

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Schlussbericht zum Thema “ Kleinkörnige Leguminosen energie- und proteinoptimiert produzieren in Strip-Till-Systemen“

FKZ: 2818EPS001

Projektnehmer: Fachhochschule Südwestfalen

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen der BMEL Eiweißpflanzenstrategie.

Schlussbericht
zum
Forschungsvorhaben

**„Kleinkörnige Leguminosen energie- und proteinoptimiert
produzieren in Strip-Till-Systemen (KLee_pro_StripS)“**

Projektträger: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Förderkennzeichen: 2818EPS001
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2019 - 31.12.2021

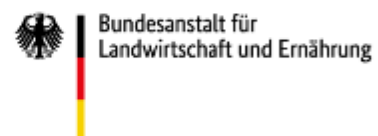
Zuwendungsempfänger: Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Lübecker Ring 2
59494 Soest

Soest, 24.01.2022

Gefördert durch



Projektträger



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kleinkörnige Leguminosen energie- und proteinoptimiert produzieren in Strip-Till-Systemen (KLee_pro_StripS)

Autoren:

Prof. Dr. agr. Harald Laser

Lübecker Ring 2

59494 Soest

laser.harald@fh-swf.de

Dirk Schulte Steinberg

Leon Weigelt

Norbert Behren

Miguel Stolz

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der Tabellen.....	V
Verzeichnis der Abbildungen.....	VI
Verzeichnis der Abkürzungen	X
Verzeichnis der Anhänge	XI
1 Einführung	1
1.1 Gegenstand des Vorhabens.....	1
1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts	2
1.3 Planung und Ablauf des Projekts	3
2 Wissenschaftlicher und technischer Stand.....	4
3 Material und Methoden	13
3.1 Versuchsstandort und Witterung	13
3.1.1 Streifensaat.....	13
3.1.2 Sensorgestützte Übersaat.....	14
3.2 Versuchsanlage	16
3.2.1 Streifensaat.....	16
3.2.2 Sensorgestützte Übersaat.....	21
3.3 Probenentnahme.....	24
3.3.1 Streifensaat.....	24
3.3.2 Sensorgestützte Übersaat.....	25
3.4 Bonitur	26
3.4.1 Streifensaat.....	26
3.4.2 Sensorgestützte Übersaat.....	27
3.5 Labormethoden	27
3.5.1 Probentrocknung.....	28
3.5.2 Probenvermahlung.....	28
3.5.3 XA-Bestimmung	28

3.5.4	NIRS	29
3.6	Berechnung der Energiedichte	29
3.7	Ertragsermittlung.....	30
3.8	Stickstofffixierungsleistung	30
3.9	ELOS	31
4	Ergebnisse.....	32
4.1	Streifensaat.....	32
4.1.1	Jugendentwicklung und Etablierung	32
4.1.2	Trockenmasseertrag	38
4.1.3	Rohproteingehalt.....	40
4.1.4	Rohproteinertrag	43
4.1.5	Energiedichte	44
4.1.6	Energieertrag	47
4.1.7	Stickstofffixierungsleistung	48
4.1.8	Verdaulichkeit	50
4.2	Sensorgestützte Übersaat.....	51
4.2.1	Jugendentwicklung und Etablierung	51
4.2.2	Trockenmasseertrag	59
4.2.3	Rohproteingehalt.....	63
4.2.4	Rohproteinertrag	66
4.2.5	Energiedichte	69
4.2.6	Energieertrag	72
4.2.7	Stickstofffixierungsleistung	75
4.2.8	Verdaulichkeit	76
4.3	Überblick.....	79
5	Diskussion	80
6	Voraussichtlicher Nutzen, Notwendigkeit & Angemessenheit der Arbeit	III
7	Gegenüberstellung erreichte/tatsächliche Ziele, weiterführende Fragen	90

8	Übersicht über alle Veröffentlichungen im Projekt.....	93
9	Zusammenfassung.....	94
10	Summary.....	96
11	Literaturverzeichnis.....	99
12	Anhang.....	106

Verzeichnis der Tabellen

	Seite
Tabelle 1: Bodenchemische Kenndaten des Standortes nach SCHÜTTE 2020	13
Tabelle 2: Aufzählung der verschiedenen Varianten des ersten Versuchsplans	18
Tabelle 3: Aussaatplanung 08. August 2019 in kg ha ⁻¹	18
Tabelle 4: Aussaatplanung 16. Mai 2020 in kg ha ⁻¹	20
Tabelle 5: Erntetermine der Versuchsfläche	25
Tabelle 6: Erntetermine der Versuchsflächen 1 und 2	26
Tabelle 7: Protokoll vor dem ersten Schnitt, 12.04.2020	33
Tabelle 8: Protokoll des ersten Aufwuchses, 05.05.2020	34
Tabelle 9: Protokoll des zweiten Aufwuchses, 22.06.2020	35
Tabelle 10: Protokoll des dritten Aufwuchses, 03.08.2020	36
Tabelle 11: Protokoll des vierten Aufwuchses, 23.09.2020	37
Tabelle 12: Hornkleepflanzen Bonitur am 08. Juli 2021 zum zweiten Schnitt	38
Tabelle 13: Weißklee- und Rotkleebedeckungsgrade in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren	53
Tabelle 14: Weißklee- und Rotkleebedeckungsgrad von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	53
Tabelle 15: Weißklee- und Rotkleebedeckungsgrad von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	54
Tabelle 16: Weißklee- und Rotkleebedeckungsgrad von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	54
Tabelle 17: Vor- und Nachteile der differenzierten Etablierungsverfahren von Leguminosen in Feldgras- und Grünlandbestände	79

1 Verzeichnis der Abbildungen

	Seite
Abbildung 1: Witterungsdiagramm 2020 von Brilon-Thülen, 430 m ü. NN, zusammengestellt nach FLOORS und MÜLLER 2021, WALTER (1957)	14
Abbildung 2: Witterungsdiagramm 2021 von Brilon-Thülen, 430 m ü. NN, zusammengestellt nach FLOORS und MÜLLER 2021, WALTER (1957)	16
Abbildung 3: Versuchsplan mit Relevanz für die Aussaat am 08. August 2019 und die erste Probenentnahme am 05. Mai 2020	17
Abbildung 4: Endgültiger Versuchsplan mit Relevanz für die Aussaat der alternierenden Reihen am 14. Mai 2020 und die Probenentnahmen der Folgeaufwüchse	20
Abbildung 5: Versuchsplan der Fläche 1	22
Abbildung 6: Versuchsplan der Fläche 2	23
Abbildung 7: Summe der Trockenmasseerträge der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Erntejahr 2020	39
Abbildung 8: Trockenmasseertrag der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Schnitt 2021	40
Abbildung 9: Rohproteingehalt der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Schnitt 2020	40
Abbildung 10: Rohproteingehalt der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 2. Schnitt 2020	41
Abbildung 11: Rohproteingehalt der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 3. Schnitt 2020	42
Abbildung 12: Rohproteingehalt der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Schnitt 2021	42
Abbildung 13: Summe der Rohproteinträge der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Erntejahr 2020	43

Abbildung 14: Rohproteinерtrag der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemeingeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Schnitt 2021	44
Abbildung 15: Energiedichte der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemeingeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Schnitt 2020	44
Abbildung 16: Energiedichte der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemeingeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 2. Schnitt 2020	45
Abbildung 17: Energiedichte der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemeingeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 3. Schnitt 2020	46
Abbildung 18: Energiedichte der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemeingeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Schnitt 2021	46
Abbildung 19: Summe der Energieerträge der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemeingeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Erntejahr 2020.....	47
Abbildung 20: Energieertrag der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemeingeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Schnitt 2021	48
Abbildung 21: Stickstofffixierungsleistungen der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemeingeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; alle Schnitte	49
Abbildung 22: ELOS der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemeingeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; alle Schnitte	50
Abbildung 23: Durchschnittlicher Bedeckungsgrad der Pflanzenarten des Grünlandbestands der Versuchsfläche 1	51
Abbildung 24: Durchschnittlicher Bedeckungsgrad der Pflanzenarten des Grünlandbestands der Versuchsfläche 2	52
Abbildung 25: Multispektrale Drohnenaufnahme vor Versuchsanlage von Versuch 1 am 23. April.....	55
Abbildung 26: Multispektrale Drohnenaufnahme vor Versuchsanlage von Versuch 2 am 23. April.....	56
Abbildung 27: Entwicklung des IRMI der Versuchsfläche 1	57
Abbildung 28: Entwicklung des IRMI der Versuchsfläche 2	58

Abbildung 29: Summe der Trockenmasseerträge der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit des Etablierungsverfahrens	59
Abbildung 30: Summe der Trockenmasseerträge der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	60
Abbildung 31: Summe der Trockenmasseerträge der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit.....	61
Abbildung 32: Summe der Trockenmasseerträge der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	62
Abbildung 33: Rohproteingehalt der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren	63
Abbildung 34: Rohproteingehalt der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	64
Abbildung 35: Rohproteingehalt der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	64
Abbildung 36: Rohproteingehalt der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	65
Abbildung 37: Rohproteinерtrag der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren	66
Abbildung 38: Rohproteinерtrag der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	67
Abbildung 39: Rohproteinерtrag der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	67
Abbildung 40: Rohproteinерtrag der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	68
Abbildung 41: Energiedichte der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren	69
Abbildung 42: Energiedichte der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	70
Abbildung 43: Energiedichte der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	70
Abbildung 44: Energiedichte der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit.....	71
Abbildung 45: Energieertrag der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren	72
Abbildung 46: Energieertrag der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	73

Abbildung 47: Energieertrag der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	73
Abbildung 48: Energieertrag der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit.....	74
Abbildung 50: ELOS der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren	76
Abbildung 51: ELOS der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit.....	77
Abbildung 52: ELOS der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	77
Abbildung 53: ELOS der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit	78

2 Verzeichnis der Abkürzungen

ADF	Säure-Detergenzien-Faser
ADForg	Säure-Detergenzien-Faser (aschefrei)
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DSV	Deutsche Saatveredelung
ELOS	Enzymlösliche Organische Substanz
EULOS	Enzymunlösliche Organische Substanz
EPS	Eiweißpflanzenstrategie
GIS	Geographisches Informationssystem
IBI	Isaria Biomasse Index
IRMI	Isaria Reflectance Measurement Index
JLU	Justus-Liebig-Universität
LfL	Landesanstalt für Landwirtschaft
LWK	Landwirtschaftskammer
ME	Metabolische (umsetzbare) Energie
Mg	Magnesium
MJ	Megajoule
N	Stickstoff
NDF	Neutrale-Detergenzien-Faser
NDForg	Neutrale-Detergenzien-Faser (aschefrei)
NIRS	Nah-Infrarot-Spektroskopie
NN	Normal Null
NRW	Nordrhein-Westfalen
RTK	Real Time Kinematic
S	Schwefel
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
wIK	wasserlösliche Kohlenhydrate
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XZ	Zuckergehalt

3 Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Drohnenaufnahme der Versuchsfläche am 05. Juli 2020	106
Anhang 2: Ausbringung der Rhizobien mittels Spritzgestänge am 05. September 2019	106
Anhang 3: Frässaatverfahren mit der Agria Fräseinheit am 14. Mai 2020	107
Anhang 4: Beete der Frässaat am 14. Mai 2020	107
Anhang 5: Aussaat der Fräs- und Schlitzsaat mit einem Claas Axion 830 und Vredo Agri Durchsämaschine am 16. Mai 2020	108
Anhang 6: Mäusebekämpfung mittels Legeflinte am 19. September 2019	108
Anhang 7: Applikation des Giftweizens per Legeflinte in die Mäuselöcher am 19.09.2019	109
Anhang 8: Düvelsdorf green.rake Wiesenstriegel mit aufgesattelter seed.con Säeinheit	109
Anhang 9: Claas Axion 830 mit in der Front angebauten ISARIA Sensor	110
Anhang 10: Anwalzen der Nachsaat mit einer Cambridge-Walze am 24. April 2021	110
Anhang 11: Probenentnahme mittels Schätzrahmen und Handheckenschere beim ersten Erntetermin am 05. Mai 2020	111
Anhang 12: Beerntung mittels Balkenmäher.....	111
Anhang 13: Ernte und Probenentnahme der Aufwüchse zwei bis vier mit dem Balkenmäher	112
Anhang 14: Probennahme eines Quadratmeters mittels Holzrahmen und Akku-Heckenschere	112
Anhang 15: Foto eines Probenquadratmeters zur Erstbonitur am 08. Mai 2021 ...	113
Anhang 16: Verwendete Drohnentechnik mit multispektraler Kamera	113
Anhang 17: Nach der Aussaat eingeebnete Versuchsfläche und Auflaufen von <i>Lolium multiflorum</i> am 17. August 2019.....	114
Anhang 18: Entwickelter <i>Lolium multiflorum</i> Bestand am 01. September 2019	114
Anhang 19: Entwickelter <i>Lolium multiflorum</i> Bestand am 15. September 2019	115
Anhang 20: Vorkommen der Purpurroten Taubnessel im Luzerne-Gras-Gemenge am 10. Oktober 2019.....	115
Anhang 21: Nodulation an <i>Lotus corniculatus</i> am 10. Oktober 2019	116
Anhang 22: Violette Verfärbung der Blattspitzen von <i>Lolium multiflorum</i> durch Frosteinwirkung am 12. April 2020	116
Anhang 23: Auflaufen der Leguminosen in der Frässaat am 22. Juni 2020	117
Anhang 24: Auflaufen der Leguminosen in der Schlitzsaat am 22. Juni 2020.....	117

