene Wert beträgt aktuell 0,25 € m<sup>-2</sup>. Die Pflege von Knicks wird in Schleswig-Holstein mit 1,0 € je laufenden Meter Hecke gefördert. In Brandenburg wurde dagegen für die Förderperiode 2014 bis 2020 keine Subvention für die Pflege von Hecken vorgesehen.

Die in dieser Studie berechneten Kosten für die Bewirtschaftung von bestehenden Hecken in der Agrarlandschaft verdeutlichen, dass ein langfristiger Erhalt mittels eines nachhaltigen Heckenmanagements meistens nicht wirtschaftlich ist. Daher wäre es zielführend, dass die entstehenden Kosten in allen Bundesländern mittels einer Förderung – so wie sie in den oben genannten Bundesländern bereits der Fall ist – gedeckt werden. Bei Umrechnung der auf die Heckenlänge bezogenen Annuitäten in Kosten je Flächeneinheit (Betrachtungszeitraum ebenfalls 60 Jahre) ergeben sich bei Annahme einer durchschnittlichen Heckenbreite von 5 m jährliche Kosten zwischen 0,46 € m<sup>-2</sup> für Baum-Strauch-Hecken nach Szenario I und 0,13 € m<sup>-2</sup> für Baumhecken nach Szenario II. Hierin eingerechnet ist jedoch die nachhaltige Nutzung bzw. der Verkauf eines Großteils der in den Hecken stehenden Gehölze (vgl. Kapitel 3.4.2), was insgesamt zur Senkung der Kosten beiträgt.

### 3.5 Bewertung der Heckenbewirtschaftung auf dem gesamten Gebiet der Gemeinde Sonnewalde

Um die Kosten des Heckenmanagements auf Gemeindeebene abschätzen zu können, wurden die errechneten Durchschnittskosten anhand der im Erhebungsgebiet ermittelten Verteilung der Heckenstrukturen auf die Gesamtlänge der in der Gemeinde Sonnewalde befindlichen Hecken übertragen. In der Gemeinde Sonnewalde beträgt die Gesamtfläche der digitalisierten Gehölze 87,3 ha und deren Gesamtlänge 94.000 m. Bei Annahme, dass 36 % der Hecken einen räumigen und 52 % einen lockeren bis lichten Bedeckungsgrad aufweisen (vgl. Tab. 10), können Lücken – also Heckenabschnitte, in denen Gehölze fehlen – auf einer Länge von insgesamt 16.000 m unterstellt werden.

In Tabelle 15 werden die hochgerechneten Kosten unter Berücksichtigung von drei Entwicklungsoptionen aufgeführt. Bei der ersten Option (Weiterentwicklung-II) werden alle Hecken gemäß ihrer Ausgangsstruktur unter Annahme des Nutzungsszenarios II (vgl. Kapitel 3.4.2) weiterentwickelt. Die zweite Entwicklungsmöglichkeit (Produktion BH-II) geht von einer stärkeren Fokussierung der Produktionsfunktion aus und unterstellt eine Umwandlung aller Hecken in Richtung Baumhecke gemäß Nutzungsszenario II. Im Gegensatz hierzu wird bei der dritten Entwicklungsoption (Naturschutz-SH) angenommen, dass ökologische Ziele im Vordergrund stehen und folglich alle Hecken in Strauchhecken umgewandelt werden.

Wie in Tabelle 15 ersichtlich sind die errechneten Kosten des Produktionsszenarios 16 % niedriger als die Kosten des Weiterentwicklungsszenarios und 29 % geringer als jene des Naturschutzszenarios. Die Kosten des Naturschutzszenarios sind dagegen 15 % höher als die Kosten des Weiterentwicklungsszenarios. Folglich ist die Pflege von Strauchhecken kostenintensiver als jene von Baumhecken. Gleiches gilt für die Neubegründung von Hecken bzw. für das Schließen von Bestandeslücken. Eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Hecken mit hohem Strauchanteil könnte potentiell durch die Vermarktung von Nebenprodukten wie Obst, Honig oder Kräuter möglich sein. Allerdings ist bei einer solchen Nutzung anzunehmen, dass die hierfür aufzuwendenden Arbeits erledigungskosten den Gewinn aufzehren oder sogar übersteigen.

Für eine künftige Kostenbewertung des Heckenmanagements sollten unbedingt die durch Hecken bereitgestellten Ökosystemdienstleistungen Berücksichtigung finden. Hierfür bedarf es einer monetären Bewertung dieser Leistungen. Würde beispielsweise die Vermeidung von Bodenerosion oder die Pufferwirkung an Oberflächengewässern als monetäre Größe in die Kalkulation einfließen, so ist anzunehmen, dass sowohl die Pflege als auch die Neubegründung von Hecken ökonomisch tragfähig wären. Da es sich bei den bereitgestellten Ökosystemdienstleistungen auch um Vorteile für das Gemeinwohl handelt, erscheint es angemessen, die Höhe der auf Hecken zurückzuführenden Vermeidungskosten im Rahmen einer Förderung aus öffentlichen Mitteln für das Heckenmanagement zur Verfügung zu stellen.

