

Abschlussbericht

# SIGNAL II - Nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft durch Agroforstsysteme, Teilprojekt F

Förderkennzeichen: 031B0510F

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 031B0510F gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin/beim Autor.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Langtitel:** **Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie-BonaRes (Modul A, Phase 2): SIGNAL II - Nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft durch Agroforstsysteme, Teilprojekt F Ein- und Austräge oberirdischer Biomasse am Standort Dornburg, Vernetzung Wissenschaft und Praxis (In- and outputs of above-ground biomass, site management Dornburg, linking science and practice)**

**Kurztitel:** SIGNAL II - Nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft durch Agroforstsysteme, Teilprojekt F: Ein- und Austräge oberirdischer Biomasse am Standort Dornburg, Vernetzung Wissenschaft und Praxis

**Projektleiter:** Torsten Graf

**Abteilung:** Landwirtschaftliche Erzeugung, Gartenbau und Bildung

**Abteilungsleiter:** Dr. Frank Augsten

**Laufzeit:** 01.07.2018 bis 30.06.2021

**Auftraggeber:** Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), gefördert durch Projektträger Jülich

**Bearbeiter:** Maximilian Weber  
Andrea Biertümpfel  
Carolin Rudolf

September 2021

  
Peter Ritschel  
(Präsident)

  
Torsten Graf  
(Projektleiter)

**Copyright:**  
Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der foto-mechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

## Inhalt

Tabellenverzeichnis.....	4
Abbildungsverzeichnis.....	5
Kurz-Darstellung.....	9
1. Aufgabenstellung.....	9
2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	9
3. Planung und Ablauf des Vorhabens .....	12
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	17
• Angaben bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden.....	19
• Angaben der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste .....	19
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	20
Eingehende Darstellung der Ergebnisse .....	21
I. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele.....	21
II. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises .....	61
III. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit .....	62
IV. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplan .....	62
V. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	63
VI. Erfolgte oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6 .....	64

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Monatsmitteltemperaturen und Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel, .....	12
Tabelle 2:	Übersicht der Meilensteine - Teilprojekt 6/ Projektphase II .....	16
Tabelle 3:	Agrotechnische Maßnahmen durch das TLPVG auf der Ackerfläche des Agroforstes und der Referenzfläche, Dornburg 2018.....	22
Tabelle 4:	Monatsmitteltemperaturen und Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel, VS Dornburg 2015 bis 2018.....	22
Tabelle 5:	Laubmenge (Trockengewicht/Korb) im gesamten Zeitraum des Laubfalls (rot – Lee; schwarz – Luv), Dornburg 2018.....	27
Tabelle 6:	Agrotechnische Maßnahmen durch das TLPVG auf der Ackerfläche des Agroforstes und der Referenzfläche, Dornburg 2019.....	28
Tabelle 7:	Laubmenge (Trockengewicht/Korb) im gesamten Zeitraum des Laubfalls (rot – Lee; schwarz – Luv), .....	33
Tabelle 8:	Mittlere Wuchshöhen und Brusthöhendurchmesser aus den SIGNAL-Plots, Dornburg Oktober 2019.....	34
Tabelle 9:	Agrotechnische Maßnahmen durch das TLPVG auf der Ackerfläche des Agroforstes und der Referenzfläche, Dornburg 2020.....	38
Tabelle 10:	Vergleich des mittleren Stroh- und Kornertrags (gedüngte & ungedüngte Parzellen) bei verschiedenen Abständen zum Baumstreifen, Dornburg 2020 .	42
Tabelle 11:	Laubmenge (Trockengewicht/Korb) im Zeitraum des Laubfalls (rot - Lee, schwarz - Luv), Dornburg 2020 .....	47
Tabelle 12:	Brusthöhendurchmesser (BHD) und Triebzahlen aus den SIGNAL-Plots der Streifen D und E im September, Dornburg 2020 .....	48
Tabelle 13:	Vergleich verschiedener BHD in Lee- und Luv- Bereich (Streifen D und E) in 2019 und 2020 .....	48
Tabelle 14:	Wuchshöhe, Triebzahl und Brusthöhendurchmesser (BHD) im Streifen B, Dornburg 2019 und 2020 .....	49
Tabelle 15:	Agrotechnische Maßnahmen durch das TLPVG auf der Ackerfläche des Agroforstes und der Referenzfläche, Dornburg 2021.....	52
Tabelle 16:	Vergleich der Mittelwerte untersuchter Mikronährstoffe (mg/kg TS) an verschiedenen Standorten, 2019 bis 2021 .....	60
Tabelle 17:	Vergleich verfügbare Mittel und tatsächliche Ausgaben .....	61
Tabelle 18:	Veröffentlichungen während der Projektphase .....	64

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Flächenplan Agroforstsystem Dornburg.....	10
Abbildung 2:	Luftbild Agroforstsystem Dornburg mit Referenzfläche (gelb umrahmt), (Bildquelle: Google Earth, 2021) .....	11
Abbildung 3:	Design der SIGNAL Core Plots im Agroforstsystem Dornburg (ab 2019).....	13
Abbildung 4:	Rehwild im Agroforstsystem Dornburg im Frühjahr 2021 (Foto: M. Weber) .	18
Abbildung 5:	Ertrag des Winterweizen im Agroforstsystem und der Referenzfläche, Dornburg 2018.....	23
Abbildung 6:	TS-Gehalt im Korn des Winterweizens im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018 .....	24
Abbildung 7:	Tausendkorngewicht des Winterweizens im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018 .....	24
Abbildung 8:	Korn-Stroh-Verhältnis des Winterweizens auf dem Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018.....	25
Abbildung 9:	Strohertrag des Winterweizen im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018.....	25
Abbildung 10:	TS-Gehalt im Stroh im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018 .....	26
Abbildung 11:	Rohproteingehalt des Winterweizen im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018 .....	26
Abbildung 12:	Wuchshöhen in den SIGNAL-Plots aus den letzten vier Vegetationsperioden, Dornburg 2018.....	28
Abbildung 13:	Ertrag der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019.....	29
Abbildung 14:	TS-Gehalt der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019.....	30
Abbildung 15:	Tausendkorngewicht der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019 .....	30
Abbildung 16:	Korn-Stroh-Verhältnis der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019 .....	31
Abbildung 17:	Strohertrag der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019 .....	31
Abbildung 18:	TS-Gehalt im Stroh im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019 .....	32
Abbildung 19:	Rohproteingehalt von Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019 .....	32
Abbildung 20:	Hektolitergewicht von Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019 .....	33
Abbildung 21:	Wuchshöhen in den SIGNAL-Plots in den letzten fünf Vegetationsperioden, Dornburg 2019.....	34
Abbildung 22:	Erträge der einzelnen Baumreihen von Streifen B (4-jähriger Umtrieb), Dornburg, Februar 2019 .....	35
Abbildung 23:	Borgehalt im Boden an den verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2019 .....	35
Abbildung 24:	Kupfergehalt im Boden an den verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2019 .....	36
Abbildung 25:	Zinkgehalt im Boden an den verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2019 .....	36

Abbildung 26: Mangengehalt im Boden an den verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2019.....	36
Abbildung 27: Eisengehalt (pflanzenverfügbar) im Boden an den verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2019 .....	37
Abbildung 28: BBCH-Stadien der Sommergerste in Abhängigkeit zum Baumstreifen in der gedüngten Variante, Dornburg 2019.....	37
Abbildung 29: BBCH-Stadien der Sommergerste in Abhängigkeit zum Baumstreifen in der nicht gedüngten Variante, Dornburg 2019 .....	38
Abbildung 30: Ertrag der Sommergerste (in dt/ha bei 86% TS) im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020.....	40
Abbildung 31: TS-Gehalt der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020.....	40
Abbildung 32: TKG der Sommergerste bei (86 % TS) im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020.....	41
Abbildung 33: Korn-Strohverhältnis der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020 .....	41
Abbildung 34: Strohertrag der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020 .....	42
Abbildung 35: TS-Gehalt im Stroh im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020 .....	43
Abbildung 36: Ganzpflanzenertrag im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020 .....	43
Abbildung 37: Rohproteingehalt von Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020.....	44
Abbildung 38: N-Entzug durch Korn und Stroh der Sommergerste im Agroforstsystem in Dornburg und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020 .....	44
Abbildung 39: Hektolitergewicht von Sommergerste im Agroforst Dornburg und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020.....	45
Abbildung 40: Aufgestellte Laubkörbe am 15.09.2020 im Agroforst Dornburg (Foto: M. Weber).....	46
Abbildung 41: Mittlerer Laubfall (in g/Korb) im Lee-, Luv- sowie Lee- und Luvbereich gesamt, Dornburg 2020.....	46
Abbildung 42: Laubfall im Lee-Bereich im Agroforstsystem Dornburg am 16.11.2020 (Foto: M. Weber).....	47
Abbildung 43: Brusthöhendurchmesser (BHD) in den SIGNAL-Plots in den letzten sechs Vegetationsperioden, Dornburg 2020 .....	48
Abbildung 44: Borgehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2020 .....	49
Abbildung 45: Kupfergehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2020 .....	50
Abbildung 46: Zinkgehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2020 .....	50
Abbildung 47: Mangengehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2020 .....	51
Abbildung 48: Eisengehalt (pflanzenverfügbar) im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2020 .....	51
Abbildung 49: Schlecht aufgelaufener Winterrapsbestand am 22.10.2020 im Agroforst in Dornburg (Foto: M. Weber).....	52

Abbildung 50: Schneebruch am 25.01.2020 durch Schneefall und Frost im Agroforst Dornburg (Foto: M. Weber).....	53
Abbildung 51: Schneebruch am 25.01.2020 durch Schneefall und Frost im Agroforst Dornburg (Foto: M. Weber).....	53
Abbildung 52: Hohe Anzahl an Mäuselöchern am 10.03.2021 auf der Referenzfläche in Dornburg (Foto: M. Weber).....	54
Abbildung 53: Winterweizen auf der Referenzfläche am 08.12.2020 (Foto: M. Weber) .....	55
Abbildung 54: Winterweizen auf der Agroforstfläche bei 1 m Abstand zum Gehölzstreifen am 08.12.2020 (Foto: M. Weber).....	55
Abbildung 55: Lückiger Winterweizenbestand im Agroforst am 30.03.2021 (Foto: M. Weber) .....	56
Abbildung 56: BBCH Stadien des Winterweizens auf den gedüngten Prüfgliedern der Agroforst- und Referenzflächen, Dornburg 2020 und 2021 .....	56
Abbildung 57: BBCH Stadien des Winterweizens auf den ungedüngten Prüfgliedern der Agroforst- und Referenzflächen, Dornburg 2020 und 2021 .....	57
Abbildung 58: Borgehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, April 2021 .....	57
Abbildung 59: Kupfergehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, April 2021 .....	58
Abbildung 60: Zinkgehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, April 2021 .....	58
Abbildung 61: Mangangehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, April 2021 .....	59
Abbildung 62: Eisengehalt (pflanzenverfügbar) im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, April 2021 .....	59
Abbildung 63: Mittlere C <sub>org</sub> -Gehalte der Acker- und Baumstreifen im Agroforstsystem Dornburg, Dornburg 2007 bis 2021 .....	60
Abbildung 64: Mittlere Gesamtgehalte an C <sub>org</sub> im Boden auf dem Agroforst in Dornburg (Gehölz- + Ackerstreifen), Dornburg 2007 – 2021 .....	61
Abbildung 65: Übersicht Kostenverteilung SIGNAL Phase II .....	62

### ***Abkürzungsverzeichnis***

BHD	Brusthöhendurchmesser
JKI	Julius-Kühn-Institut
Lee	Wind abgewandte Seite
Luv	Wind zugewandte Seite
SIGNAL	Sustainable intensification of agriculture through agroforestry
TKG	Tausendkorngewicht
TP	Teilprojekt
TS	Trockensubstanz
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (bis 2018)
TLLLR	Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum
TLPVG	Thüringer Lehr-, Prüf- und Versuchsgut

## **Kurz-Darstellung**

### **1. Aufgabenstellung**

Die Landwirtschaft in der Thüringer Ackerebene wird durch wenige, aber flächenstarke Landwirtschaftsbetriebe dominiert. Im Laufe der landwirtschaftlichen Industrialisierung wurden viele Bäume und Hecken entfernt und somit kleine Felder zu großen Schlägen zusammengelegt, um die Schlagkraft der landwirtschaftlichen Produktion zu erhöhen. Daraus folgten die für heute charakteristisch großen und ausgeräumten Flächen mit geringem Besatz an Struktur- und Landschaftselementen. Infolgedessen verstärken und beschleunigen sich Prozesse, welche dem allgemeinen Verständnis einer nachhaltigen Landwirtschaft entgegenwirken. Agroforstsysteme können einen Beitrag zur Aufwertung des Landschaftsbilds leisten, erhöhen die Biodiversität und können ackerbauliche und klimarelevante Vorteile erbringen.

Der Projektverbund SIGNAL setzt sich die Evaluierung existierender Langzeit-Agroforstsysteme (hauptsächlich alley-cropping) und angrenzender konventioneller landwirtschaftlicher Systeme in Deutschland zum Ziel und befasst sich mit der nachhaltigen Intensivierung der Landwirtschaft durch Agroforstsysteme an verschiedenen Standorten. Ein besonderer Schwerpunkt im SIGNAL-Projekt liegt auf der Betrachtung des Bodens. Untersucht werden insbesondere die funktionelle Diversität von Bodengemeinschaften mit deren Aktivitäten, Prozessen und Effekten sowie die Frage, wie diese Aktivitäten und Prozesse durch Management (z. B. Menge an Ernterückstand, Baumartenwahl, Streifenbreite, Pflanzdichte, Umtriebszeit) verbessert werden können. Die Verbesserung der Funktionalität von Wurzeln und Rhizosphäre durch optimiertes Management steht ebenfalls im Fokus des Forschungsvorhabens. Ziel ist die Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes und der Wasserverfügbarkeit des Bodens sowie der mikrobiellen Aktivität. Zudem sollen die Profitabilität und die soziale Akzeptanz sowie die ökonomische bzw. ökologische Über- oder Unterlegenheit von Agroforstsystemen in verschiedenen Regionen Deutschlands untersucht werden.

Das vom Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR) bearbeitete Teilprojekt 6 "In- und Outputs oberirdischer Biomasse in Agroforstsystemen" beschäftigte sich schwerpunktmäßig mit dem Kreislauf organischer Biomasse auf der Agroforstfläche im Vergleich zu einer Referenzfläche ohne Bäume. In der SIGNAL Projektphase II wurden zusätzlich neue Forschungsschwerpunkte in Form eines Versuches mit reduzierter N Düngung in Zusammenarbeit mit der Universität Göttingen sowie der Analyse von Mikronährstoffen auf allen Ackerstandorten gesetzt.

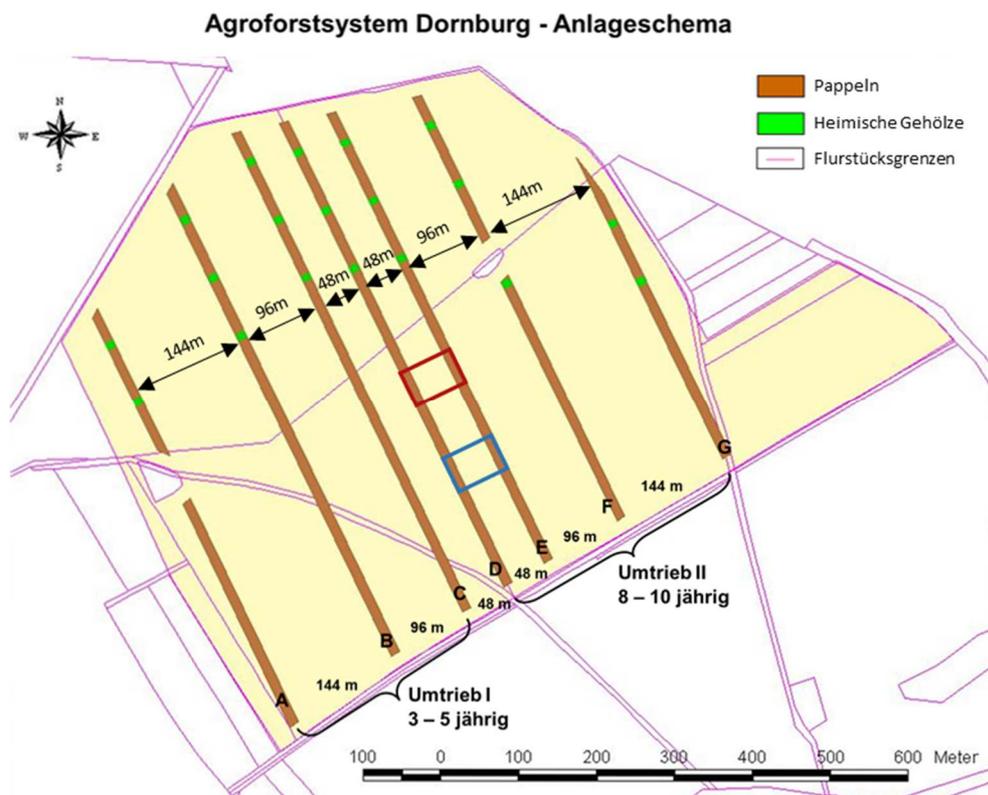
Ebenfalls wurden die Versuche zu den Erträgen und Qualitäten der einjährigen Ackerkulturen, zum Laubfall und zur jährlichen Zuwachsrate der Bäume analog zu Phase I weitergeführt sowie die Untersuchungen der anderen Teilprojekte auf den Dornburger Versuchsflächen unterstützt und mit dem Flächenbewirtschafter abgestimmt.

### **2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Das Agroforstsystem in Dornburg wurde im März 2007 angelegt. Es handelt sich um eine 51,3 ha große Fläche, davon ca. 10 % Bäume. Sieben Pappelstreifen mit zwei unterschiedlichen Umtriebszeiten und unterschiedlichen Pflanzabständen wurden, alternierend mit der einjährigen Ackerkultur, etabliert (Abb. 1). Mit einer Breite von 12 m und NW-SO Ausrichtung befinden sich die Baumstreifen annähernd senkrecht zur Hauptwindrichtung. Für die Anlage der Baumstreifen wurden die Klone der Hybridpappelsorten Max 1, 3 und 4 (Kreuzungen aus Balsampappel (*Populus maximowiczii*) und Schwarzpappel (*Populus nigra*)) verwendet, da diese sich als ertragreiche Klone in vergangenen Untersuchungen der TLL (heute TLLLR) herausgestellt

hatten. Die Streifen A, B, und C bestehen aus sechs Baumreihen und sind im Abstand von 0,5 m x 2 m gepflanzt. Die Umtriebszeit beträgt vier Jahre. Die Streifen D, E, F und G wurden für eine längere Umtriebszeit von acht bis zehn Jahren im Abstand von 1,5 m x 3 m gepflanzt. Dementsprechend besteht ein Baumstreifen aus vier Baumreihen.

Zwischen Streifen D und E befanden sich die Messtransekte des SIGNAL-Projekts. Das blaue Viereck in der Abbildung 1 kennzeichnet den Bereich der normalgedüngten Parzellen, das rote Viereck den Bereich, in welchem keine Düngung erfolgte.



**Abbildung 1:** Flächenplan Agroforstsystem Dornburg

Für den Vergleich „Agroforstsystem mit konventioneller Bewirtschaftung“ befindet sich eine im Norden angrenzende Referenzfläche ohne Bäume mit der gleichen Bewirtschaftungsweise wie auf den Ackerbereichen des Agroforstsystems (Abb. 2).



**Abbildung 2:** Luftbild Agroforstsystem Dornburg mit Referenzfläche (gelb umrahmt), (Bildquelle: Google Earth, 2021)

Beide Flächen werden durch das Thüringer Lehr-, Prüf- und Versuchsgut Buttstedt (TLPVG) bewirtschaftet. Die Bestandsführung erfolgt auf konventionelle Weise mit der Fruchtfolge Winterweizen (2018), Sommergerste (2019 und 2020) und Winterraps. Aufgrund eines sehr schlechten Feldaufgangs wurde der Winterraps im Oktober 2020, wenige Wochen nach der Aussaat, umgebrochen und anstelle dessen noch Winterweizen in die Flächen gedreht.

Der Versuchsstandort Dornburg befindet sich am Südostrand des Thüringer Beckens, unmittelbar vor dem Steilabfall der Hochfläche zwischen Ilm und Saale zum Saaletal und wird dem Agrargebiet Erfurter Becken zugeordnet. Durch folgende Merkmale ist der Standort gekennzeichnet:

- Geografische Koordinaten: 51°00' N, 11°38' O
- Höhenlage: 250 - 270 m ü. NN
- Geologischer Untergrund: mittlerer Muschelkalk mit Löß-Auflage
- Bodentyp: teilweise erodierte Parabraunerde unterschiedlicher Mächtigkeit
- Bodenart: stark toniger Schluff
- Bodenwertzahl: 40 - 50
- Durchschnittstemperatur: 8,9°C (langjähriges Mittel 1991 bis 2010)
- Niederschlagsmenge: 605 mm (langjähriges Mittel 1991 bis 2010)

Einen Überblick über die Monatsmitteltemperaturen und –niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel während der Projektlaufzeit gibt Tabelle 1.

**Tabelle 1:** Monatsmitteltemperaturen und Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel, VS Dornburg 2017 bis 2021

Monat	Temperatur – Mittel (°C)						Niederschläge (mm)					
	Mittel 1981 bis 2010	2017	2018	2019	2020	2021	Mittel 1981 bis 2010	2017	2018	2019	2020	2021
Januar	0,3	-2,7	3,5	0,2	3,2	0,5	34,1	32,1	40,8	67,0	30,0	65,8
Februar	0,9	2,6	-2,6	3,5	5,5	1,0	33,1	24,1	4,5	4,3	60,5	51,7
März	4,3	7,1	1,9	6,5	5,0	4,9	43	45,4	59,4	38,4	32,7	27,5
April	8,3	7,3	12,8	9,3	9,7	5,9	44,8	35,5	30,6	43,6	6,5	30,6
Mai	13,1	14,5	16	11,1	11,5	11,6	61,5	53,5	33,0	62,4	42,5	78,5
Juni	16	17,9	18,3	20,7	17,2	19,6	59,5	93,3	15,8	24,6	70,6	45,2
Juli	18,1	18,7	20,7	19,2	18,5		74,1	102,3	27,4	31,3	26,9	
August	17,4	18,5	20,4	19,3	20,5		66,5	86,4	36,0	47,4	104,1	
September	13,4	12,7	14,9	14,2	14,8		49,6	27,6	68,1	49,1	48,5	
Oktober	9,1	11,2	10,1	10,8	10,5		38,2	65,9	16,2	43,5	73,0	
November	4,3	5,1	4,8	4,8	6,2		52,7	60,8	9,8	37,7	5,4	
Dezember	1	2,9	3,8	3,7	3,4		47,5	31,0	67,1	31,1	23,6	
Ø bzw. Σ	8,9	9,7	10,4	10,3	10,5		604,6	657,9	408,7	480,2	524,3	

### 3. Planung und Ablauf des Vorhabens

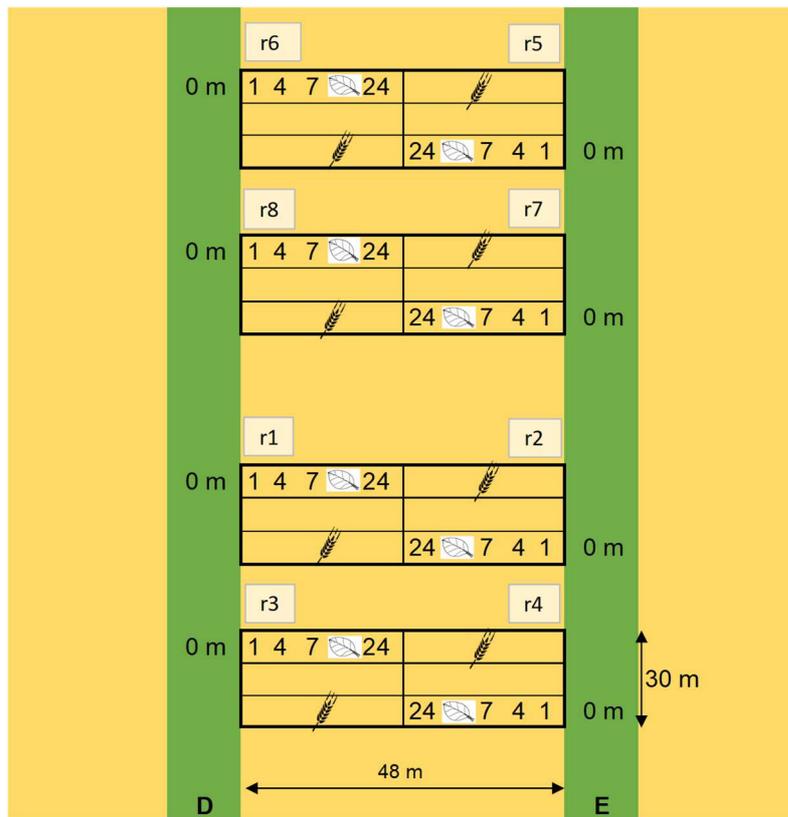
Zu Beginn der zweiten Projektphase wurde das vom SIGNAL-Projektmanagement festgelegte Versuchsdesign aus Phase I übernommen. Ab 2019 erfolgte eine Bearbeitung weiterer Fragestellungen, wodurch sich die Anzahl der Messplots verdoppelte. 2018 und 2019 wurden jährliche Projekttreffen sowie zusätzliche Treffen für spezifische Aufgaben und Ziele organisiert. Aufgrund der Corona-Pandemie waren diese 2020 und 2021 nicht durchführbar.

Analog zu Phase I einigte sich das Konsortium bei den jährlichen SIGNAL-Projekttreffen auch in Phase II auf die Umsetzung eines einheitlichen Versuchsplans, einheitlicher Biomasseerfassungs- und Ernteprotokolle und das gegenseitige Verständnis, dass SIGNAL nur dann erfolgreich sein kann, wenn ein offener Austausch von Daten und Informationen stattfindet. Zum Start der Phase II wurden die jeweils vier Messtransekte auf der Referenz- und Agroforstfläche, die sogenannten Core Plots, welche eine vergleichsweise homogene Bodenfläche darstellten, aus Phase I übernommen. Im Winter 2019 wurden auf der Referenz- und Agroforstfläche jeweils vier zusätzliche Core Plots für Versuche mit reduzierter Düngung ausgemessen und angelegt. Auf der Agroforstfläche entstanden diese nördlich der bereits vorhandenen Plots, ebenfalls zwischen Streifen D und E. Auch die vier neuen Plots auf der Referenzfläche lagen nördlich der gedüngten Plots. Die nicht gedüngten Plots wurden großzügig abgesteckt, um einen Einfluss durch die Düngung in den angrenzenden Bereichen zu verhindern. Das Design der nicht gedüngten Plots stimmte mit denen der gedüngten überein. Alle Untersuchungen und Beprobungen erfolgten parallel auf den gedüngten und ungedüngten Plots. Eine Ausnahme bildeten lediglich die Mikronährstoffuntersuchungen, die nur auf den gedüngten Plots durchgeführt wurden.

Abbildung 3 zeigt den Bereich der gedüngten (r1, r2, r3, r4) und ungedüngten Parzellen (r5, r6, r7, r8) auf der Agroforstfläche. Die acht Core Plots im Ackerbereich der Agroforstfläche hatten jeweils eine Länge von 30 m und waren in drei Bereiche unterteilt. Die äußeren Bereiche dienten zur Laub- bzw. Ertragsmessung und der innenliegende Bereich für die Entnahme der Bodenproben. Diese Aufteilung diente dem Schutz des Bereiches der Ertragsfassung.

Die Erfassung der Laubmenge und die Ermittlung des Ertrags der einjährigen Ackerkultur fanden jeweils im Abstand von 1 m, 4 m, 7 m und 24 m, zuzüglich 1,50 m Saumbereich, zum Gehölzstreifen statt. Die Ziehung der Bodenproben erfolgte in den Abständen 1 m, 7 m und

24 m. Für die Erfassung der Laubmenge und Entnahme der Bodenproben gab es einen zusätzlichen Messpunkt in der Mitte der Gehölzstreifen (0 m).



**Abbildung 3:** Design der SIGNAL Core Plots im Agroforstsystem Dornburg (ab 2019)

Die Ernte der Ackerkulturen wurde dezentral, nach Richtlinien des einheitlichen Ernteprotokolls, durch die einzelnen Teilprojekte organisiert (TP 1.1, TP 2.2, TP 5, TP 6, TP 7). Diese Teilprojekte standen mit den Landwirten, die die jeweiligen Standorte bewirtschafteten, in engem Kontakt und trafen zum Erntezeitpunkt entsprechende Absprachen.