Anhang 25: Rotklee im Gemenge in der Blüte und eine Hummel als Blütenbesucher am 03. August 2020	118
Anhang 26: Fraßschäden des Blattrandkäfers am Rotklee am 03. August 2020 (links) und 15. September (rechts)	118
Anhang 27: Braunrostbefall an <i>Lolium multiflorum</i> am 23. September 2020.....	119
Anhang 28: Rotklee Frässaat am 15. September 2020	119
Anhang 29: Schlitzsaat von <i>Lotus corniculatus</i> in der Blüte am 15. September 2020	120
Anhang 30: Frässaat von <i>Lotus corniculatus</i> am 15. September 2020	120
Anhang 31: Mehltaubefall am blühenden Rotklee im Gemenge am 15. September 2020.....	121
Anhang 32: Kahlfraß und Mäusespuren am 15. September 2020	121
Anhang 33: Mäuse-, Trockenheitsschäden und Ertragsdefizite am 23. September 2020.....	122
Anhang 34: Nodulation an <i>Lotus corniculatus</i> im Gemenge am 03. November 2020	122
Anhang 35: Entwicklung von <i>Lotus corniculatus</i> im zweiten Nutzungsjahr (von links: Schlitzsaat, Frässaat, Gemenge) am 08. Juli 2021.....	123
Anhang 36: Nodulation an <i>Lotus corniculatus</i> am 08. Juli 2021.....	123
Anhang 37: <i>Lotus corniculatus</i> der Frässaat in der Blüte am 08. Juli 2021	124
Anhang 38: <i>Lotus corniculatus</i> in der Blüte am 08. Juli 2021.....	124
Anhang 39: Vereinzelte Exemplare von <i>Trifolium pratense</i> im Gemenge am 08. Juli 2021	125
Anhang 40: Einzelpflanze <i>Trifolium pratense</i> aus dem Gemenge am 08. Juli 2021	125
Anhang 41: Anteile der Gräser- und Kräuterarten, sowie der Weißklee- und Lückenanteil von der Versuchsfläche 1	126
Anhang 42: Anteile der Gräser- und Kräuterarten, sowie der Weißklee- und Lückenanteil von der Versuchsfläche 2 bei einmaliger Vorbeschädigung	127
Anhang 43: Anteile der Gräser- und Kräuterarten, sowie der Weißklee- und Lückenanteil von der Versuchsfläche 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung	128
Anhang 44: Anteile der Gräser- und Kräuterarten, sowie der Weißklee- und Lückenanteil von der Versuchsfläche 2 ohne Vorbeschädigung.....	129
Anhang 45: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse im Gräserreinbestand und in Gemengeaussaat; 1. Schnitt 2020.....	130

Anhang 46: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatterfahren; 2. Schnitt 2020.....	131
Anhang 47: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatterfahren; 3. Schnitt 2020.....	132
Anhang 48: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 1 mit einheitlicher, teilflächenspezifischer und keiner Nachsaat; 1. Schnitt	133
Anhang 49: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 1 mit einheitlicher, teilflächenspezifischer und keiner Nachsaat; 2. Schnitt	134
Anhang 50: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 1 mit einheitlicher, teilflächenspezifischer und keiner Nachsaat; 3. Schnitt	135
Anhang 51: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit einmaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 1. Schnitt.....	136
Anhang 52: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit zweimaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 1. Schnitt.....	137
Anhang 53: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 ohne Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 1. Schnitt	138
Anhang 54: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit einmaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 2. Schnitt.....	139
Anhang 55: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit zweimaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 2. Schnitt.....	140
Anhang 56: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 ohne Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 2. Schnitt	141
Anhang 57: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit einmaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 3. Schnitt.....	142

Anhang 58: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit zweimaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 3. Schnitt.....	143
Anhang 59: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 ohne Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 3. Schnitt	144

1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Gegenstand des geplanten Vorhabens ist es, ein neues Anbausystem zu entwickeln, das die Vorteile des Anbaus feinsamiger Leguminosen als Bestandteil ackerbaulicher Fruchtfolgen stärkt und dazu beiträgt, mehr betriebseigene und gentechnikfreie Futterproteinquellen zu erschließen. Das übergeordnete Ziel besteht darin, die Effizienz und Produktivität des Anbaus, der Konservierung und Verfütterung feinsamiger Leguminosen zu steigern und damit die Konkurrenzfähigkeit gegenüber dem Maisanbau und der Verfütterung von Protein aus externer Produktion zu erhöhen.

Im Mittelpunkt des Vorhabens steht die Entwicklung und Validierung eines Anbausystems für mehrjährige Leguminosen und Gräser, das bislang in der Praxis noch nicht üblich ist: der räumlich getrennte Anbau von Gras und Leguminosen in alternierenden Reihen. Die Aussaat der Leguminosen erfolgt dabei in bereits etablierte Ackergrasbestände mittels Reihenfrässaattechnik (Strip-Till-Verfahren). Damit erhöhen sich die Etablierungschancen auch für konkurrenzschwächere feinsamige Leguminosen in Mischbeständen mit Gräsern. Mit der Einbindung von Klee grasbeständen werden die Fruchtfolgewirkungen verbessert und durch räumlich getrennte Klee bereiche können sich die Risiken für die Ausbreitung langfristig hemmender Infektionen wie dem Klee krebs reduzieren. Dazu hat sich im weiteren Verlauf des Projektes die Möglichkeit ergeben, in teilflächenspezifischer Bewirtschaftung mittels Sensortechnik die Nachsaat von Rotklee per Wiesenstriegel in lückiges Dauergrünland durchzuführen.

Neben der besonderen Saattechnik für die Leguminosen mittels Strip-Till-Verfahren sollen auch Nutzungsoptionen mit verschiedenen Schwerpunkten in der Zielsetzung berücksichtigt werden. Dies schließt u.a. ein stark auf Qualität und Proteinertrag abzielendes Management als auch eine stärker auf die Ansprüche blütenbesuchender Nutzinsekten ausgerichtete Nutzung mit geringer Intensität ein.

Die Versuche sollten bei Feldtagen der DLG sowie der Versuchsstation Meschede-Remblinghausen demonstriert werden, was aus Gründen der Corona-Pandemie jedoch nicht umgesetzt werden konnte. An dem Plan, die Ergebnisse des Vorhabens in digitalen Medien und Tagungen zu präsentieren wird festgehalten. Das Projekt wurde intensiv für die Lehre (Projekt-, Bachelor- und Masterarbeiten, Vorlesungen) genutzt.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Mit dem Projekt soll im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Bekanntmachung Nr. 20/17/31) ein neues System entwickelt werden, das dazu beiträgt, die Vorteile des Anbaus feinsamiger Leguminosen als Bestandteil ackerbaulicher Fruchtfolgen besser zu nutzen und die Probleme und Risiken minimieren zu können. Dieses Anbausystem soll beitragen, mehr wirtschaftseigene und gentechnikfreie Futterproteinquellen zu erschließen und die oft engen und damit wenig nachhaltigen Silomaisfruchtfolgen zu erweitern. Das übergeordnete Ziel besteht darin, die Effizienz und Produktivität des Anbaus, der Konservierung und Verfütterung feinsamiger Leguminosen zu steigern, um damit die Konkurrenzfähigkeit gegenüber dem Maisanbau und der Verfütterung von Protein aus externer Produktion zu erhöhen. Weiterhin wird der Frage nachgegangen, wie bestehende Dauergrünlandbestände in Bezug auf Futterqualität und Eiweißertrag langfristig verbessert werden können. In Kombination mit der fortschreitenden Digitalisierung, wird auf technische Lösungen zurückgegriffen, welche eine effiziente und ressourcenschonende Bewirtschaftung des bestehenden Dauergrünlands ermöglichen. Dazu müssen Optimierungsoptionen für die landwirtschaftliche Produktion entlang der gesamten Prozesskette kombiniert werden. Der hier gewählte systemische Optimierungsansatz umfasst das Spektrum folgender eng miteinander vernetzter Teilziele:

1. Verbesserung des Aussaatverfahrens auch für konkurrenzschwächere feinsamige Leguminosen in Mischbeständen mit Gräsern zur Erhöhung der Etablierungschancen
2. Nutzung erwiesener positiver Effekte von kondensierten Tanninen auf die Proteinverwertung von Wiederkäuern durch Integration von *Lotus corniculatus* in ackerfutterbaulich genutzten Mischkulturen
3. Verbesserung der Managementoptionen zur Steuerung der anvisierten Ertragsanteile von Leguminosen und Gräsern
4. Sicherung der Erträge sowie der Qualität und Produkteffizienz des Leguminosenproteins für die Milchproduktion
5. Optimierung der Fruchtfolgewirkungen
6. Reduzierung der spezifischen Risiken durch Kleekrebs, Kleemüdigkeit, etc.
7. Verbesserung der Nahrungssituation für blütenbesuchende Insekten
8. Wissenstransfer in die ökologisch und konventionell wirtschaftende Praxis

1.3 Planung und Ablauf des Projekts

Eine besondere Stellung für die Erreichung der Projektziele hat die Entwicklung innovativer Anbausysteme für mehrjährige Leguminosen und Gräser. Diese Systeme zeichnen sich durch den räumlich getrennten Anbau von Gras und Leguminose in alternierenden Reihen oder durch sensorgestützte Raumzuteilung in vorhandene Lücken aus, die gegenüber der verbreiteten Aussaat als Gemenge mehrere Vorteile versprechen. Dabei werden die Leguminosen in bereits etablierte Ackergrasbestände mittels Reihenfrässaattechnik in 10 cm breite, flach gefräste Streifen mit mehreren Wochen Verzögerung ausgesät. Die entsprechende Spezialtechnik dazu (Vakuumat-Slotter), ist bereits vorhanden und kann im Rahmen des bestehenden Kooperationsvertrages der FH Südwestfalen und der Landwirtschaftskammer NRW unentgeltlich genutzt werden. Der Großteil der Grasnarbe bleibt ungestört. In den gelockerten Streifen finden die heranwachsenden Leguminosen eine reduzierte Gräserkonkurrenz vor, sodass diese im Vergleich zur Gemengeaussaat wesentlich verbesserte Entwicklungschancen haben. Bedingungen, die die volle Ausnutzung der symbiotischen N-Fixierung fördern, sollen durch weitere Maßnahmen verbessert werden. So wird das Saatgut mit zusätzlichen Rhizobienkulturen beimpft. Schwefeldüngungsversuche der JLU Gießen haben gezeigt, dass die Rohproteinträge besonders durch S-Gaben effizient gesteigert werden können. Da auf den Versuchsfeldern längere Zeit keine S-Düngung erfolgt ist, werden alle Parzellen nach dieser Maßgabe zusätzlich mit 80 kg S in Form von Mg-Sulfat $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ gedüngt, um Schwefel als limitierenden Faktor auszuschließen. Durch Einbeziehung der stark tanninhaltigen Leguminose *Lotus corniculatus* (Gewöhnlicher Hornklee) sollen die bereits nachgewiesenen positiven Wirkungen der kondensierten Tannine auf die Proteinnutzungseffizienz für Wiederkäuer optimiert werden. Dabei müssen nach eigenen Versuchen (LASER 1999) jedoch eine langsamere Jugendentwicklung und durchgängig geringere Erträge angenommen werden. Zusätzlich werden trockenheitstolerante Arten wie Rotklee (*Trifolium pratense*) und Luzerne (*Medicago sativa*) im gleichen Verfahren angebaut und mit konventioneller Gemengesaat und Reinsaat von Welschem Weidelgras (*Lolium multiflorum*) verglichen. Bei den Leguminosen werden Sorten eingesetzt, die über eine schnelle Jugendentwicklung, hohe Blattanteile und gute Ertragspotential verfügen. Dazu werden Großparzellenversuche auf Flächen mehrerer kooperierender Praxisbetriebe angelegt, um praxisnahe und anwendungsorientierte Bedingungen zu gewährleisten.

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

In konventionell wirtschaftenden Futterbaubetrieben haben Mischbestände von Gräsern und Leguminosen im Vergleich zum Silomais- und Ackergrasanbau nur einen relativ kleinen Anteil. Die Erhöhung des Anteils feinkörniger Leguminosen in konventionellen und ökologischen Fruchtfolgen hat nicht nur pflanzenbauliche Vorteile, sondern auch eine langfristige, strategische Funktion, nämlich die Abhängigkeit von importiertem, oft genetisch veränderten Soja zu reduzieren. Für Milchviehbetriebe bedeutet der Anbau ein- oder mehrjähriger Leguminosen-Grasgemenge und Leguminosenreinsaaten, dass Abhängigkeiten vom weltweiten Futterproteinmarkt reduziert und die Ressourceneffizienz sowie Ökosystemleistungen erhöht werden können. Die Vorteile lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Einsparung von Mineraldünger fossiler Energie durch N₂-Fixierung (z.T. über 370 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (LASER 1999))
- höhere Agro-Biodiversität durch Erweiterung enger Maisfruchtfolgen und Mischanbau verschiedener Gras- und Leguminosenarten
- bessere Ressourcennutzung und ggf. bessere Anpassung an Wetterextreme und reduzierter Aufwand für chemischen Pflanzenschutz (v. a. bezogen auf Unkräuter) durch Kombination von mehreren Arten mit unterschiedlicher Spross- Blatt- und Wurzelarchitektur möglich
- nach Trockenheit bessere Regeneration im Vergleich zu einjährigen Arten mit einmaliger Nutzung
- Verbesserte N-Effizienz in Fruchtfolgen im Vergleich zu Grünlandumbruch und Silomais in Selbstfolge (VOLKERS und TAUBE 2006), sowie verringerte
- geringe Erosion durch über- bis mehrjährig durchgehende Bodenbedeckung
- Beweidung ist je nach Artenwahl möglich
- regelmäßiges Frischfutterangebot auch im Stall in der Vegetationsperiode möglich
- humusmehrende Wirkung (BROCK 2009, GATTINGER et al. 2012) und intensives Bodenleben und dadurch gute Befahrbarkeit der Flächen
- Nahrung und Lebensraum für Blütenbesucher
- gute Vorfruchtwirkung z.B. für Weizen.