**Tabelle 15:** Kosten für die Lückenschließung und die Bewirtschaftung aller in der Gemeinde Sonnewalde digitalisierten Heckenstrukturen in Abhängigkeit verschiedener Entwicklungsoptionen; die Berechnung erfolgte auf der Basis durchschnittlicher Annuitätswerte (vgl. Kapitel 3.4.3) unter Berücksichtigung eines Zeitraumes von 60 Jahren

	<b>Schließung von Bestandeslücken (Neubegründung)</b>	<b>Weiterentwicklung nach Konzeption mit 20 m-Abschnitten</b>	<b>Summe</b>
Länge (m)	16.000	78.000	94.000
<b>Entwicklungsoptionen</b>	<b>Kosten (€)</b>		
Weiterentwicklung-II	17.780	80.430	98.210
Produktion BH-II	15.290	66.730	82.020
Naturschutz SH	17.080	97.990	115.070

Weiterentwicklung-II = Hecken werden gemäß ihrer Ausgangsstruktur unter Annahme des Nutzungsszenarios II weiterentwickelt; Produktion BH-II = Hecken werden in Richtung Baumhecke gemäß Nutzungsszenario II weiterentwickelt; Naturschutz SH = Hecken werden in Richtung Strauchhecken weiterentwickelt

## 4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Studie setzt sich mit Möglichkeiten eines nachhaltigen Heckenmanagements zur Verbesserung der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen in der Agrarlandschaft auseinander. Hierbei werden die Ökosystemdienstleistungen Produktion, Windschutz, Gewässerschutz, Lebensraum und Landschaftsbild in die Betrachtungen einbezogen. Anhand allgemeiner und einfach zu bestimmender Merkmale wie Heckenstruktur, Bedeckungsgrad und Natürlichkeitsgrad wurde eine Möglichkeit für eine generalisierbare Kategorisierung von Hecken aufgezeigt. Weiterhin wurden in Abhängigkeit der ausgewiesenen Heckenkategorien die Auswirkungen verschiedener Bewirtschaftungsmaßnahmen in Bezug auf den Erfüllungsgrad der jeweiligen Ökosystemdienstleistungen ermittelt. Demnach erfüllen vor allem Baum-Strauch-Hecken mit einem geschlossenen Bedeckungsgrad und durchmischtem oder naturnahem Gehölzartenspektrum in hohem Maße Wind- und Gewässerschutzfunktionen, während bei höherem Baumanteil insbesondere Vorteile für die Produktionsfunktion vorhanden sind. Andererseits besitzen Hecken mit relativ ausgewogenen Baum- und Strauchschichtanteilen, lockerem bis lichtem Bedeckungsgrad und naturnaher Gehölzflora einen besonders hohen Stellenwert für die Ökosystemdienstleistungen Lebensraum und Landschaftsbild. Ein allgemein sehr geringer Erfüllungsgrad der Ökosystemdienstleistungen ist hingegen bei Hecken mit großen Lücken und vornehmlich naturferner Gehölzvegetation anzunehmen.

Im Modellgebiet überwogen Hecken mit höheren und zum Teil überalterten Baumanteilen. Strauchhecken waren nur in geringer Anzahl anzutreffen und überdies zumeist durch einen räumigen oder lockeren bis lichten Bedeckungsgrad geprägt. Als einen wesentlichen Grund hierfür kann eine über Jahrzehnte fehlende Bewirtschaftung der Hecken angeführt werden. Für den langfristigen Erhalt struktur- und artenreicher Hecken in der Agrarlandschaft ist deren Pflege im Sinne einer regelmäßigen Heckenverjüngung unerlässlich. Diese kann an die Nutzung von Holzbiomasse gekoppelt werden, wodurch auch die Wirtschaftlichkeit des Heckenmanagements erheblich verbessert werden kann. Hierbei weisen Baumhecken und überwiegende Baumhecken das höchste theoretische Biomassepotential auf. Zum Teil liegt dieses in Deutschland sogar über jenem von Wäldern, da aufgrund des höheren Lichtgenusses und des größeren Standraumes ein höheres durchschnittliches Derbholzvolumen je Flächeneinheit erzielt werden kann. Allerdings sollte in diesem Zusammenhang auch berücksichtigt werden, dass Hecken kleinräumige und dezentral verteilte Landschaftsstrukturen sind. Hierdurch bedingt können die Aufwandskosten der Holznutzung jene in Wäldern deutlich übersteigen.

Als Folge der hohen Gesamtkosten und der relativ niedrigen aktuellen Holzpreise waren bei den für zwei Nutzungsszenarien durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen keine Gewinne erzielbar. Der Verkauf des Holzes als Stammholz war im Vergleich zum Anbau von schnellwachsenden Bäumen für die Energieholzgewinnung die ökonomisch bessere Alternative. Um die Heckenutzung profitabler zu gestalten, sollten regionale Konzepte erarbeitet werden, die einen Verkauf des Holzes zu höheren Preisen gestatten. Um die wertvollen Ökosystemdienstleistungen von Hecken in Agrarräumen zu honorieren, sollten diese darüber hinaus monetär bewertet und die hiermit in Zusammenhang stehenden Vermeidungskosten in die Wirtschaftlichkeitsberechnungen einbezogen werden. Eine Kompensation dieses finanziellen Verlustes durch die öffentliche Hand wäre durch die Integration des Heckenmanagements in entsprechende Förderprogramme möglich und wird vor dem Hintergrund der ökologischen Wertigkeit von Heckenstrukturen unbedingt empfohlen. Hierbei förderlich sind ebenso alle Ansätze, die neben der Bewirtschaftung bestehender Hecken auch eine Umsetzung agroforstlicher Nutzungsformen auf angrenzenden Acker- und Grünlandschlägen fördern. So kann die verstärkte Etablierung und Bewirtschaftung von Agroforstsystemen sowohl die Bereitschaft der Landnutzer erhöhen, Hecken im Sinne einer nachhaltigen Nutzung zu bewirtschaften und zugleich durch ein erhöhtes Holzvorkommen, verfügbarer Erntetechnik und bestehender regionaler Vermarktungswege die Wirtschaftlichkeit des Managements bestehender Hecken verbessern.