Es folgt eine Übersicht der Meilensteine in Phase II, unterteilt nach Projektjahren. Diese sind außerdem in Tabelle 2 zusammengefasst.

### **Meilensteine im ersten Jahr - 2018:**

Aufgrund der zeitlichen Bereitstellung der Mittel, konnte die Projektsachbearbeiterin erst zum 01.09.2018 eingestellt werden. Daraus ergaben sich aber keine Änderungen zur Planung.

#### **1. Meilenstein: Beginn des reduzierten N-Düngungsversuchs in Kooperation mit TP1-1**

Bei einem Treffen in Dornburg erfolgte die Absprache und Planung mit TP 1-1 und dem Flächenbewirtschafter (TLPVG). Nach der Einigung auf ein Versuchsdesign konnte die Fläche Anfang 2019, vor der ersten Bearbeitung, eingemessen werden.

#### **2. Meilenstein: Bodenproben für die Mikronährstoffanalyse**

Die Ausschreibung für die Laborleistungen war erfolgt und ein Labor für die Durchführung der Mikronährstoffanalysen für die gesamte Projektlaufzeit beauftragt.

#### **3. Meilenstein: Ernte und Ertragserfassung der einjährigen Ackerkultur sowie Qualitätsbestimmung in Kooperation mit TP 5**

Am 27. und 28.07.2018 wurde die Ernte des Winterweizens durch das TLPVG auf der Gesamtfläche durchgeführt. Die Ernte der Versuchspartzen erfolgte mit einem Partzenmähdrescher am 02.08.2018.

#### **4. Meilenstein: Bestimmung der Menge und Qualität der Laubblätter**

Die Bestimmung wurde von Oktober bis November während des Laubfalls entsprechend der Vorgaben durchgeführt.

#### **5. Meilenstein: Erfassung von Brusthöhendurchmesser und Wuchshöhe der Bäume**

Die Datenerfassung erfolgte Ende September / Anfang Oktober, ebenso die Erfassung der Daten für die Holzertragschätzung.

#### **6. Meilenstein: Jährliches Projekttreffen/ jährlicher Bericht/ Abschlussbericht**

Das jährliche Projekttreffen hat am 06.12.2018 in Göttingen stattgefunden. Teilnehmer war die Projektsachbearbeiterin C. Rudolf.

### **Meilensteine im zweiten Jahr - 2019:**

#### **1. Meilenstein: Beginn des reduzierten N-Düngungsversuchs in Kooperation mit TP1-1**

Die Fläche wurde Anfang 2019 vor der ersten Düngung eingemessen. Im Vorfeld konnte sich auf ein Versuchsdesign geeinigt werden, das den Vorgaben der Versuchsfrage entsprach und technologisch umsetzbar war. Die Absprachen und Planungen dazu erfolgten zusammen mit TP 1-1 und dem Flächenbewirtschafter bei einem Treffen in Dornburg.

#### **2. Meilenstein: Bodenproben für die Mikronährstoffanalyse**

Die Entnahme der Bodenproben sowie die folgende Analyse der Mikronährstoffe erfolgte planmäßig im ersten Quartal auf allen Agroforststandorten mit Ackerland.

#### **3. Meilenstein: Ernte und Ertragerfassung der einjährigen Ackerkultur, sowie Qualitätsbestimmung in Kooperation mit TP 5**

Am 22.07.2019 erfolgte die Ernte der Sommergerste auf der Gesamtfläche durch das TLPVG. Die Ernte in den Versuchspartzen mit dem Partzenmähdrescher wurde am 30.07.2019 durchgeführt.

#### **4. Meilenstein: Bestimmung der Menge und Qualität der Laubblätter**

Die Bestimmung wurde von Oktober bis November während des Laubfalls entsprechend der Vorgaben durchgeführt.

#### **5. Meilenstein: Erfassung von Brusthöhendurchmesser und Wuchshöhe der Bäume**

Die Datenerfassung erfolgte Ende September / Anfang Oktober, ebenso wie die Erfassung der Daten für die Holzertragschätzung.

#### **6. Meilenstein: Ernte der Baumstreifen, Ermittlung des Holzertrages und Bestimmung der Qualität mit TP 5**

Die Ernte und die Ermittlung des Ertrags der Baumstreifen A bis C (4-jähriger Umtrieb) erfolgten am 04. und 05.02.2019

#### **7. Meilenstein: Jährliches Projekttreffen/ jährlicher Bericht/ Abschlussbericht**

Das jährliche Projekttreffen fand am 11.12.2019 in Göttingen statt. Der Zwischenbericht für 2018 wurde erstellt.

### **Meilensteine im dritten Jahr - 2020:**

#### **1. Meilenstein: Reduzierter N-Düngungsversuch in Kooperation mit TP1-1**

Der 2019 auf den eingemessenen Flächen begonnene N-Düngungsversuch wurde 2020 analog zum Vorjahr weitergeführt.

#### **2. Meilenstein: Bodenproben für die Mikronährstoffanalyse**

Die Entnahme der Bodenproben sowie die folgende Analyse der Mikronährstoffe erfolgte planmäßig im ersten Quartal auf allen Agroforststandorten mit Ackerland.

#### **3. Meilenstein: Ernte und Ertragerfassung der einjährigen Ackerkultur, sowie Qualitätsbestimmung in Kooperation mit TP 5**

Die Sommergerste auf der Gesamtfläche beerntete das TLPVG am 08.08.2020. Die Ernte der Versuchspartellen mit dem Parzellenmähdrescher wurde am 12.08.2020 durchgeführt.

#### **4. Meilenstein: Bestimmung der Menge und Qualität der Laubblätter**

Die Bestimmung wurde von Oktober bis Dezember während des Laubfalls entsprechend der Vorgaben durchgeführt.

#### **5. Meilenstein: Erfassung von Brusthöhendurchmesser und Wuchshöhe der Bäume**

Die Bestimmung der Brusthöhendurchmesser erfolgte im September und Oktober, ebenso wie die Erfassung der Daten für die Holztragsschätzung. Eine Wuchshöhenbestimmung der Bäume war nicht mehr möglich.

#### **6. Meilenstein: Jährliches Projekttreffen/ jährlicher Bericht/ Abschlussbericht**

Ein Projekttreffen konnte auf Grund der Corona-Pandemie 2020 nicht stattfinden. Der Zwischenbericht für 2019 wurde erstellt.

### **Meilensteine im vierten Jahr - 2021:**

#### **1. Meilenstein: Reduzierter N-Düngungsversuch in Kooperation mit TP1-1**

Der 2019 auf den eingemessenen Flächen begonnene N-Düngungsversuch wurden 2021 bis Projektende weitergeführt.

#### **2. Meilenstein: Bodenproben für die Mikronährstoffanalyse**

Die Entnahme der Bodenproben sowie die folgende Analyse der Mikronährstoffe erfolgte planmäßig im ersten Quartal auf allen Agroforststandorten mit Ackerland.

#### **3. Meilenstein: Jährliches Projekttreffen/ jährlicher Bericht/ Abschlussbericht**

Der Zwischenbericht für 2020 sowie der Abschlussbericht des Projektes wurden erstellt.

**Tabelle 2:** Übersicht der Meilensteine - Teilprojekt 6/ Projektphase II

	TP 6											
Jahr	2018		2019				2020				2021	
Quartal	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
M1 Beginn des reduzierten N-Düngungsversuchs in Kooperation mit TP 1.1	■	■										
M2 Bodenproben für die Mikronährstoffanalyse				■				■				■
M3 Ernte und Ertragserfassung der einjährigen Ackerkultur, Qualitätsbestimmung in Kooperation mit TP 5	■				■				■			
M4 Bestimmung der Laubmenge und der Qualität		■				■				■		
M5 Erfassung der Höhe und Brusthöhendurchmesser der Bäume		■				■				■		
M6 Ernte der Baumstreifen, Ermittlung des Holzertrags und Bestimmung der Qualität in Kooperation mit TP 5		■	■									
M7 Jährliches Projekttreffen/ jährlicher Bericht/ Abschlussbericht		■				■				■	■	

#### **4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

In der landwirtschaftlichen Praxis ist es eher unüblich, dass Hecken, Feldgehölze und Biotopverbundsysteme auf Ackerlandflächen neu angelegt werden. Die Vorteile, welche aber für solche Anlagen sprechen würden, wären vielfältig. Unter anderem könnten sie einen guten Beitrag leisten, um beispielsweise Bodenerosionsereignisse zu verhindern oder Lebensraum für Insekten, Vögel und Niederwild zu schaffen (Abb. 4). Aus wirtschaftlicher Sicht sind jedoch aus diesen Anlagen zum jetzigen Zeitpunkt kaum Erlöse zu erzielen, während sie gleichzeitig Fläche beanspruchen, auf welcher auch eine gewinnbringende Ackerkultur angebaut werden könnte. Weiterhin kommen Auflagen im Pflanzenschutz hinzu, welche Bewirtschaftungseinschränkungen auf der angrenzenden Fläche (Abstand zum Saumbiotop) mit sich bringen, welche folglich zu Ertragsverlusten führen können. Für Kurzumtriebsplantagen zur Erzeugung von Energieholz treffen diese Einschränkungen weniger zu, die genannten Vorteile bleiben jedoch größtenteils erhalten. Eine Möglichkeit, die vielfältigen Funktionen der Kulturlandschaft in ertragsstarken Gebieten mit geringem Besatz an Landschaftselementen mit einer verstärkten Produktion biogener Energieträger in Einklang zu bringen, sind Agroforstsysteme. Hierbei werden auf einer Fläche mehrere Produkte von verschiedenen Pflanzenarten gleichzeitig produziert. Es findet zeitgleich zum einen eine landwirtschaftliche Nutzung mit laufendem Einkommen statt und zum anderen eine Kapitalbildung in Form von Holzzuwachs an Bäumen.

Die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (heute TLLLR) hat das Verbundprojekt AgroForstEnergie I und II (gefördert vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 07/2007 – 03/2015) bearbeitet und koordiniert. AgroForstEnergie zielte darauf ab, Nachhaltigkeit und Produktivität in der Landwirtschaft mit positiven Auswirkungen für Umwelt und Landwirt zu verbinden. Das Agroforstsystem wurde angelegt, um Systeme zu untersuchen, die die Produktion von Holzbiomasse mit herkömmlichen Feldfrüchten kombinieren. Die übergeordneten Ziele waren dabei:

- Erhaltung der Produktivität der gesamten landwirtschaftlichen Fläche
- Produktion von Bioenergieträgern auf landwirtschaftlichen Flächen
- Diversifizierung der landwirtschaftlichen Produktion
- Erhöhung der Ertragsstabilität von Kulturpflanzen zwischen Kurzumtriebsstreifen durch Windschutzeffekte
- Implementierung von Strukturelementen in offenen Landschaften, um Wind- und Wassererosion zu reduzieren und die Biodiversität in der Agrarlandschaft zu erhöhen.

Der vorliegende Bericht über SIGNAL Phase II schließt sich nahtlos der Phase I an. In dieser wurde sich, grundlegend für Phase II, ebenfalls mit der nachhaltigen Intensivierung der Landwirtschaft durch Agroforstsysteme mit verschiedenen Untersuchungen beschäftigt.



**Abbildung 4:** Rehwild im Agroforstsystem Dornburg im Frühjahr 2021 (Foto: M. Weber)

Aktuelle Forschungsarbeiten zum Thema Agroforstwirtschaft zeigen die Potentiale und Möglichkeiten sowie aber auch Ergebnisse, die hinter den Erwartungen blieben, auf. So haben bei Versuchen beispielsweise KANZLER et al. 2017 festgestellt, dass auf der Agroforstfläche höhere Erträge als auf der Referenzfläche erzielt wurden. Auch BÖHM et al. 2020 konnten bei Versuchen in Neu Sacro (Brandenburg) Mehrerträge im Agroforst im Vergleich zu einer Referenzfläche feststellen. Die Untersuchungen von WINTERLING et al. 2019 in Südbayern zeigten dagegen, dass der Ertrag von verschiedenen Kulturen durch den Anbau von Energieholzstreifen nicht oder nur geringfügig positiv beeinflusst wurde. TORRALBA et al. wiesen positive Effekte durch Agroforstsysteme auf den Erosionsschutz, die biologische Vielfalt und die Bodenfruchtbarkeit, jedoch negative Auswirkungen auf die Biomasseproduktion nach. Um bereits bekannte Ergebnisse zu verifizieren, sind weitere Datenerhebungen und Untersuchungen unter verschiedenen Faktoren, wie z. B. Standort, Klima und Boden nötig.

Böhm, C.; Kanzler, M.; Pecenka, R. (2020): Untersuchungen zu Ertragsleistungen (Land Equivalent Ratio) von Agroforstsystemen: [https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2021/03/35\\_\\_Ertragsleistung.pdf](https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2021/03/35__Ertragsleistung.pdf)

Kanzler, M.; Böhm, C.; Mirck, J.; Schmitt, D.; Veste, M. (2017) Einfluss agroforstlicher Nutzung auf das Mikroklima, den Ackerfruchtertrag und die potentielle Evaporation, In: Tagungsband 5. Forum Agroforstsysteme Bäume in der Land(wirt)schaft - von der Theorie in die Praxis vom 30.11. bis 01.12.2016 in Senftenberg, S. 127-131: [https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2017/03/Tagungsband\\_5\\_Forum\\_Agroforstsysteme\\_.pdf](https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2017/03/Tagungsband_5_Forum_Agroforstsysteme_.pdf)

Röhrich, C., Ruscher, K., Kiesewalter, S.; Al Hussein, I.; Zöphel, B. (2007) Feldstreifenanbau. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 25/2007. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14160/documents/16687>.

Mirck, J.; Kanzler, M.; Böhm, C. (2017) Ertragsleistung eines Energieholz-Alley Cropping-Systems, In: Tagungsband 5. Forum Agroforstsysteme, Bäume in der Land(wirt)schaft - von der Theorie in die Praxis vom 30.11. bis 01.12.2016 in Senftenberg, S.47-50: [https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2017/03/Tagungsband\\_5\\_Forum\\_Agroforstsysteme\\_.pdf](https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2017/03/Tagungsband_5_Forum_Agroforstsysteme_.pdf)

Torralba, M., Fagerholm, N., Burgress, P. J.; Moreno, G.; Plieninger, T. (2016) Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 230, 150-161

Winterling, A.; Baur, A.; Borchert, H.; Braun, J.; Eckl, T.; Höge, H.; Jacob, I.; Salzedo, G.; Schmidt, M.; Wiesinger, K. (2019) Wirkung von Energieholzstreifen auf landwirtschaftliche Kulturen, In: *Agroforstsysteme zur Energieholzerzeugung im ökologischen Landbau*; S. 78: [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/agroforstsysteme-energieholzerzeugung-oekolandbau\\_lfl-schriftenreihe.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/agroforstsysteme-energieholzerzeugung-oekolandbau_lfl-schriftenreihe.pdf)

Fragen der Bestandsetablierung und Bestandesführung von Energieholz sind weitgehend abgeklärt und technische Lösungen stehen zur Verfügung. Für die Anlage von Agroforstflächen bzw. Kurzumtriebsplantagen wurden spezielle Pflanzmaschinen für die Stecklinge entwickelt, die das Anlegen erleichtern. Die Erntetechnik, die auf dem Markt ist, wurde in den vergangenen Jahren weiterentwickelt und mittlerweile gibt es verschiedene Erntemaschinen und Methoden (Fäller-Bündler, Häcksler, Vollerntemaschinen, Anbau-Mähhackler, Feldhäcksler) für unterschiedliche Umtriebszeiten, Pflanzabstände und Hackformate der Hackschnitzel. Es haben sich Dienstleister am Markt etabliert, die von der Pflanzung bis hin zur Ernte alles anbieten.

- Angaben bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden

Die Bonituren, Messungen und Trockensubstanzbestimmungen in den Ackerkulturen erfolgten nach den Richtlinien des Bundessortenamtes zur Durchführung von Wertprüfungen und Landessortenversuchen.

Um den Holzertrag zu schätzen wurde das Prinzip des Zusammenhangs zwischen dem Brusthöhendurchmesser (BHD) und dem Triebtrockengewicht verwendet.

- Regressionsfunktion:  $TM = a_0 * BHD^{a_1}$  (*Verwijst and Telenius 1999*)

Für die Schätzung des Flächenertrages kam folgende Methode zum Einsatz.

- Flächenertrag = ((Pflanzzahl – Ausfall) \* Triebanzahl) \* TM-Mittel. (*Mean stool method von Hytönen et al. (1987)*)

Bei der Analyse der Mikronährstoffe Bor, Kupfer, Zink und Mangan kam die Methode VDLUFA Bd. A 13.1.1 (2004) [L93] und bei der Analyse des Eisenwerts die Methode VDLUFA Bd. Ia, A 7.6.1 (1997) [L80] (N) zum Einsatz.

- Angaben der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste

BÄRWOLFF M., et al. (2012). Abschlussbericht: Verbundvorhaben: Ökonomische und ökologische Bewertung von Agroforstsystemen in der landwirtschaftlichen Praxis; Teilvorhaben 1: Standort Thüringen, Gesamtkoordination

BÄRWOLFF M., et al. (2016). Abschlussbericht: Verbundprojekt: Nachhaltige Erzeugung von Energieholz in Agroforstsystemen Teilvorhaben I: Ertragseffekte und Ökonomie (AgroForst Energie II)

BEMMANN, A./KNUST, C. [Hrsg.] (2010). Agrowood, Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee-Verlag, Berlin

BECKER R., et al. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [Hrsg.] (2014): Schnellwachsende Baumarten Anbau auf landwirtschaftlichen Flächen

BEMANN, A./ BUTLER MANNING, D. [Hrsg.] (2013). Energieholzplantagen in der Landwirtschaft. Erling Verlag

BSA (Bundessortenamt) [Hrsg.] (2000). Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen.  
[https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/Richtlinie\\_LW2000.pdf](https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/Richtlinie_LW2000.pdf)

FARACK, M., DEGNER, J., JENTSCH, U., ZORN, W., GÖTZ, R., PAUL, R. (2011). Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Sommergerste. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. [http://www.tll.de/ainfo/pdf/ll\\_sg.pdf](http://www.tll.de/ainfo/pdf/ll_sg.pdf)

HERING, T. et al. (2013). Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Energieholz. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. [http://www.tll.de/www/daten/publikationen/leitlinien/ll\\_eholz.pdf](http://www.tll.de/www/daten/publikationen/leitlinien/ll_eholz.pdf)

REINHOLD, G., HERING, T. (2013). Betriebswirtschaftliche Richtwerte für die Produktion von Holzhackschnitzeln – 4-jähriger Umtrieb. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. <http://www.tll.de/ainfo/pdf/brh40513.pdf>.

REINHOLD, G., HERING, T. (2013). Betriebswirtschaftliche Richtwerte für die Produktion von Holzhackschnitzeln – 8-jähriger Umtrieb. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. <http://www.tll.de/ainfo/pdf/brh80513.pdf>

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [Hrsg.] (2014). Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb, Anbauempfehlung.

Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft: <https://agroforst-info.de>

Agroforstkampagne: <http://www.agroforstkampagne.net/>

Agrarmeteorologie Thüringen: <https://www.wetter-th.de>

## **5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

SIGNAL ist ein Verbundprojekt und wird durch das Centre of Biodiversity and Sustainable Land Use (CBL) an der Universität Göttingen koordiniert. Durch die Koordinatoren wurden jährliche Projekttreffen organisiert. Weitere Projektpartner sind die Universität Kassel/ Witzenhausen, das Julius-Kühn-Institut (JKI) in Braunschweig, die Brandenburgische Technische Universität in Cottbus-Senftenberg und das Helmholtz Zentrum in München. Das SIGNAL-Projekt besteht insgesamt aus acht Teilprojekten:

Teilprojekt 1-1:	Nutrient response and nutrient efficiencies in agroforestry systems, Universität Göttingen
Teilprojekt 1-2:	The influence of agroforestry on carbon assimilation and respiration, Universität Göttingen
Teilprojekt 2-1:	Diversity and activity of soil organism communities as indicators of sustainable land use, Universität Kassel/Witzenhausen
Teilprojekt 2-2:	Management effects on above-ground matter fluxes in silvopastoral systems, Universität Kassel/Witzenhausen
Teilprojekt 3-2:	Soil hydrology and rhizosphere processes in agroforestry systems, Universität Göttingen
Teilprojekt 4-1:	Grassland tissue and litter production as affected by tree x grass sward interaction and grassland management, Universität Göttingen
Teilprojekt 4-2:	Socio-economic evaluation of agroforestry systems, Universität Göttingen
Teilprojekt 4-3:	Abundance of genes involved in nitrogen cycling and diversity of soil microorganism in agroforestry systems, Universität Göttingen
Teilprojekt 5:	Quality of in- and output of crop and tree biomass in agroforestry systems, Julius Kühn-Institut, Braunschweig
Teilprojekt 6:	In- and output of above-ground biomass in agroforestry systems, linking practice and science, analyses of micronutrients in soil, Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum
Teilprojekt 7:	Effects of agroforestry systems on microclimate and water availability as determinants for sustainable soil productivity, Brandenburgische Technische Universität in Cottbus-Senftenberg
Teilprojekt 8:	Modelling agroforestry systems, Helmholtz Zentrum in München

## **Eingehende Darstellung der Ergebnisse**

### **I. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele**

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Projektphase II seit dem Start im Sommer 2018 vorgestellt. Die Darstellung erfolgt nach Projektjahren.

#### **2018**

Die Projektphase II knüpfte zeitlich direkt an die Phase I an. Aufgrund der zeitlichen Bereitstellung der Mittel konnte die Projektsachbearbeiterin erst zum 01.09.2018 eingestellt werden. Es ergaben sich daraus keine Änderungen zur Planung.

#### ***Agrotechnische Maßnahmen:***

2018 wurde auf der Ackerfläche des Agroforstsystems sowie auf der Referenzfläche Winterweizen angebaut. Die Vorfrucht 2017 war Winterraps. Die durchgeführten agrotechnischen Maßnahmen durch den Flächeneigentümer (TLPVG) sind in Tabelle 3 dargestellt.

**Tabelle 3:** Agrotechnische Maßnahmen durch das TLPVG auf der Ackerfläche des Agroforstes und der Referenzfläche, Dornburg 2018

Winterweizen 2018	
04.09.2017	Pflanzenschutzbehandlung mit Hardi-Spritze (Herbizidbehandlung): 4 l/ha Profi 360 TF
14.10.2017	Saatbettbereitung mit Lemken Rubin
16.10.2017	Aussaat mit Solitair 12, Winterweizen (Sorte: Ponticus): 137 kg/ha
18.10.2017	Walzen mit Ackerwalze
04.04.2018	Mineralische Düngung mit Düngerstreuer D046: NS 38/7 - 350 kg/ha = 133 kg N/ha + 25 kg S/ha
19.04.2018	Pflanzenschutzbehandlung mit Hardi-Spritze (Herbizid + Wachstumsregler): 0,04 kg/ha Pointer + 0,4 kg/ha Atlantis WG + 1 l/ha Stabilan + 0,8 l/ha Netzmittel
17.05.2018	Mineralische Düngung mit Düngerstreuer D046: NS 38/7 - 210 kg/ha = 80 kg N/ha + 15 kg S/ha
07.06.2018	Pflanzenschutzbehandlung mit Hardi-Spritze (Fungizid + Insektizid): 0,5 l/ha Azbany, 0,5 l/ha Proline, 0,075 l/ha Jaguar
27./28.07.2018	Ernte mit Claas Lexion 570, Ertrag Agroforst: 67,9 dt/ha, Ertrag Referenzfläche: 61,2 dt/ha
03./04.09.2018	Stoppelsturz mit Lemken Rubin

### Ernte, Ertrag und Qualitätsparameter

Die angebaute Kultur 2018 war Winterweizen, Sorte Ponticus. Bei dieser handelte es sich um eine E-Weizen Sorte (Eliteweizen) mit sehr hohen Backqualitätseigenschaften. Um die Erträge auf der Agroforstfläche in den fest definierten Entfernungen zum Baumstreifen festzustellen, erfolgte die Ernte der einzelnen Messplots von SIGNAL mit einem Parzellenmähdrescher. Auf der Referenzfläche wurden ebenfalls vier Parzellen exakt eingemessen, um die Ernte der Versuchsplots mit dem Parzellenmähdrescher durchzuführen.

Am 27. und 28.07.2018 beerntete das TLPVG den Winterweizen auf der Referenzfläche sowie auf der Ackerfläche des Agroforstsystems. Wie vorher mit dem TLPVG abgesprochen, wurden die Messplots auf der Agroforst- und Referenzfläche bei der Ernte mit dem Mähdrescher ausgespart. Die Ernte der Parzellen erfolgte am 02.08.2018. Das TLPVG ermittelte insgesamt Erträge von 61,2 dt/ha auf der Referenzfläche und 67,9 dt/ha auf der Agroforstfläche. Der Mähdrusch der TLPVG erfolgte mit einem Praxismähdrescher (Class Lexion 570). Die durchschnittlichen Erträge waren der sehr trockenen Witterung, verbunden mit hohen Durchschnittstemperaturen ab April, geschuldet. Das große Niederschlagsdefizit 2018 wird in der Tabelle 4 deutlich.

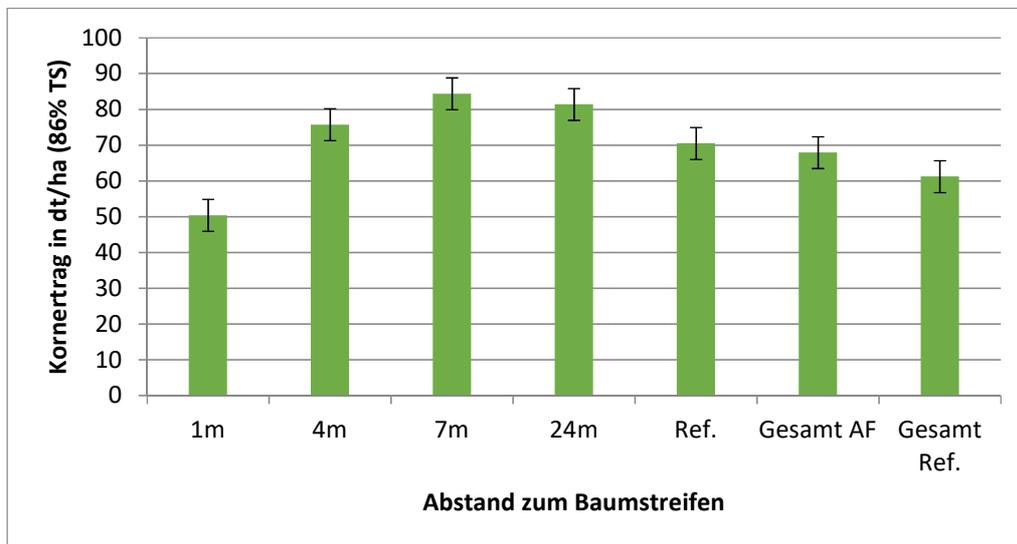
**Tabelle 4:** Monatsmitteltemperaturen und Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel, VS Dornburg 2015 bis 2018

Monat	Temperatur (°C)					Niederschläge (mm)				
	Langj. Mittel 1981 bis 2010	2015	2016	2017	2018	Langj. Mittel 1981 bis 2010	2015	2016	2017	2018
Januar	0,3	2,3	0,6	-2,7	3,5	34,1	50,7	37	32,1	40,8
Februar	0,9	0,5	3,2	2,6	-2,6	33,1	6,3	46,3	24,1	4,5
März	4,3	4,6	3,7	7,1	1,9	43,0	41,5	45,9	45,4	59,4
April	8,3	8,3	7,9	7,3	12,8	44,8	25	23,1	35,5	30,6
Mai	13,1	13,1	14,2	14,5	16,0	61,5	10,4	31,8	53,5	33,0
Juni	16,0	16,1	18	17,9	18,3	59,5	39,3	47,3	93,3	15,8
Juli	18,1	20,2	19,5	18,7	20,7	74,1	91,4	52,1	102,3	27,4
August	17,4	20,5	18,3	18,5	20,4	66,5	59,0	41,7	86,4	36,0
September	13,4	13,0	16,8	12,7	14,9	49,6	38,6	76	27,6	68,1
Oktober	9,1	7,7	8,3	11,2	10,1	38,2	58,0	77,5	65,9	16,2
November	4,3	7,6	3,4	5,1	4,8	52,7	53,5	40,2	60,8	9,8
Dezember	1,0	6,3	1,3	2,9	3,8	47,5	20,2	15,9	31,0	67,1
Ø bzw. Σ	8,9	10	9,6	9,7	10,4	604,6	487,9	534,8	657,9	408,7

Für die Ernte in den Versuchspartzen kam ein Parzellenmähdrescher mit einer Schneidwerksbreite von 1,5 m zum Einsatz, mit dem die aufgeführten Ertragsdaten bestimmt wurden.