Dass ein- oder mehrjährige Leguminosen-Grasgemenge und Leguminosenreinsaaten vor allem in konventionell wirtschaftenden Betrieben im Vergleich zum Silomaisanbau nur eine geringe Anbaubedeutung haben, liegt vor allem an folgenden Nachteilen gegenüber Mais:

- geringere Erträge an Trockensubstanz (TS)
- höherer Ernte-/Konservierungsaufwand durch mehrere Erntetermine pro Jahr
- z.T. geringere Energiedichten (DLG 1997)
- frühe Nutzung (vor Blüte), für hohe Qualität nötig, setzt Ausdauer herab
- z.T. problematische Siliereigenschaften (wasserlösliche Kohlenhydrate, Pufferkapazität, niedrige TS-Gehalte, Bröckelverluste beim Anwelken und anschließenden Arbeitsgängen)
- Luzerne, Rotklee und andere Trifolium-Arten sind aufgrund hoher Anfälligkeit gegenüber *Sclerotinia trifoliorum* (Kleekrebs) und anderer Schadpilze nicht selbstverträglich und benötigen Anbaupausen von bis zu 7 Jahre
- Gras-Erträge nehmen im Feldfutterbau nach dem 2. Jahr meist deutlich ab (v. a. Welsches Weidelgras)
- Fläche wird in entsprechenden Fruchtfolgen lange belegt
- eventuell hohe Drucklasten durch häufiges Befahren (viele Überfahrten durch mehrmaligen Schnitt, Wenden, Futterbergen, Düngung, etc.)
- ggf. phytosanitäre Probleme durch Drahtwürmer oder Durchwuchs in Folgefrucht (Gräser in Getreide)
- in Gemengesaat sind Ertragsanteile schwer zu beeinflussen, dadurch standort-, jahres- und erntezeitpunktabhängig starke Schwankungen in der Bestandszusammensetzung und in den futterbaulichen Eigenschaften
- weniger konstante Futterqualitäten als bei Silomais und dadurch erschwerte Kalkulation bedarfsgerechter Milchkuhrationen.

Um die Vorzüge des mehrjährigen Leguminosen-/Gräseranbaus in Ackerfruchtfolgen umfangreich nutzen, und gleichzeitig Probleme und Risiken minimieren zu können, stehen viele pflanzenbauliche Managementoptionen zur Verfügung, die die Konkurrenzfähigkeit gegenüber dem Maisanbau erhöhen können. Oft stehen die Kenntnisse und Informationen zur Systemoptimierung in landwirtschaftlichen Betrieben nicht zur Verfügung oder ihre Umsetzung wird als zu aufwändig wahrgenommen, was wiederum die Vorzüglichkeit des Maisanbaus in der Praxis erhöht. Es gibt nur wenige systembezogene Ansätze, die dazu beitragen, die pflanzenbaulichen und ökologischen

Leistungen des mehrjährigen Anbaus von feinsamigen Leguminosen erhöhen, Anbaurisiken zu minimieren und den Anbau vereinfachen. Systemumfassende Optimierungen sind auch zwingend notwendig, wenn neue Leguminosenarten oder solche mit bislang geringer Anbaubedeutung in die Praxis eingeführt werden sollen, die sich durch besondere Inhaltsstoffe oder Eigenschaften auszeichnen. Als beispielhaft kann hier *Lotus corniculatus* (Gewöhnlicher Hornklee) gelten, der durch seine Gehalte an kondensierten Tanninen dazu beitragen kann, die Proteinnutzungseffizienz bei Wiederkäuern zu erhöhen und der weitere physiologische Vorteile erwarten lässt (WESTENDARP 2006), sich jedoch durch eine im Vergleich zu leistungsstarken Futtergräsern langsame Jugendentwicklung und auf besseren Ackerstandorten relativ geringe Konkurrenzstärke auszeichnet (LASER 1999).

Hierbei könnte der in der Praxis bislang noch nicht verbreitete Anbau von Gräsern und Leguminosen in alternierenden Reihen eine Option sein. Während in der Praxis mehrjährige Leguminosen-Gras Bestände überwiegend in nicht räumlich getrennten Gemengen ausgesät werden, existieren mehrere experimentelle Ansätze, die sich mit dem Effekt des Anbaus in nach Arten getrennten Reihen befassen haben. Der Vorteil dieser räumlichen Trennung von Leguminose und Gras liegt unter anderem in den verbesserten Steuerungsmöglichkeiten der Ertragsanteile der Leguminosen, die bei Gemengeaussaat auch bei identischer Mischungszusammensetzung standort-, jahres- und jahreszeitabhängig höchst unterschiedlich ausfallen können. Das wiederum kann zu extrem unterschiedlichen Inhaltsstoffmustern, z.B. bezogen auf die Rohproteinkonzentration, führen, was für die Milchkuhfütterung große Nachteile hat. Im Gemengeanbau wird der Etablierungserfolg der Leguminose von interspezifischer Konkurrenz gegenüber den Gräsern bestimmt. Von guter N-Verfügbarkeit im Boden profitieren die Gräser stärker und die Leguminosenanteile sinken. In diesem Fall können statt synergistischer Effekte durch die Kombination lediglich additive oder gar antagonistische Effekte aus der Beziehung zwischen Gras und Leguminosenpartnern resultieren (BISKUPEK 1993). Dagegen bietet die festgelegte Zuteilung von definierten Flächenanteilen im Anbau in alternierenden Reihen Leguminosen Möglichkeiten, auch über mehrere Jahre durchgängig hohe Ertragsanteile sicherzustellen. Das gilt sowohl für typische Ackerfutterbauleguminosen wie *Trifolium pratense* als auch für *Lotus corniculatus*, eine Leguminose, die sonst nur in extensiven Grünlandssystemen langfristig konkurrenzfähig ist (LASER 1999). Ob der Anbau in räumlich getrennten Reihen, in denen die intraspezifische Konkurrenz für die Leguminosen eine größere Bedeutung hat als die interspezifische Konkurrenz mit den Gräsern, auch zu höheren

Erträgen führt, kann nach derzeitigem Kenntnisstand nicht eindeutig beantwortet werden. DAVIES (1964) beobachtete bei Mischbeständen von *Medicago sativa* und *Festuca pratensis* einen um 20 % reduzierten Ertrag der alternierenden Reihen im Vergleich zur Breitsaat von entsprechenden Gemengen. Die Drillreihenabstände in diesem Experiment betragen 1 ft (= 30,5 cm). Bei geringeren Abständen von 15,2 cm zwischen *Medicago sativa*- und Grasreihen ergaben sich allerdings nach PATTERSON und LAW (1952) deutliche Ertragsvorteile der über Drillreihen getrennten Arten. Beide Autoren weisen auf die Vorteile der alternierenden Reihen hin, insbesondere der Möglichkeit der gezielteren Kontrolle der Ertragsanteile. FAIREY und LEVKOVITCH (1990) sehen bei dem Anbau von alternierenden Streifen von *Bromus inermis* und *Medicago sativa* darüber hinaus die Chance für eine optimale N-Düngung der Gräser, ohne dass die Konkurrenzkraft der Leguminose sinkt, indem nur die Gras- nicht aber die Leguminosenstreifen gezielt gedüngt werden. FAIREY und LEVKOVITCH (1990) wählten allerdings hierzu eine Streifenbreite von 40 bis 80 cm. Dabei ist jedoch zu beachten, dass der N-Transfer zum Gras mit zunehmender Entfernung zur Leguminose abnimmt (MALARINO et al. 1990, LASER 1998, LASER 1999). Bei einem Abstand von 17 cm zwischen *Lotus corniculatus*- zu *Festuca rubra*-Reihen ermittelt LASER (1999) N-Transfers zum Gras in Mengen zwischen 48 und 57,5 kg N ha⁻¹ a⁻¹, bei einem Abstand von 34 cm zwischen 24,6 und 43,1 kg ha⁻¹ a⁻¹. Bei einem Reihenabstand von 30,5 cm stellte DAVIES (1964) dagegen keinen nennenswerten N-Transfer von *Medicago sativa* zu *Festuca pratensis* fest. Obwohl *Festuca rubra* im Vergleich zu anderen Futtergräsern ein geringes N-Aneignungsvermögen besitzt, konnten in Versuchen von LASER (1999) trotz Verzicht auf eine N-Düngung in Systemen mit alternierenden Drillreihen des Grases mit verschiedenen Leguminosen hohe Jahreserträge erzielt werden. In 50/50-Mischungen mit *Lotus corniculatus* ergaben sich, jeweils im ersten und zweiten Jahr nach der Anlage des Versuches, TS-Erträge zwischen 83,2 und 120,9 dt ha⁻¹ a⁻¹, bei entsprechenden Mischungen mit *Trifolium repens* sogar zwischen 96,9 und 145,3 dt TS ha⁻¹ a⁻¹. Obwohl *Festuca rubra* an Low-Input-Bedingungen angepasst ist, lagen damit die Erträge in den Parzellen mit alternierenden Drillreihen um einen Faktor von bis zu 3,5 höher als in den Gräserreinsaaten, was die Eignung dieses Anbauverfahrens für Low-Input-Bedingungen belegt. Leguminosen geben einen Teil des durch ihre Symbionten fixierten Stickstoffs über ihre Wurzeln in das System Boden ab, und machen ihn damit unmittelbar für andere Pflanzen verfügbar (FUSTEC et al. 2010). Hauptabnehmer von Leguminosen-N waren in Gefäßversuchen Gräser (PIRHOFER-WALZL et al. 2012). Auch in praxisnäheren Versuchen konnten über die getrennte Ernte der Mischungspartner in Streifenmischkulturen

N-Gewinne für den Graspartner im Vergleich zu den Kontrollparzellen ohne Leguminosen ermittelt werden (LASER 1999). In Reihemischkultur wurde zudem kein die N₂-Fixierung hemmender Effekt der N-Düngung gefunden, wenn die Leguminose in der Nachbarschaft von Mais wuchs (LI et al. 2009). Gräser haben gegenüber Leguminosen eine größere Konkurrenzkraft in der Aufnahme von Nitrat. In Bodenbereichen mit geringen Nitrat-Konzentrationen entziehen sie den Leguminosen diesen Nährstoff, wodurch eine höhere N₂-Fixierung einsetzt (SOUSSANA und TALLEC 2010). Vor allem der Ammoniumgehalt im Boden determiniert den Bedarf der Leguminosen an symbiotisch fixierten N, da die Nitrataufnahme für Leguminosen eine höhere Energieinvestition verlangt (SCHUBERT 1995). Des Weiteren gibt es Hinweise, dass sich auch ohne den Einfluss der N₂-Fixierung durch Mischkulturen von Gräsern und Leguminosen positive Effekte auf die Nährstoffnutzungseffizienz der Pflanzen ergeben.

Während der Kleeanteil in Grünlandsystemen durch Beweidung meist gefördert wird, ist es schwer, in ackerbaulichen Systemen mit überwiegender Schnittnutzung den gewünschten Kleeanteil zu halten (FRAME und LAIDLAW 1998). Bandfrässaat kann den Etablierungserfolg von Arten, die in bestehende Grasnarben eingebracht werden sollen, gegenüber dem Schlitzsaatverfahren wesentlich erhöhen (LANGE et al. 2011). Im Zusammenhang mit Bodenbedeckung durch Schnittreste war in einem anderen Versuch aber die Breitverteilung von Saatgut dem Drillen bei der Kleeansaat überlegen (SCHLUETER und TRACY 2012). Die Erkenntnisse der Bandfrässaat von Gräsern und Leguminosen stammen überwiegend aus der Nachsaat in etabliertes Dauergrünland. Bislang fehlen Erkenntnisse, wie sich feinsamige Leguminosen in Strip-Till verfahren in nicht abgetöteten ackerbaulich genutzten Grasbeständen als Bestandteil einer Fruchtfolge verhalten. Gegenüber der zeitgleichen oder in zwei Arbeitsgängen unmittelbar aufeinander folgenden Aussaat der alternierenden Gras- und Leguminosenreihen (LASER 1999, LASER et al. 2009) hat die zeitlich getrennte Aussaat von Gräsern ohne Leguminosen und spätere Frässaat von Leguminosen in den bereits etablierten Grasbestand wesentliche Vorteile: Reinsaaten von Weidelgräsern, insbesondere *Lolium perenne*, können in einem wesentlich weiteren Zeitfenster ausgesät werden als feinkörnige Leguminosen. So kann die Aussaat als Blanksaat oder Untersaat mit Getreidearten oder Silomais als Deckfrucht sicherer gelingen, womit eine bessere Pflanzenbedeckung über Winter gewährleistet wird (WOLEDGE et al. 1990).