## LITERATUR

- Ackermann I., Baals C., Hundsdorfer M., Kraut D., Rothenburger W., Sauer N. (2005): Datensammlung Landschaftspflege: Daten zur Kalkulation von Arbeitszeit und Maschinenkosten. KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt
- AgrarZahlVerpflV – Verordnung über die Einhaltung von Grundanforderungen und Standards im Rahmen unionsrechtlicher Vorschriften über Agrarzahllungen (Agrarzahllungen-Verpflichtungenverordnung) (2015): Agrarzahllungen-Verpflichtungenverordnung vom 17. Dezember 2014 (BAnz. AT 23.12.2014 V1), die durch Artikel 2 der Verordnung vom 10. Juli 2015 (BAnz. 2015 AT 13.07.2015 V1) geändert worden ist
- Bach M. (2000): Fließgewässer XIII-7.15.1 Gewässerrandstreifen – Aufgaben und Pflege. In: Konold W., Böcker R., Hampicke U. (Hrsg.): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. Ecomed-Verlag, Landsberg
- Bachmann G., Böken H., Brandhuber R. Breitschuh G., Brunotte J., Buchner W., Däschner W., Eisele J., Frielinghaus Mo., Gullich P., Henke W., Heyn J., Jürgens A., Künkel K.-J., Schmidt W.-A., Sommer C. (2001): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Bonn
- Baudry J., Bunce R.G.H., Burel F. (2000): Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *Journal of Environmental Management* 60: 7-22
- Bemmann A., Feger K.-H., Gerold D., Große W., Hartmann K.-U., Petzold R., Röhle H., Schweinle J., Steinke C. (2007): Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen in der Region Großenhain im Freistaat Sachsen. *Forstarchiv* 78: 95-101
- Bioland, KÖN, Bio Austria, FiB. (2011): Hecken planen, pflanzen, pflegen - Eine praktische Anleitung für Landwirte. [http://m.bioland.de/fileadmin/dateien/HP\\_Dokumente/Verlag/Hecken.pdf](http://m.bioland.de/fileadmin/dateien/HP_Dokumente/Verlag/Hecken.pdf) [abgerufen am 25.04.2018]
- Borin M., Passoni M., Thiene M., Tempesta T. (2010): Multiple functions of buffer strips in farming areas. *European Journal of Agronomy* 32: 103-111
- Brandle J., Hogdes L., James J., Sudmeyer R.A. (2009): Windbreak Practices. In: Garrett H.E. (Hrsg.): *North American Agroforestry: An Integrated Science and Practice*. 2nd ed.. America Society of Agronomy, Madison
- Brandle J.R., Hodges L., Zhou X.H. (2004): Windbreaks in North American agricultural systems. *Agroforestry Systems* 61: 65-78
- Bright P.W. (1998): Behaviour of specialist species in habitat corridors: arboreal dormice avoid corridor gaps. *Animal Behaviour* 56: 1485-1490
- Cleugh H.A. (1998): Effects of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. *Agroforestry Systems* 41: 55-84
- Collinge S.K. (1996): Ecological consequences of habitat fragmentation: Implications for landscape architecture and planning. *Landscape and Urban Planning* 36: 59-77
- Croxton P.J., Franssen W., Myhill D.G., Sparks T.H. (2004): The restoration of neglected hedges: a comparison of management treatments. *Biological Conservation* 117: 19-23
- Deumlich D., Kiesel J., Thiere J., Reuter H.I., Völker L., Funk R. (2006): Application of the SItE COMparison Method (SICOM) to assess the potential erosion risk — a basis for the evaluation of spatial equivalence of agri-environmental measures. *Catena* 68: 141-152

- Dondina O., Kataoka L., Orioli V., Bani L. (2016): How to manage hedgerows as effective ecological corridors for mammals: A two-species approach. *Agriculture Ecosystems & Environment* 231: 283-290
- DVL (2000): Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege - "Flurgehölze". Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V., Lychen (Brandenburg):
- DVL (2006): Landschaftselemente in der Agrarstruktur – Entstehung, Neuanlage und Erhalt. DVL-Schriftenreihe "Landschaft als Lebensraum". Heft 9, Ansbach
- Eaton E., Caudullo G., Oliveira S., de Rigo D. (2016): *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston Durrant T., Mauri A. (Hrsg.): *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg
- 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: 29-50
- F.-O. Lürssen Baumschulen GmbH & Co. KG (2017): LÜRSEN-Katalog 2017-2018
- Forman R.T.T., Baudry J. (1984): Hedgerows and Hedgerow Networks in Landscape Ecology. *Environmental Management* 8: 495-510
- Gelling M., Macdonald D.W., Mathews F. (2007): Are hedgerows the route to increased farmland small mammal density? Use of hedgerows in British pastoral habitats. *Landscape Ecology* 22: 1019-1032
- Grünewald H., Böhm C., Quinkenstein A., Grundmann P., Eberts J., v. Wühlisch G. (2009): *Robinia pseudoacacia* L.: A lesser known tree species for biomass production. *Bio-Energy Research* 2: 123-133
- Herdt T., Friske V., Nickel E., Barz H.-P., Hämmerle K., Schaber-Schoor G., Ostermann R., Striebel J. (2007): *Gehölze an Fließgewässern*. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Rheinstetten
- Herzog F. (2000): The importance of perennial trees for the balance of northern European agricultural landscapes. *Unasylva* 200 51: 42-48
- Hinsley S.A., Bellamy P.E. (2000): The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: A review. *Journal of Environmental Management* 60: 33-49
- Huwer A., Wittig R. (2012): Changes in the species composition of hedgerows in the Westphalian Basin over a thirty-five-year period. *Tuexenia* 32: 31-53
- Jose S., Gillespie A.R., Pallardy S.G. (2004): Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agroforestry Systems* 61: 237-255
- Joswig W., Beiersdorf H., Ullmann S. (2012): *Kostendatei für Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege – Vollversion überarbeitet 2010/2011*. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg
- Kaltschmitt M., Hartmann H., Hofbauer H. (2009): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Knauer N. (1993): *Ökologie und Landschaft: Situation Konflikte Lösungen*. Ulmer, Stuttgart
- Knickel K., Janßen B., Schramek J., Käppel K. (2001): *Naturschutz und Landwirtschaft: Entwicklung eines Kriterienkataloges zur Bewertung der „Guten fachlichen Praxis“ aus naturschutzfachlicher Sicht*. *Angewandte Landschaftsökologie* 41. Bundesamt für Naturschutz, Bonn