Im Nahbereich der Gehölzstreifen fielen die Erträge am geringsten aus. Dieser Effekt ist auf Licht- und Wasserkonkurrenz durch die Gehölze zurückzuführen. Außerdem könnte das herabgefallene

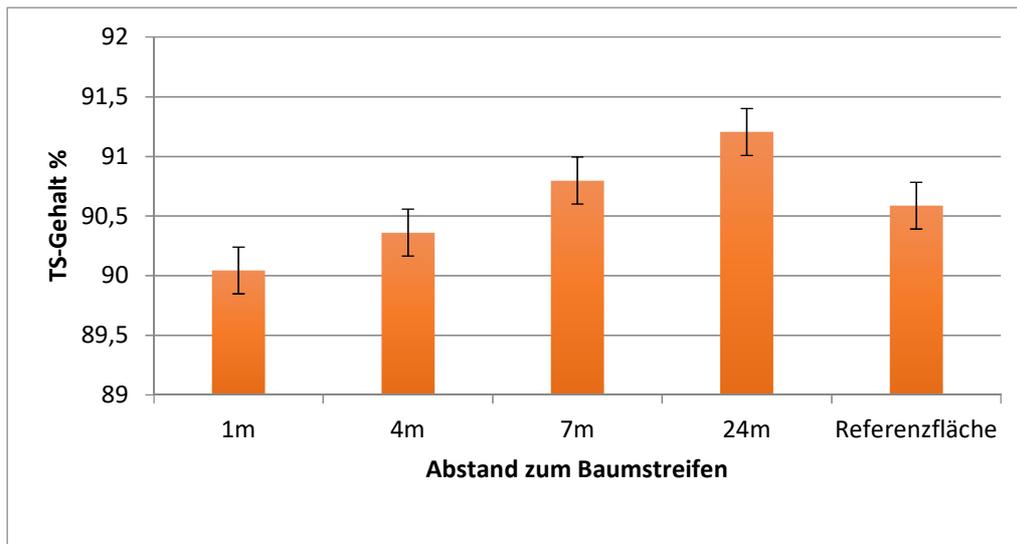
Laub einen negativen Einfluss auf den Auflauf und die Entwicklung der jungen Pflanzen gehabt haben. Die Erträge stiegen mit zunehmender Entfernung zu den Baumstreifen an. Bei einem Abstand von 7 und 24 m waren die Erträge also am höchsten und unterschieden sich z. T. signifikant von allen anderen Varianten des Agroforstsystems und auch von der Referenzfläche. Eine Ertragsminderung auf der Gesamtfläche durch die Gehölzstreifen konnte nicht festgestellt werden (Abb. 5).



**Abbildung 5:** Ertrag des Winterweizen im Agroforstsystem und der Referenzfläche, Dornburg 2018

Voraussetzungen für eine mittelfristige Lagerung von Getreide ist ein Feuchtegehalt von < 14 % in der gesamten Erntepartie. Das entspricht einem TS-Gehalt von mindestens 86 %. Zur Ernte der Parzellen lag der TS-Gehalt bei allen Prüfgliedern im optimalen Bereich (Abb. 6).

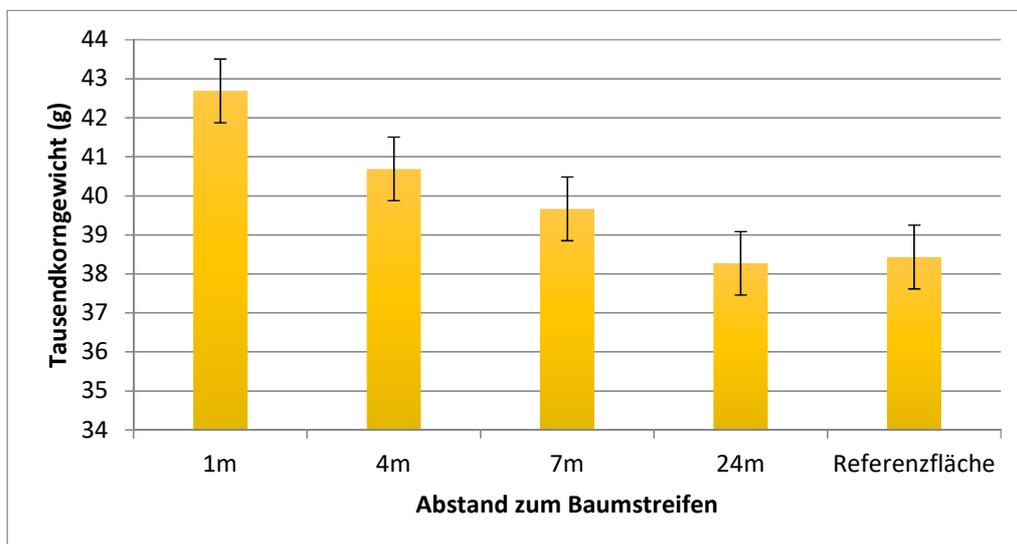
Die Kornproben bei 24 m Abstand zum Baumstreifen wiesen den höchsten TS-Gehalt auf, den niedrigsten die Proben aus 1 m und 4 m Abstand. Dies ist auf die bessere Durchlüftung und die höhere Sonneneinstrahlung mit steigendem Abstand vom Baumstreifen zu erklären. Dadurch trocknen diese Teilbereiche im Tagesverlauf schneller ab und können eher gedroschen werden.



**Abbildung 6:** TS-Gehalt im Korn des Winterweizens im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018

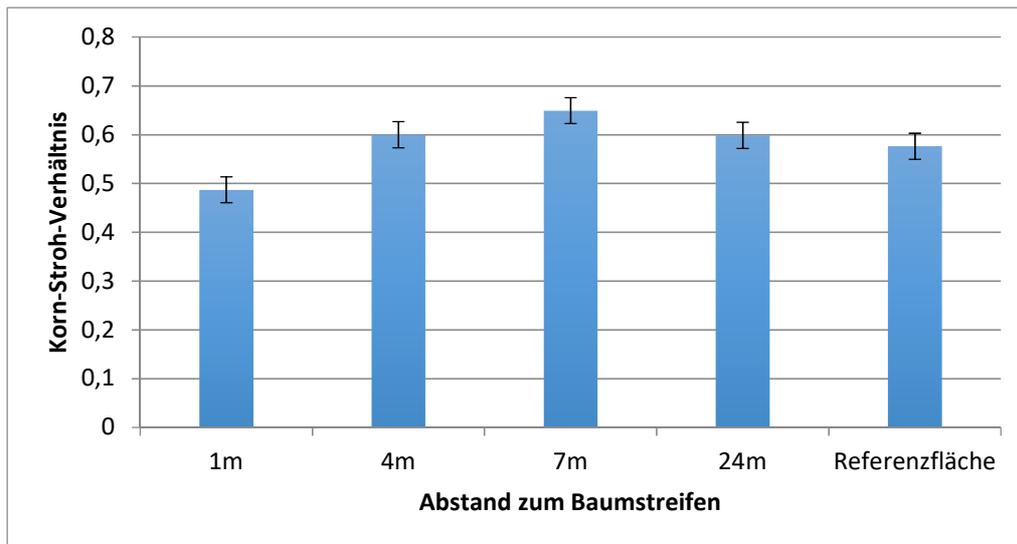
Bei Betrachtung der Qualität des Erntegutes in den einzelnen Abständen zeigte sich, dass das Tausendkorngewicht im Nahbereich der Baumreihen am höchsten war, bei Abstand 4 m und 7 m zurückging und bei 24 m am niedrigsten lag (Abb. 7). Die Werte dort entsprachen mit 38,3 g in etwa denen der Referenzfläche, die 38,4 g aufwies.

Bei Winterweizen wird ein TKG von 40 bis 55 g angestrebt. Diesen Wert erreichte die Agroforstfläche mit durchschnittlich 40,3 g knapp. Diese unterdurchschnittlichen Werte sind der Trockenheit des Jahres 2018 geschuldet.



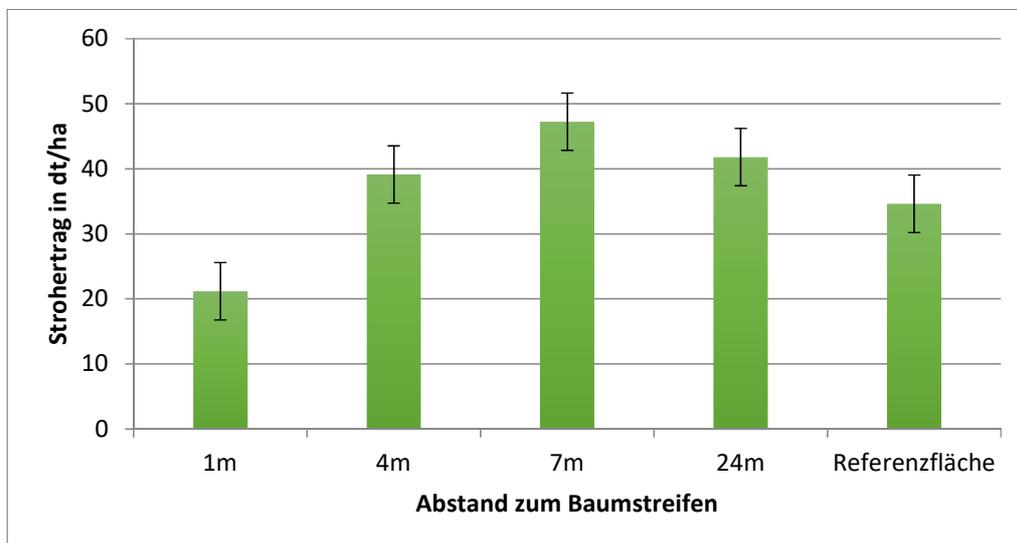
**Abbildung 7:** Tausendkorngewicht des Winterweizens im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018

Für die heutigen Weizensorten wird ein Korn-Stroh-Verhältnis von 1: 0,8 angegeben. Dieser Wert konnte bei keinem Messpunkt erreicht werden, was ebenfalls auf die trockene Witterung zurückzuführen war. Auf der Agroforstfläche lag im Mittel das Korn-Stroh-Verhältnis bei Abstand 1 m bei 1: 0,48, bei Abstand 4 m bei 1: 0,60, bei Abstand 7 m bei 1: 0,65 und bei 24 m bei 1: 0,60. Auf der Referenzfläche wurde ein Korn-Stroh-Verhältnis von 1: 0,58 ermittelt (Abb. 8). Damit konnte in allen Varianten und auch der Referenzfläche ein signifikant höheres Korn-Stroh-Verhältnis erreicht werden als in der Variante Abstand 1 m.



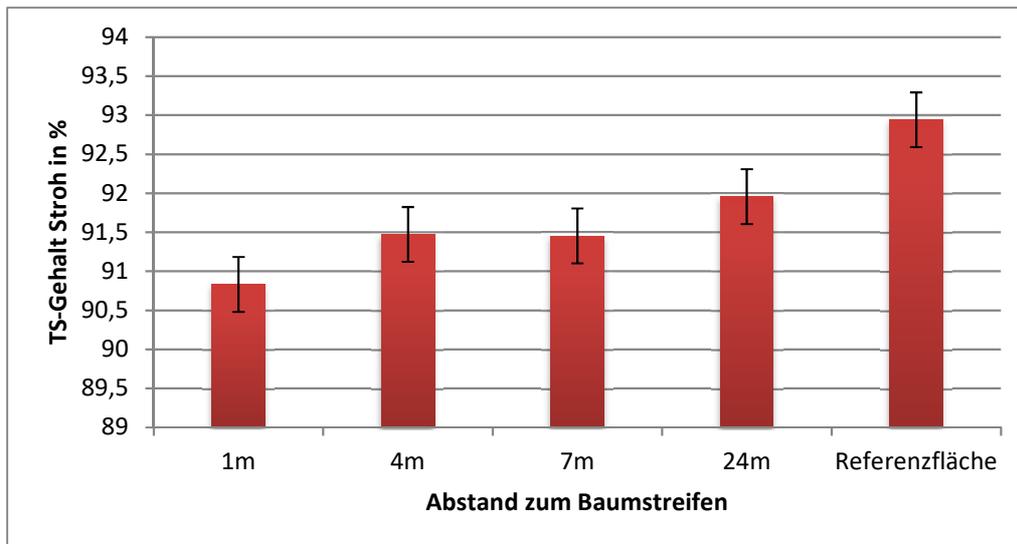
**Abbildung 8:** Korn-Stroh-Verhältnis des Winterweizens auf dem Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018

Ähnlich wie der Kornertrag im Nahbereich der Gehölzstreifen, war auch der Strohertrag in diesem Bereich geringer (Abb. 9). Folgende Stroherträge konnten bei den Abständen festgestellt werden: bei 1 m 21,2 dt/ha, bei 4 m 39,1 dt/ha, bei 7 m 47,2 dt/ha, bei 24 m 41,8 dt/ha und auf der Referenzfläche 34,6 dt/ha. Analog zum Kornertrag stieg der Strohertrag mit zunehmender Entfernung zum Baumstreifen bis zum Abstand 7 m an. Bei Abstand 24 m ging der Ertrag wieder leicht zurück. Im Mittel der Messplots waren die Erträge im Agroforstsystem höher als auf der Referenzfläche.



**Abbildung 9:** Strohertrag des Winterweizens im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018

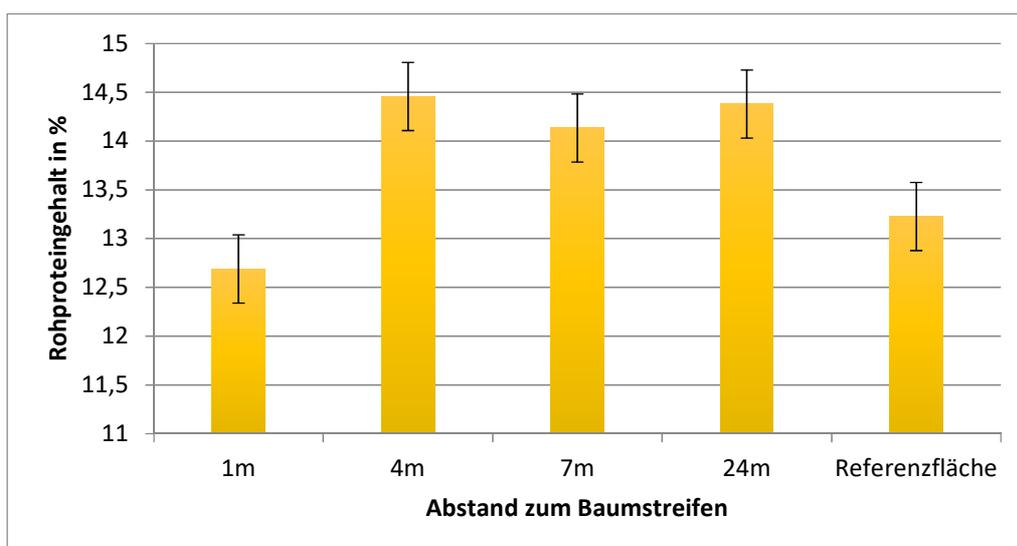
Der TS-Gehalt von Stroh sollte für die Lagerung bei über 86 % liegen. In allen Messplots konnte dieser Wert erreicht werden. Die einzelnen Gehalte sind in Abbildung 10 dargestellt. Die TS-Gehalte auf der Referenzfläche waren signifikant höher als in allen anderen Varianten. Des Weiteren unterschied sich der Messpunkt 24 m signifikant von 1 m. Dies liegt, wie vorab beim Kornertrag bereits erwähnt, an der besseren Abtrocknung der stärker wind- und sonnenexponierten Bereiche.



**Abbildung 10:** TS-Gehalt im Stroh im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018

Die Bestimmung der Qualitätsparameter übernahm das JKI (TP 5). Der Rohproteingehalt in den Versuchspartellen der Agroforstfläche lag im Mittel bei 13,9 % und auf der Referenzfläche bei 13,2 % (Abb. 11).

Der Rohproteingehalt beim Weizen wird stark durch die gewählte Sorte, Menge und Zeitpunkt der Stickstoffdüngung, aber auch durch die Witterung und den Boden beeinflusst. Ein hoher Rohproteingehalt wirkt sich dies positiv auf die Backeigenschaften aus. Für eine entsprechende Qualität wird bei E-Weizen ein Rohproteingehalt von mindestens 14 % gefordert. Der Mittelwert der Erntepartellen lag im Agroforstsystem bei 13,9 % und auf der Referenzfläche bei 13,2 % und damit knapp unter dem geforderten Wert. Bei Betrachtung der einzelnen Core Plots, wurde der geforderte Rohproteingehalt nur bei 1 m Entfernung zum Baumstreifen und auf der Referenzfläche nicht erreicht. Aufgrund der verhältnismäßig geringen Flächenanteile des Saumbereichs ist davon auszugehen, dass im Mittel auf den Ackerflächen des Agroforstsystems der geforderte Qualitätsparameter erreicht worden ist.



**Abbildung 11:** Rohproteingehalt des Winterweizen im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2018

### Quantifizierung des Laubs

Die Dokumentation des Laubfalls in Phase II erfolgte analog zur Projektphase I. Die Laubfangkörbe standen entsprechend dem Protokoll in den vier Messplots auf der Fläche verteilt. Dieses sah vor, fünf Körbe pro Core Plot, in den entsprechenden Abständen zum Baumstreifen (1 m, 4 m, 7 m, 24 m) und einen Korb in der Mitte der Baumstreifen (0 m), zu platzieren. Insgesamt wurden 20 Laubfangkörbe an den festgelegten Messpunkten aufgestellt. Die Analyse der Inhaltsstoffe (N, C, P, K) erfolgte zentral an der Universität Göttingen, die TS-Bestimmung vor Ort in Dornburg.

Wie zu erwarten, fiel in der Mitte der Baumstreifen (0 m) das meiste Laub. Der Laubfall konzentrierte sich insgesamt auf die Abstände 0 m, 1 m und 4 m und hauptsächlich auf die Lee-Seite der Baumstreifen. Der Korb bei 24 m Entfernung blieb fast über den gesamten Zeitraum des Laubfalls leer.

Die Menge an gefangenem Laub in den unterschiedlichen Messplots und Abständen sind in Tabelle 5 dargestellt.

**Tabelle 5:** Laubmenge (Trockengewicht/Korb) im gesamten Zeitraum des Laubfalls (rot – Lee; schwarz – Luv), Dornburg 2018

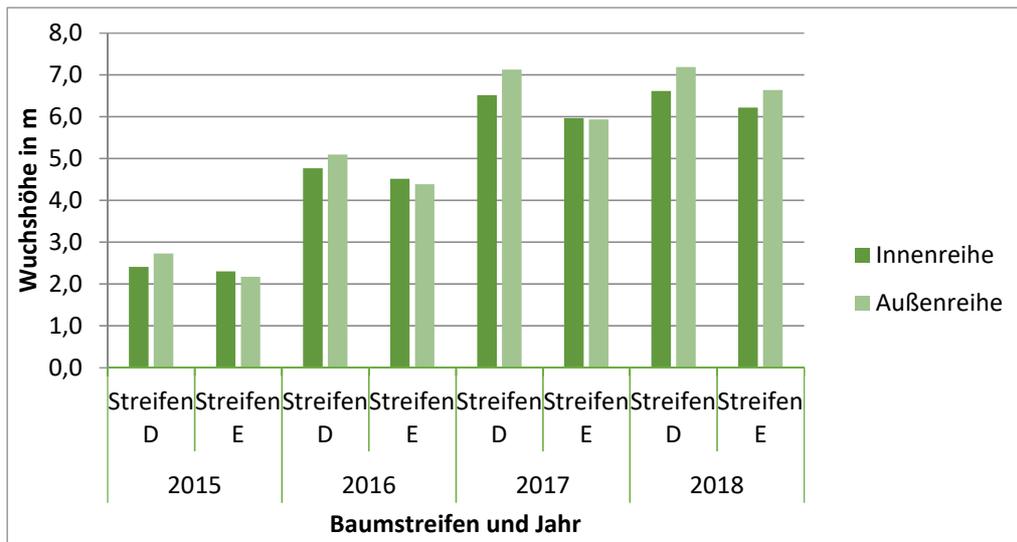
Messplot	Menge des gefallen Laubes (g/Korb) im Abstand zum Gehölzstreifen				
	0 m	1 m	4 m	7 m	24 m
r1	17,1	5,4	3,7	0,7	0,0
r2	10,7	1,4	0,4	0,3	0,5
r3	14,8	6,0	1,7	1,2	0,3
r4	12,1	2,7	0,2	0,3	0,0
<b>Mittel Lee</b>	16,0	5,7	2,7	1,0	0,2
<b>Mittel Luv</b>	11,4	2,1	0,3	0,3	0,3
<b>Gesamt-Mittel</b>	13,7	3,9	1,5	0,7	0,3

### Zuwachsrate Pappeln und Holzertragsschätzung

Für die Bestimmung der jährlichen Zuwachsrate wurden Wuchshöhe, Brusthöhendurchmesser (BHD) und die Triebzahl erfasst.

In Abbildung 12 sind die Wuchshöhen der Bäume aus den SIGNAL-Messplots der vergangenen vier Jahre, seit der Ernte im Winter 2014/15, dargestellt. Die Wuchshöhe betrug im September 2018 im Mittel 6,90 m im Streifen D bzw. 6,42 m im Streifen E. Der BHD belief sich im Streifen D auf 3,95 cm und lag im Streifen E mit 3,80 cm wieder leicht darunter. Der Pflanzabstand in den Streifen D und E beträgt 1,5 x 3 m.

Im Vergleich dazu wurden auch die Zuwachsparemeter in den engen Pflanzabständen von 0,5 x 2 m (kurzer Umtrieb) erfasst. Hier wiesen die Pappeln eine Wuchshöhe im Mittel von 6,13 m und einen BHD von 2,94 cm auf.



**Abbildung 12:** Wuchshöhen in den SIGNAL-Plots aus den letzten vier Vegetationsperioden, Dornburg 2018

Im Vergleich zu den Vorjahren, lag die Zuwachsrate der Pappeln 2018 deutlich unter der der vorherigen Jahre. Grund dafür war die sehr anhaltende warme Witterung im Sommer und das große Niederschlagsdefizit in 2018.

## 2019

Im zweiten Projektjahr der Phase II sind die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse erzielt worden.

In 2019 wurde Sommergerste auf der Ackerfläche des Agroforstsystems und auf der Referenzfläche angebaut. In Tabelle 6 sind die erfolgten agrotechnischen Maßnahmen aufgeführt

**Tabelle 6:** Agrotechnische Maßnahmen durch das TLPVG auf der Ackerfläche des Agroforstes und der Referenzfläche, Dornburg 2019

Sommergerste 2019	
03./04.09.2018	Stoppelsturz mit Kurzscheibenegge (Lemken Rubin)
05.10.2018	Pflanzenschutzbehandlung (Herbizidmaßnahme); 2,5 l/ha Roundup Power Flex
05.03.2019	Aussaat Sommergerste mit Drillmaschine Solitär 12, 174 kg/ha
07.03.2019	Walzgang mit Ackerwalze
01.04.2019	Düngung mit Düngerstreuer D 046: NPK 12-16-13, 300 kg/ha = 36 kg N/ha + 48 kg P/ha + 39 kg K/ha
13.05.2019	Pflanzenschutzbehandlung mit Amazone-Spritze (Herbizid+ NK Düngerlösung): 0,9 l/ha Pinoxial + 1 l/ha Omnera LQM + 2 l/ha Basfoliar Aktiv SL
28.05.2019	Pflanzenschutzmaßnahme mit Amazone-Spritze (Fungizid + Wachstumsregler + NK Düngerlösung): 0,5 l/ha Hutton + 0,5 l/ha Azoshy + 0,3 l/ha Moddus + 1 l/ha Opus Top + 2,0 l Basfoliar Aktiv SL
22.07.2019	Ernte mit Mähdrescher (Claas Lexion), Ertrag Agroforst 68,6 dt/ha, Ertrag Referenzfläche: 64,6 dt/ha

Um herauszufinden, ob und welchen Einfluss eine Variante ohne Düngung auf die Ackerkultur hat, wurden im Winter 2019 vier neue Core Plots auf der Agroforst- und Referenzfläche hinzugefügt. Die Core Plots befanden sich auf der Agroforstfläche ebenfalls zwischen den Streifen D und E, nördlich der bereits etablierten. Auf der Referenzfläche lagen die vier nicht gedüngten Parzellen auch nördlich von den gedüngten Plots. Die nicht gedüngten Plots wurden großzügig abgesteckt, um einen Einfluss durch die Düngung der angrenzenden Bereiche auszuschließen.

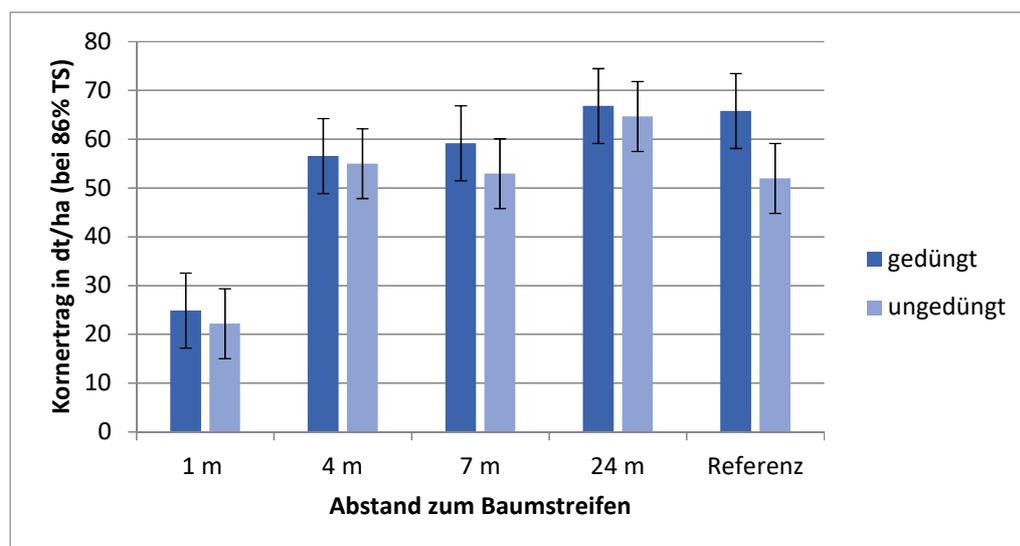
Das Design der nicht gedüngten Plots stimmte mit denen der gedüngten überein. Alle Untersuchungen, die in den gedüngten Plots stattfanden, wurden auch in den nicht gedüngten Plots durchgeführt. Insgesamt befanden sich also acht Core Plots auf der Agroforstfläche und acht auf der Referenzfläche.

### **Ernte, Ertrag und Qualitätsparameter**

Die angebaute Kultur 2019 war Sommergerste, Sorte Avalon. Es handelte sich dabei um eine Braugerstensorte. Um die Erträge auf der Agroforstfläche in den fest definierten Entfernungen zum Baumstreifen festzustellen, erfolgte die Ernte der acht einzelnen Messplots von SIGNAL mit einem Parzellenmähdrescher. Auf der Referenzfläche wurden ebenfalls die vier gedüngten und vier nicht gedüngten Parzellen mit dem Parzellenmähdrescher geerntet.

Am 22.07.2019 erntete das TLPVG die Sommergerste auf der Ackerfläche des Agroforstsystems und auf der Referenzfläche mit einem Praxismähdrescher (Class Lexion 750) mit einer Schneidwerksbreite von 9,20 m. Wie vorher mit dem TLPVG abgesprochen, wurden die SIGNAL-Messplots auf der Agroforst- und Referenzfläche bei der Ernte für die Ertragsbestimmung mit dem Praxismähdrescher ausgespart. Das TLPVG ermittelte im Durchschnitt Erträge von 68,6 dt/ha auf der Agroforstfläche und von 64,6 dt/ha auf der Referenzfläche.