Die Gräserreinsaat kann mit Gülle und in konventionellen Systemen auch mineralisch gedüngt werden und zweikeimblättrige Unkräuter können gezielt in der Etablierungsphase bekämpft werden. Die Gräserreinsaat kann ein- oder mehrfach gedüngt und zu Futterzwecken genutzt werden, bevor für die Leguminosenfrässaat ein optimaler

Termin gewählt wird, zu dem der Boden tragfähig und die Wasserversorgung gesichert ist. Durch das intensive Fräsen wird die Gräserkonkurrenz partiell mechanisch ausgeschaltet. Gleichzeitig können aber noch die stehengebliebenen Gräserreihen eine Art Schutzfunktion übernehmen und in Trockenperioden ein gegenüber der Blanksaat verbessertes Mikroklima schaffen. In den Reihen entsteht durch das Fräsen ein feinkörniges und gelockertes Saatbett, in dem das Leguminosensaatgut in idealer Tiefe über die gesamte Fräsreihenbreite abgelegt werden kann. Mit der Etablierung der Leguminosen nach Minimalbodenbearbeitung im Vergleich zur Aussaat nach einer intensiven Bodenbearbeitung können Nährstoffressourcen im Boden geschont, gasförmige und flüssige Stoffausträge reduziert sowie Diesel und Kosten eingespart werden. Leguminosenreinsaaten führen zudem oft zu hohen Lachgasemissionen in der Etablierungsphase, die erheblich begrenzt werden können, wenn das Nitrat im Boden von Mischungspartnern effizienter genutzt wird (NIKLAUS et al. 2006). Diese Funktion kann der restliche Grasbestand von Beginn an übernehmen. Rotklee zeigt eine bessere Jungpflanzenentwicklung, verglichen zur Breitverteilung über die gesamte Fläche, wenn er in Streifen innerhalb von Grasbeständen ausgesät wurde. Die Entwicklung verlief umso besser, desto breiter (7,5 und 15 cm) der grasfreie Streifen war (HAGGAR und KOCH 1983). So können seine Etablierungsschwierigkeiten in Mischungen überwunden werden. In dem von Deutschen Weidelgras dominierten Bestand auf sandigem Lehm entsprachen die TM-Erträge mit Rotkleestreifen einer Düngung von $112 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

In seinem Literaturüberblick zeigt DEWHURST (2013) die Vorteile von Silagemischungen mit Leguminosen auf. Sie erhöhen die Futteraufnahme und die Milchproduktion. Zusätzlich wird offenbar die Milchqualität verbessert. Auch experimentell erzielten Leuminosensilagen (50/50 mit Gras) signifikant höhere Futteraufnahmen, N-Aufnahmen und Verdaulichkeiten der Rationen, was zu einer Steigerung der Milchleistung führte (DEWHURST et al. 2003). Auf Basis von Leguminosenprotein kann eine höhere Effizienz der mikrobiellen Biosynthese im Pansen erzielt werden (VANHATALO et al. 2009). Es finden so höhere Aufnahmen von Aminosäuren statt. Speziell in Rotklee fördert Polyphenoloxidase die Proteinverdaulichkeit über eine längere Verweilzeit im Pansen, die sich aus der Blockierung von Proteasen und Bindung der Aminosäuren an Phenole ergibt (LEE et al. 2009). In Mischbeständen mit Hornklee kann zudem die Proteinnutzung durch Komplexbildung mit in den Pflanzen enthaltenen kondensierten Tanninen („Bypass-Protein“) im Pansen signifikant verbessert werden (ERIKSSON et al. 2012). Zudem sollen Tannine bei Wiederkäuern zu geringeren Methanemissionen sowie einer geringeren Anfälligkeit gegenüber Magen-/Darmparasiten führen (BARRY

und MCNABB 1999, WESTENDARP 2006), was diese Leguminose grundsätzlich für den Futterbau interessant erscheinen lässt. Nachteilig sind die im Vergleich zu anderen Leguminosen hohen Ligningehalte der Art bei verzögerten Nutzungsterminen (OPITZ VON BOBERFELD und LASER 1999).

Die in *Lotus corniculatus* enthaltenen kondensierten Tannine bieten auch eine Möglichkeit, die im Vergleich zu Silomais deutlich geringere Siliereignung von Substraten aus Leguminosen-/Grasgemengen zu verbessern. Nach PENG et al. (2017) können Tannine zu einem verringerten Abbau von Protein während des Silierens beitragen und damit die Wertigkeit des Futterproteins erhöhen sowie die Abundanz der für einen positiven Gärverlauf wichtiger Lactobakterien zu erhöhen.

Damit könnten die in *Lotus corniculatus* enthaltenen Tannine die Proteinnutzungseffizienz nicht nur im ruminalen Verdauungssystem, sondern bereits während des Silierprozesses erhöhen. Zudem könnten sie dazu beitragen, die problematischen Siliereigenschaften von Siliergut mit hohen Anteilen von feinsamigen Leguminosen zu verbessern. Bei der Silierung von Gräsern und Rotklee spielen Tannine offenbar keine Rolle, jedoch sind hier gewisse Effekte auf den Silierverlauf durch Effekte von Polyphenoloxidase möglich (KRAWUTSCHKE et al. 2009).

Die hohen Gehalte an Rohprotein und zweiwertigen Mineralien bewirken bei allen feinsamigen Leguminosen jedoch sehr hohe Pufferkapazitäten, die der angestrebten raschen pH-Wertabsenkung entgegenwirken. Erschwerend für die Silierung sind die im Vergleich zu Monokotylen niedrigen Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten (wLK) in Leguminosen, die dazu führen, dass nur geringe Mengen an Milchsäure gebildet werden können (LASER 1999), so dass die Vergärbarkeitskoeffizienten in der Regel deutlich unter den geforderten Werten liegen. Ein sicherer Gärverlauf kann unter diesen Umständen durch höhere TS-Gehalte des Siliergutes erreicht werden. Das wiederum würde längere Anwelkzeiten und damit höhere Atmungs- und Bröckelverluste bedeuten. Um dies zu umgehen, können die Leguminosen zusammen mit Gräsern angebaut und siliert werden, die sich durch erhöhte wLK-Gehalte auszeichnen. Durch die Sortenwahl für den Grasanteil lassen sich auch im Anbau alternierender Gras-/Leguminosenreihen erheblich höhere wLK-Gehalte und damit eine signifikante Verbesserung der Siliereignung erreichen (LASER et al. 2009). Zur Klärung der Frage, ob sich Bröckelverluste vor dem Silieren durch den räumlich getrennten Anbau von Leguminosen und Gras technisch minimieren lassen, liegen derzeit keine Forschungsergebnisse und Erfahrungen vor.

Ein weiterer Nachteil von Klee grasbeständen gegenüber Silomais besteht in der Notwendigkeit mehrerer Ernte- und Siliertermine, die einen hohen Arbeitsaufwand und

zusätzliche Kosten bedeuten. Hier kann die Beweidung weniger ertragreicher Aufwüchse dazu beitragen, den Aufwand zu reduzieren. Bislang existieren aber keine Erkenntnisse, ob Leguminosen-/Grasbestände in alternierenden Reihen eine bessere Beweidungseignung haben als bei Gemengeaussaat.

Um die Trockenheitstoleranz von Dauergrünland zu verbessern, zeigt ein Nachsaat-Versuch mit Rotklee und Knautgras der Firma Einböck aus Österreich wesentliche Effekte. Aufgrund hoher Anteile der Gemeinen Rispe ist eine einmalige Sanierung durchgeführt worden, die vorrangig minderwertige Gräser durch zweimalige Kreuz-Quer-Striegeln und steiler Zinkenstellung (10 mm Zinken) entfernt. Das gesamte herausgestriegelte Material wurde geschwadet und mittels Ladewagen aufgesammelt und von der Fläche abtransportiert. Die Nachsaat erfolgte im August 2018 mit einer 50/50 Mischung von *Trifolium pratense* und *Dactylis glomerata* mit einer Aufwandmenge von 30 kg ha⁻¹. Im Dürrejahr 2019 sind aufgrund des geringen Ertragspotentials keine Futteranalysen und Ertragserhebungen durchgeführt worden. Beim zweiten Aufwuchs waren der Rotklee und das Knautgras aber bereits voll entwickelt. Die Nachsaat erreicht bei fünfschnittiger Wiese im zweiten Jahr nach der Sanierung (2020) einen um 28,7 Prozent höheren XP-Ertrag als die unbehandelte Grünlandnarbe (FRÜHWIRTH 2021). Da Rotklee empfindlich auf eine intensive Schnittnutzung reagiert, ist langfristig gesehen eine angepasste Schnitthöhe von mind. acht Zentimetern und eine zweijährliche oder bei häufiger Schnittnutzung jährliche Nachsaat von Rotklee mit 10 - 15 kg ha⁻¹ erforderlich.

Teilflächenspezifische Verfahren bieten im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung auch im Grünland eine Optimierung des Ressourcenverbrauchs und eine Steigerung der Futterqualität an. Dazu setzt sich die Firma Fritzmeier Umwelttechnik GmbH & Co. KG in Zusammenarbeit mit BayWa AG, FarmFacts, Düvelsdorf und renommierten Forschungseinrichtungen in dem Projekt Smart4Grass auseinander. Hier findet der ISARIA PRO Active Pflanzensensor bei der Grünlandnachsaat seinen Einsatz, wo anhand des Sensors die Saatgutmenge entsprechend der Grasnarbendichte geregelt wird. Dabei handelt es sich um einen aktiven Sensor, welcher Licht aussendet und die von den Pflanzen reflektierte Strahlung misst. Vorteil ist ein witterungsunabhängiger Einsatz des Systems, da es vom Umgebungslicht oder Taunässe nicht beeinflusst wird. Anschließend kann die Verwaltung und Dokumentation der Mess- und Applikationsdaten im ISARIA CONNECT Portal erfolgen. Das gesamte Verfahren ist, insbesondere die Grünland Algorithmen, einzigartig am Markt und bietet die höchsten Messgenauigkeiten (ISARIA 2021).

In Kombination mit dem Wiesenstriegel GREEN.RAKE expert und zugehöriger Säeinheit von Düvelsdorf, sind die Bedingungen auch für langsam wachsende Gräser günstig. Dadurch kann eine permanente Verjüngung des Grünlandbestands mit einem optimalen Saatgutaufwand gewährleistet werden, was zu einem verbesserten Ertrag und einer erhöhten Grundfutterqualität führt (DÜVELSDORF 2021).

Seit September 2020 besteht die Kooperation des österreichischen Landmaschinenherstellers Einböck mit dem Sensorsystem ISARIA. Nach der Abdreprobe des pneumatischen Sägeräts P-BOX-STI von Einböck, ist noch die Eingabe der zum letzten Schnitt vergangenen Tage und die gewünschte Aussaatmenge mit minimaler und maximaler Amplitude in das ISARIA-Terminal erforderlich. Die Nachsaat erfolgt daraufhin mit dem Grünland- und Untersaatstriegel der Baureihe PNEUMATICSTAR. Einböck empfiehlt dieses System für Grünlandbetriebe mit entsprechend hoher Flächenausstattung, um die schlagkräftige und ertragssteigernde Grünlandnachsaat durchzuführen (LOBMAIER 2020).

Versuche im Rahmen einer Projektarbeit der Fachhochschule Südwestfalen in Kooperation mit Fritzmeier Umwelttechnik liefern Ergebnisse im Grünland mit hoher Bestandsdichte. Es zeigt sich, dass im Dauergrünland mit regelmäßigen Pflegemaßnahmen, sowie bereits hohen Grundfutterqualitäten die Sensortechnik keine signifikanten Ertragssteigerungen ermöglichen kann (ALTENA et al. 2020).

Bisher liegen nur Erfahrungen mit einer Nachsaat von Gräsern im Grünland vor. Ob die gleichen Erfolge mit einer Nachsaat von Leguminosen in lückiges Dauergrünland erwartet werden können, ist noch offen.

3 Material und Methoden

Im folgenden Kapitel werden die auf den Versuchsstandorten angelegten Versuche näher erläutert und die Herangehensweise bei der repräsentativen Probennahme und Bonitur des Aufwuchses geschildert. Weiterhin werden die einzelnen Verarbeitungsschritte der Proben im Labor und die Berechnungen von weiterführenden Kenngrößen definiert.

3.1 Versuchsstandort und Witterung

3.1.1 Streifensaat

Die circa 20 500 m² große Versuchsfläche (51°24'57 N, 8°40'57 E; s. Anhang 1) befindet sich etwa 500 m nördlich von Rösenbeck, einem Ortsteil von Brilon im Sauerland, in einer Höhe von 530 m über NN. Die Region ist bekannt für ihren Kalkbergbau, der sich durch einen nur etwa 500 m östlich von dem Versuchsstandort entfernten Tagebau offenbart (TIM-ONLINE 2020). Die Region kennzeichnet sich durch intensive Landbewirtschaftung in Form von Land- und Forstwirtschaft. Standorte, die eine ackerbauliche Nutzung zulassen, werden zur Produktion von Marktfrüchten und für den Feldfutterbau genutzt. Flächen, die keine ackerbauliche Eignung vorweisen, werden als Dauergrünland geführt oder dienen der Forstwirtschaft. Der Bodentyp des Versuchsgeländes ist eine Braunerde und die Bodenart kann als schluffiger Lehm bis Lehm mit den Zustandsstufen vier bis fünf beschrieben werden. Die Bodenzahl beträgt 56 Punkte, die Ackerzahl wird mit 43 Punkten angegeben. Auf Grund der Höhenlage ergibt sich keine Grundwassernähe und somit auch kein kapillarer Wasseranstieg. Unter der etwa einen Meter mächtigen Mineralbodenaufgabe befindet sich das Ausgangsgestein (GEOPORTAL.NRW 2020). Die bodenchemischen Kennwerte werden in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Bodenchemische Kenndaten des Standortes nach SCHÜTTE 2020

Nährstoff	Nährstoffgehalt	Gehaltsklasse
P ₂ O ₅	12,0 mg*100 g Boden ⁻¹	C
K ₂ O	15,0 mg*100 g Boden ⁻¹	C
MgO	8,0 mg*100 g Boden ⁻¹	D
Humus	Unbekannt	Unbekannt
pH-Wert	6,3	B (Ziel pH-Wert: 6,8)

Der jährliche Niederschlag im Jahr 2020 wird für Brilon-Thülen mit 782 mm je m² und die Jahresdurchschnittstemperatur mit 9,6 °C angegeben (s. Abbildung 1). Der Ort Brilon-Thülen befindet sich in etwa 2,9 km Entfernung zur Versuchsfläche in Rösenbeck. Im Februar fällt mit knapp 180 mm außergewöhnlich viel Niederschlag. Im weiteren Verlauf bleibt dieser aus und erster Trockenstress ist bei den Pflanzen ersichtlich. Nach einem heißen Sommer und dem August mit einer Durchschnittstemperatur von 19 °C als wärmsten Monat, bleibt zum Spätsommer ein wesentlicher Niederschlag erneut aus, sodass nur marginale Aufwüchse möglich sind.