- Kramer H., Akça A. (2008): Leitfaden zur Waldmesslehre. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main
- Lee K.H., Isenhardt T.M., Schultz R.C. (2003): Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. *Journal of Soil and Water Conservation* 58: 1-8
- LfL (2005): Hecken, Feldgehölze und Feldraine in der landwirtschaftlichen Flur. LfL-Information. 11 Aufl. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising
- Litza K., Diekmann M. (2017): Resurveying hedgerows in Northern Germany: Plant community shifts over the past 50 years. *Biological Conservation* 206: 226-235
- Morandin L.A., Kremen C. (2013): Bee Preference for Native versus Exotic Plants in Restored Agricultural Hedgerows. *Restoration Ecology* 21: 26-32
- 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: 1211-1211
- Nuberg I.K. (1998): Effect of shelter on temperate crops: a review to define research for Australian conditions. *Agroforestry Systems* 41: 3-34
- Reif A., Walentowski H. (2008): The assessment of naturalness and its role for nature conservation and forestry in Europe. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz* 6: 63-76
- Reppin N., Augenstein I. (2018): Zur Gestaltung von Agrarholzflächen unter landschaftsästhetischen Gesichtspunkten. In: Veste M., Böhm C. (Hrsg.): *Agrarholz: Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft – Biologie – Ökologie – Management*. Springer Spektrum, Berlin
- Ryszkowski L., Kedziora A. (2007): Modification of water flows and nitrogen fluxes by shelterbelts. *Ecological Engineering* 29: 388-400
- Saunders D.A., Hobbs R.J., Margules C.R. (1991): Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation – a Review. *Conservation Biology* 5: 18-32
- Schleyer C., Plieninger T. (2011): Obstacles and options for the design and implementation of payment schemes for ecosystem services provided through farm trees in Saxony, Germany. *Environmental Conservation* 38: 454-463
- Schmidt C. (2011): Zur ökonomischen Bewertung von Agroforstsystemen. Doktorarbeit. Justus-Liebig-Universität Gießen
- Schober R. (1995): Ertragstabellen wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. J.D. Sauerländer Verlag, Frankfurt am Main
- Schultz R.C., Isenhardt T.M., Simpkins W.W., Colletti J.P. (2004): Riparian forest buffers in agroecosystems – lessons learned from the Bear Creek Watershed, central Iowa, USA. *Agroforestry Systems* 61: 35-50
- SIAS (2017): Gemeinsames Tarifregister Berlin und Brandenburg – Kurzübersichten über tarifliche Arbeitsbedingungen in verschiedenen Branchen in den Ländern Berlin und Brandenburg – Stand: Juni 2017. Senatsverwaltung für Integration Arbeit und Soziales, Berlin
- Staley J.T., Amy S.R., Adams N.P., Chapman R.E., Peyton J.M., Pywell R.F. (2015): Re-structuring hedges: Rejuvenation management can improve the long term quality of hedgerow habitats for wildlife in the UK. *Biological Conservation* 186: 187-196
- Thünen Institut (2012): Dritte Bundeswaldinventur - Ergebnisdatenbank. <https://bwi.info> [abgerufen am 12.12.2017].

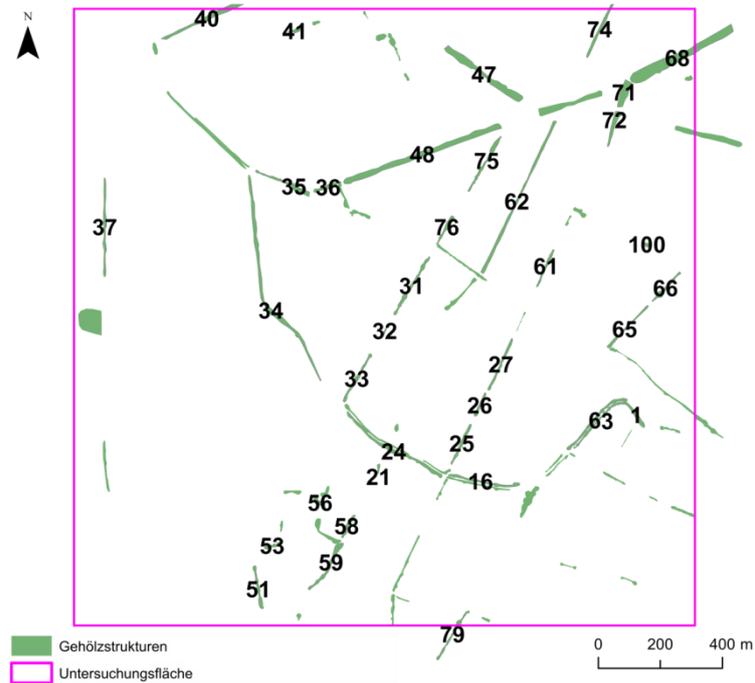
Tsonkova P., Böhm C., Hübner R., Ehritt J. (2018a): Utilising hedgerow biomass maintains woody-features in the agricultural landscape and enhances multiple ecosystem functions. In: Mosquera-Losada M.R., Prabhu R. (Hrsg.): Agroforestry for sustainable agriculture. *Submitted*