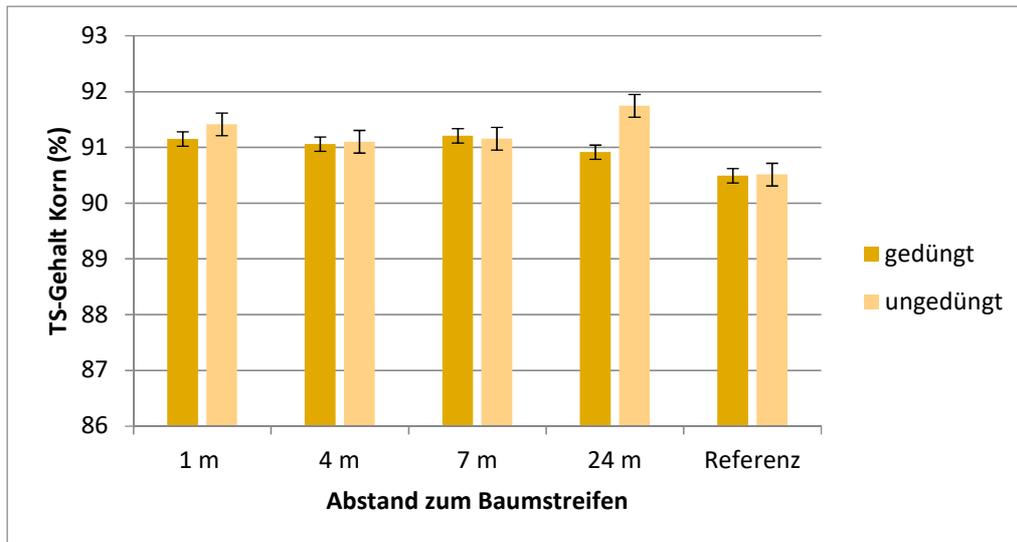
Die Ernte der SIGNAL-Parzellen erfolgte am 30.07.2019 mit einem Parzellenmähdrescher mit einer Schneidwerksbreite von 1,50 m. Bei der Auswertung wurde deutlich, dass die Erträge im Nahbereich der Gehölzstreifen wiederum deutlich geringer ausfielen. Dies ist in einer schlechteren Entwicklung der Pflanzen begründet, die auf Licht- und Wasserkonkurrenz durch die Gehölze zurückzuführen war. Die Erträge stiegen mit zunehmender Entfernung zu den Baumstreifen an. Den höchsten Kornertrag erzielte die Variante gedüngt 24 m vom Baumstreifen entfernt, den niedrigsten die Variante ungedüngt 1 m vom Baumstreifen entfernt. Die gedüngten Varianten unterschieden sich signifikant von den ungedüngten, allerdings hatten die Abstände von den Baumstreifen einen größeren Einfluss auf den Kornertrag als die Düngung. Eine generelle Ertragsminderung durch die Gehölzstreifen im Vergleich zur Referenzfläche konnte wiederum nicht festgestellt werden (Abb. 13).



**Abbildung 13:** Ertrag der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019

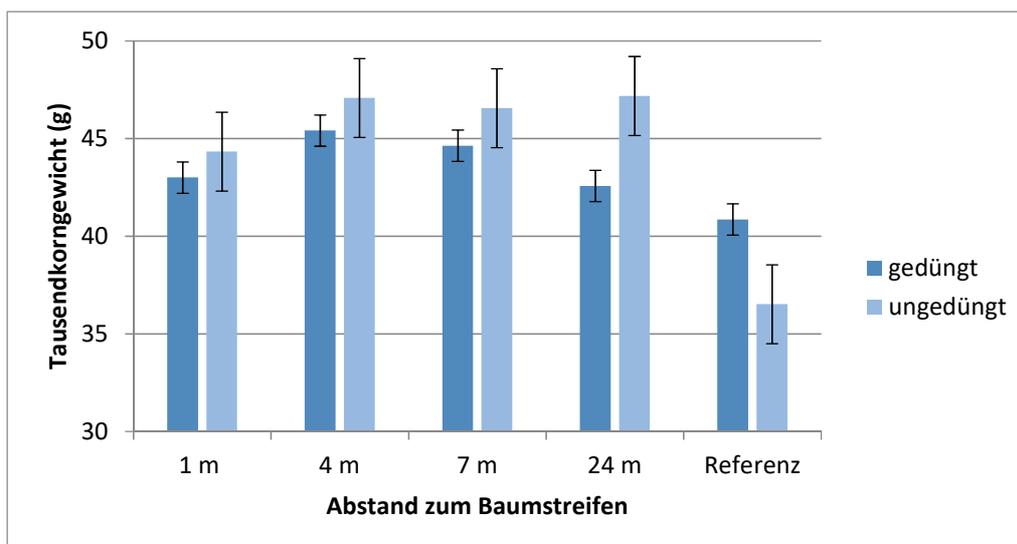
Voraussetzung für eine mittelfristige Lagerung von Getreide im Betrieb ist ein Feuchtegehalt von 14 % in der gesamten Erntepartie, was einem TS-Gehalt von 86 % entspricht. Zur Ernte

der Parzellen lag der TS-Gehalt bei allen Prüfgliedern im optimalen Bereich (Abb. 14). Die Düngung hatte keinen Einfluss auf den TS-Gehalt.



**Abbildung 14:** TS-Gehalt der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019

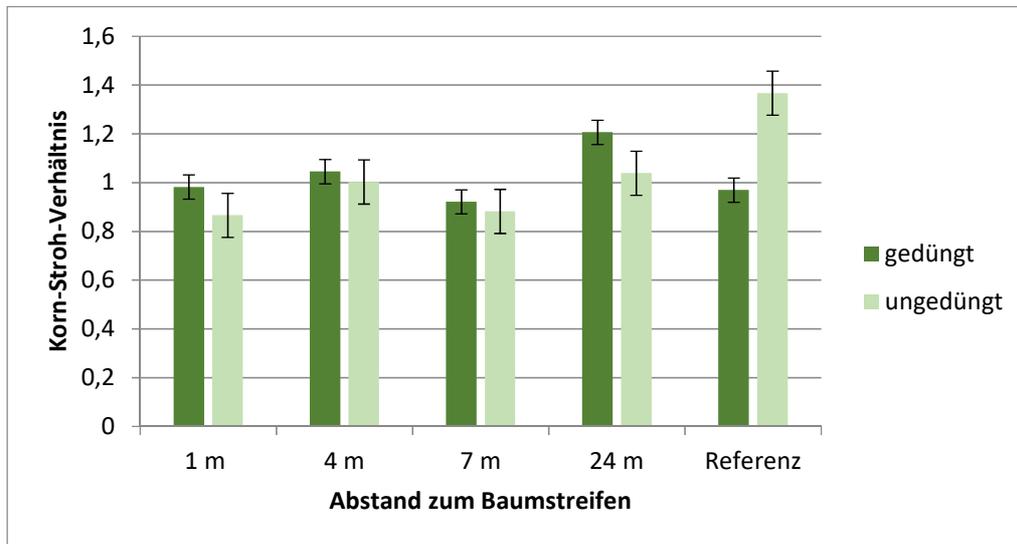
Bei der Betrachtung der Qualität des Erntegutes in den einzelnen Abständen zeigte sich, dass das Tausendkorngewicht (TKG) bei Abstand 24 m ungedüngt (47,2 g) am höchsten und auf der Referenzfläche in den ungedüngten Parzellen am niedrigsten war (36,5 g). Bei Sommergerste werden TKG zwischen 45 und 48 g angestrebt. Die Variante ungedüngt 24 m unterschied sich signifikant von den gedüngten und nicht gedüngten Parzellen der Referenzfläche, der gedüngten Parzelle bei 24 m sowie von der Variante 1 m gedüngt und ungedüngt. Die nicht gedüngten Varianten 4 m, 7 m und 24 m im Agroforst erreichten das höchste TKG, die gedüngten und nicht gedüngten Plots auf der Referenzfläche dagegen das niedrigste (Abb. 15). Dies ist wahrscheinlich in einer niedrigeren Bestandesdichte der ungedüngten Bereiche begründet, in denen das wiederum nur begrenzt zur Verfügung stehende Wasser noch für eine bessere Kornfüllung ausreichte.



**Abbildung 15:** Tausendkorngewicht der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019

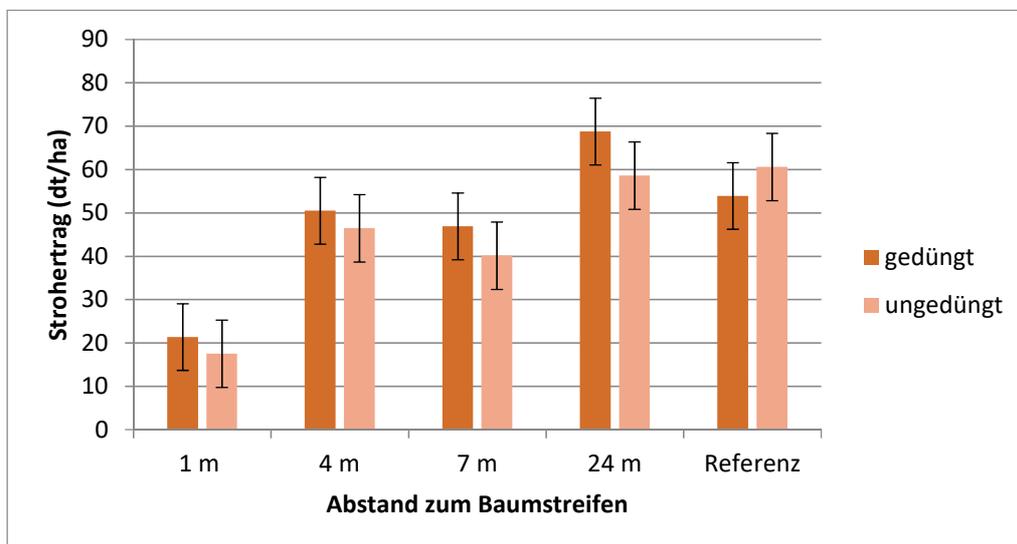
Für die heutigen Sommergerstensorten wird ein Korn-Stroh-Verhältnis von 1: 0,7 angegeben. Dieser Wert bestätigte sich bei allen Messpunkten (Abb. 16). Die nicht gedüngten Plots der

Referenzfläche hatten von allen Varianten das weiteste Korn-Stroh-Verhältnis, was im niedrigen Kornertrag begründet ist. Statistisch gesehen hat die Düngung keinen Einfluss auf das Korn-Stroh-Verhältnis.



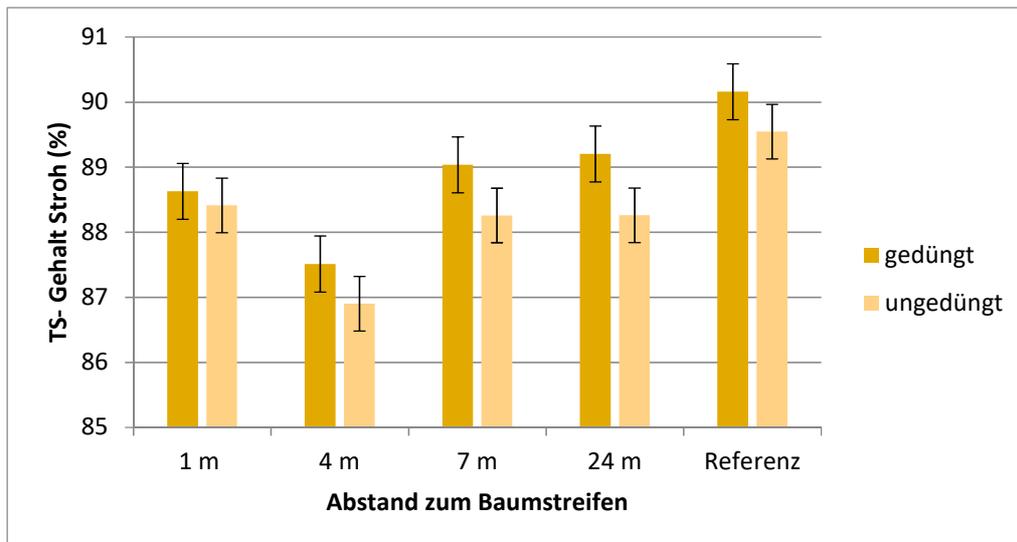
**Abbildung 16:** Korn-Stroh-Verhältnis der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019

Analog zum Kornertrag war der Strohertrag im Nahbereich der Gehölzstreifen geringer (Abb. 17). Auch stieg der Strohertrag mit zunehmender Entfernung zum Baumstreifen an und war bei 24 m am höchsten. So wies das Prüfglied gedüngt 24 m vom Baumstreifen entfernt den höchsten Ertrag (68,8 dt/ha TM), die Variante ungedüngt 1 m vom Baumstreifen entfernt (17,5 dt/ha TM) den niedrigsten auf. Signifikante Unterschiede zwischen den gedüngten und ungedüngten Varianten traten nicht auf.



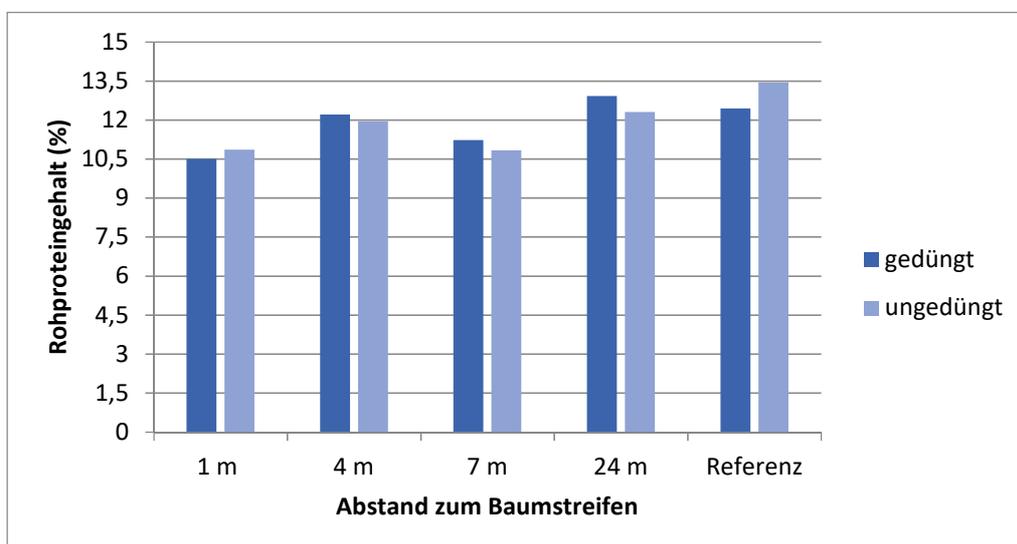
**Abbildung 17:** Strohertrag der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019

Der TS-Gehalt von Stroh sollte bei der Bergung und für die Lagerung über 86 % liegen. Alle Messpunkte erreichten diesen Wert. Die einzelnen Ergebnisse sind in Abbildung 18 dargestellt. Die Düngung hatte keinen Einfluss auf den TS-Gehalt des Strohs.



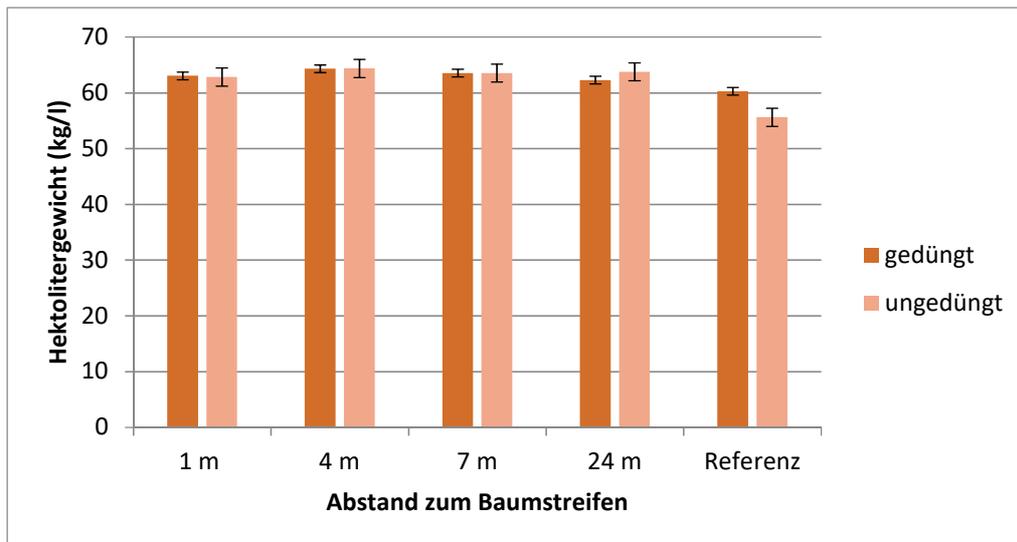
**Abbildung 18:** TS-Gehalt im Stroh im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019

Der Rohproteingehalt wird stark durch Menge und Zeitpunkt der Stickstoffdüngung, durch die Witterung, den Boden und die Sorte beeinflusst. Für eine entsprechende Braugerstenqualität wird ein Rohproteingehalt zwischen mindestens 9,5 % und max. 11,5 % gefordert. Der Rohproteingehalt lag nicht bei allen Varianten in dem für Braugerste geforderten Bereich. Am höchsten war der Gehalt auf der ungedüngten Referenzfläche (13,4 %) und am niedrigsten bei gedüngt 1 m Entfernung zum Baumstreifen (10,5 %). Die gedüngten und nicht gedüngten Varianten unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Die unterschiedlichen Abstände zum Baumstreifen beeinflussten den Rohproteingehalt dagegen stärker (Abb. 19). Die Bestimmung des Rohproteingehalts übernahm das JKI (TP 5).



**Abbildung 19:** Rohproteingehalt von Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019

Das Hektolitergewicht ist ein Kriterium für die Vermarktung von Getreide. Bei Gerste werden Werte zwischen 57 und 67 kg/hl angestrebt, was an allen Messpunkten erreicht wurde. Alle Varianten im Agroforst, außer 24 m gedüngt, wiesen signifikant höhere Werte auf als die gedüngten und ungedüngten Referenzparzellen. Ein Einfluss der Düngung war nicht erkennbar (Abb. 20).



**Abbildung 20:** Hektolitergewicht von Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2019

### Quantifizierung des Laubs

Die Dokumentation des Laubfalls erfolgte erstmals im gedüngten und im nicht gedüngten Bereich. Die Laubfangkörbe standen entsprechend dem Protokoll in den acht Messplots auf der Fläche verteilt. Dieses sah vor, fünf Körbe pro Core Plot in 1 m, 4 m, 7 m und 24 m Abstand zum Baumstreifen sowie einen Korb in der Mitte der Baumstreifen (0 m) zu platzieren, so dass insgesamt 40 Laubfangkörbe beprobt wurden. Die Analyse der Inhaltsstoffe (N, C, P, K) erfolgte zentral an der Universität Göttingen.

Wider Erwarten fiel bei 1 m Abstand zum Baumstreifen das meiste Laub, insgesamt durchschnittlich 19,9 g Lufttrockenmasse/Korb, was 194,7 g/m<sup>2</sup> entspricht. Im Baumstreifen waren es nur 158,1 g/m<sup>2</sup>. Mit zunehmender Entfernung nahm die Laubmenge ab, in der Mitte der Ackerstreifen fiel verblieb nahezu kein Laub auf der Fläche. Auffällig waren, wie auch schon in den Vorjahren beobachtet, die Unterschiede der Laubmengen im Lee- und Luv-Bereich der Streifen. Die Mengen an gefangenem Laub pro Korb in den unterschiedlichen Messplots und Entfernungen sind in Tabelle 7 dargestellt.

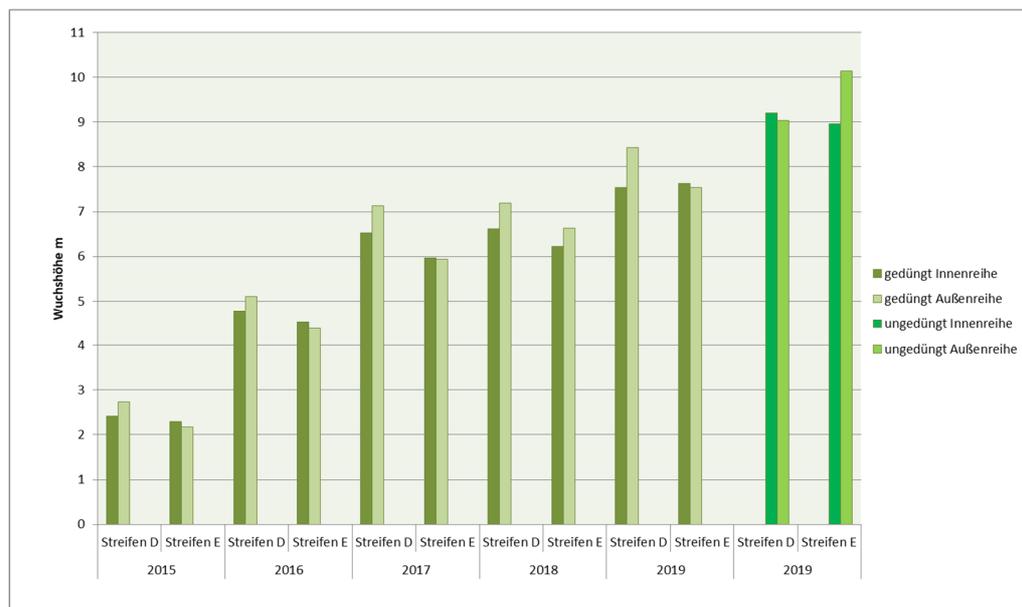
**Tabelle 7:** Laubmenge (Trockengewicht/Korb) im gesamten Zeitraum des Laubfalls (rot – Lee; schwarz – Luv), Dornburg 2019

Messplot	Menge des gefallenen Laubes (g/Korb) im Abstand zum Gehölzstreifen				
	0 m	1 m	4 m	7 m	24 m
r1	13,12	37,26	9,91	4,74	0,36
r2	15,08	2,45	0,44	0	0
r3	12,65	20,53	9,33	2,92	0
r4	8,59	1,51	0	0	0
r5	16,48	15,8	4,87	0	0
r6	14,84	30,39	22,18	10,18	0,41
r7	34,37	12,27	1,04	0	0
r8	14,41	39,32	14,45	8,32	0
<b>Mittel Lee</b>	13,76	31,87	13,96	3,27	0,10
<b>Mittel Luv</b>	18,63	8,01	1,59	0	0
<b>Gesamt-Mittel</b>	16,19	19,94	7,78	3,27	0,10

## Zuwachsrate Pappeln und Holzertragschätzung

Für die jährliche Bestimmung der Zuwachsraten der Gehölze wurden deren Wuchshöhe, Brusthöhendurchmesser (BHD) und die Triebzahl erfasst.

In Abbildung 21 sind die Wuchshöhen der Bäume aus den SIGNAL-Messplots der vergangenen fünf Jahre, seit der Ernte im Winter 2014/15, dargestellt. 2019 erfolgte die Messung auch im Bereich der ungedüngten Core Plots, wobei die Düngung des Ackerstreifens keinen Einfluss auf das Wachstum der Bäume hat. Die hier gemessenen Größenunterschiede sind auf den heterogenen Boden zurückzuführen.



**Abbildung 21:** Wuchshöhen in den SIGNAL-Plots in den letzten fünf Vegetationsperioden, Dornburg 2019

Tabelle 8 gibt die ermittelten mittleren Wuchshöhen und BHD von Oktober 2019 wider.

**Tabelle 8:** Mittlere Wuchshöhen und Brusthöhendurchmesser aus den SIGNAL-Plots, Dornburg Oktober 2019

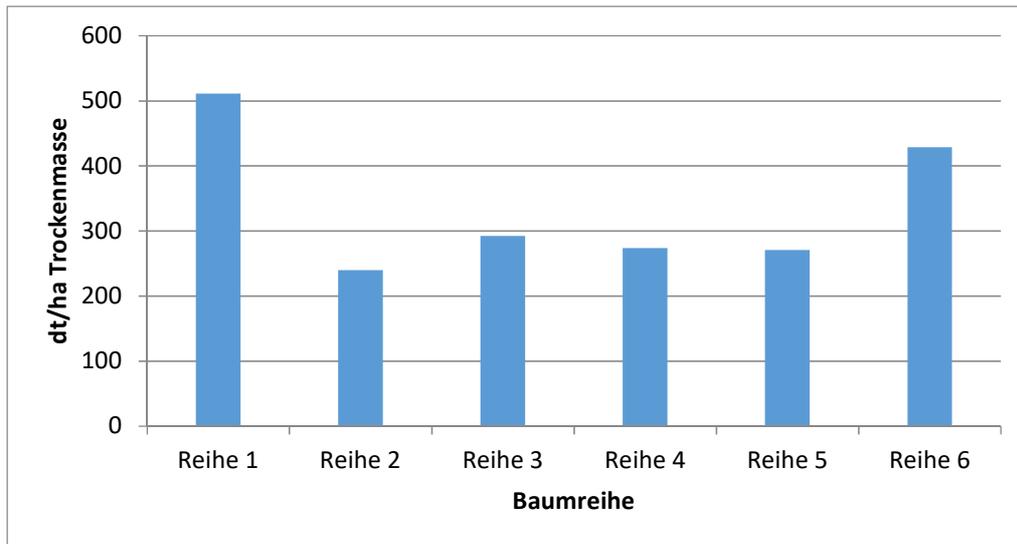
		Gedüngter Ackerbereich	Ungedüngter Ackerbereich
Wuchshöhe (m)	Streifen D	7,99	9,12
	Streifen E	7,58	9,55
BHD (cm)	Streifen D	4,03	3,88
	Streifen E	3,98	4,34

Im Vergleich dazu wurden die Zuwachsparemeter im Streifen B, in den engen Pflanzabständen von 0,5 x 2 m (kurzer Umtrieb), erfasst. Hier wiesen die Pappeln bei der Ernte im Februar 2019 eine Wuchshöhe im Mittel von 6,13 m und einen BHD von 2,94 cm auf. Bis zum Herbst des hatten sie im Mittel eine Wuchshöhe von 2,29 m und einen BHD von 1,13 cm erreicht.

## Ernte der Baumstreifen

Am 04. und 05.02.2019 fand die Holzernte in den Streifen A bis C statt. Die Pappeln in diesen Streifen sind für den Kurzumtrieb (4-jährig) angelegt. Sie wurden bereits 2011 und 2015 beerntet, so dass es insgesamt die dritte Ernte des kurzen Umtriebs war. Die Erträge blieben mit jährlichen Zuwachsraten von 8,8 dt TM/ha deutlich hinter den Erwartungen zurück (Abb. 22). Sie erreichten auch nicht die Werte der zweiten Ernte 2015, als 11,6 dt TM/ha und Jahr geerntet wurden. Dies ist zum einen wahrscheinlich durch die relativ trockenen Witterungsbedingungen während des 3. Umtriebs bedingt. Lag aber auch an extrem hohen Verlusten bei der

Ernte. Der eingesetzte Mäh Hacker war nicht in der Lage, die mehrtriebigen Bäume sauber zu schneiden und zu hacken.



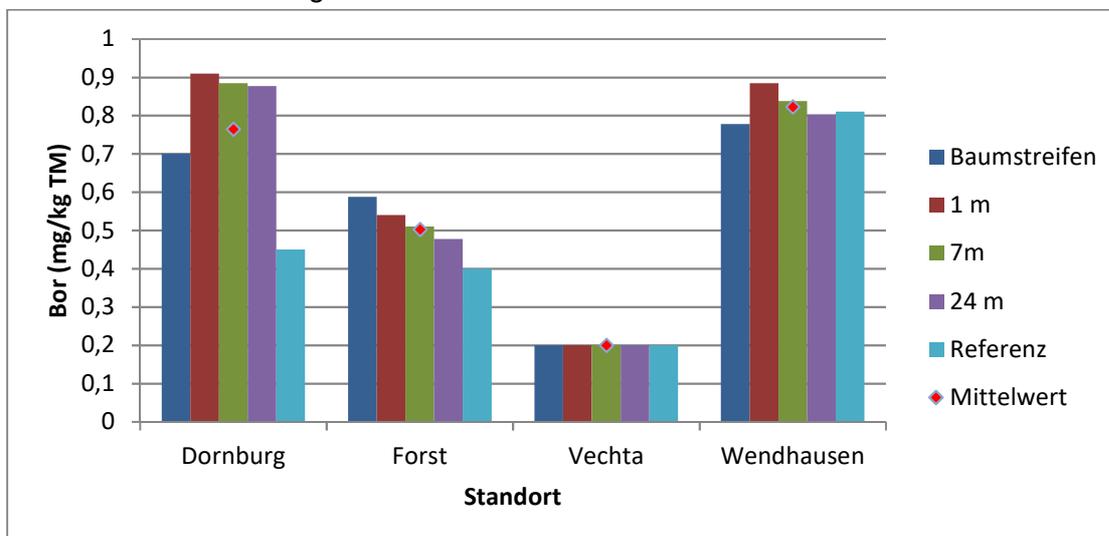
**Abbildung 22:** Erträge der einzelnen Baumreihen von Streifen B (4-jähriger Umtrieb), Dornburg, Februar 2019

### Analyse der Mikronährstoffe im Boden

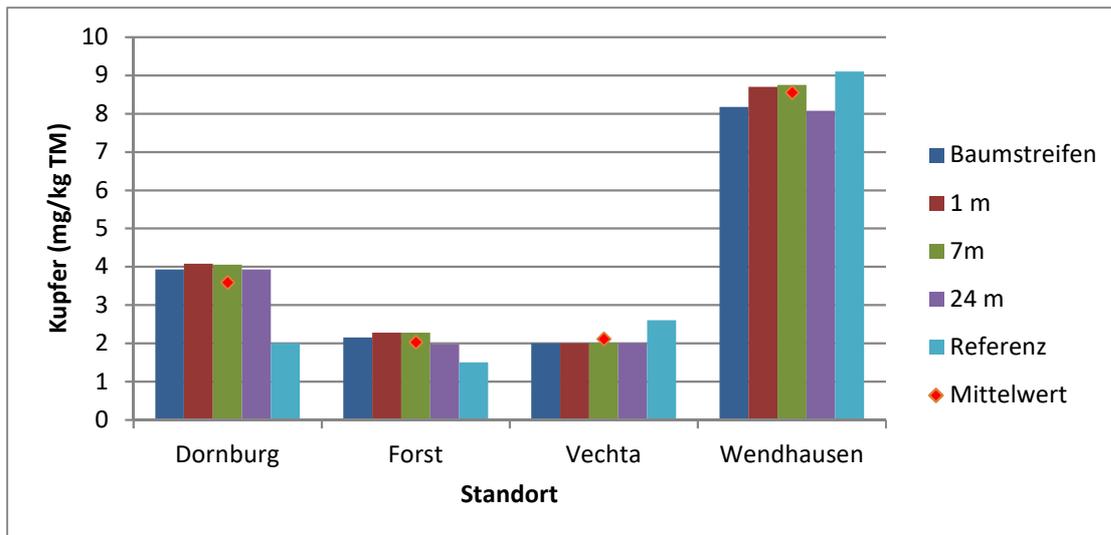
Die Mikronährstoffanalyse erfolgte Ende März auf den Ackerstandorten Dornburg, Forst, Wendhausen und Vechta. Das Agroforstsystem in Vechta wurde erst im Frühjahr 2019 angelegt, so dass mit der Bodenanalyse ein Status vor der Etablierung erfasst worden ist. Die Bodenproben wurden in der Tiefe 0 bis 20 cm mit dem Bohrstock gezogen. Untersucht wurde auf die Inhaltsstoffe Bor, Kupfer, Zink, Mangan und Eisen. Die Laboranalyse erfolgte in Jena durch die Firma JenaBios GmbH.