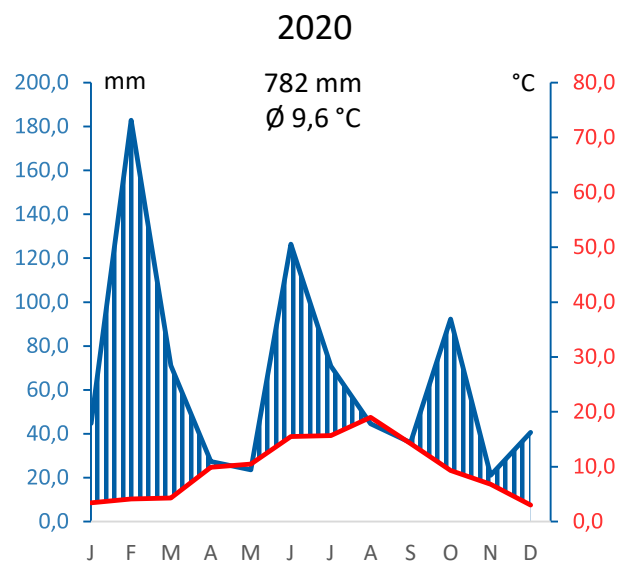


Abbildung 1: Witterungsdiagramm 2020 von Brilon-Thülen, 430 m ü. NN, zusammengestellt nach FLOORS und MÜLLER 2021, WALTER (1957)

3.1.2 Sensorgestützte Übersaat

Die beiden Versuchsflächen befinden sich etwa 500 m nördlich von Altenbüren, einem westlichen Ortsteil von der Stadt Brilon im Sauerland. Sie liegen unweit entfernt vom Landschaftsschutzgebiet Feuchtgrünland am Windsberg, dessen bewaldete Kuppe 585 m Höhe fasst. Die Flächen sind arrondiert und liegen etwa 250 m von der Hofstelle des Betriebs Homann entfernt.

Die Versuchsfläche 1 ist 56.500 m² groß, liegt in Hanglage mit einer Steigung von etwa 14 Prozent auf durchschnittlich 498 m über NN. Die Versuchsfläche 2 ist 44.000 m² groß und liegt auf 489 m über NN. Der Bodentyp ist eine Braunerde und die Bodenart ein schluffiger Lehm bzw. stark toniger Schluff. Die Bodenschätzung gibt

Bodenpunkte von 30 bis 55 an. Auch hier ist aufgrund der Höhenlage kein Grundwasser vorhanden und dadurch kein kapillarer Wasseraufstieg gegeben. Mittig der Versuchsfläche 2 ist eine dauerhaft nasse Stelle mit einem Durchmesser von 40 Metern. Der Boden zeigt eine gute effektive Durchwurzelungstiefe von 110 cm. Im Osten der Fläche 2 ist ein anderer Bodentyp, der Kolluvisol, zu finden. Dieser weist ein hohes Ertragspotential auf und erreicht Bodenpunkte von 40 bis 70 (GEOPORTAL.NRW 2021).

Die kühlen Temperaturen, die noch bis in den Mai hinein reichen, verzögern die Entwicklung der Vegetation trotz ausreichender Niederschläge (s. Abbildung 2). Bezogen auf das pflanzenverfügbare Wasser im Oberboden ist aufgrund geringer Verdunstungsraten und Zuwächse noch kein Trockenstress zu verzeichnen. Die Befahrbarkeit der lehmigen Böden ist grenzwertig. Lediglich einige Tage mit kräftigem, aber kühlem Nordwind trocknen Ende April den offenen Boden oberflächennah ab und ermöglichen die Nachsaat von Rotklee. Insgesamt ist das Graswachstum wegen niedriger Temperaturen unter 10 °C gering, aber stetig. Im Mai, welcher in 2021 eher feucht und kühl ist, sind die Niederschläge noch nicht sehr ergiebig, sodass die Wasservorräte für die Folgeaufwüchse zunächst knapp sind. Die mäßigen Temperaturen und gelegentlichen Niederschläge Ende Mai fördern das Massenwachstum in der Schossphase der Gräser. Es zeigt sich in den höheren Lagen eine Verzögerung der Ernte des ersten Aufwuchses um etwa 10 bis 14 Tage als der Durchschnitt der Jahre (DÜNNEBACKE und KIVELITZ 2021). Im weiteren Verlauf folgt nach einem niederschlagreichen Sommer ein trockener Spätsommer, welcher niedrige Zuwächse und Erträge zum dritten Aufwuchs erwarten lässt. Insbesondere der September ist einer der trockensten Monate. Der jährliche Niederschlag im Jahr 2021 beträgt 791 mm und die Durchschnittstemperatur beträgt 8,1 °C. Die Angaben beziehen sich auf den Ort Brilon-Thülen, welcher etwa 9,9 km vom Versuchsstandort bei Altenbüren entfernt ist.

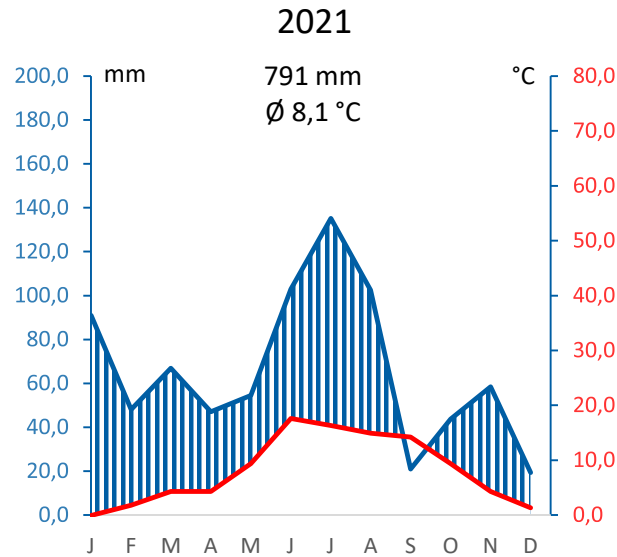


Abbildung 2: Witterungsdiagramm 2021 von Brilon-Thülen, 430 m ü. NN, zusammengestellt nach FLOORS und MÜLLER (2021), WALTER (1957)

3.2 Versuchsanlage

Die Etablierung der beiden Großversuche ist von technischer und pflanzenbaulicher Seite grundlegend verschieden durchgeführt worden. Daher folgt eine genaue und nach Versuchen getrennte Beschreibung der Versuchsanlage. Der zweite Großversuch der sensorgestützten Übersaat ist zusätzlich auf zwei Versuchsfeldern aufgeteilt, welche unterschiedliche Einflussfaktoren untersuchen.

3.2.1 Streifensaat

Um die Auswirkungen der Aussaatverfahren und der Gemengekombinationen bezüglich ihrer Ertragsleistung, Futterqualität, Stickstofffixierung und Trockentoleranz zu eruieren, wurde im Sommer 2019 ein Freilandversuch in Großparzellen angelegt. Nach Ernte der Vorfrucht Wintergerste (*Hordeum vulgare*) und Abfuhr des Stroh, wurde der Acker am 08. Juli 2019 einmalig mit 15 Tonnen ha⁻¹ Rindermist gedüngt. Auf diese Weise wurden neben der folglich hervorgerufenen Humuswirkung je Hektar 84 kg Gesamtstickstoff, 43,5 kg P₂O₅, 144 kg K₂O und 25,5 kg MgO ausgebracht. Die Einarbeitung des Mists und die Grundbodenbearbeitung wurden am 31. Juli 2019 mit einem Vierscharvollstdrehpflug und einer Arbeitstiefe von 25 cm durchgeführt. Die Rückverfestigung und die Zerkleinerung wurde mittels drei Meter breiten Keilringfrontpacker und nachgeschalteter Kreiselegge mit gleicher Arbeitsbreite vollzogen. Im Anschluss an die zehn Zentimeter tiefe Saatbettbearbeitung erfolgte die Aussaat mittels

mechanischer Drillmaschine. Hierzu wurde die betriebseigene Bestellkombination des Fabrikates Lemken, bestehend aus der Kreiselegge Zirkon 8 und der Sämaschine Saphir 7, verwendet. Die Kreiselegge arbeitete fünf Zentimeter tief und die Saatgutablage wurde in zwei Zentimeter Bodentiefe in einem Abstand von 12,5 Zentimetern vorgenommen.

Der Versuch wurde, wie in Abbildung 3 zu sehen, mit sieben Varianten (vgl. Tabelle 2) eingerichtet. Jede einzelne Variante wurde für weitere Versuchsjahre und -parameter in drei unterschiedliche Nutzungshäufigkeiten mit jeweils sechs Wiederholungen unterteilt. Am 08. August 2019 wurden die Varianten eins bis sieben mit den Saatstärken, die in Tabelle 3 dargestellt werden, ausgesät.

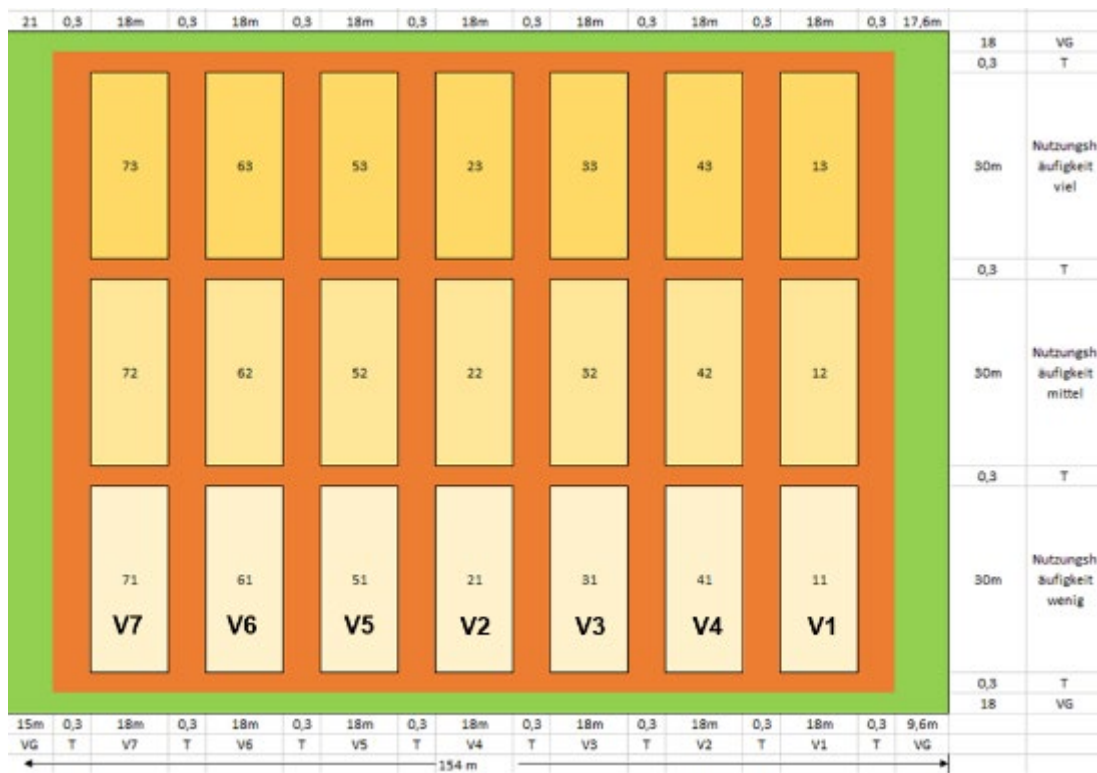


Abbildung 3: Versuchsplan mit Relevanz für die Aussaat am 08. August 2019 und die erste Probenentnahme am 05. Mai 2020

Tabelle 2: Aufzählung der verschiedenen Varianten des ersten Versuchsplans

Nummer	Variante	Art	
1	<i>Lolium multiflorum</i>	Kontrolle	
2	<i>Lolium multiflorum</i> + <i>Trifolium pratense</i>	Streifensaart	1 Schlitzsaat
			2 Frässaat
3	<i>Lolium multiflorum</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	Streifensaart	1 Schlitzsaat
			2 Frässaat
4	<i>Lolium multiflorum</i> + <i>Medicago sativa</i>	Streifensaart	1 Schlitzsaat
			2 Frässaat
5	<i>Lolium multiflorum</i> + <i>Trifolium pratense</i>	Gemenge	
6	<i>Lolium multiflorum</i> + <i>Lotus corniculatus</i>	Gemenge	
7	<i>Lolium multiflorum</i> + <i>Medicago sativa</i>	Gemenge	

Zur Steigerung der Genauigkeit stand der Traktor Claas Axion 830, der mit einem Parallelfahrssystem mit RTK-Korrektursignal (Real Time Kinematic) ausgestattet ist, zur Verfügung. Um potenzielle Ernteschwernisse auszuschalten und die geplante Frühjahrsaussaat mittels Fräse zu ermöglichen, wurden Unebenheiten einen Tag nach der Aussaat mit Hilfe einer Wiesenflachwalze eingeebnet und größere Steine zusammengeklaut. Gleichzeitig wurde die Kapillarität des Bodens weitestgehend wiederhergestellt.