Tsonkova P., Böhm C., Hübner R. (2018b): The biomass potential of existing linear woody-features in the agricultural landscape. 4th European Agroforestry Conference – Agroforestry as sustainable land use. Nijmegen, 27-30 May 2018, Agroforestry and multiple products value chain 527 – 531

Weber H.E. (2003): Gebüsche, Hecken, Krautsäume. Ulmer, Stuttgart

## ANHANG

### Lage der Heckenstrukturen im Aufnahmequadrat



**Abbildung 26:** Identifikationsnummern der im Aufnahmequadrat kartierten Gehölzstrukturen

**Tabelle 16:** Zuordnung der in Kapitel 3.4 verwendeten Nummern (1 bis 8) für ausgewählte Hecken zu den Identifikationsnummern der im Aufnahmequadrat kartierten Gehölzstrukturen

Heckennummern (vgl. Kapitel 3.4)	Identifikationsnummern (vgl. Abb. 26)
1	37
2	34
3	76
4	74
5	72
6	65
7	62
8	27

## Bilder analysierter Heckenstrukturen im Aufnahmequadrat (Auswahl)

S = Strauchschicht, B = Baumschicht, Zahlenangaben = Anteil der jeweiligen Gehölzschicht an der Gesamthecke in Prozent; Bildnummern beziehen sich auf Abbildung 26

### Baumhecken (S0-33, B66-100)



**Baumhecken (S0-33, B66-100) [Fortsetzung]**



**überwiegend Baumhecken (S0-33, B33-66)**



überwiegend Baumhecken (S0-33, B33-66) [Fortsetzung]



überwiegend Baumhecken (S33-66, B66-100)