Bei der Analyse der Nährstoffe Bor, Kupfer, Zink und Mangan kam die Methode VDLUFA Bd. A 13.1.1 (2004) [L93] und bei der Analyse des Eisenwerts die Methode VDLUFA Bd. Ia, A 7.6.1 (1997) [L80] (N) zum Einsatz.

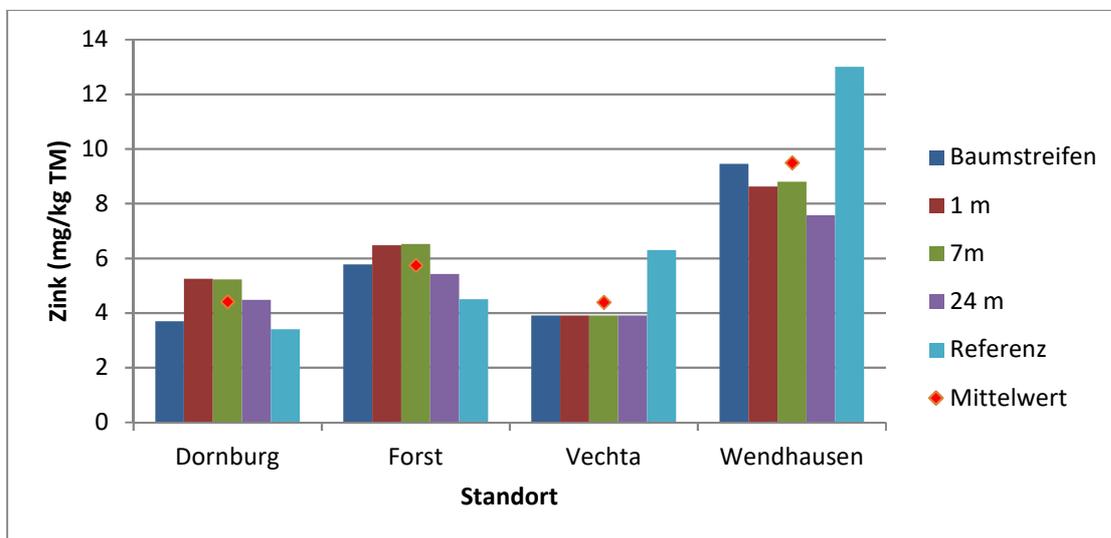
Die in den Abbildungen 23 bis 27 dargestellten Gehalte der einzelnen Mikronährstoffe belegen, dass die Versorgung an allen Standorten im normal bzw. im sehr gut versorgten Bereich lagen, wobei tendenziell die Agroforstflächen höhere Werte aufwiesen als die Referenzflächen.



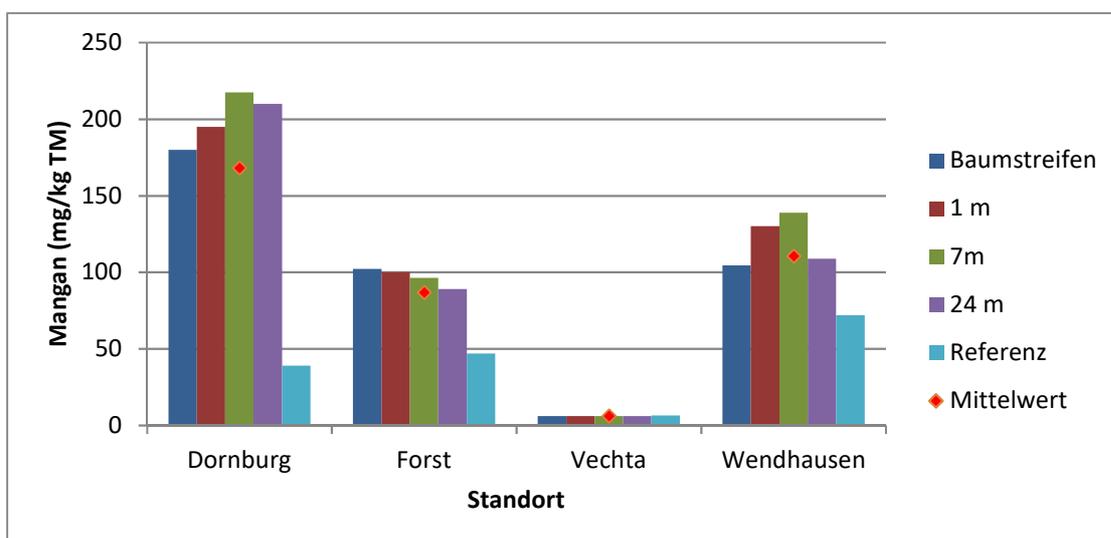
**Abbildung 23:** Borgehalt im Boden an den verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2019



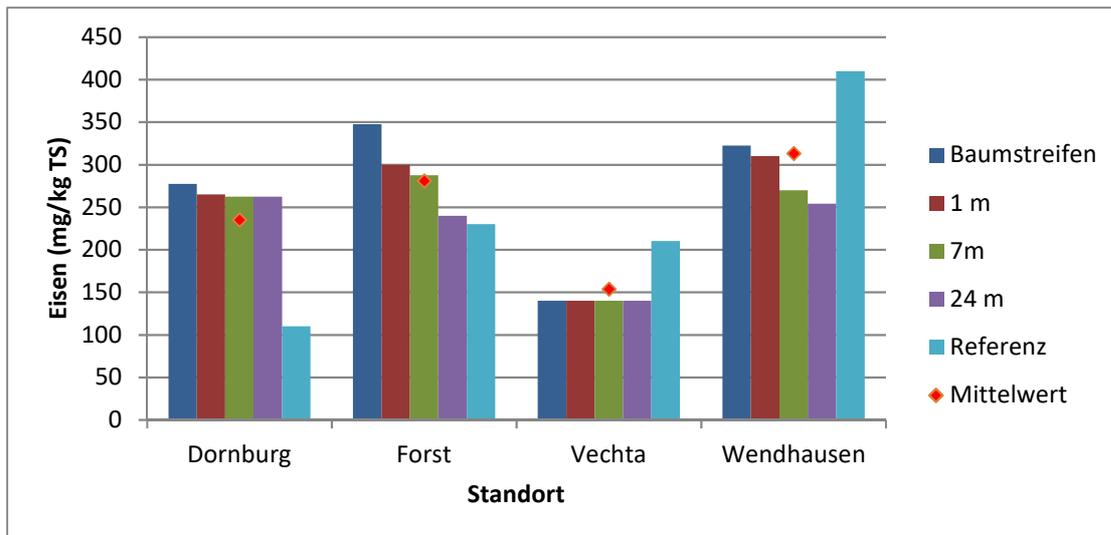
**Abbildung 24:** Kupfergehalt im Boden an den verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2019



**Abbildung 25:** Zinkgehalt im Boden an den verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2019



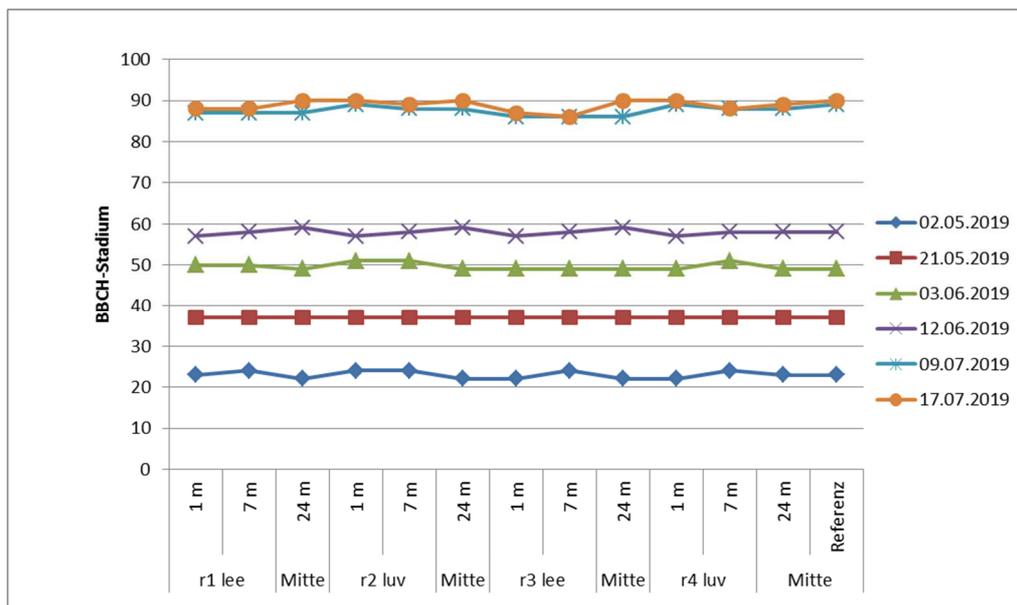
**Abbildung 26:** Mangangehalt im Boden an den verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2019



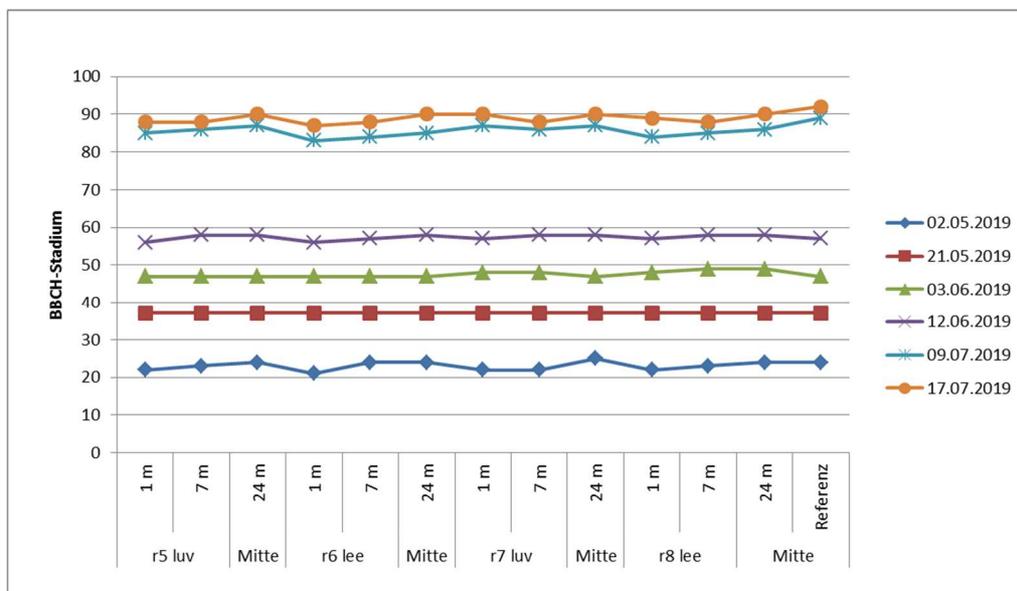
**Abbildung 27:** Eisengehalt (pflanzenverfügbar) im Boden an den verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2019

### Betrachtung der BBCH-Stadien

Im Nahbereich der Gehölzstreifen bei 1 m Entfernung sahen die Pflanzen nahezu während der gesamten Vegetationsperiode verkümmert aus. Die Bestandsdichte war sehr dünn und die Wuchshöhe im Vergleich zu den Pflanzen in den anderen Abständen niedriger. Unterschiede im Entwicklungsstadium gab es jedoch kaum, ebenso wie zwischen der gedüngten und der nicht gedüngten Variante (Abb. 28 und 29).



**Abbildung 28:** BBCH-Stadien der Sommergerste in Abhängigkeit zum Baumstreifen in der gedüngten Variante, Dornburg 2019



**Abbildung 29:** BBCH-Stadien der Sommergerste in Abhängigkeit zum Baumstreifen in der nicht gedüngten Variante, Dornburg 2019

## 2020

Im dritten Projektjahr der Phase II konnten folgende Ergebnisse generiert werden:

### Agrotechnische Maßnahmen

Wie auch im Jahr zuvor wurde 2020 Sommergerste auf der Ackerfläche des Agroforstsystems sowie auf der Referenzfläche angebaut. In Tabelle 9 sind alle agrotechnischen Maßnahmen aufgeführt, welche vom TLPVG durchgeführt wurden.

**Tabelle 9:** Agrotechnische Maßnahmen durch das TLPVG auf der Ackerfläche des Agroforstes und der Referenzfläche, Dornburg 2020

Sommergerste 2020	
18.09.2019	Pflanzenschutzbehandlung mit Amazone-Spritze: 3,0 l/ha Taifun Forte
25.10.2019	Bodenbearbeitung mit Grubber (Köckerling Vector)
27.03.2020	Saatbettbereitung mit Köckerling Allround
28.03.2020	Aussaat Sommergerste mit Drillmaschine Köckerling Ultima, 140 kg/ha
30.03.2020	Walzen mit Ackerwalze
31.03.2020	Düngung mit Düngerstreuer D 066: 300 kg/ha NPK 15-15-15 = je 45 kg N, P, K/ha
08./09.08.2020	Ernte mit Mähdrescher (Claas Lexion 750), Ertrag Agroforst: 35,3 dt/ha, Ertrag Referenzfläche: 29,1 dt/ha

### Ernte, Ertrag und Qualitätsparameter

Bei der 2020 auf den SIGNAL Projektflächen angebauten Sommergerste handelte es sich um eine Braugerstensorte (Sorte: „Accordine“). Um die Erträge auf der Agroforstfläche in den fest definierten Entfernungen zum Baumstreifen festzustellen, erfolgte die Ernte der einzelnen Messplots von SIGNAL mit einem Parzellenmähdrescher. Auf der Referenzfläche wurden ebenfalls vier gedüngte und vier nicht gedüngte Parzellen mit dem Parzellenmähdrescher geerntet.

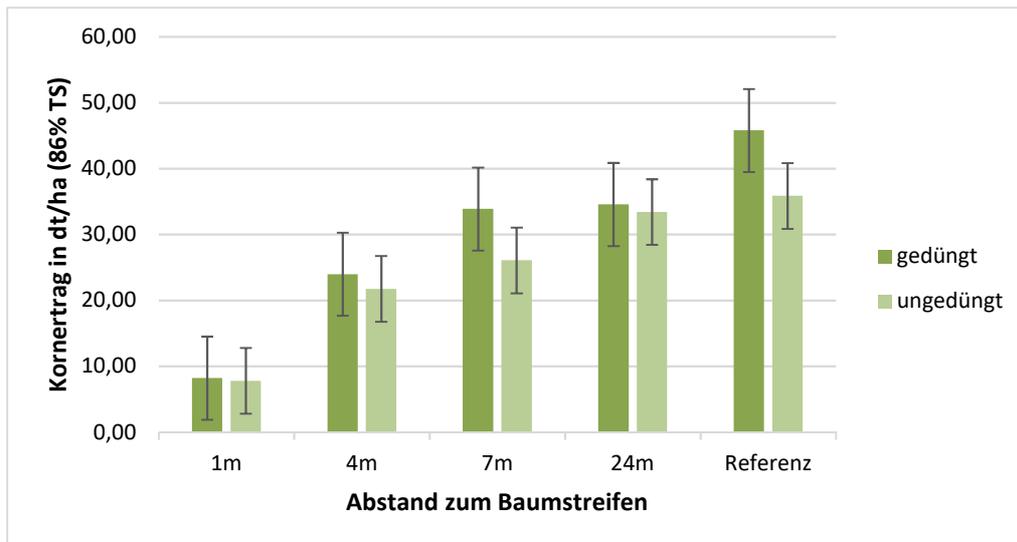
Am 08. und 09.08.2020 erntete das TLPVG die Sommergerste auf der Ackerfläche des Agroforstsystems sowie auf der Referenzfläche. Wie vorher mit dem TLPVG abgesprochen, wur-

den die SIGNAL-Messplots auf der Agroforst- und Referenzfläche bei der Ernte mit dem Mäh-drescher ausgespart. Das TLPVG ermittelte im Durchschnitt Erträge von 35,3 dt/ha auf der Agroforstfläche und 29,1 dt/ha auf der Referenzfläche. So lag der mittlere Ertrag, wie auch bei der Sommergerstenernte 2019, auf der Agroforstfläche leicht höher als auf der Referenzfläche. In 2020 fiel jedoch der Gesamtertrag der Sommergerste geringer aus und erreichte etwa nur die Hälfte des Ertrages von 2019. Auch bei der Sommergerstenernte 2016 in Phase I konnte mehr geerntet werden als 2020. Gründe für die niedrigen Erträge waren die geringen Niederschläge im Frühjahr 2020 sowie aufgetretene Spätfröste und extrem hohe Einbußen durch Mäusefraß. Der Mähdrusch durch das TLPVG erfolgte mit einem Praxismähdrescher (Class Lexion 750) mit einer Schneidwerksbreite von 9,20 m. Die Ernte der SIGNAL-Parzellen erfolgte am 12.08.2020. Der in diesen Parzellen zum Einsatz gekommene Parzellenmäh-drescher besaß eine Schneidwerksbreite von 1,5 m. Die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse basieren auf der Ertragserfassung mit dem Parzellenmähdrescher.

Die Erträge im Nahbereich der Gehölzstreifen fielen, wie auch schon in den vergangenen Jahren, geringer aus. In den Parzellen der dritten Wiederholung, 1 und 4 m Abstand, konnte nichts geerntet werden, da durch eine starke Verunkrautung und Mäusefraß keine Sommergerste mehr stand. Für die statistische Auswertung wurde hierfür ein Wertersatz durchgeführt.

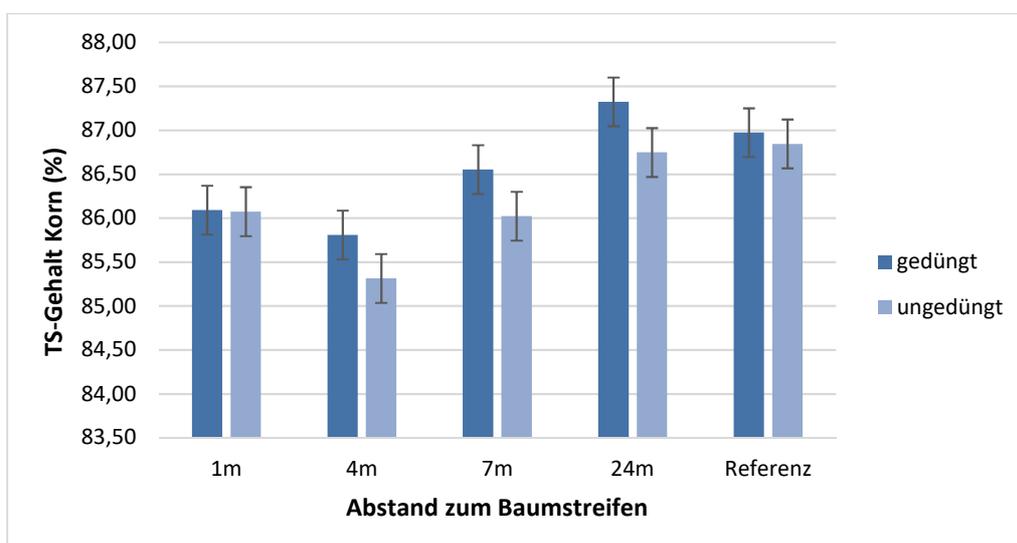
Die Erträge lagen in den Parzellen mit einem Abstand von 7 und 24 m signifikant über denen bei von 1 und 4 m Abstand vom Gehölzstreifen. Diese Unterschiede können auf Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe zwischen der Ackerkultur und dem Gehölzstreifen zurückgeführt werden. Je geringer der Abstand der Kulturpflanze zum Gehölzstreifen, umso größer die bestehende Konkurrenzwirkung. Aber auch der erhöhte Unkrautdruck im Nahbereich zu den Baumstreifen spielte eine Rolle. Der Flächenbewirtschafter führte keinerlei Pflanzenschutzmaßnahmen durch, weder chemisch, noch mechanisch. Unkrautpflanzen aus dem Saumbereich der Gehölzstreifen konnten so nahezu problemlos in den Bestand „übergehen“. Da begrenzte Ressourcen wie Wasser, Nährstoffe und Licht im Nahbereich z. T. geringer ausfielen, konnte es vor allem bei jungen Pflanzen zu leichten Entwicklungsverzögerungen kommen, so dass diese wiederum relativ leicht von den Unkrautpflanzen verdrängt werden konnten. In 2020 gab es außerdem hohe Schäden durch Mäusefraß, welche ebenfalls besonders in nahen Bereichen der Pappeln z.T. sehr hoch ausfielen. Die Baumstreifen boten den Feldmäusen einen gewissen Schutz vor natürlichen Fressfeinden, wie z. B. Greifvögeln. In den Messplots stiegen die Erträge im Mittel mit zunehmender Entfernung zu den Baumstreifen an. Die höchsten Erträge konnten auf der Referenzfläche ermittelt werden. Diese unterschieden sich von allen Abstandsvarianten im Agroforst. Die höheren Erträge der Referenzfläche sind auf einen deutlich geringeren Unkrautdruck und etwas geringeren Mäusebefall zurückzuführen.

Beim Vergleich der Düngung erzielten insgesamt die gedüngten Varianten einen signifikant höheren Ertrag als die ohne Düngung. Den höchsten Kornenertrag erreichte die Variante Referenzfläche gedüngt. Diese unterschied sich auch signifikant von allen anderen Varianten. Die niedrigsten Erträge lagen wie zu vermuten bei Variante 1 m ungedüngt (7,8 dt/ha) und 1 m gedüngt (8,2 dt/ha). Diese unterschieden sich nachweisbar von allen anderen Varianten (Abb. 30).



**Abbildung 30:** Ertrag der Sommergerste (in dt/ha bei 86% TS) im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020

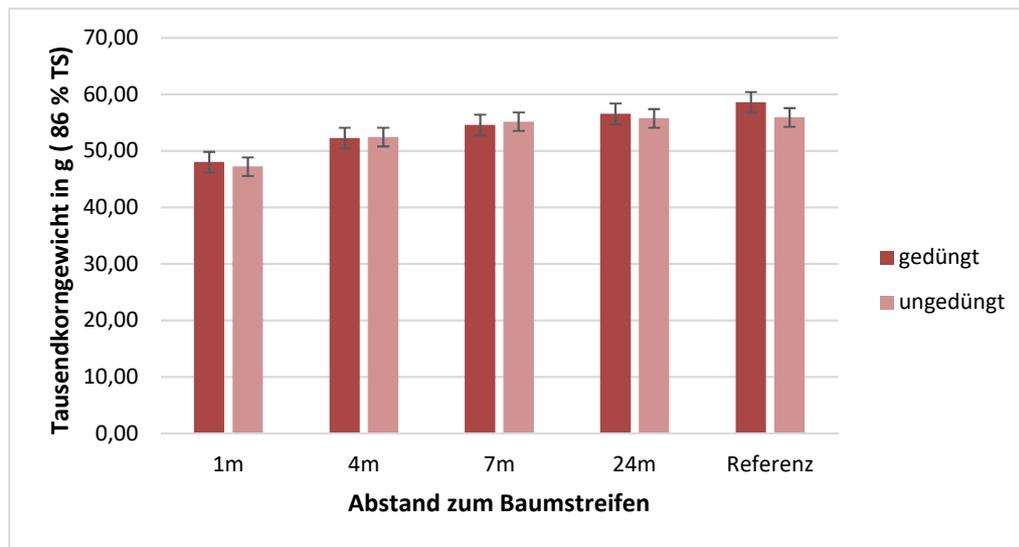
Für eine optimale Lagerung von Getreide ist ein Trockensubstanzgehalt von mindestens 86 % nötig. Der Feuchtegehalt des Korns sollte also 14 % nicht übersteigen, ansonsten muss das Erntegut vor der Einlagerung nachgetrocknet werden. Zur Ernte der Parzellen lag der TS-Gehalt bei fast allen Prüfgliedern im optimalen Bereich (Abb. 31). Bei der Variante Abstand 24 m und auf der Referenzfläche waren die TS-Gehalte im gedüngten sowie im ungedüngten Bereich am höchsten. Die niedrigsten Werte waren bei der Variante Abstand 4 m im ungedüngten Bereich zu finden. Hauptgrund dafür ist, dass der Wind bei größerer Entfernung zu den Baumstreifen die Kultur auf der Ackerfläche besser „erfassen“ und somit trocknen kann als in den windgeschützteren Lagen nahe der Bäume. Zum anderen wird durch eine erhöhte Beschattung in den Randbereichen ebenfalls eine schlechtere Trocknung erreicht. Bei der Ernte 2020 kam noch die starke Verunkrautung als Ursache hinzu. Das z. T. noch grüne Unkraut wurde vom Mähdrescher erfasst und führte beim Durchfluss durch die Dreschtrummel zu höheren Feuchtegehalten der Sommergerste-Körner. Beim allgemeinen Vergleich der Abstandsvarianten untereinander erreichte die Variante Abstand 24 m die höchsten TS-Gehalte und unterschied sich dabei von den Abständen 1, 4 und 7 m signifikant. Die Düngung hatte keinen Einfluss auf den TS-Gehalt der Körner.



**Abbildung 31:** TS-Gehalt der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020

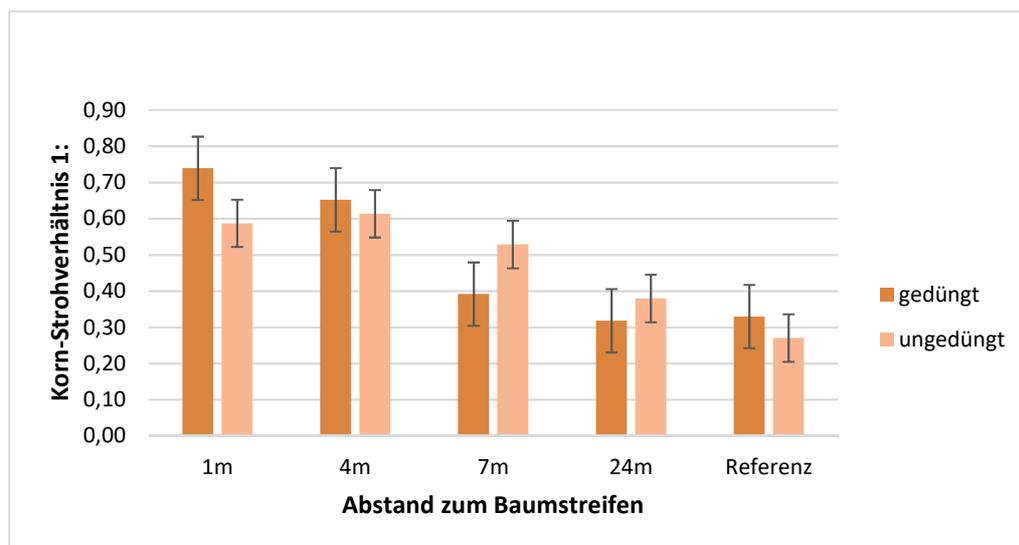
Bei Betrachtung der Qualität des Erntegutes in den einzelnen Abständen zeigte sich, dass das Tausendkorngewicht (bei 86 % TS) in den gedüngten Parzellen auf der Referenzfläche mit 58,6 g am höchsten und in der ungedüngten Variante Abstand 1 m mit 47,2 g am niedrigsten war. Bei Sommergerste wird ein TKG zwischen ca. 45 bis 48 g angestrebt.