Tabelle 3: Aussaatplanung 08. August 2019 in kg ha⁻¹

Mischungspartner	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
<i>Lolium multiflorum</i>	40,0	40,0	40,0	40,0	20,0	20,0	20,0
<i>Trifolium pratense</i>	-	-	-	-	10,0	-	-
<i>Lotus corniculatus</i>	-	-	-	-	-	7,5	-
<i>Medicago sativa</i>	-	-	-	-	-	-	10,0

Die Sortenwahl für den Rotklee (*Trifolium pratense*) fiel auf die ausdauernde, winterharte und tetraploiden Sorte Atlantis der Deutschen Saatveredelung (DSV) (LWK NRW 2015 S. 5). Für die Etablierung der Luzerne (*Medicago sativa*) wurde die Sorte Fleetwood der DSV verwendet, die kurzwüchsig, durchschnittlich winterhart und durch hohe Rohproteingehalte gekennzeichnet ist. Die Sorte verfügt jedoch eine un-

terdurchschnittliche Anfangsentwicklung (BUNDESSORTENAMT 2018 S. 98). Der Hornklee (*Lotus corniculatus*) der Sorte Leo von der DSV realisiert hohe Erträge und bringt exzellente Futtereigenschaften mit sich. Zudem ist er an Trockenheit und Kälte angepasst, bevorzugt jedoch sonnige Standorte (AGROLITPA 2020). Das Welsche Weidelgras (*Lolium multiflorum* ssp. *italicum*) der Sorte Melquatro von Feldsaaten Freudenberger generiert hohe und gleichmäßig verteilte Erträge mit hohen Zuckergehalten. Durch die hohen Zuckergehalte wird eine gute Silierbarkeit gewährleistet (BUNDESSORTENAMT 2018 S. 62).

Die Fruchtfolge des Standortes umfasste keine Leguminosen, sodass bei der Versuchsanlage davon auszugehen war, dass keine Rhizobienstämme angesiedelt waren. Zudem wurde kein beimpftes Saatgut verwendet. Aus diesen Gründen wurden ebenfalls am 09. August 2019 die Varianten fünf bis sieben nachträglich beimpft. Die verwendeten Präparate RhizoFix® RF-45, RhizoFix® RF-50 und Rhizobien für Hornschotenklee der Firma Feldsaaten Freudenberger basieren auf Milchbasis und beinhalten die spezifischen Rhizobienstämme der entsprechenden Leguminosenarten. Die Anwendung erfolgte in einer Wasserlösung nach den empfohlenen Aufwandmengen (100 ml RhizoFix auf 1.620 m²) mittels Rückenspritze und Spritzgestänge (s. Anhang 2).

Nach der Ernte des ersten Aufwuchses am 05. Mai 2020 fand am 16. Mai 2020 die Aussaat der Leguminosen in den Varianten zwei bis vier mittels Frässaat und Schlitzsaat statt. Der oben beschriebene Versuchsplan wurde hinsichtlich der Nutzungsfrequenz abgeändert und durch die zusätzlichen Etablierungsverfahren ergänzt. Dadurch ergibt sich der in Abbildung 4 veranschaulichte modifizierte Versuchsplan mit zehn Varianten. Ein einachsiges Trägerfahrzeug der Firma Köppel (Typ FT 8H) mit angebauter Bodenfräse (s. Anhang 3) diente am 14. Mai 2020 zur Vorbereitung der Anlage eines Gemenges in alternierenden Reihen und zerstörte die Grasnarbe in 50 Zentimeter breiten Beeten durch mehrmaliges Überfahren. So entstanden in den ursprünglich beschriebenen Varianten 2 bis 4, die jeweils in Fräs- und Durchsaat geteilt wurden, Muster von 50 Zentimeter breiten bearbeiteten Streifen und 50 Zentimeter breiten unbearbeiteten Grasstreifen (s. Anhang 4). In die gefrästen Streifen wurden die Leguminosen mit einer Schlitzsämaschine der Firma Vredo (Modell 125.07.5) gedreht (s. Anhang 5). Eine Arbeitsbreite von 2,5 Metern erforderte die Anpassung der Maschine durch Abkleben der nicht erforderlichen Saatreihen im Saattank. Nach der Dosierung der gewünschten Aussaatmenge (s. Tabelle 4) fiel das Saatgut in einen

durch Scheibenschare geformten Schlitz und wurde durch eine Glattwalze rückverfestigt. Die Reihenweite beträgt etwa 7,5 cm.

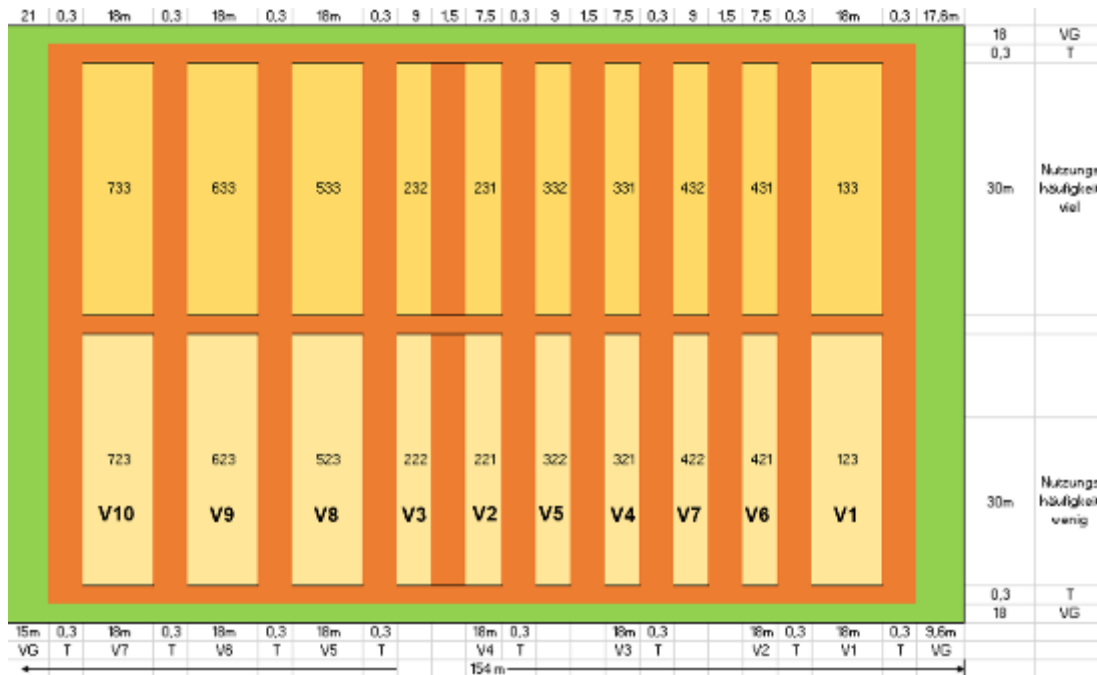


Abbildung 4: Endgültiger Versuchsplan mit Relevanz für die Aussaat der alternierenden Reihen am 14. Mai 2020 und die Probenentnahmen der Folgeaufwüchse

Die zweite Hälfte der Varianten eins bis vier wurde lediglich mittels Schlitzsaatverfahren und mit den gleichen Aussaatstärken bestellt. Hierbei erfolgte keine Bodenbearbeitung. Zum Einsatz kam ebenfalls die Sämaschine der Marke Vredo mit einem Reihenabstand von 7,5 Zentimetern, die im Vergleich zur Streifenfrässaat mit ganzer Arbeitsbreite genutzt wurde.

Tabelle 4: Aussaatplanung 16. Mai 2020 in kg ha⁻¹

Mischungs-partner	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
<i>Lolium multiflorum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trifolium pratense</i>	-	20,0	20,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lotus corniculatus</i>	-	-	-	15,0	15,0	-	-	-	-	-
<i>Medicago sativa</i>	-	-	-	-	-	20,0	20,0	-	-	-

Der regelmäßige Mäusebefall während der Versuchslaufzeit machte einen wiederholten Einsatz von Rodentiziden erforderlich. Dabei handelt es sich um schnell wirkende gebrauchsfertige Köder, welche zur Feld-, Rötel- und Erdmausbekämpfung dienen. Der Giftweizen ARVALIN[®], mit einer Wirkstoffmenge von 25 g Zinkphosphid je Kilogramm, wurde mehrmals mittels Legeflinte ausgebracht (s. Anhang 6/Anhang 7). Das Produkt Frunol Ratron[®] Gift-Linsen (Zinkphosphid 8 g kg⁻¹) wurde einmalig im November 2020 in gleicher Weise auf der Versuchsfläche angewendet. Die Aufwandmenge beträgt fünf Gift-Linsen je Mäuseloch, was einer Aufwandmenge von 0,5 bis 1 kg ha⁻¹ bei mittlerem Mäusebefall entspricht. Auf der gesamten Versuchsfläche wurden knapp ein Kilogramm Ratron[®] Gift-Linsen ausgebracht, was die maximale Ausbringungsmenge um ein Kilogramm unterschreitet. Der niedrigere Wirkstoffgehalt der Gift-Linsen ist damit zu begründen, dass durch eine neue Formulierungstechnologie bei mindestens gleicher Wirksamkeit ein geringerer Wirkstoffgehalt ermöglicht wird. Dadurch wird die Wirkstoffausgasung bei Feuchtigkeit reduziert und die Köderscheu durch die Mäuse verringert. Somit ergeben sich im Vergleich zum Giftweizen ein zusätzlicher Schutz für den Anwender und eine höhere Attraktivität der Köder für die Mäuse (FRUNOL DELICIA 2018).

3.2.2 Sensorgestützte Übersaat

Ein Ansatz ist es, bestehende Lücken in einer deutlich geschädigten Grünlandnarbe durch Leguminosen zu füllen. Dies wurde in dem beschriebenen ergänzten Versuch mithilfe von teilflächenspezifischer Bewirtschaftung angelegt. Dazu wurde Rotklee mit einem Wiesenstriegel mit 10 mm Zinkendurchmesser (Düvelsdorf green.rake) und aufgesatteltem pneumatischem Nachsäaggregat ausgebracht (s. Anhang 8). Um Saatgut und dadurch Kosten einzusparen, wurden mittels Sensortechnik in der Fronthydraulik des Schleppers (s. Anhang 9) die Versuchsflächen vorab gescannt, um anschließend Applikationskarten zu erstellen. Auf Basis dieser Daten wurde das Säaggregat angesteuert und entsprechend dort eine höhere Menge an Saatgut ausgebracht, wo deutliche Lücken im Grünlandbestand erkennbar sind. Anschließend folgt das Anwalzen der Nachsaat mit einer Cambridge-Walze (s. Anhang 10) mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von etwa 9 km/h.

Die einzelnen Probenquadratmeter werden mithilfe des Geoinformationssystems QGIS so geplant, dass diese unterhalb der beiden Messköpfe des ISARIA Sensors verteilt liegen. In Versuch 1 sind je Variante (Einheitliche Nachsaat mit 10 kg ha⁻¹ Rotklee, Teilflächenspezifische Nachsaat und keine Nachsaat) fünf Proben vorgesehen (s. Abbildung 5). Die randomisierten Wiederholungen ergeben sich anhand der

vier Blöcke. Die Varianten ohne Nachsaat wurden ebenfalls gestriegelt, das Säaggregat wurde dafür aber ausgeschaltet.



Abbildung 5: Versuchsplan der Fläche 1

In Versuch 2 wurden in den Großparzellen die Faktoren Arbeitsgeschwindigkeit (7 km/h, 10 km/h und 12 km/h), Schaden (1x, 2x und ohne Vorbeschädigung) sowie die Breite der Versuchsparzellen (15 m, 30 m und 60 m) mit einbezogen. Die Vorbeschädigung erfolgte mit dem Wiesenstriegel in einmaliger und zweimaliger Überfahrt quer zu den Varianten aber je Parzelle in gleicher Arbeitsrichtung. In jeder Parzelle sind zwei Probenstellen festgelegt (s. Abbildung 6). Die randomisierte Wiederholung der Varianten ist durch die vier Blöcke vorgegeben. Dazu musste in Block 3 bei der Arbeitsgeschwindigkeit 7 km/h und ohne Vorbeschädigung aufgrund einer dauerhaft nassen Stelle im Grünland, eine Anpassung der Probenstellen in der Parzelle erfolgen. Die Aussaat ist in angegebener Pfeilrichtung nacheinander mit aufsteigender Geschwindigkeit durchgeführt worden.



Abbildung 6: Versuchsplan der Fläche 2

Die Sortenwahl fiel in Versuch 1 auf die diploide Sorte Harmonie der DSV. Sie besitzt einen sehr hohen Rohproteingehalt und zeigt gute Ertrags- und Ausdauerseigenschaften (BUNDESSORTENAMT 2020). In Versuch 2 wurde der Mattenrotklee der Sorte Merula von Feldsaaten Freudenberger ausgewählt. Dies ist ein diploider, gesunder und besonders ausdauernder Rotklee (BUNDESSORTENAMT 2020). Der Mattenklee kommt ursprünglich aus der Schweiz, wo er in Höhenlagen angebaut worden ist. Nach drei Jahren Nutzungsdauer wurde das Saatgut der bestehenden Pflanzen geerntet und im vierten Jahr erneut angebaut. So wurde vor 100 Jahren der erste robuste Mattenrotklee selektiert und seitdem auf Ausdauer und sehr gute Resistenzeigenschaften u. a. gegen Kleekrebs gezüchtet (FELDSAATEN FREUDENBERGER 2021).

3.3 Probenentnahme

Die Gewinnung des Probenmaterials unterlag einer stetigen Optimierung. Daher ist die Art und Weise in den Versuchen grundsätzlich gleich, jedoch mit kleinen prozessfördernden Anpassungen.

3.3.1 Streifensaart

Im Laufe des Versuches wurde die Probenentnahme optimiert. Im ersten Schnitt erfolgte diese händisch mit Hilfe eines einen Quadratmeter großen Schätzrahmens. Die Pflanzen wurden mit einer Handheckenschere so abgeschnitten, dass eine Stoppelhöhe von sieben Zentimetern erreicht wurde (s. Anhang 11). Ab dem zweiten Erntetermin geschah die Ernte mit einem einachsigen Balkenmäher des Modells Tielburger T44 (s. Anhang 12). Dieser schneidet die Pflanzen durch das Scherenschnittprinzip mit oszillierenden Bewegungen der dreiecksförmigen Klingen auf einer Stoppelhöhe von sieben Zentimetern ab. Im Vergleich zur Methode des ersten Erntetermines wurden keine punktuellen Schnitte durchgeführt, sondern 90 Zentimeter breite Schneisen in den Bestand gemäht (s.