**Baum-Strauch-Hecken (S0-33, B0-33)**

**61**



**66**



**53**



**Baum-Strauch-Hecken (S33-66, B33-66)**



**Baum-Strauch-Hecken (S33-66, B33-66) [Fortsetzung]**



**Baum-Strauch-Hecken (S66-100, B66-100)**



**überwiegend Strauchhecke (S33-66, B0-33)**



**Strauchhecken (S66-100, B0-33)**

**65**



**31**



**26**

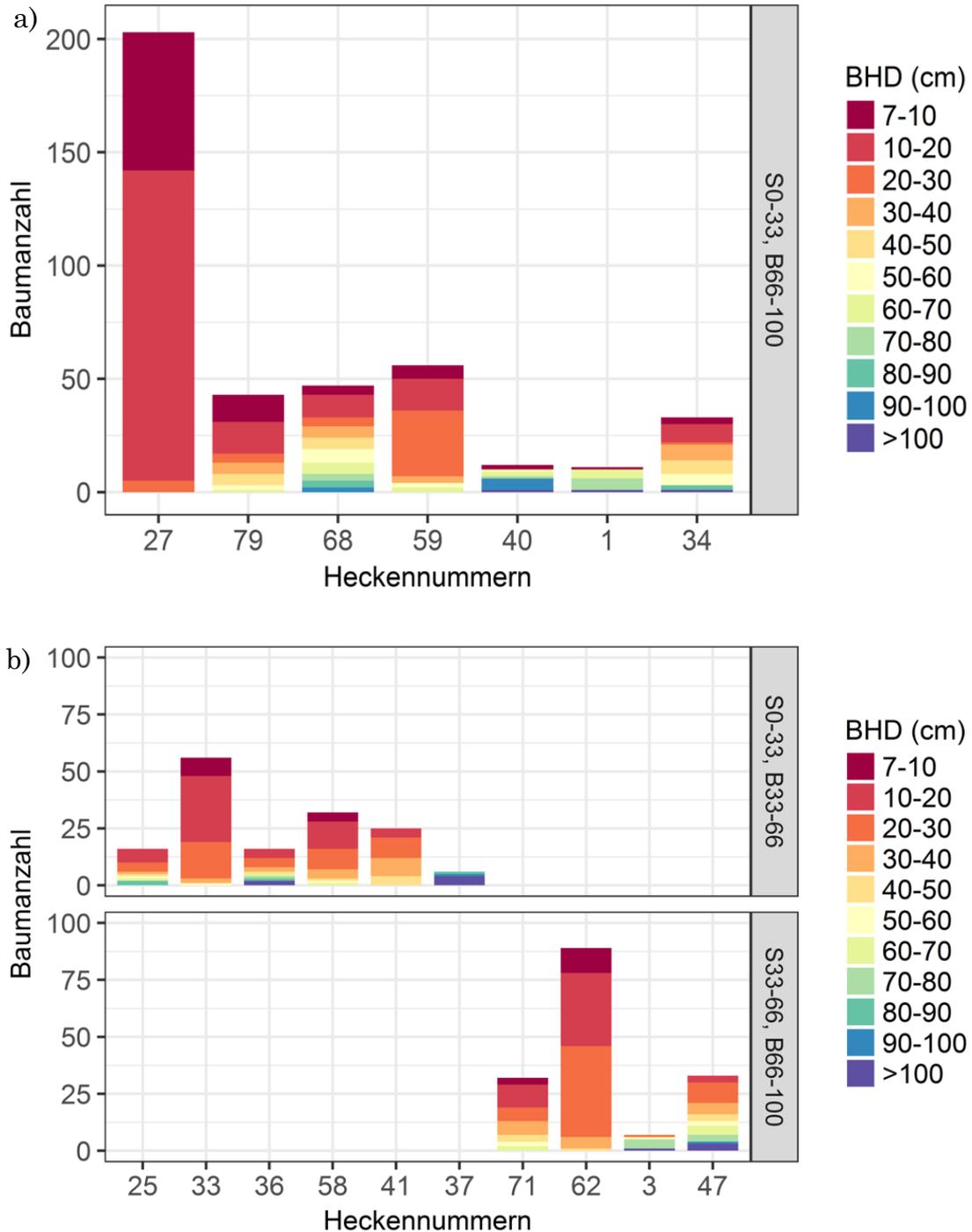


**Strauchhecken (S66-100, B0-33) [Fortsetzung]**

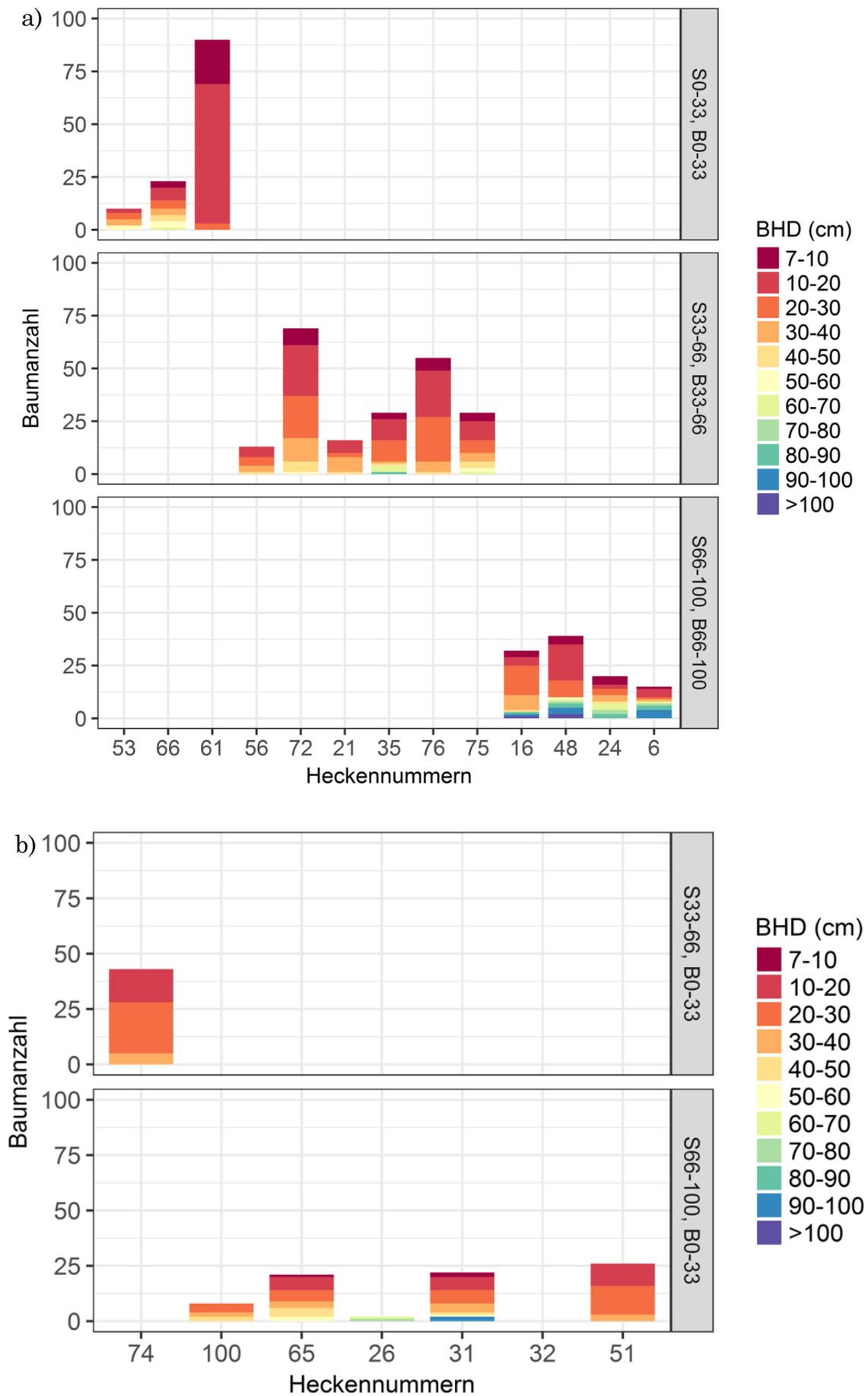


## Verteilung des Brusthöhendurchmessers (BHD)

S = Strauchschicht, B = Baumschicht, Zahlenangaben = Anteil der jeweiligen Gehölzschicht an der Gesamthecke in Prozent; Bildnummern beziehen sich auf Abbildung 26



**Abbildung 27:** Verteilung des Brusthöhendurchmessers (BHD) bei den analysierten a) Baumhecken und b) überwiegend Baumhecken



**Abbildung 28:** Verteilung des Brusthöhendurchmessers (BHD) bei den analysierten a) Baum-Strauchhecken und b) überwiegend Strauchhecken sowie Strauchhecken

## Verteilung der Baumarten

S = Strauchschicht, B = Baumschicht, Zahlenangaben = Anteil der jeweiligen Gehölzschicht an der Gesamthecke in Prozent; Bildnummern beziehen sich auf Abbildung 26