Mit größerem Abstand zu den Gehölzstreifen erhöhte sich das TKG (Abb. 32). Die Referenzfläche wies insgesamt höhere Werte auf als das Agroforstsystem. Zwischen den Düngungsvarianten konnte auf beiden Flächen und bei allen Abständen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.



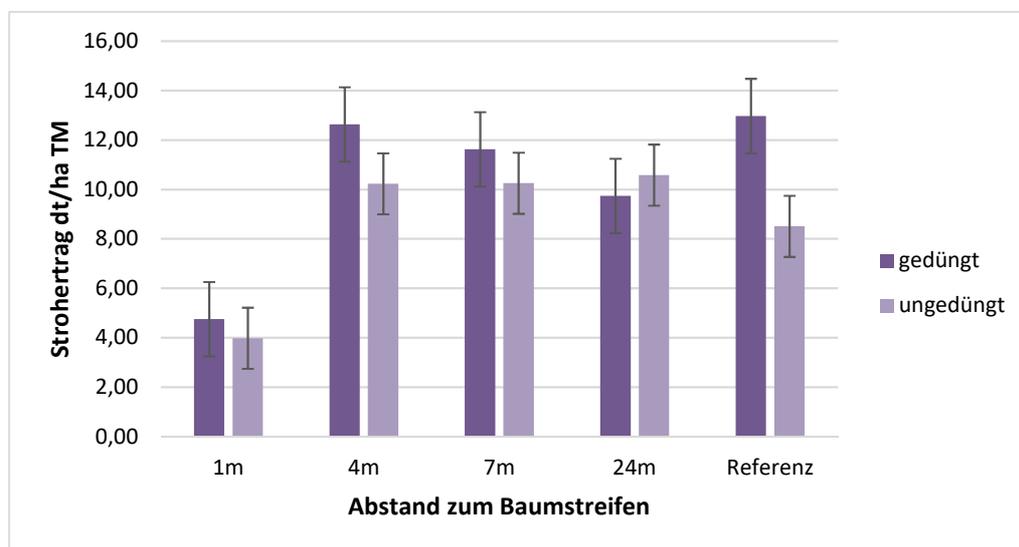
**Abbildung 32:** TKG der Sommergerste bei (86 % TS) im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020

Für die aktuellen Sommergerstensorten wird ein Korn-Strohverhältnis von 1 :0,7 angegeben. Diesen Wert erreichte nur die gedüngte Variante Abstand 1 m mit einem Korn-Strohverhältnis von 1: 0,74 (Abb. 33). Alle anderen Varianten wiesen engere Korn-Stroh-Verhältnisse auf. Die Düngung hatte keinen nachweisbaren Einfluss auf das Korn-Strohverhältnis.



**Abbildung 33:** Korn-Strohverhältnis der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020

Den höchsten Ertrag an Stroh erzielte die gedüngte Variante auf der Referenzfläche mit 13,0 dt/ha TM, den signifikant niedrigsten die ungedüngte Variante Abstand 1 m mit 4,0 dt/ha TM (Abb. 34). Ein eindeutiger Einfluss der Düngung auf den Strohertrag war nicht erkennbar. Die niedrigen Stroherträge sind durch den relativ späten Aussattermin und die nachfolgenden trockenen Witterungsbedingungen begründet. Dadurch konnte sich die Sommergerste vor dem Ährenschieben kaum bestocken.



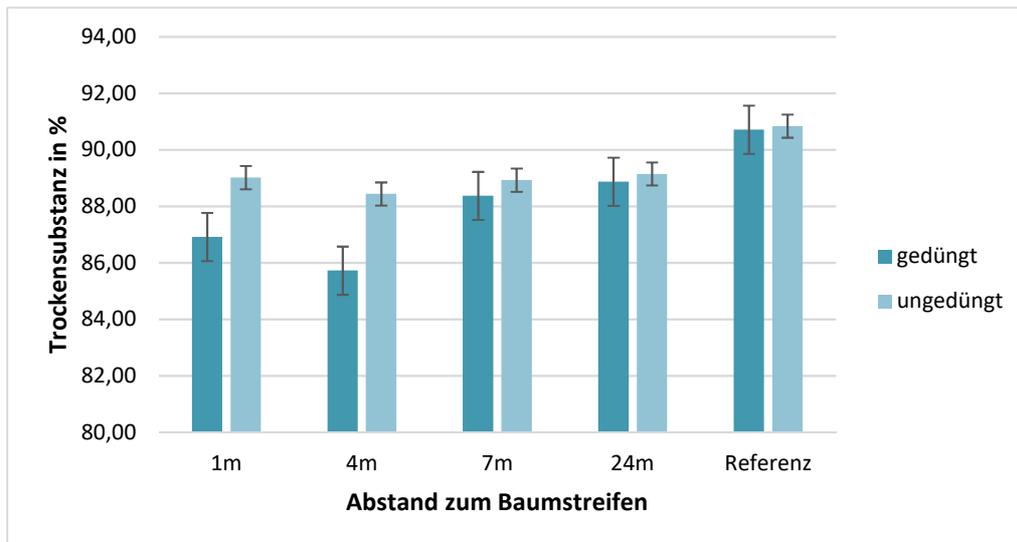
**Abbildung 34:** Strohertrag der Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020

In den Varianten mit höheren Kornerträgen war der Strohertrag niedriger (Tab. 10).

**Tabelle 10:** Vergleich des mittleren Stroh- und Kornertrags (gedüngte & ungedüngte Parzellen) bei verschiedenen Abständen zum Baumstreifen, Dornburg 2020

Abstand	Rangfolge	Strohertrag in dt/ha TM	Kornertrag in dt/ha 86% TS	Rangfolge
1 m	1	4,36	8,01	1
4 m	5	11,43	22,87	2
7 m	4	10,93	29,98	3
24 m	2	10,16	33,99	4
Referenz	3	10,74	40,83	5

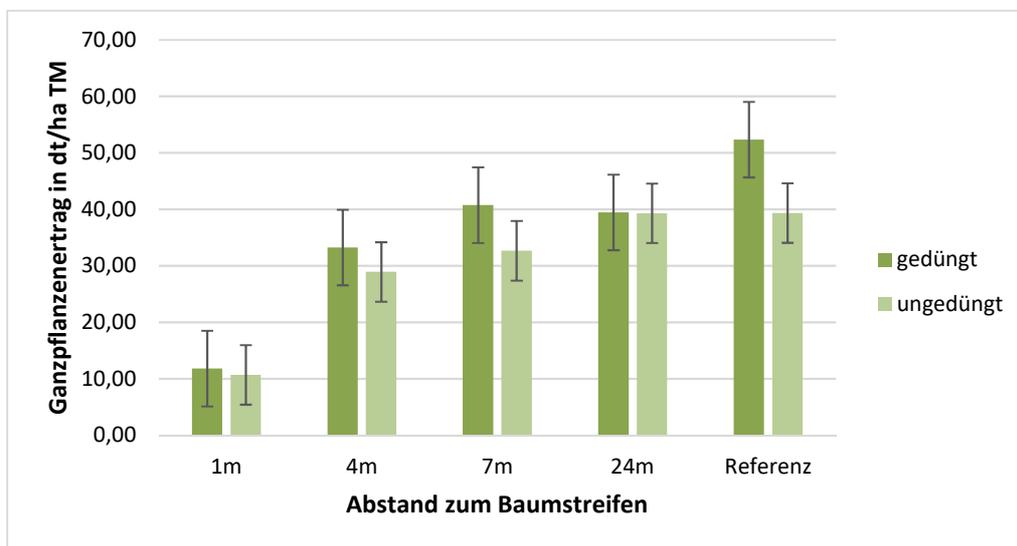
Der TS-Gehalt von Stroh sollte bei der Bergung und für die Lagerung bei mindestens 86 % liegen. Fast alle Messpunkte erreichten diesen Wert (Variante 4 m gedüngt nur 85,7 %). Die ungedüngte und gedüngte Variante der Referenzfläche wiesen die höchsten Trockensubstanzgehalte auf und unterschieden sich zu den gedüngten Varianten Abstand 1 und 4 m signifikant. Die einzelnen Ergebnisse sind in Abbildung 35 dargestellt. Bei 1 m Entfernung zum Baumstreifen war der TS-Gehalt noch leicht höher als bei 4 m Entfernung. Mit zunehmender Entfernung zum Gehölzstreifen stieg der TS-Gehalt wieder an. Die höheren TS-Gehalte bei 1 m Abstand im Vergleich zu 4 m Abstand könnten darauf zurückzuführen sein, dass bei der Variante Abstand 1 m die Bestandsdichte sehr gering war (siehe geringe Korn- und Stroherträge). Dies könnte möglicherweise zu einer besseren Durchlüftung und Abtrocknung geführt haben. Zwischen den beiden Düngevarianten konnte kein statistischer Unterschied festgestellt werden. Unabhängig von der Düngungsvariante waren die TS-Gehalte des Strohs auf der Referenzfläche signifikant höher als bei den Varianten Abstand 1 und 4 m zu den Gehölzstreifen.



**Abbildung 35:** TS-Gehalt im Stroh im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020

Der Ganzpflanzenertrag war in der Variante Referenzfläche gedüngt signifikant höher als in allen anderen Varianten (Abb. 36). Die niedrigsten Erträge wurden in der ungedüngten und gedüngten Variante Abstand 1 m erreicht. Von diesen unterschieden sich alle anderen Varianten signifikant.

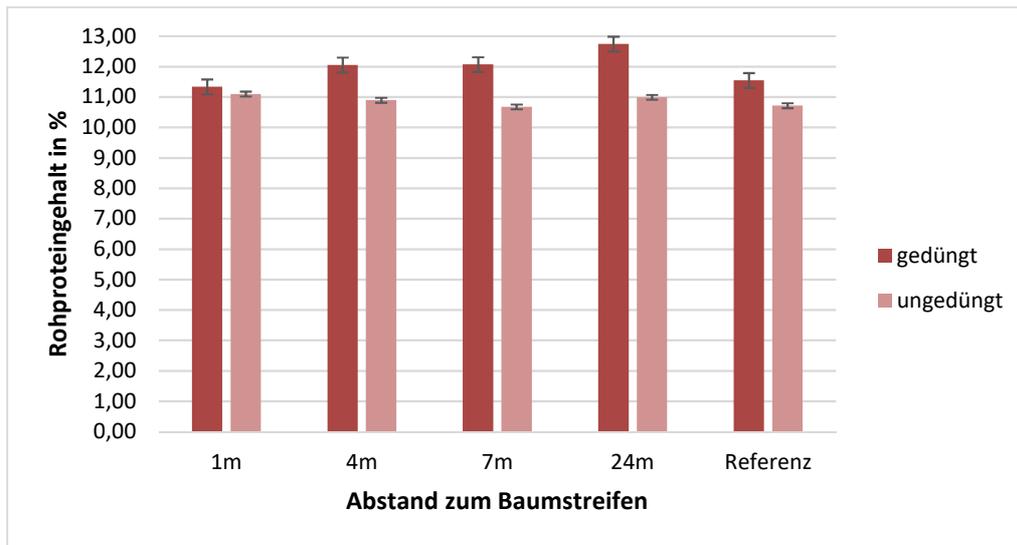
Ebenfalls bestand ein statistisch nachweisbarer Unterschied bei der Düngung. Die Erträge der gedüngten Varianten (35,5 dt/ha TM) waren im Mittel deutlich höher als die der nicht gedüngten (30,2 dt/ha TM). Die Gesamterträge der Referenzfläche waren signifikant höher als die der Varianten 1, 4, und 7 m Abstand zum Gehölzstreifen. Die Abstände hatten dabei einen größeren Einfluss auf die Ganzpflanzenerträge als die Düngung.



**Abbildung 36:** Ganzpflanzenertrag im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020

Der Rohproteingehalt ist abhängig von Sorte, Menge und Zeitpunkt der Stickstoffdüngung, der Witterung und dem Boden. Für eine entsprechende Braugerstenqualität wird ein Rohproteingehalt zwischen mindestens 9,5 % und maximal 11,5 % gefordert. Der Rohproteingehalt lag nicht bei allen Varianten in dem für Braugerste geforderten Bereich (Abb. 37). Hier zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Düngung. Nahezu alle Plots im gedüngten Bereich überschritten den kritischen Wert von 11,5 %, während im ungedüngten Bereich der Parameter durchweg eingehalten wurde.

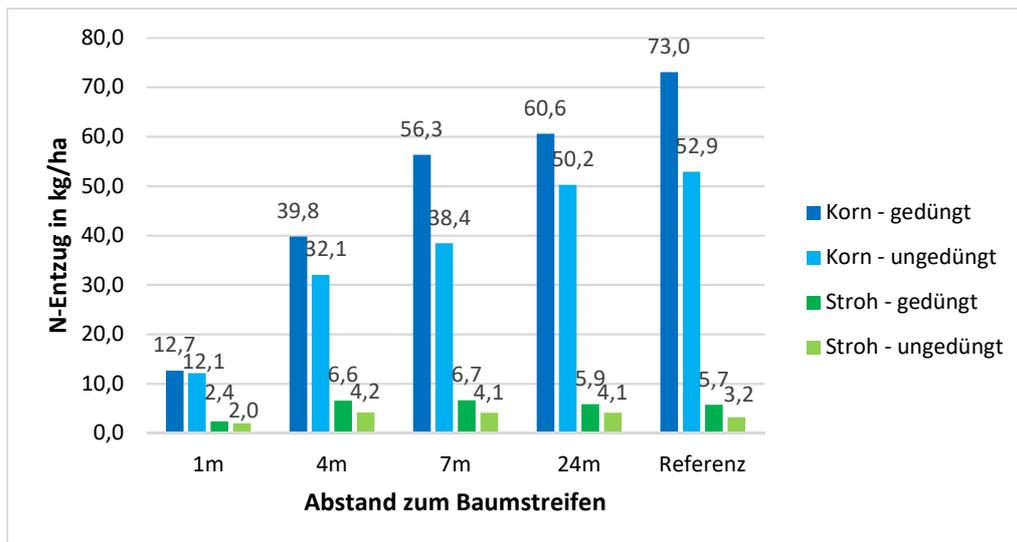
Die Bestimmung des Rohproteingehalts übernahm das JKI (TP 5).



**Abbildung 37:** Rohproteingehalt von Sommergerste im Agroforstsystem und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020

Durch den höchsten Kornertrag entzog die Variante Referenzfläche gedüngt mit 73,0 kg/ha dem Boden auch den meisten Stickstoff. Der geringste N-Entzug war bei der Variante Abstand 1 m ungedüngt zu verzeichnen. Der N-Entzug der gedüngten Varianten war höher, so dass ein nachweisbarer Einfluss der Düngung bestand (Abb. 38).

Der höchste N-Entzug durch das Stroh erfolgte in den gedüngten Varianten bei den Abständen von 4 und 7 m. Zusammen mit den beiden gedüngten Varianten, Referenzfläche und Abstand 24 m, unterschieden sie sich signifikant von beiden Düngungsvarianten Abstand 1 m. Insgesamt lag der N-Entzug im Stroh (analog zum Korn) in den gedüngten Varianten signifikant höher als in den nicht gedüngten.

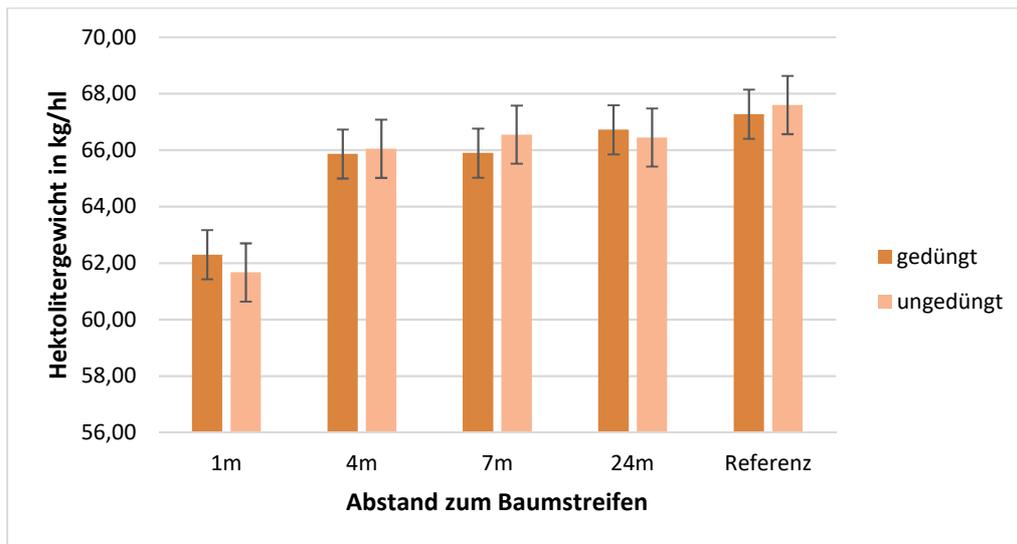


**Abbildung 38:** N-Entzug durch Korn und Stroh der Sommergerste im Agroforstsystem in Dornburg und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020

Der höchste N-Entzug durch die Ganzpflanze erfolgte auf der gedüngten Referenzfläche (104,8 kg N/ha), der niedrigste bei der Variante Abstand 1 m (22,5 kg N/ha). Ein allgemeiner

Unterschied zwischen den Düngungsvarianten konnte nicht festgestellt werden. Insgesamt erhöhten sich mit zunehmendem Abstand zum Baumstreifen die N-Entzüge, was aus dem höheren Biomasseertrag der Sommergerste resultierte.

Das Hektolitergewicht ist ein Kriterium für die Vermarktung von Getreide. Bei Gerste werden Werte zwischen 57 und 67 kg/hl angestrebt, welche nur auf den beiden Varianten der Referenzfläche leicht übertroffen wurden. Ein zu hohes Hektolitergewicht führt bei der Vermarktung jedoch zu keinerlei Einschränkungen. Die Düngungsvariante zeigte keinen nachweisbaren Einfluss. Von Abstand 1 m zum Baumstreifen unterschieden sich alle anderen Abstände signifikant (Abb. 39).



**Abbildung 39:** Hektolitergewicht von Sommergerste im Agroforst Dornburg und auf der Referenzfläche, Dornburg 2020

### **Quantifizierung des Laubs**

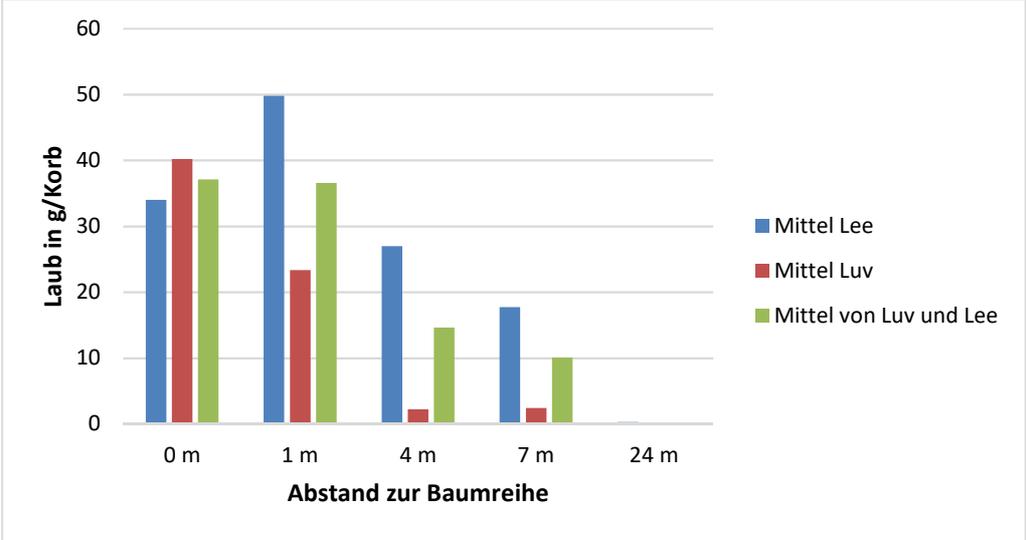
Die Dokumentation des Laubfalls erfolgte analog zum vorherigen Jahr im gedüngten und im nicht gedüngten Bereich. Die Laubfangkörbe standen entsprechend dem Protokoll in den acht Messplots auf der Fläche verteilt, das vorsah, fünf Körbe pro Core Plot in 1 m, 4 m, 7 m, 24 m Abstand zum Baumstreifen und einen Korb in der Mitte der Baumstreifen (0 m) zu platzieren. Die Analyse der Inhaltsstoffe (N, C, P, K) erfolgte zentral an der Universität Göttingen.

Am 15.09.2020 wurden die Laubkörbe aufgestellt (Abb. 40). Diese mussten jedoch zwischenzeitlich vom 22.10. bis 09.11.2020 wieder abgebaut werden. Grund dafür war, dass das TLPVG den im September gedrillten Winterraps wegen eines schlechten Feldaufganges umbrach und anschließend am 28.10. und 06.11.2020 (Unterbrechung wegen Niederschlag) die Flächen mit Winterweizen neu bestellte. Am 03.12. war der Laubfall beendet und die Laubkörbe wurden endgültig entfernt.



**Abbildung 40:** Aufgestellte Laubkörbe am 15.09.2020 im Agroforst Dornburg (Foto: M. Weber)

Im Mittel fiel in den Baumstreifen das meiste Laub mit 74,2 g Lufttrockenmasse/Korb, was 724,7 g/m<sup>2</sup> entspricht. Mit zunehmender Entfernung zur Mitte hin nahm die Laubmenge ab. Die Körbe bei 24 m Abstand blieben fast über den gesamten Zeitraum des Laubfalls leer. Nur am 13.10.2020 konnte im Messplot R1 ein Blatt gefunden werden. Auffällig waren, wie auch schon in den vorherigen Jahren, die Unterschiede der Laubmengen im Lee- und Luv-Bereich der Streifen. Außerhalb der Baumstreifen fiel im Luv- Bereich nicht halb so viel Laub wie im Lee-Bereich (Abb. 41 und 42).



**Abbildung 41:** Mittlerer Laubfall (in g/Korb) im Lee-, Luv- sowie Lee- und Luvbereich gesamt, Dornburg 2020



**Abbildung 42:** Laubfall im Lee-Bereich im Agroforstsystem Dornburg am 16.11.2020 (Foto: M. Weber)

Die Mengen an gefangenem Laub/Korb in den unterschiedlichen Messplots und Entfernungen sind in Tabelle 11 dargestellt.

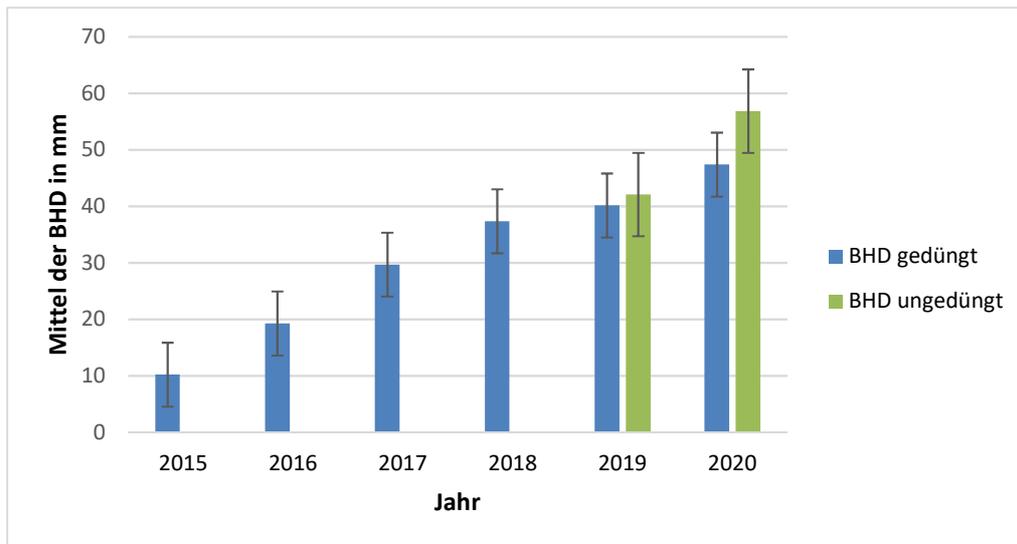
**Tabelle 11:** Laubmenge (Trockengewicht/Korb) im Zeitraum des Laubfalls (rot - Lee, schwarz - Luv), Dornburg 2020

Messplot	Menge des gefallenen Laubes (g/Korb) im Abstand zum Gehölzstreifen				
	0 m	1 m	4 m	7 m	24 m
r1	8,79	13,12	6,83	9,43	0,31
r2	6,92	2,29	0,17	0,35	0
r3	8,94	10,81	5,8	3,36	0
r4	7,89	3,27	0	0	0
r5	14,98	11,33	0,67	0	0
r6	8,54	13,36	7,82	3,22	0
r7	10,43	6,44	1,39	2,06	0
r8	7,72	12,51	6,54	1,71	0
<b>Mittel Lee</b>	<b>33,99</b>	<b>49,8</b>	<b>26,99</b>	<b>17,72</b>	<b>0,31</b>
<b>Mittel Luv</b>	<b>40,22</b>	<b>23,33</b>	<b>2,23</b>	<b>2,41</b>	<b>0</b>
<b>Gesamt-Mittel</b>	<b>37,12</b>	<b>36,57</b>	<b>14,61</b>	<b>10,07</b>	<b>0,16</b>

### **Zuwachsrate Pappeln und Holzertragsschätzung**

Für die Bestimmung der jährlichen Zuwachsrate wurden die Brusthöhendurchmesser (BHD) der Bäume erfasst. In diesem Zuge wurde ebenfalls die Anzahl der Triebe bestimmt. Eine Wuchshöhenbestimmung konnte 2020 nicht durchgeführt werden, da die Bäume inzwischen zu hohe Wuchshöhen erreicht hatten, um genaue Werte zu erfassen.

In Abbildung 43 sind die Brusthöhendurchmesser der Bäume aus den SIGNAL-Messplots der vorherigen sechs Jahre, seit der Ernte im Winter 2014/15, dargestellt. Wie schon in 2019 erfolgte die Messung 2020 auch im Bereich der ungedüngten Core Plots. Die Größenunterschiede zwischen gedüngten und ungedüngten Teilbereichen sind ausschließlich auf den heterogenen Boden zurückzuführen,



**Abbildung 43:** Brusthöhendurchmesser (BHD) in den SIGNAL-Plots in den letzten sechs Vegetationsperioden, Dornburg 2020

In Tabelle 12 sind die mittleren Brusthöhendurchmesser und Triebzahlen der Bäume aus den Plots der Streifen D und E dargestellt.

**Tabelle 12:** Brusthöhendurchmesser (BHD) und Triebzahlen aus den SIGNAL-Plots der Streifen D und E im September, Dornburg 2020

		Gedüngter Ackerbereich	Ungedüngter Ackerbereich
BHD (mm)	Streifen D	46,0	52,9
	Streifen E	48,9	60,5
Triebzahl	Streifen D	3,60	3,23
	Streifen E	3,02	3,22

Die Bäume der windzugewandten Seite wiesen einen wesentlich stärkeren Brusthöhendurchmesser (BHD) als die Bäume der windabgewandten Seite auf. Jedoch konnten bei den Bäumen auf der windabgewandten Seite wesentlich mehr Triebe gezählt werden, als bei denen auf der windzugewandten Seite.

Die jeweils äußeren Baumreihen der Streifen D und E (Reihen 4 und 1), zu den SIGNAL- Core Plots hin, hatten signifikant höhere Triebzahlen sowie auch stärkere Brusthöhendurchmesser, als die jeweils nächst innere Baumreihe (Reihe 3 und 2).

Von 2019 zu 2020 hat die Anzahl der Triebe mit einem BHD zwischen 10 bis 20 mm signifikant abgenommen. Die Anzahl der Triebe mit einem BHD über 107 mm hat im Gegensatz signifikant zugenommen (Tab. 13). Der Grund dafür ist, dass Pappeln mit zunehmenden Alter kleinere sowie schwächere Triebe zurückbilden, sich vermehrt auf stärkere Triebe konzentrieren und diese weiter ausbilden.

**Tabelle 13:** Vergleich verschiedener BHD in Lee- und Luv- Bereich (Streifen D und E) in 2019 und 2020

	Windrichtung	Anzahl Triebe in	
		2019	2020
BHD 10 bis 20 mm	Lee	200	48
	Luv	210	42
BHD > 107 mm	Lee	0	8
	Luv	6	28

Im Vergleich dazu wurden die Zuwachsparemeter im Streifen B, in den engen Pflanzabständen von 0,5 x 2 m (kurzer Umtrieb), erfasst. Hier wiesen die Pappeln eine Wuchshöhe im Mittel von 3,65 m, einen BHD von 1,54 cm und eine Triebzahl von 4,13 auf.