Anhang 13). Damit die beprobte Fläche einem Quadratmeter entsprach, musste das Erntegut auf einer Länge von 110 Zentimetern entnommen werden. Pro Variante wurden sechs Wiederholungen an unterschiedlichen Stellen entnommen, die bei allen Ernteterminen gleich blieben. Anschließend wurde das Schnittgut eingesammelt und mit einem Behälter zum Feldrand transportiert. Die geernteten Pflanzen wurden gewogen, um den Frischmasseertrag pro Hektar zu ermitteln. Ungefähr 500 Gramm der Frischmasse kamen für die Verarbeitung im Labor in einen Crispac-Beutel.

Im Ansaatjahr 2019 wurde lediglich ein Pflegeschnitt ohne Probenentnahme durchgeführt (s. Tabelle 5). Nach der Probenentnahme wurde das komplette Versuchsfeld durch den Bewirtschafter praxisüblich geerntet. Die Ernte des dritten Aufwuchses wurde in zwei Erntetermine unterteilt, die eine Woche auseinander

liegen, um eine spätere Differenzierung in unterschiedliche Nutzungshäufigkeiten durchzuführen. Dieser Ansatz wurde im weiteren Verlauf des Versuches aufgrund marginaler Aufwüchse nicht mehr verfolgt.

Tabelle 5: Erntetermine der Versuchsfläche

Art	Zeitpunkt
Pflege- bzw. Schröpfungsschnitt	Ende Oktober 2019
1. Schnitt; Hauptnutzungsjahr	05. Mai 2020
2. Schnitt	22. Juni 2020
3. Schnitt; erste Versuchshälfte	27. Juli 2020
3. Schnitt; zweite Versuchshälfte	03. August 2020
4. Schnitt	23. September 2020
1. Schnitt; zweite Nutzungsjahr	01. Juni 2021

Der erste Schnitt in 2021 wurde mittels Akku-Heckenschere, wie in 3.3.2 beschrieben, beerntet. Die Markierung der Probenstellen erfolgte mit 30 cm hohen orangenen Kreuzstäben, die per GPS mittig der Probenquadratmeter eingemessen wurden. Zu diesem Zeitpunkt wurde die Probenzahl systematisch von 120 auf 80 Proben reduziert. So wurden in jeder Variante anstatt sechs Wiederholungen nur vier Proben gezogen.

3.3.2 sensorgestützte Übersaat

Für eine nachvollziehbare und repräsentative Beerntung der Versuchsfläche, werden im Vorfeld die jeweiligen Probenquadratmeter der Varianten mit je zwei Punkten per GPS verortet und mit zwei 40 cm hohen orangenen Kreuzstäben und einem Kreuzetikett mit der entsprechenden Variantenbezeichnung markiert. Zum ersten Schnitt erfolgte die Markierung der Probenstellen zunächst mit 30 cm hohen orangenen Kreuzstäben. Um die zu beerntende Probenfläche vorzugeben, wird ein stabiler Holzrahmen genutzt, welcher genau einen Quadratmeter misst. Dieser wird so über die markierten Probenquadratmeter gelegt, dass die beiden Markierungsstäbe jeweils in der oberen linken Ecke und unteren rechten Ecke sind. Zur Beerntung wird eine Akku-Heckenschere AHS-55-20 von Bosch verwendet. Diese hat eine Schwertlänge von 55 Zentimeter, sodass die Ernte mit einem zweimaligen Ansetzen der Heckenschere erledigt ist (s. Anhang 14). Der Holzrahmen dient gleichzeitig als Maßstab für die Arbeitshöhe, sodass eine Stoppelhöhe von etwa sieben Zentimetern erreicht wird.

Das Schnittgut wird von Hand aufgesammelt, in einen Eimer oder eine Kiste gefüllt und mit der entsprechend nach der Variante beschrifteten Kreuzkarte versehen. Die Probe wurde anschließend am Feldrand eingewogen. Zum zweiten und dritten Schnitt erfolgte die Einwaage der Biomasse des Quadratmeters direkt im Feld. Dazu wurde eine digitale Hängewaage der Firma Neuftech verwendet, welche auf 5 g genau misst. Ein Teil der Probe wurde dann, wie oben beschrieben, zum Feldrand gebracht und dort mit einer Küchenwaage zu etwa 150 g Proben verwogen und in Crispac-Beutel verpackt. Der Transport der Proben ins Labor und die Befüllung in den Trockenschrank (s. Kap. 3.5.1) erfolgten im Anschluss an die Beendigung der gesamten Probenahme im Feld.

Zum ersten Schnitt in 2021 wurde je Versuchsfläche nur die Hälfte der Proben genommen. In Versuch 1 wurden dazu in den Blöcken 1 und 3 die Proben 2 und 4 jeder Variante beprobt. In den Blöcken 2 und 3 sind die Probennummern 1, 3 und 5 gewählt worden. In Versuch 2 wurde die zweite Wiederholung jeder Variante ausgelassen. In den Folgeaufwüchsen wurden daraufhin alle Probenquadratmeter beprobt. Die einzelnen Erntetermine sind aus der Tabelle 6 ersichtlich.

Tabelle 6: Erntetermine der Versuchsflächen 1 und 2

Art	Zeitpunkt
1. Schnitt	31. Mai 2021
2. Schnitt	05. Juli 2021
3. Schnitt	01. September 2021

3.4 Bonitur

Um die Entwicklung der verschiedenen Varianten beurteilen zu können, ist eine regelmäßige Bonitur der Versuchsflächen unabdingbar. In den Versuchen gab es unterschiedliche Herangehensweisen und Parameter, die nachfolgend aufgeführt werden.

3.4.1 Streifensaat

Die regelmäßige Bonitur der einzelnen Varianten erfolgte immer zum Erntetermin der Versuchsfläche. Dazu wurden die Bestandshöhe gemessen, sowie die Bestandsdichte und Artenanteile der Leguminosen geschätzt. Weiterhin wurde die Pflanzenentwicklung und -vitalität bonitiert. Zum zweiten Schnitt im Jahr 2021 erfolgte die Zählung von gebildeten Knöllchen an den Leguminosen. Dazu wurden v. a. die Varianten

mit *Lotus corniculatus* näher betrachtet, da der Hornklee im zweiten Jahr das üppigste Pflanzenwachstum zeigte.

3.4.2 Sensorgestützte Übersaat

Für eine zielgerichtete Bonitur wurden im Vorfeld die jeweiligen Probenquadratmeter der Varianten mit je zwei Punkten per GPS verortet und mit zwei 40 cm hohen orangen Kreuzstäben und einem Kreuzetikett mit der entsprechenden Variantenbezeichnung markiert.

Zunächst wurden Anfang bis Mitte Mai die Bedeckungsgrade der einzelnen Gräser- und Kräuterarten sowie Weißklee als einzige vertretende Leguminosenart bestimmt. Neben den Pflanzenarten wurden die Lückenanteile geschätzt und bei Auffälligkeiten in den Parzellen auch die Menge an Mäuselöchern gezählt. Von jeder Probenstelle wurde ein Foto mit einer Spiegelreflexkamera aus etwa 1,30 m Höhe nahezu senkrecht über dem Quadratmeter gemacht. Dies soll dazu dienen, eine digitale Auswertung der Bilddateien im späteren Verlauf zu ermöglichen. Dazu wird das Kreuzetikett gut sichtbar an dem oberen linken Kreuzstab befestigt, welcher leicht schräg in die Parzelle geneigt steht, um eine einheitliche Erfassung der Fotos und nachträgliche Zuordnung der Varianten zu garantieren (s. Anhang 15).

Die weitere Bonitur erfolgte in regelmäßigen Abständen. Etwa eine Woche nach der vollständigen Beerntung der Fläche durch den Landwirt wurden Drohnenaufnahmen mit einer Multispektralkamera gemacht (s. Anhang 16). Anhand dieser Daten wird der Parameter NDVI berechnet. Hierbei handelt es sich um einen dimensionslosen Biomasseindex, dessen Werte zwischen -1 und 1 liegen. Je höher die Zahl, umso höher ist die Menge an Biomasse. Unmittelbar danach erfolgte die Überfahrt mit einem ISARIA Sensor, welcher am Frontkraftheber des Traktors angebaut ist. Aus den Reflexionswerten werden der Bodenbedeckungsgrad (IBI = Isaria Biomasse Index) und die N-Aufnahme (IRMI = Isaria Reflectance Measurement Index) berechnet. Für die weitere Auswertung wird der IRMI die größere Relevanz haben, da dieser Wert eine bessere Variation zeigt.

Etwa zwei Wochen nach der Ernte wurden die Bedeckungsgrade von Weißklee und Rotklee und die Lückenanteile geschätzt.

3.5 Labormethoden

In den nachfolgenden Absätzen werden die angewendeten Labormethoden näher beschrieben. Die einzelnen Schritte sind für jede Probe nacheinander abgelaufen.

3.5.1 Probentrocknung

Das geerntete feuchte Probenmaterial wird für die weiteren Analysen für 48 Stunden bei 60 °C im Trockenschrank konserviert. Um eine gleichmäßige Durchtrocknung der Proben zu gewährleisten, wurden die Crispac-Beutel nach 24 Stunden im Trockenschrank gewendet.

Da im sensorgestützten Versuch je Ernte insgesamt 180 Proben gezogen werden, müssen diese aufgrund ausgelasteter Kapazitäten zur Trocknung aufgeteilt werden. Die 60 Proben der Versuchsfläche 1 sind für 48 Stunden im Kühlraum bei 7,5 °C stabilisiert und erst anschließend nach den 120 Proben der Versuchsfläche 2 getrocknet worden.

Nach erfolgreicher Durchtrocknung und Rückwiegen der trockenen Proben, sind diese luftdicht verpackt und vor Feuchtigkeit geschützt bei Raumtemperatur eingelagert worden.

3.5.2 Probenvermahlung

Im nächsten Schritt wurden die getrockneten Proben auf eine Partikelgröße von 1 mm (Streifensaat) und 0,5 mm (Sensorgestützte Übersaat) gemahlen. Hierzu steht die Schneidmühle SM 200 der Firma Retsch zur Verfügung. Das Probenmaterial fällt durch den Einfülltrichter auf den Parallelschnittrotor, der mit einer Drehzahl von 1.500 Umdrehungen pro Minute rotiert. Mithilfe von Schneiden und Gegenschneiden werden die Partikel, auf ein durch die Maschenweite des Siebs festgelegtes Maß, gemahlen. Mittels Zyklon-Sauger-Kombination gelangen diese in einen Auffangbehälter. Nach jedem Mahlvorgang muss die Mühle gründlich gereinigt werden, um Vermischungen der Proben untereinander zu vermeiden. Das feine Probenmaterial wird anschließend in kleine Kunststoffbehälter abgefüllt, mit einem Deckel luft- und wasserdicht verschlossen und mit der Variantenummer beschriftet.

3.5.3 XA-Bestimmung

Die Rohaschebestimmung ist Teil der Weender Futtermittelanalyse und beschreibt sowohl den Gehalt an Mengen- und Spurenelementen als auch den Grad der Verunreinigungen des Probenmaterials. Dabei werden etwa fünf Gramm der vermahlenden Probe im vorgetrockneten Tontiegel abgewogen. Das Gewicht des Tiegels wird mit einer Feinwaage auf vier Nachkommastellen genau notiert. Daher ist es notwendig, Handschuhe zu tragen und eine Tiegelzange zu verwenden, um Gewichtsveränderungen durch anhaftendes Hautfett zu vermeiden. Die gefüllten Tiegel kommen für

acht Stunden bei 550 Grad Celsius in den Muffelofen. Nach einer ein- bis zweistündigen Abkühlungsphase werden die Proben in einem Exsikkator aufbewahrt, damit eine Wiederbefeuchtung der trockenen Tiegel unterbunden wird. Zuvor erfolgt die Rückwaage der Tiegel inkl. Asche, um die Berechnung der Rohaschegehalte in einer Exceltabelle zu dokumentieren.

3.5.4 NIRS

Die Bestimmung wichtiger Qualitätsparameter des Ernteguts erfolgt durch die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS). Für die Ermittlung des Gehaltes an Trockenmasse (TM) Rohprotein (XP), Rohfaser (XF), Rohfett (XL) und Zuckergehalt (XZ) von pflanzlichen Produkten hat sich die NIRS durchgesetzt. Weiterhin werden die NDF (Neutrale-Detergenzien-Faser), NDForg (aschefreie NDF), ADF (Säure-Detergenzien-Faser), AD-Forg (aschefreie ADF), Gasbildung und EULOS (Enzymunlösliche organische Substanz) bestimmt. Es ist ein indirektes Messverfahren, bei dem die organischen Molekülverbindungen von Nah-Infrarotlicht mit einer Wellenlänge zwischen 800 und 2.500 Nanometern bestrahlt werden. Anhand des Reflektionsmusters, welches ebenso eine gewisse Wellenlänge aufweist, können Rückschlüsse auf die molekulare Zusammensetzung des Probenmaterials gezogen werden. Die Anteile anorganischer Stoffe wie Asche, Mineralstoffe und Spurenelemente können durch die NIRS nicht festgestellt werden (DIETERLE et al. 2003 S. 3 f.).