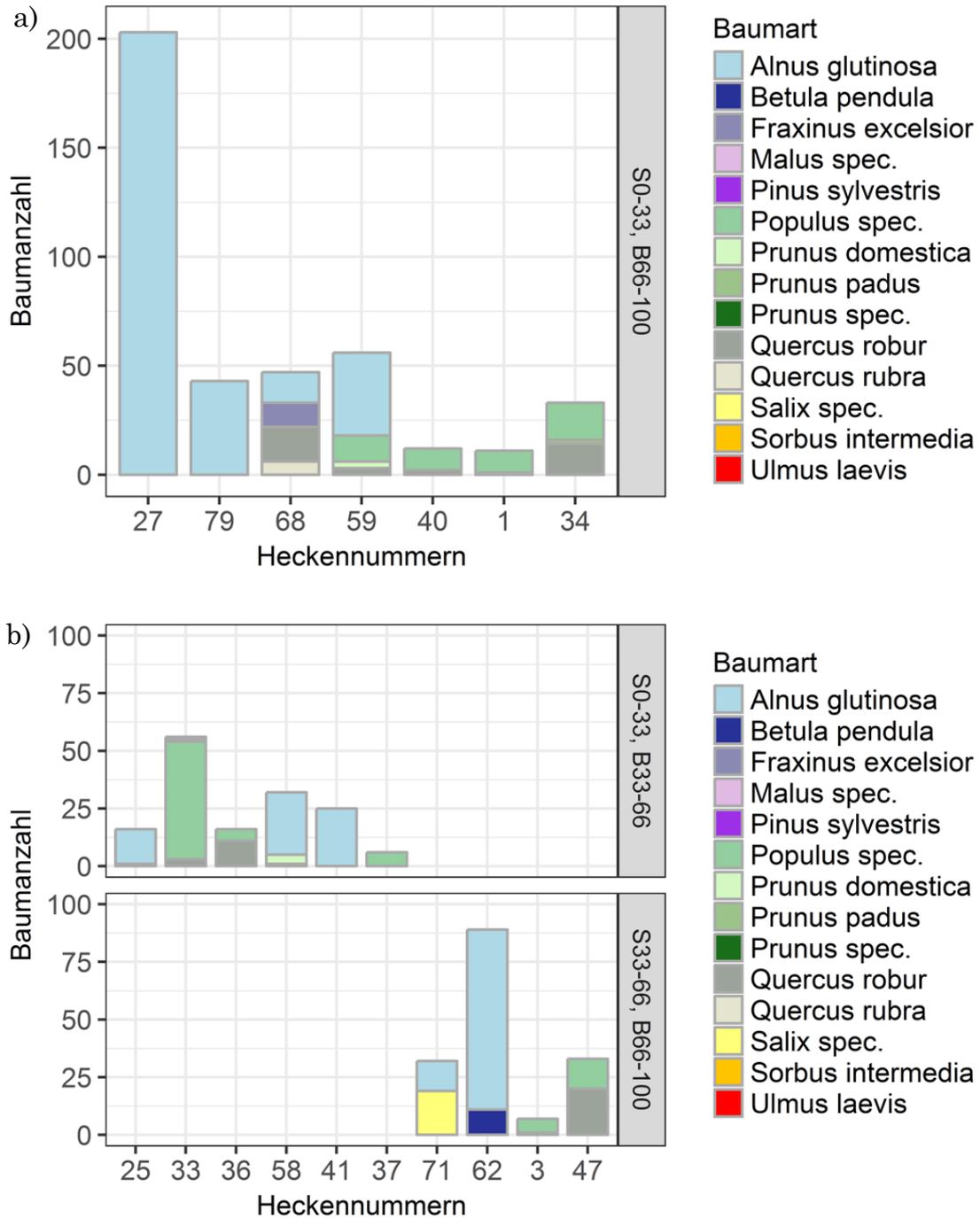
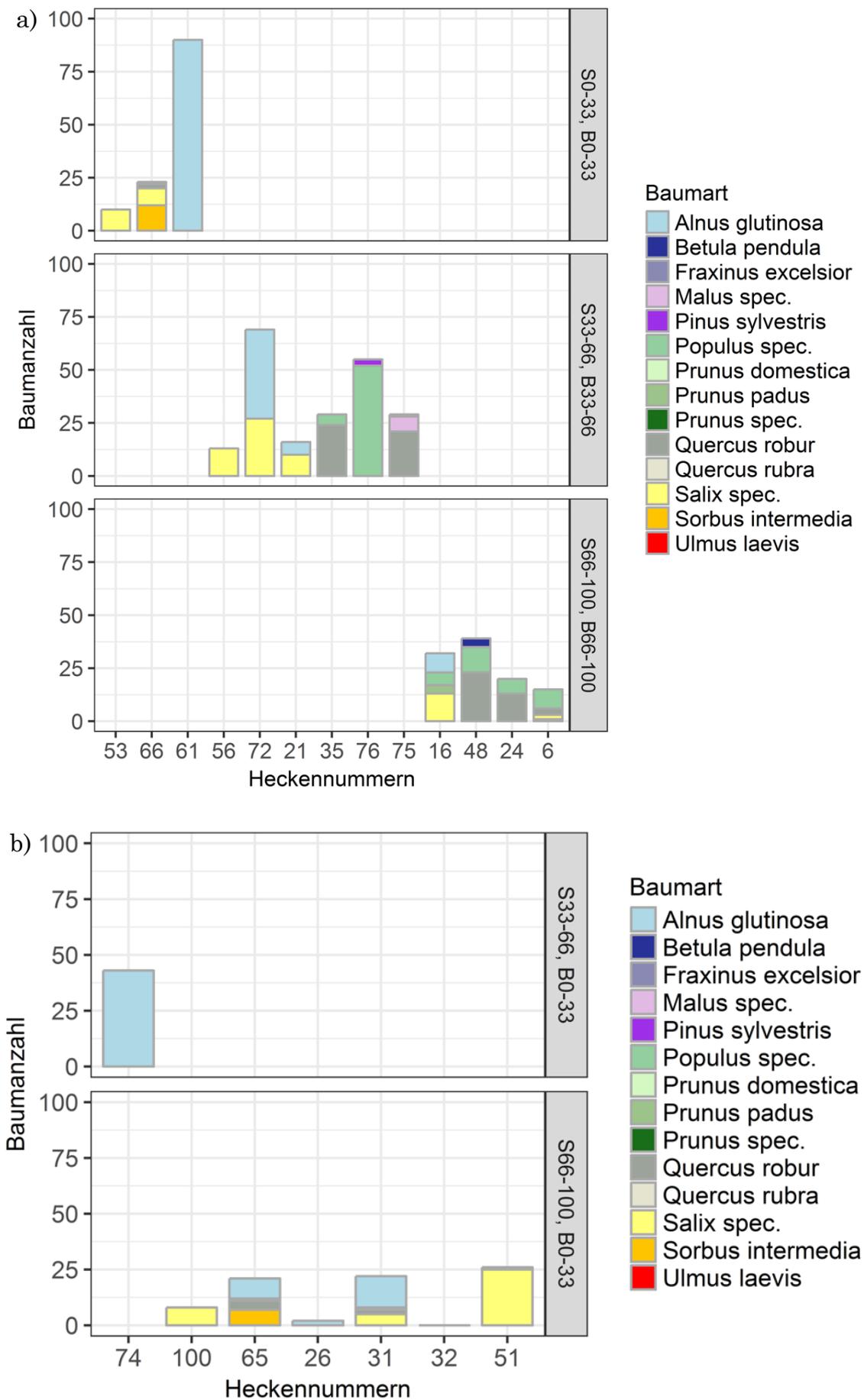