Tabelle 14 gibt die mittleren Wuchshöhen, Triebzahlen und Brusthöhendurchmesser im Streifen B in 2019 und 2020 wieder.

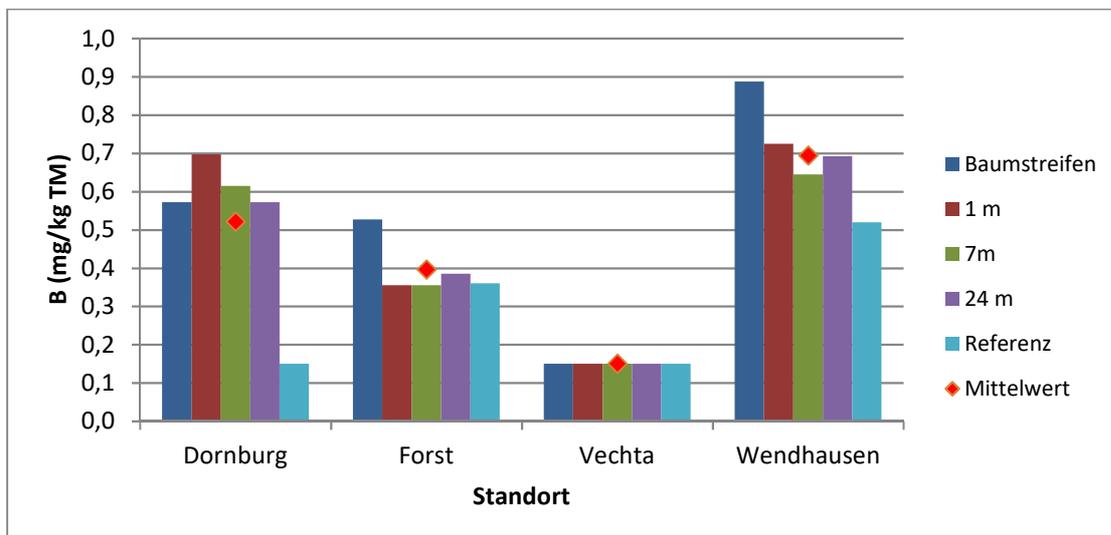
**Tabelle 14:** Wuchshöhe, Triebzahl und Brusthöhendurchmesser (BHD) im Streifen B, Dornburg 2019 und 2020

	Wuchshöhe in m	Triebzahl	BHD in cm
2019	2,29	5,08	1,13
2020	3,65	4,13	1,54

### Analyse der Mikronährstoffe im Boden

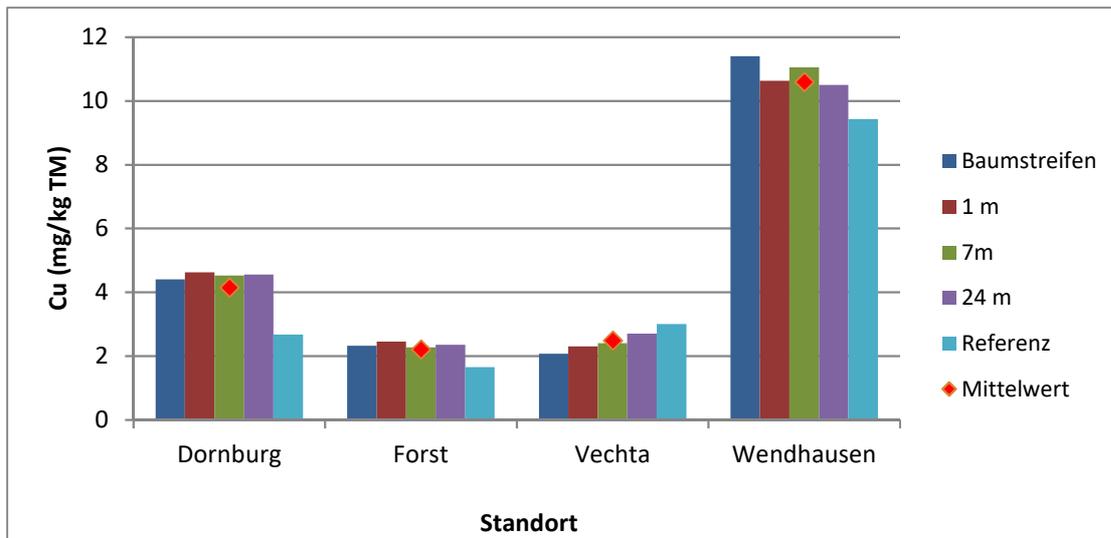
Die Mikronährstoffanalyse erfolgte Ende März auf den Ackerstandorten Dornburg, Forst, Wendhausen und Vechta. Die Bodenproben wurden in der Tiefe 0 bis 20 cm mit dem Bohrstock gezogen. Untersucht wurden die Inhaltsstoffe Bor, Kupfer, Zink, Mangan und Eisen in Jena von der Firma JenaBios GmbH.

Die in Abbildung 44 dargestellten Gehalte an Bor zeigen, dass die Versorgung an fast allen Standorten im normalen bzw. im sehr gut versorgten Bereich lagen. Nur auf der Referenzfläche in Dornburg und der Agroforst- sowie der Referenzfläche in Vechta war ein niedriger bzw. sehr niedriger Gehalt (Gehaltsklasse A) im Boden vorhanden. Tendenziell wiesen insgesamt die Agroforstflächen höhere Werte an Bor auf als die Referenzflächen.



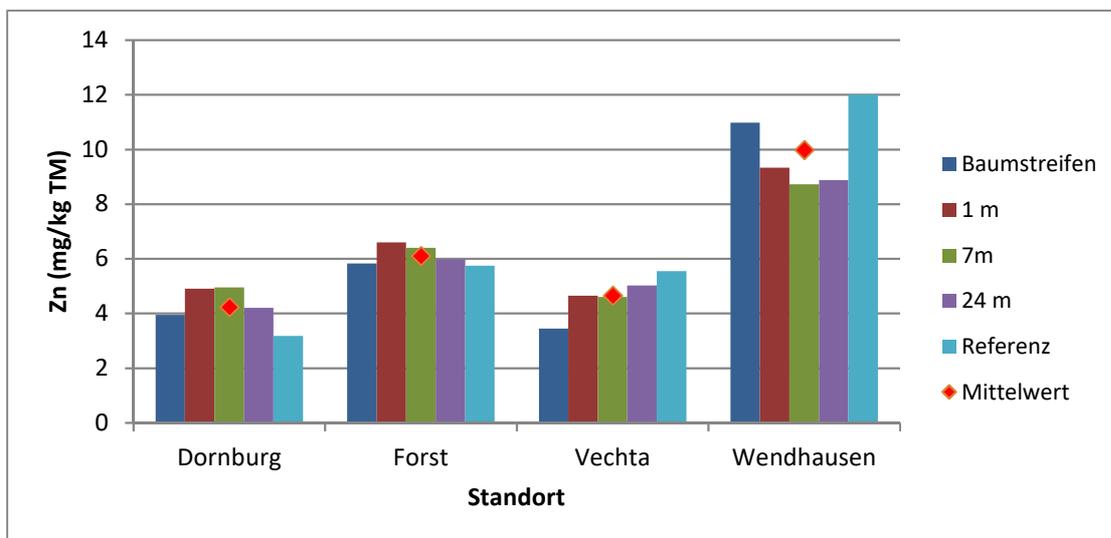
**Abbildung 44:** Borgehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2020

Die Gehalte an Kupfer waren an allen Standorten optimal (Gehaltsklasse C) oder auch hoch bzw. sehr hoch (Gehaltsklasse E) (Abb. 45).



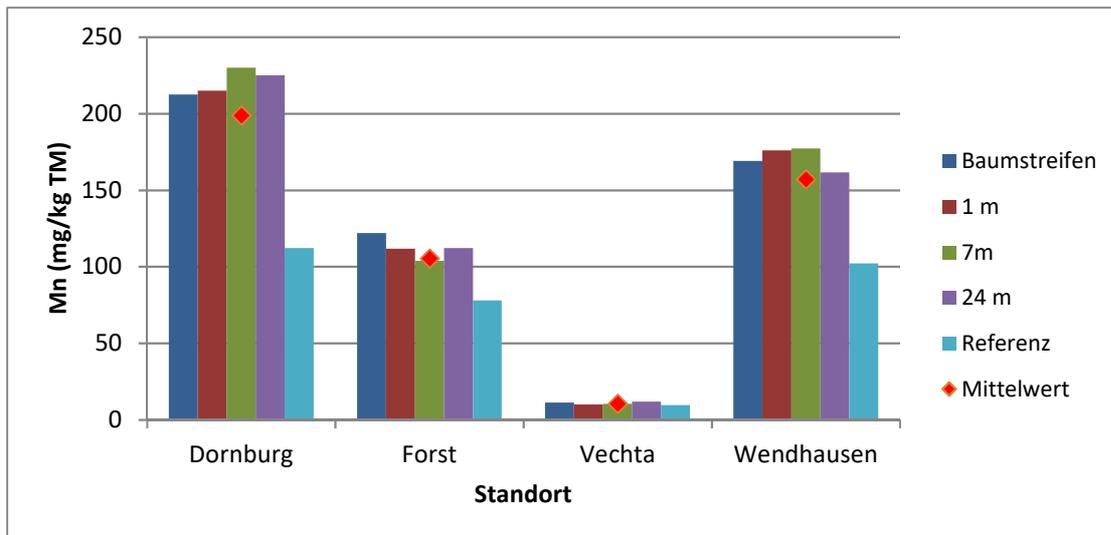
**Abbildung 45:** Kupfergehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2020

Der Zinkgehalt erreichte ebenfalls in allen Prüfgliedern an allen Standorten die Gehaltsklasse E (Abbildung 46).



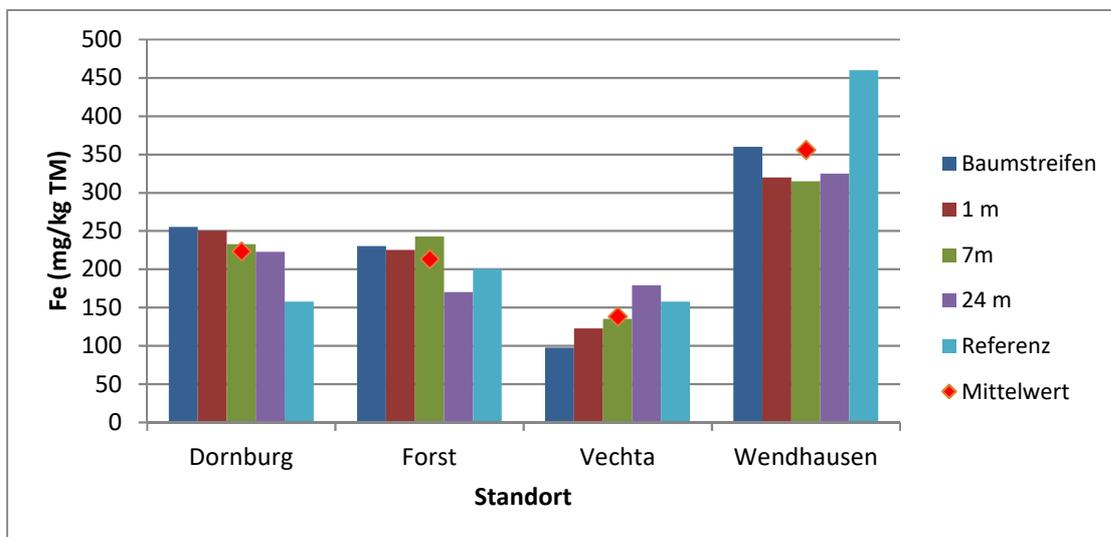
**Abbildung 46:** Zinkgehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2020

Unterschiede zwischen den Standorten gab es bei der Manganversorgung. Während am Standort in Vechta die Versorgung sehr schlecht war (Gehaltsklasse A), lag bei allen anderen Messpunkten in Dornburg, Forst und Wendhausen die Gehaltsstufe E vor. Auch hier wiesen die Agroforstflächen tendenziell höhere Werte auf (Abb. 47).



**Abbildung 47:** Mangengehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2020

Dem Gehalt an Eisen kommt im Ackerbau eine untergeordnete Bedeutung zu. In den meisten Ackerböden ist der Gehalt in ausreichender Form vorhanden und ein Mangel ist an landwirtschaftlichen Kulturen nur selten zu beobachten. So lagen die Gehalte auch an den Standorten Dornburg, Forst und Vechta im optimalen Bereich bei Gehaltsklasse C. In Wendhausen konnten die höchsten Gehalte gemessen werden, welche der Gehaltsklasse E zuzuordnen sind (Abb. 48).



**Abbildung 48:** Eisengehalt (pflanzenverfügbar) im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, März 2020

Im Vergleich zu 2019 veränderten sich die Gehalte an Mikronährstoffen an den einzelnen Standorten nur marginal.

## 2021

Die Ergebnisse des letzten Projektjahres der Phase II 2021 sind nachfolgend aufgeführt.

## Agrotechnische Maßnahmen

Aufgrund der Fruchtfolge war als Ackerkultur für die Agroforst- und Referenzfläche in der Saison 2021 eigentlich Winterraps vorgesehen. Dieser musste jedoch wenige Wochen nach der Aussaat im Herbst 2020 wegen eines schlechten Feldaufgangs wieder umgebrochen werden (Abb. 49). Anstelle dessen konnte im Herbst noch Winterweizen gedrillt werden. Die Aussaat wurde am 28.10. auf der Referenzfläche und am 06.11.2020 auf der Agroforstfläche (Unterbrechung wegen Niederschlag) durchgeführt.



**Abbildung 49:** Schlecht aufgelaufener Winterrapsbestand am 22.10.2020 im Agroforst in Dornburg (Foto: M. Weber)

In Tabelle 15 sind alle agrotechnischen Maßnahmen bis zum Projektende aufgeführt:

**Tabelle 15:** Agrotechnische Maßnahmen durch das TLPVG auf der Ackerfläche des Agroforstes und der Referenzfläche, Dornburg 2021

<b>Winterweizen 2021</b>	
21.10.2020	Pflanzenschutzbehandlung mit Hardi-Spritze (Herbizidbehandlung): 2,0 l/ha Durano TF
28.10. bzw. 06.11.2020	Direktsaat Winterweizen mit Köckerling Ultima (Sorte Asory): 128 kg/ha
26.03.2021	Mineralische Düngung mit Düngerstreuer D 066: NS 40-5 – 300 kg/ha = 120 kg N/ha + 15 kg S/ha
27.04.2021	Pflanzenschutzbehandlung mit Hardi-Spritze (Herbizid + Wachstumsregler): 0,75 l/ha CCC 720 + 0,28 kg/ha Broadway + 1,2 l/ha Netzmittel)
06.06.2021	Pflanzenschutzbehandlung mit Hardi-Spritze (Fungizidbehandlung): 1,0 l/ha Elatus Era
07.06.2021	Mineralische Düngung mit Düngerstreuer D 046: Piamon 33/S – 210 kg/ha = 40 kg N/ha + 15 kg S/ha

2021 wurde auf der Agroforst- und Referenzfläche Winterweizen, Sorte Asory, angebaut. Da das Projekt SIGNAL - Phase II Ende Juni abgeschlossen wurde, konnte eine Ernte und deren Ertragsbestimmung sowie Auswertung von Seiten des TLLLR aus nicht durchgeführt werden. Das Versuchsdesign mit jeweils 8 Messplots auf der Agroforst- und Referenzfläche wurde jedoch bis Projektende weitergeführt.

Bei stärkeren Schneefällen im Januar und Februar 2021 waren im Agroforst einige Bäume umgefallen oder Äste abgebrochen und auf die Ackerfläche gefallen (Abb. 50 und 51). Deshalb musste im Frühjahr eine Beräumung des Ackers erfolgen.



**Abbildung 50:** Schneebruch am 25.01.2020 durch Schneefall und Frost im Agroforst Dornburg (Foto: M. Weber)



**Abbildung 51:** Schneebruch am 25.01.2020 durch Schneefall und Frost im Agroforst Dornburg (Foto: M. Weber)

Im Frühjahr zeigten sich stellenweise hohe Anzahlen von Mäuselöchern auf der Agroforst- sowie Referenzfläche (Abb. 52). Diese zeigten an, dass das Feldmausproblem von 2020 noch nicht überwunden und in der Saison 2021 erneut zu Schaden führen könnte. Allerdings brach die Population im weiteren Jahresverlauf zusammen und es traten keine weitere Beeinträchtigungen auf den Versuchsflächen auf.



**Abbildung 52:** Hohe Anzahl an Mäuselöchern am 10.03.2021 auf der Referenzfläche in Dornburg (Foto: M. Weber)

Da der Winterweizen im Frühjahr zu Vegetationsbeginn vergleichsweise schwach entwickelt war, wurde die erste Stickstoffgabe Anfang April auf dem kompletten Bestand, auch auf den Versuchspartellen mit reduzierter Düngung, verabreicht. Der Grund dafür war die bestehende Gefahr, dass der schlecht entwickelte Weizen Triebe reduziert und von Unkraut überwachsen werden könnte. Bei der Ausbringung der zweiten N-Gabe im Mai wurden die Partellen des Düngeversuches mit reduzierter N-Düngung ausgelassen.

### ***Betrachtung der BBCH-Stadien***

Schon bei den ersten beiden BBCH-Bonituren des Winterweizens am 16.11. und 08.12.2020 wurde gut sichtbar, dass die Pflanzen auf der Referenzfläche neun Tage Entwicklungsvorsprung durch den früheren Drilltermin hatten (Abb. 53 und 54). Bei der Bonitur am 10.03.2021 befanden sich die Pflanzen in allen Core Plots mindestens schon am Beginn der Bestockung. Zu diesem Termin sowie auch bei der folgenden Bonitur am 30.03. machte sich ebenfalls der Vorsprung der Pflanzen auf der Referenzfläche durch den früheren Saattermin bemerkbar. Bei Letzterer wirkte der Weizen auf der Referenzfläche allgemein viel dichter, kräftiger und gesünder als der auf der Agroforstfläche (Abb. 55). Dieses Bild deutete sich auf der Agroforstfläche jedoch schon direkt nach der Aussaat an. Die Bodenoberfläche war sehr grob und klumpig, zum Teil lagen Saatkörner auf der Bodenoberfläche.



**Abbildung 53:** Winterweizen auf der Referenzfläche am 08.12.2020 (Foto: M. Weber)

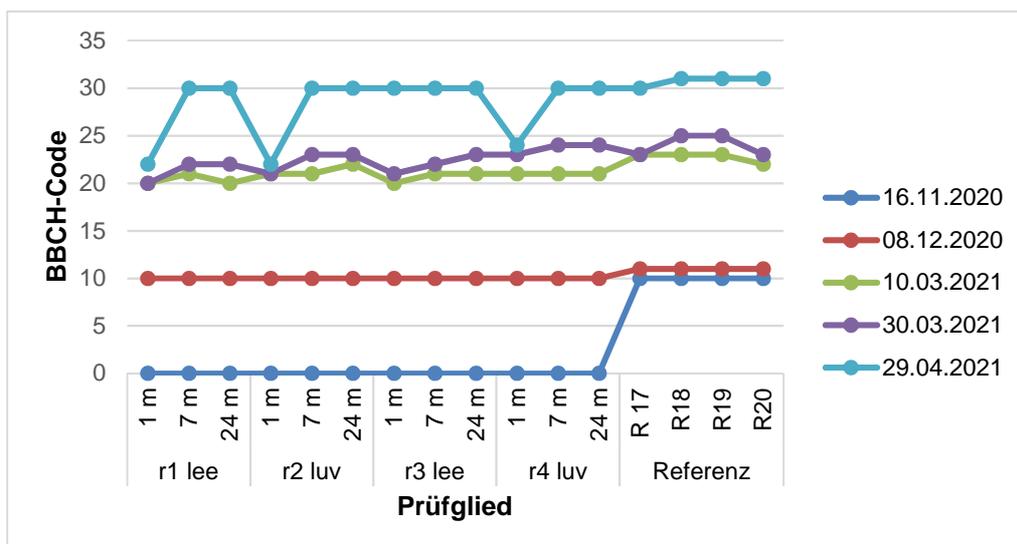


**Abbildung 54:** Winterweizen auf der Agroforstfläche bei 1 m Abstand zum Gehölzstreifen am 08.12.2020 (Foto: M. Weber)

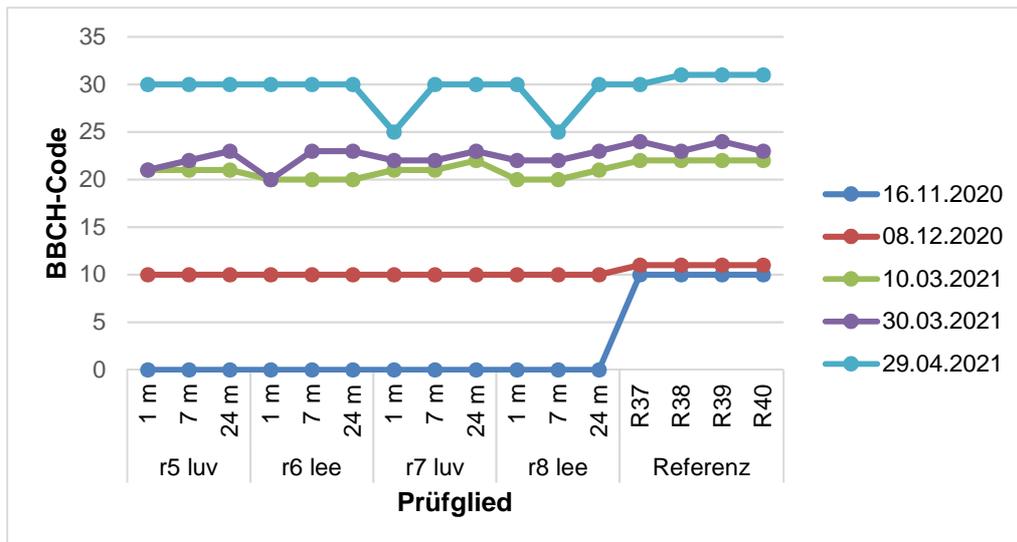


**Abbildung 55:** Lückiger Winterweizenbestand im Agroforst am 30.03.2021 (Foto: M. Weber)

Bei der Bonitur am 29.04.2021 befanden sich die meisten Prüfglieder auf den Agroforstflächen in BBCH 30 und auf der Referenzfläche in BBCH 31. Vereinzelt Prüfglieder auf der Agroforstfläche hatten an diesem Boniturtermin jedoch noch nicht den Schossbeginn erreicht. Dies waren zumeist Parzellen in 1 m Abstand zum Gehölzstreifen. Allgemein wirkten die Pflanzen hier kleiner, besaßen weniger Triebe/Pflanze und wiesen eine geringere Bestandsdichte auf. Die einzelnen BBCH Stadien in den jeweiligen Prüfgliedern sind in Abb. 56 (gedüngt) und 57 (ungedüngt) dargestellt.



**Abbildung 56:** BBCH Stadien des Winterweizens auf den gedüngten Prüfgliedern der Agroforst- und Referenzflächen, Dornburg 2020 und 2021

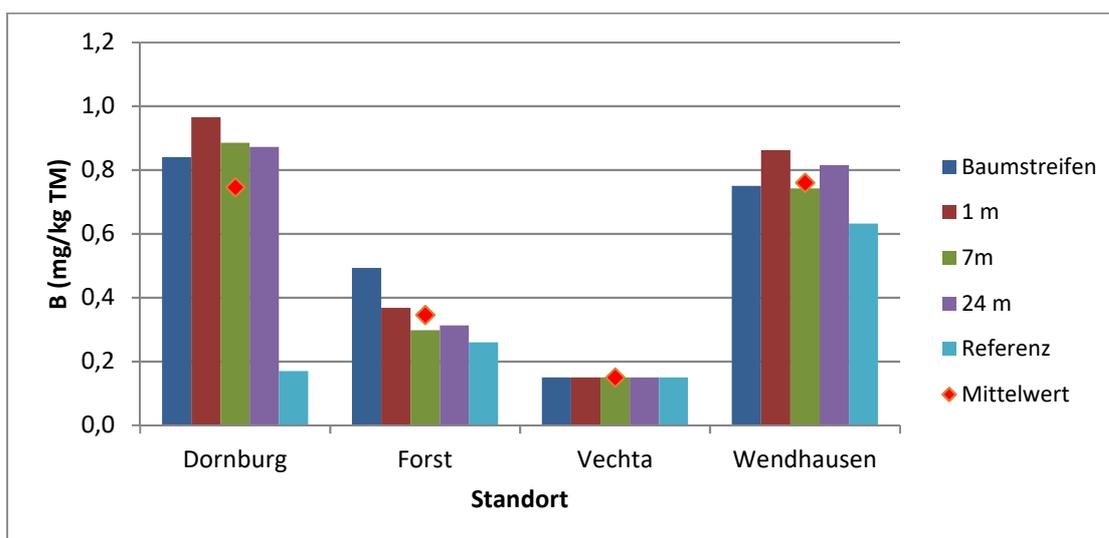


**Abbildung 57:** BBCH Stadien des Winterweizens auf den ungedüngten Prüfgliedern der Agroforst- und Referenzflächen, Dornburg 2020 und 2021

### Analyse der Mikronährstoffe im Boden

Die Mikronährstoffanalyse erfolgte im März und April auf den Ackerstandorten Dornburg, Forst, Wendhausen und Vechta. Die Bodenproben wurden in der Tiefe 0 bis 20 cm mit dem Bohrstock gezogen. Analysiert wurden die Inhaltsstoffe Bor, Kupfer, Zink, Mangan und Eisen in Jena von der Firma JenaBios GmbH.

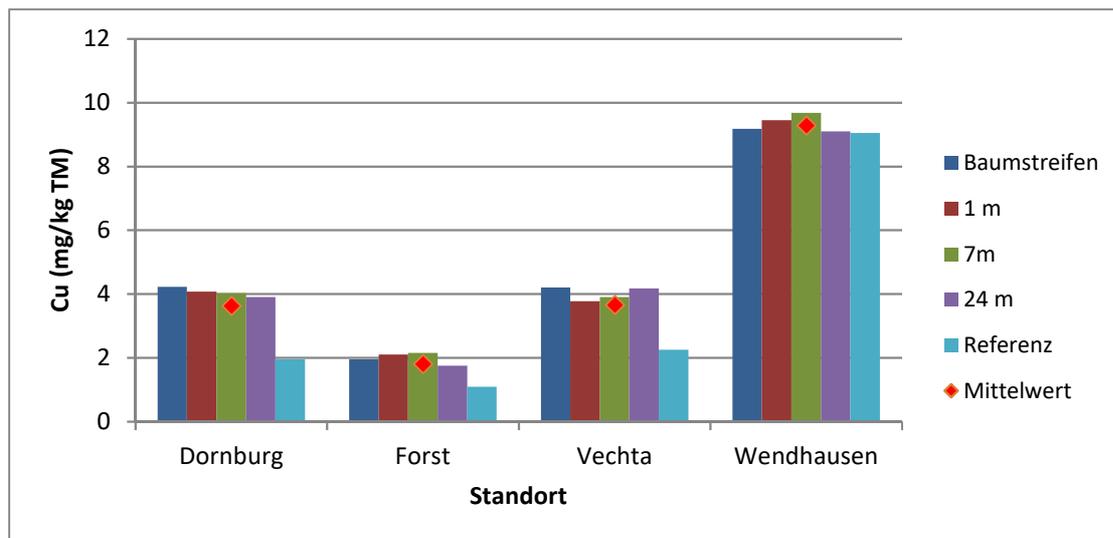
Die in der Abbildung 58 dargestellten Gehalte an Bor zeigten, dass die Versorgung (ähnlich wie 2020) an fast allen Standorten bei Versorgungsstufe E oder C lagen. Nur auf der Referenzfläche in Dornburg sowie auf der Agroforst- und Referenzfläche in Vechta lag ein sehr niedriger Gehalt (Gehaltsklasse A) im Boden vor. In der Tendenz wiesen die Böden der Agroforstflächen höhere Werte an Bor auf als die der Referenzflächen.



**Abbildung 58:** Borgehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, April 2021

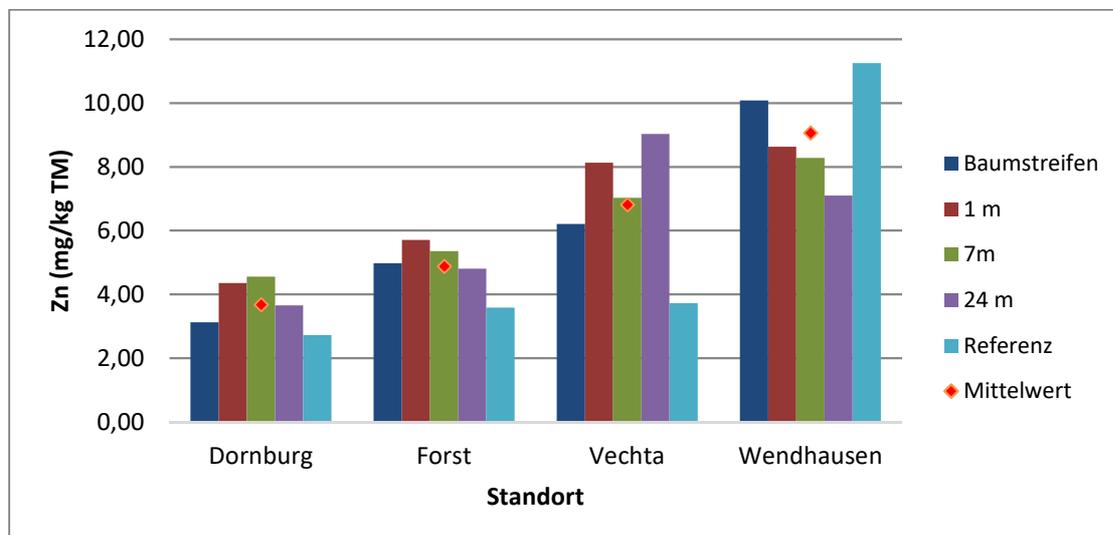
Die Gehalte an Kupfer im Boden lagen an allen Standorten, bis auf die Referenzfläche in Dornburg und nahezu alle Core Plots in Forst (Gehaltsklasse A), in den Gehaltsklassen C oder E

(Abb. 59). Auch dieser Mikronährstoff wies auf den Agroforstflächen tendenziell höhere Werte als auf den Referenzflächen auf.



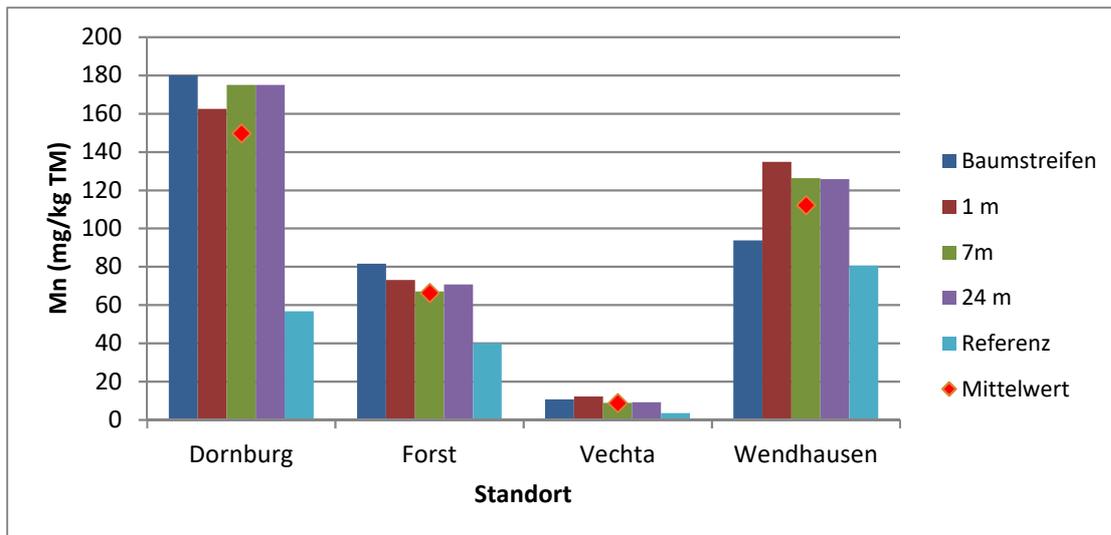
**Abbildung 59:** Kupfergehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, April 2021

Der Zinkgehalt befand sich in allen Prüfgliedern in der Gehaltsklasse E. Davon wich nur die Referenzfläche in Dornburg ab, in welcher die Gehaltsklasse C vorlag (Abb. 60). Tendenziell lag die Versorgung auf den Agroforstflächen hier nur in Dornburg, Forst und Vechta höher als auf der Referenzfläche.



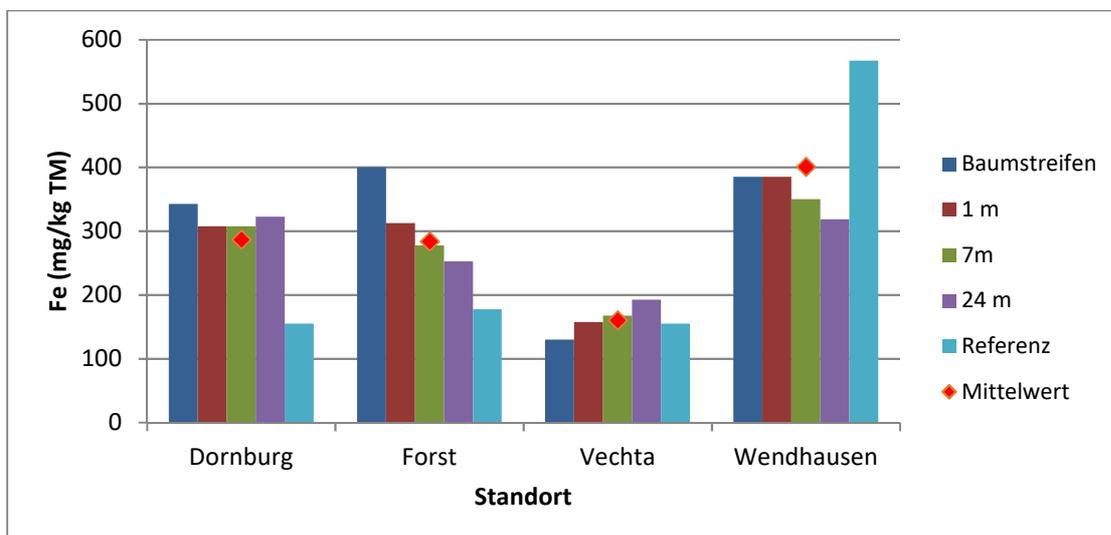
**Abbildung 60:** Zinkgehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, April 2021

Der Mikronährstoff Mangan lag am Standort Vechta in allen Prüfgliedern in nur niedrigen bzw. sehr niedrigen Gehalten vor (Gehaltsklasse A). An allen anderen Standorten lagen ausreichende Gehalte – Klasse C (Referenzflächen in Dornburg und Forst) bis sehr hohe Gehalte - Klasse E vor (Abb. 61). Die Gehalte auf den Agroforstflächen lagen zum Teil deutlich über denen der Referenzflächen.



**Abbildung 61:** Mangengehalt im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, April 2021

Dem Gehalt an Eisen kommt im Ackerbau eine untergeordnete Bedeutung zu. In den meisten Ackerböden ist der Nährstoff in ausreichender Form vorhanden und ein Mangel ist an landwirtschaftlichen Kulturen nur selten zu beobachten. So lagen auch die Gehalte auf der Agroforst- und Referenzfläche in Wendhausen sowie auf den Agroforstflächen in Dornburg und Forst in ausreichender Form (Gehaltsklasse E) vor. Die Flächen in Vechta sowie die Referenzflächen in Dornburg und Forst befanden sich im optimal versorgten Bereich in Gehaltsklasse C (Abb. 62).



**Abbildung 62:** Eisengehalt (pflanzenverfügbar) im Boden an verschiedenen Standorten in Abhängigkeit vom Abstand zum Gehölzstreifen, April 2021

Bei Betrachtung der Werte im Untersuchungszeitraum fällt auf, dass bei Bor und Zink (außer in Vechta) ein tendenzieller Rückgang der Gehalte von 2019 bis 2021 zu verzeichnen ist. Dies führte beispielsweise auf der Referenzfläche in Dornburg zu einem Abfall der Borgehalte in Versorgungsstufe A, also einem Mangelzustand. Andere Mikronährstoffe dagegen veränderten sich kaum (Tab. 16). Trotzdem ist es unerlässlich, die Versorgung des Bodens mit Mikronährstoffen zu beobachten, da unzureichende Versorgung zu Ernährungsstörungen bei den Kulturen führen können.

**Tabelle 16:** Vergleich der Mittelwerte untersuchter Mikronährstoffe (mg/kg TS) an verschiedenen Standorten, 2019 bis 2021

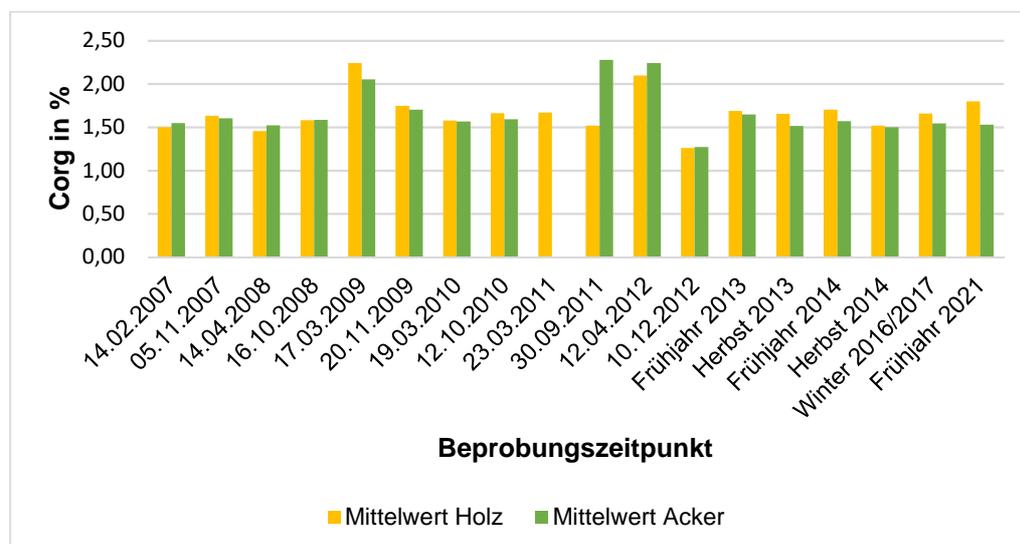
	Bor			Kupfer			Zink			Mangan			Eisen		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
<b>Dornburg</b>															
Agroforst	0,84	0,57	0,87	3,99	4,55	3,90	4,66	4,20	3,65	200,6	225,0	175,0	266,9	222,5	322,5
Referenz	0,45	0,15	0,17	2,00	2,68	1,95	3,40	3,18	2,73	39,0	112,2	56,8	110,0	157,5	155,0
<b>Forst</b>															
Agroforst	0,53	0,39	0,31	2,17	2,35	1,75	6,05	5,98	4,80	96,9	112,2	70,8	293,8	170,0	252,5
Referenz	0,40	0,36	0,26	1,50	1,65	1,09	4,50	5,75	3,59	47,0	78,0	40,0	230,0	200,0	177,5
<b>Vechta</b>															
Agroforst	0,20	0,15	0,15	2,00	2,70	4,18	3,90	5,03	9,03	6,10	11,8	9,2	140,0	178,8	192,5
Referenz	0,36	0,15	0,15	2,60	3,00	2,25	6,30	5,55	3,73	6,50	9,6	3,5	210,0	157,5	155,0
<b>Wendhausen</b>															
Agroforst	0,83	0,69	0,82	8,43	10,50	9,10	8,61	8,88	7,10	120,5	161,5	125,8	289,2	325,0	318,5
Referenz	0,81	0,52	0,63	9,80	9,43	9,05	13,00	12,00	11,25	72,0	102,2	80,5	410,0	460,0	567,5

### Analyse des organischen Kohlenstoffgehalts im Boden

Agroforstsysteme sollen geschlossene Nährstoffkreisläufe darstellen, in welchen langfristig der organische Kohlenstoffgehalt und somit auch der Humusgehalt steigt. Seit dem Anlagejahr des Agroforstsystems 2007 wurden jährlich bis 2014 jeweils in der ersten und zweiten Jahreshälfte sowie im Winter 2016/2017 Bodenproben zur Untersuchung des C<sub>org</sub>-Gehalts gezogen und analysiert. Um herauszufinden, wie oder ob sich der organische Kohlenstoffgehalt im Boden von der Etablierung des Agroforstsystems an bis zum Projektende 2021 entwickelte bzw. veränderte, wurden im Frühjahr 2021 erneut Bodenproben zur Ermittlung des Kohlenstoffgehaltes entnommen.

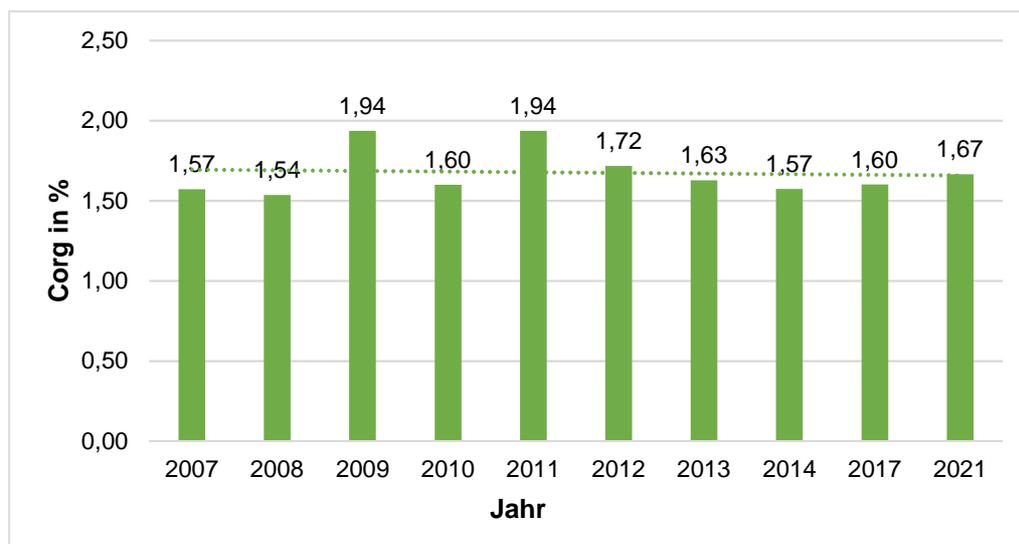
Die Entnahmen erfolgten als Mischproben, jeweils auf allen Streifen der Ackerflächen sowie in allen Baumstreifen in jeweils einer Tiefe von 0 bis 20 cm mit dem Bohrstock. Untersucht wurden die Proben im Labor des TLLLR in Jena.

Die gemittelten Probenergebnisse der jeweiligen Gehölz- bzw. Ackerstreifen sind in der Abbildung 63 dargestellt. In dieser wird deutlich, dass von 2007 bis 2021 kein kontinuierlicher Anstieg des organischen Kohlenstoffs im Boden erfolgte. Die Werte auf dem Acker sowie auch in den Gehölzstreifen, stiegen zeitweilig an und sanken später wieder, usw. Eine Förderung der Bodenfruchtbarkeit durch Humusaufbau infolge der Anlage eines Agroforstsystems konnte an diesem Standort somit nicht verzeichnet werden.



**Abbildung 63:** Mittlere C<sub>org</sub>-Gehalte der Acker- und Baumstreifen im Agroforstsystem Dornburg, Dornburg 2007 bis 2021

Die mittleren Gehalte an organischen Kohlenstoff im gesamten Agroforstsystem (alle Gehölz- und Ackerstreifen) sind in Abbildung 64 dargestellt.



**Abbildung 64:** Mittlere Gesamtgehalte an Corg im Boden auf dem Agroforst in Dornburg (Gehölz- + Ackerstreifen), Dornburg 2007 – 2021

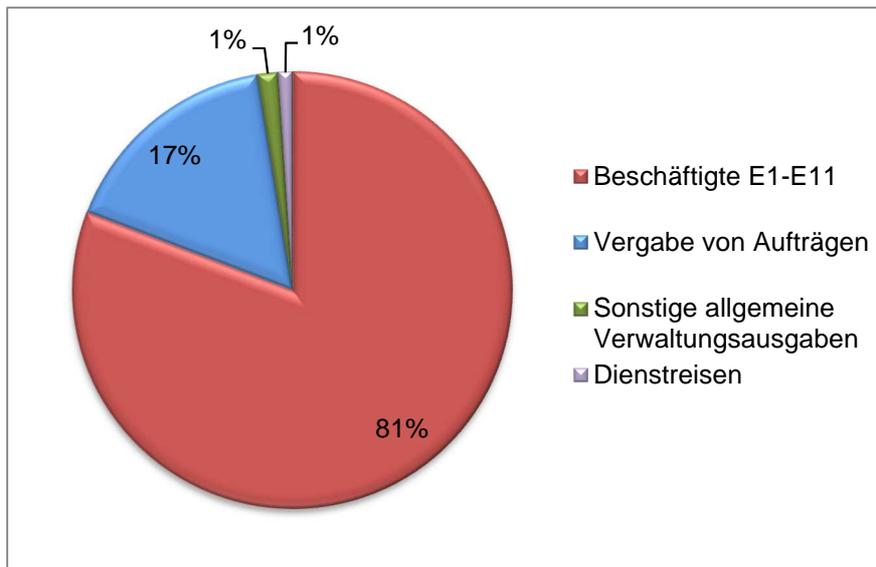
## II. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

In Tabelle 17 sind die einzelnen Positionen mit den jeweils verfügbaren Mitteln im Vergleich zu den tatsächlich abgerufenen Mitteln dargestellt.

**Tabelle 17:** Vergleich verfügbare Mittel und tatsächliche Ausgaben

Position	Verfügbare Mittel	Ausgaben bis 30.06.2021
Beschäftigte E12-E15	0,00€	0,00 €
Beschäftigte E1-E11	177.472,00€	146.496,13 €
Lohnempfänger(innen) MTArb	0,00€	0,00 €
Beschäftigungsentgelte	0,00€	0,00 €
Gegenstände bis zu 410 / 400 EUR	0,00€	0,00 €
Mieten und Rechnerkosten	0,00€	0,00 €
Vergabe von Aufträgen	30.600,00€	29.871,45 €
Sonstige allgemeine Verwaltungsausgaben	4.000,00€	2.735,73 €
Dienstreisen	4.994,00€	1.874,48 €
<b>Summe</b>	<b>217.066,00€</b>	<b>180.977,79</b>

Abbildung 65 zeigt eine allgemeine Aufteilung der Kosten in den verschiedenen Positionen. Die Gesamtfinanzierungssumme beträgt 217.066,00 €. Davon wurden 180.977,79 € abgerufen. Der größte Posten entfiel auf die Personalkosten.



**Abbildung 65:** Übersicht Kostenverteilung SIGNAL Phase II

### III. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Für die im Projektantrag formulierten Aufgaben und deren Umsetzung waren die beantragten Mittel notwendig. Die geringeren Ausgaben im Bereich der Personalkosten resultieren aus der verspäteten Einstellung der Projektsachbearbeiterin zu Projektbeginn und der Ausschreibung einer Elternzeitvertretung. Bis zur Neubesetzung der Stelle war über einen Zeitraum von mehreren Monaten kein Projektbearbeiter beschäftigt. Dienstreisen konnten 2020 und 2021 durch die Covid 19 - Pandemie nur eingeschränkt durchgeführt werden, was ebenfalls zu geringeren Kosten führte.

Zur Erfüllung und Durchführung der Projektaufgaben mussten einige Geräte und Arbeitsmittel angeschafft werden. Dazu gehörten einige Verschleiß-, Verbrauchs- und Kleinmaterialien, wie ein Etiketten, Probebehältnisse, ein Bandmaß und größere Messschieber, um den Brusthöhendurchmesser der stärkeren Triebe exakt erfassen zu können. Angeschafft wurde auch ein Akku-Freischneider, um u. a. die Wetterstationen auf der Agroforst- und Referenzflächen von Pflanzenbewuchs freizuhalten.

### IV. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplan

Strukturreiche Landschaften und damit eine einhergehende erhöhte biologische Vielfalt erzeugen eine positive Wahrnehmung und bessere Akzeptanz der Bevölkerung für die Landwirtschaft. Genau diese positiven Eigenschaften können Agroforstsysteme bieten und somit einen wichtigen Beitrag leisten.

Aus den neuen Erkenntnissen über Agroforstsysteme und dem damit erzielten Wissen können überzeugende Argumente gefunden werden, um Landwirten die vorhandenen Vorteile von Agroforstsystemen zu vermitteln. Nachhaltiger Erosions- und Windschutz, Auflockerung von steril wirkenden Landschaften, Schutz für Tiere und ein Beitrag zum Klimaschutz sind weitere Vorzüge, welche durch Agroforstsysteme bzw. das Anlegen von Baumstreifen erwirkt werden können.

Als unmittelbares Bindeglied zwischen Forschung und Praxis basiert die projektspezifische Verwertung von TP 6 auf der aktuellen und langjährig gesicherten Bereitstellung und Betreuung von vorhandenen praxisrelevanten Versuchsflächen für das Projektkonsortium SIGNAL. Die Verwertung des gewonnenen Wissens wird fokussiert auf die Übermittlung und praktische Überprüfung mit der beteiligten Praxis, den angrenzenden Beratungsinstitutionen sowie sonstigen beteiligten Akteuren (Kommunen, Naturschutzverbände, Landesbehörden etc.).

Die vom TP 6 erzielten Ergebnisse zu den Felderträgen werden, analog zu TP 5 und TP 7, so aufgearbeitet, dass sie direkt für die diversen Modellierungsansätze im TP 7 und TP 8 genutzt werden können und gleichzeitig als Dateninput im BonaRes Zentrum Verwendung finden.

## **V. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Aktuelle Forschungsarbeiten zum Thema Agroforstwirtschaft zeigen die Potentiale und Möglichkeiten sowie aber auch Ergebnisse, die hinter den Erwartungen blieben, auf. So haben bei Versuchen beispielsweise KANZLER et al. 2017 festgestellt, dass auf der Agroforstfläche höhere Erträge als auf der Referenzfläche erzielt wurden. Auch BÖHM et al. 2020 konnten bei Versuchen in Neu Sacro (Brandenburg) Mehrererträge im Agroforst im Vergleich zu einer Referenzfläche feststellen. Die Untersuchungen von WINTERLING et al. 2019 in Südbayern zeigten dagegen, dass der Ertrag von verschiedenen Kulturen durch den Anbau von Energieholzstreifen nicht oder nur geringfügig positiv beeinflusst wurde. TORRALBA et al. wiesen positive Effekte durch Agroforstsysteme auf den Erosionsschutz, die biologische Vielfalt und die Bodenfruchtbarkeit, jedoch negative Auswirkungen auf die Biomasseproduktion nach. In den vorliegenden Untersuchungen im Agroforstsystem Dornburg sind keine Ertragsunterschiede zwischen Agroforstsystem und der Referenzfläche nachweisbar. Um bereits bekannte Ergebnisse zu verifizieren, sind weitere Datenerhebungen und Untersuchungen unter verschiedenen Faktoren, wie z. B. Standort, Witterung und Boden nötig.

Böhm, C.; Kanzler, M.; Pecenka, R. (2020): Untersuchungen zu Ertragsleistungen (Land Equivalent Ratio) von Agroforstsystemen: [https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2021/03/35\\_\\_Ertragsleistung.pdf](https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2021/03/35__Ertragsleistung.pdf)

Kanzler, M.; Böhm, C.; Mirck, J.; Schmitt, D.; Veste, M. (2017) Einfluss agroforstlicher Nutzung auf das Mikroklima, den Ackerfruchtertrag und die potentielle Evaporation, In: Tagungsband 5. Forum Agroforstsysteme Bäume in der Land(wirt)schaft - von der Theorie in die Praxis vom 30.11. bis 01.12.2016 in Senftenberg, S. 127-131: [https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2017/03/Tagungsband\\_5\\_Forum\\_Agroforstsysteme\\_.pdf](https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2017/03/Tagungsband_5_Forum_Agroforstsysteme_.pdf)

Röhricht, C., Ruscher, K., Kiesewalter, S.; Al Hussein, I.; Zöphel, B. (2007) Feldstreifenanbau. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 25/2007. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14160/documents/16687>.

Mirck, J.; Kanzler, M.; Böhm, C. (2017) Ertragsleistung eines Energieholz-Alley Cropping-Systems, In: Tagungsband 5. Forum Agroforstsysteme, Bäume in der Land(wirt)schaft - von der Theorie in die Praxis vom 30.11. bis 01.12.2016 in Senftenberg, S.47-50: [https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2017/03/Tagungsband\\_5\\_Forum\\_Agroforstsysteme\\_.pdf](https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2017/03/Tagungsband_5_Forum_Agroforstsysteme_.pdf)

Torralba, M., Fagerholm, N., Burgress, P. J.; Moreno, G.; Plieninger, T. (2016) Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 230, 150-161

Winterling, A.; Baur, A.; Borchert, H.; Braun, J.; Eckl, T.; Höge, H.; Jacob, I.; Salzedo, G.; Schmidt, M.; Wiesinger, K. (2019) Wirkung von Energieholzstreifen auf landwirtschaftliche Kulturen, In: *Agroforstsysteme zur Energieholzerzeugung im ökologischen Landbau*; S. 78: [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/agroforstsysteme-energieholzerzeugung-oekolandbau\\_lfl-schriftenreihe.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/agroforstsysteme-energieholzerzeugung-oekolandbau_lfl-schriftenreihe.pdf)

Fragen der Bestandsetablierung und Bestandesführung sind abgeklärt und technische Lösungen stehen weitgehend zur Verfügung. Für die Anlage von Agroforstflächen bzw. Kurzumtriebsplantagen wurden spezielle Pflanzmaschinen für die Stecklinge entwickelt, die das Anlegen erleichtern. Die Erntetechnik, die auf dem Markt ist, wurde in den vergangenen Jahren weiterentwickelt und mittlerweile gibt es verschiedene Erntemaschinen und Methoden (Fäller-Bündler, Häcksler, Vollerntemaschinen, Anbau-Mähhackler, Feldhäcksler) für unterschiedliche Umtriebszeiten, Pflanzabstände und Hackformate der Hackschnitzel. Trotzdem können auch moderne Erntemaschinen in Beständen, welche sich vor allem in wiederholtem Umtrieb befinden, an ihre Grenzen stoßen. Besonders nach Ernten mit schlechten Erntebedingungen (Nässe, fehlender Bodenfrost) wachsen Triebe zwischen den Reihen an oder es bildet sich Wurzelbrut, was bei nachfolgenden Ernten zu technologischen Problemen bzw. hohen Verlusten führt. Mittlerweile haben sich am Markt Dienstleister etabliert, die von der Pflanzung bis hin zur Ernte alles anbieten und das Risiko für den Landwirt mindern.

Insgesamt ist einzuschätzen, dass die Anlage und Bewirtschaftung von Agroforstsystemen hohe Anforderungen an den Landwirt stellt. Das betrifft insbesondere die Planung und Bewirtschaftung der Flächen sowie auch die Vermarktung etc. und ist mit erhöhten Aufwendungen verbunden. Um eine breitere Einführung von Agroforstsystemen in der Landwirtschaft zu fördern, müssen diese zusätzlichen Kosten ebenso wie Umwelteffekte zukünftig honoriert werden.

## VI. Erfolgte oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6

Während der Projektlaufzeit wurden im Teilprojekt 6 die in Tabelle 18 aufgeführten Veröffentlichungen publiziert.

**Tabelle 18:** Veröffentlichungen während der Projektphase

Autoren	Arbeitstitel	Zeitschrift	Veröffentlichung
Carolin Rudolf, Torsten Graf	BonaRes - Signal „Nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft durch Agroforstsysteme“ Abschlussbericht	Abschlussbericht TLLLR - Projekt-Nr.: 99.30	Oktober 2018
Carolin Rudolf, Thomas Hering	Energieholz/KUP: Überblick zu Ernteverfahren	Bauernzeitung 45 (2018), S.12	November 2018
Carolin Rudolf, Andrea Biertümpfel, Torsten Graf	Ergebnisse aus dem Agroforstsystem Dornburg	Tagungsband 2. Erfurter Tagung - Schnellwachsende Baumarten – Erntetechniken, -verfahren und Logistik, S. 99	Februar 2019
Carolin Rudolf, Torsten Graf	BonaRes-SIGNAL Nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft durch Agroforstsysteme - Phase 1	TLLLR Jahresbericht 2018, Schriftenreihe Heft 1/ 2019, S. 41-43	Juni 2019
Maximilian Weber, Andrea Biertümpfel, Torsten Graf, Carolin Rudolf	Ergebnisse aus dem Agroforstsystem Dornburg	KTBL-Tagungsband 2021 - Boden gut machen - neue Ackersbausysteme, S. 207-208	April 2021