Abbildung 29: Verteilung der Baumarten bei den analysierten a) Baumhecken und b) überwiegend Baumhecken



**Abbildung 30:** Verteilung der Baumarten bei den analysierten a) Baum-Strauchhecken und b) überwiegend Strauchhecken sowie Strauchhecken

## Verteilung der Straucharten

S = Strauchschicht, B = Baumschicht, Zahlenangaben = Anteil der jeweiligen Gehölzschicht an der Gesamthecke in Prozent; Bildnummern beziehen sich auf Abbildung 26

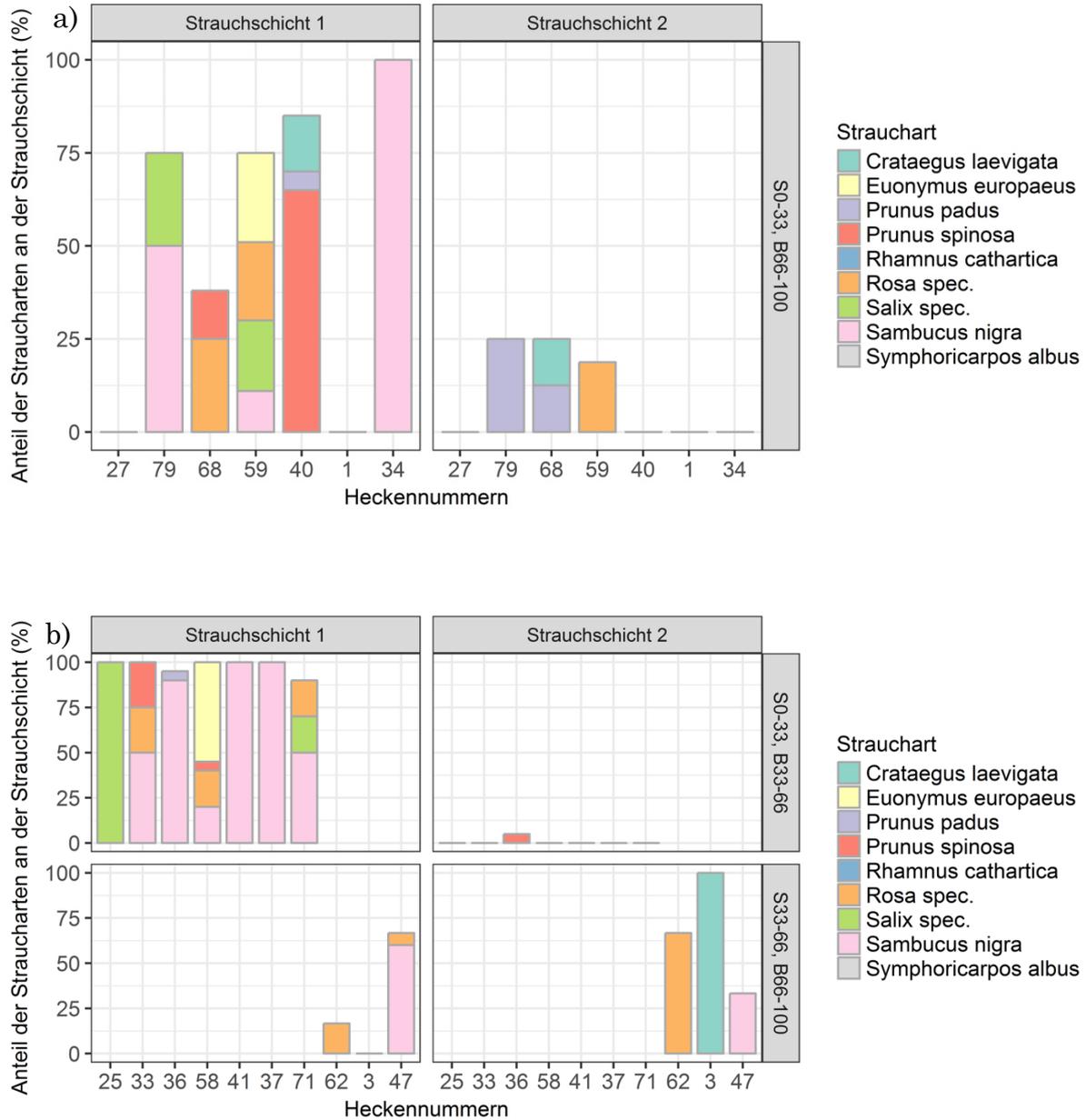


Abbildung 31: Verteilung der Straucharten bei den analysierten a) Baumhecken und b) überwiegend Baumhecken