Für die NIRS wurde das Gerät Foss NIRSystems Modell 5.000 verwendet. Vor der ersten Messung muss die Lampe für ein bis zwei Stunden einbrennen. Anschließend werden über die Software mehrere Parameter automatisch geprüft, um die Funktionstüchtigkeit zu bestätigen. Mit dem vermahlenden Material werden drei Küvetten je Variante bis zur Hälfte befüllt und mit einem Papierdeckel verschlossen. Diese werden nacheinander bestrahlt und mit den Kalibrierungsmustern in der Referenz-Datenbank abgeglichen und so die Inhaltsstoffe geschätzt. Die Software wertet die Daten aus und dokumentiert diese dementsprechend in einem exportierbaren Tabellendokument.

3.6 Berechnung der Energiedichte

Der Energiegehalt der Proben wurde rechnerisch nach der Formel von Hertwig unter Einbeziehung von ELOS, Rohfett (XL) und NDForg ermittelt (LFL o. J.):

$$\text{ME [MJ kg}^{-1} \text{ TM]} = 7,15 + 0,0058 \cdot \text{ELOS [g kg}^{-1} \text{ TM]} - 0,00283 \cdot \text{NDForg [g kg}^{-1} \text{ TM]} + 0,03522 \cdot \text{XL [g kg}^{-1} \text{ TM]}$$

3.7 Ertragsermittlung

Die Beprobung der Versuchsflächen erfolgte auf einzelnen Probenquadratmetern. Diese im Feld eingewogene Menge ist der Ertrag in Kilogramm Frischmasse je Quadratmeter und Variante. Um den Trockensubstanzgehalt (TS) zu berechnen, wird die Auswaage der bei 60 °C getrockneten Proben durch die Einwaage der Frischmasse-Proben dividiert. Der Trockenmasseertrag in Dezitonnen je Hektar ergibt sich aus folgender Formel:

$$\text{TM-Ertrag [dt ha}^{-1}\text{]} = \text{FM-Ertrag [kg (m}^2\text{)}^{-1}\text{]} \cdot \text{TS [\%]} \cdot 100$$

Die Berechnung vom XP-Ertrag erfolgt durch Multiplikation des TM-Ertrags mit dem Rohproteingehalt aus der NIRS:

$$\text{XP-Ertrag} = \text{TM-Ertrag [kg ha}^{-1}\text{]} \cdot \text{XP-Gehalt [\%]}$$

Der Energieertrag folgt aus der Multiplikation des TM-Ertrags mit der aus Kapitel 3.6 ermittelten Energiedichte:

$$\text{Energieertrag [MJ ME ha}^{-1}\text{]} = \text{TM-Ertrag [kg ha}^{-1}\text{]} \cdot \text{Energiedichte [MJ ME kg}^{-1}\text{ TM]}$$

3.8 Stickstofffixierungsleistung

Die Stickstofffixierungsleistung wurde mittels einfacher Differenzmethode errechnet. Hierzu wurde die Differenz zwischen dem N-Ertrag von der Gräserreinsaat zu den anderen Varianten ermittelt. Im Versuch der sensorgestützten Übersaat ist nur der Versuch 1 mit eingeflossen, da im Versuch 2 keine unbehandelte Kontrolle festgelegt worden ist. Hier wurde die Differenz des N-Ertrags von der einheitlichen und teilflächenspezifischen Nachsaat zu den nicht nachgesäten Varianten in jedem der vier Blöcke einzeln verrechnet. Das Ergebnis ist die zusätzlich geerntete Stickstoffmenge, die durch die Rhizobien synthetisiert wurde. Bei dieser Methode werden lediglich die Stickstoffmengen aus erntbaren Pflanzenteilen berücksichtigt. Organisch gebundene Boden-N-Mengen und nicht-erntbare Pflanzenteile fließen nicht in die Berechnung hinein. Die Berechnung des N-Ertrags erfolgt nach untenstehender Formel, da Protein durchschnittlich 16 Prozent Stickstoff enthält. Alternativ kann der XP-Ertrag durch 6,25 dividiert werden.

$$\text{N-Ertrag [kg ha}^{-1}\text{]} = \text{XP-Ertrag [kg ha}^{-1}\text{]} \cdot 0,16$$

3.9 ELOS

Zur Bestimmung der Verdaulichkeit des Futtermittels wird die Enzymlösliche organische Substanz (ELOS) verwendet. Da diese in der Einheit Prozent angegeben wird, kann sie wie folgt mit der Enzymunlöslichen organischen Substanz (EULOS) berechnet werden:

$$\text{ELOS [\%]} = 100 - \text{EULOS [\%]}$$

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel folgt die Darstellung der wichtigsten Ergebnisse der Versuche Streifensaat und sensorgestützte Übersaat in anschaulichen Diagrammen und Tabellen.

4.1 Streifensaat

Da die Etablierung der Fräs- und Schlitzsaaten erst nach dem ersten Schnitt erfolgte, sind für diese Varianten in den Darstellungen der einzelnen Kenngrößen für den ersten Aufwuchs die Werte der Reinsaat herangezogen worden. Der vierte Schnitt im Jahr 2020 wurde aufgrund von anhaltender Trockenheit und geringen Aufwuchsmengen nicht näher auf Inhaltsstoffe analysiert und entfällt daher in den nächsten Betrachtungen. Es wurde nur der Trockenmasseertrag bestimmt und die Bonitur des Aufwuchses durchgeführt. Die Darstellung der Parameter des ersten Aufwuchses aus dem zweiten Nutzungsjahr erfolgt außer für die Stickstofffixierungsleistung und die Verdaulichkeit in separaten Diagrammen.

4.1.1 Jugendentwicklung und Etablierung

Nach der Aussaat am 08. August 2019 und anschließendem Einebnen der Fläche durch die Wiesenwalze, sind 10 Tage danach die ersten Keimlinge sichtbar (s. Anhang 17). Der Reihenschluss von *Lolium multiflorum* ist 14 Tage später sichtbar, Anfang September (s. Anhang 18). Weitere 14 Tage später zeigt einen flächendeckender Gräserbestand (s. Anhang 19). Am 10. Oktober sind deutliche Anteile von unerwünschten Kräutern vorhanden. Die purpurrote Taubnessel kann sich im Luzerne-Gras-Gemenge durchsetzen (s. Anhang 20).

Die Tabellen 7 bis 11 charakterisieren die Entwicklung der Versuchsvarianten über die Vegetationsperiode im Hauptnutzungsjahr 2020. Die Gräser erreichen drei Wochen vor dem ersten Schnitt eine maximale Wuchshöhe von 20 Zentimetern (s. Tabelle 7). Der Rotklee zeigt im Gemenge bereits die höchste Wuchshöhe von 15 cm. Der Hornklee und die Luzerne sind mit 5 cm Höhe noch nicht sehr wüchsig. Die Bildung von Knöllchenbakterien an den Wurzel von *Lotus corniculatus* (s. Anhang 21) bestätigen die Wirkung der ausgebrachten Rhizobienpräparate.

Tabelle 7: Protokoll vor dem ersten Schnitt, 12.04.2020

Variante 1: Kontrolle	<ul style="list-style-type: none"> - Dichter Bestand - Wühlätigkeit der Feldmaus erkennbar - Verunkrautung mit Gewöhnlichem Hirtentäschel, Ackertaubnessel, Gewöhnlicher Vogelmiere, Acker-Ehrenpreis, Gemeiner Erdrauch, Acker-Stiefmütterchen
Variante 2 – 4:	- Bestandshöhe 15 – 20 cm
Variante 5: Rotklee-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandshöhe Gras: 15 – 20 cm - Bestandshöhe Klee: 10 – 15 cm - Rhizobien aktiv und gleichmäßig verteilt
Variante 6: Hornklee-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandshöhe Gras: 15 – 20 cm - Bestandshöhe Klee: 5 cm - Rhizobien aktiv und gleichmäßig verteilt
Variante 7: Luzerne-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandshöhe Gras: 15 – 20 cm - Bestandshöhe Luzerne: 5 cm - Dünne Bestandsdichte

Zum ersten Aufwuchs am 5. Mai wird eine Wuchshöhe der Gräser von 40 cm erreicht (s. Tabelle 8). Die Gräser befinden sich in der Wachstumsphase des Schossens, was auf einen sehr frühen Schnitttermin hinweist. Insgesamt ist die Bestandsdichte sehr gering und auch der Anteil der Leguminosen ist außer beim Rotklee nur in geringer Ausprägung. Eine violette Verfärbung der Blattspitzen von *Lolium multiflorum* deutet auf eine Einwirkung von Spätfrost hin (s. Anhang 22).

Tabelle 8: Protokoll des ersten Aufwuchses, 05.05.2020

Variante 1: Kontrolle	<ul style="list-style-type: none"> - Heterogen - Wuchshöhe bis 40 cm - Im Schossen → früher Schnitttermin - Violette Spitzen → Frostschaden - Dünne Bestandsdichte - Helle Blätter → Stickstoffmangel - Verunkrautung mit Gewöhnlichem Hirtentäschel, Ackertaubnessel und Acker-Ehrenpreis
Variante 5: Rotklee-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Deutlicher Unterschied zu Variante 1 - Augenscheinlich vitaler und dunkler - Dichterer Bestand - Kleeanteil von 20 % - Gesunder Klee - Bröckelverluste bei der Ernte
Variante 6: Hornklee-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Unterschied zu Variante 1 - Kleeanteil von 5 %, sehr klein und schlecht etabliert → geringer Erntegutanteil - Bröckelverluste bei der Ernte
Variante 7: Luzerne-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Besiedlung mit Knöllchenbakterien erkennbar - Kleeanteil von 5 % - Bröckelverluste bei der Ernte

Zum zweiten Aufwuchs am 22. Juni zeigen die in Fräs- und Schlitzsaatverfahren etablierten Leguminosen eine gleichmäßige Keimung (s. Tabelle 9). Die Frässaatparzellen weisen in den Streifen deutliche Lücken auf, was zu einem geringeren Ertrag führen kann (s. Anhang 23). Die im Schlitzverfahren etablierten Leguminosen zeigen im vorhandenen Schlitz eine präzise Ablage und einheitliche Keimung (s. Anhang 24). Die Gräser erreichen eine Wuchshöhe von 50 cm und befinden sich in der Blüte. Der Rotklee kann im Gemenge seinen Anteil auf 30 % erhöhen und setzt sich mit 40 cm Wuchshöhe gut im Welschen Weidelgras durch. Auch der Hornklee steigert seinen Anteil im Gemenge auf 10 %. Lediglich die Luzerne erreicht maximal einen Artenanteil von 1 % und ist in dem Grasbestand nicht konkurrenzstark genug.

Tabelle 9: Protokoll des zweiten Aufwuchses, 22.06.2020

Variante 1: Kontrolle	<ul style="list-style-type: none"> - Homogen - 50 cm groß und in der Blüte - Geringe Bestandsdichte - Verunkrautung nicht bekämpfungswürdig
Variante 2: Schlitzsaat Rotklee	<ul style="list-style-type: none"> - Gleichmäßige Keimung des Rotkleees - noch keine Effekte messbar
Variante 3: Frässaat Rotklee	<ul style="list-style-type: none"> - Gleichmäßige Keimung des Rotkleees - Geringer Ertrag durch große Lücken
Variante 4: Schlitzsaat Hornklee	<ul style="list-style-type: none"> - Gleichmäßige Keimung des Hornkleees - noch keine Effekte messbar
Variante 5: Frässaat Hornklee	<ul style="list-style-type: none"> - Gleichmäßige Keimung des Hornkleees - Geringer Ertrag durch große Lücken
Variante 6: Schlitzsaat Luzerne	<ul style="list-style-type: none"> - Gleichmäßige Keimung der Luzerne - noch keine Effekte messbar
Variante 7: Frässaat Luzerne	<ul style="list-style-type: none"> - Gleichmäßige Keimung der Luzerne - Geringer Ertrag durch große Lücken
Variante 8: Rotklee-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Deutlicher Unterschied zur Kontrollvariante - Ertragsanteile des Rotkleees zwischen 20 und 30 % mit einer Wuchshöhe von 40 cm - Gesunder Rotklee, wenig Mehltau - Keine Knöllchenbakterien erkennbar
Variante 9: Hornklee-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Positive Entwicklung erkennbar, gleichmäßig - Wuchshöhe des Hornkleees: 20 – 30 cm - 30 % Artenanteil des Hornkleees und etwa 10 % Masseanteil - In der Blüte
Variante 10: Luzerne-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - 1 % Artenteil der Luzerne - Stellenweise reiner Grasbestand

Der dritte Aufwuchs erreicht am 3. August eine Bestandshöhe der Gräser von 50 cm, Rotklee im Gemenge 40 cm und in der Fräs- und Schlitzsaat 10 cm (s. Tabelle 10). Der Rotklee steht im Gemenge in der Blüte und lockt blütenbesuchende Insekten an (s. Anhang 25). Weiterhin steigt im Gemenge der Artenanteil von Rotklee auf 40 % und Hornklee auf 30 %. In den Parzellen sind erste Lücken durch Mäuseschäden zu

beobachten und am Rotklee ist das Schadbild des Blattrandkäfers vorhanden (s. Anhang 26).

Tabelle 10: Protokoll des dritten Aufwuchses, 03.08.2020

Variante 1: Kontrolle	<ul style="list-style-type: none"> - Homogen, 50 cm groß und in der Blüte - Gestiegene Bestandsdichte - Lücken durch Mäuseschäden
Variante 2: Schlitzsaat Rotklee	<ul style="list-style-type: none"> - Heterogene Verteilung des Rotklees - Wuchshöhe des Rotklees etwa 10 cm
Variante 3: Frässaat Rotklee	<ul style="list-style-type: none"> - Heterogene Verteilung des Rotklees - Wuchshöhe des Rotklees etwa 10 cm - Die Fräsreihe wird auch von Unkraut besiedelt - An einigen Stellen etabliert sich die Altgrasnarbe
Variante 4: Schlitzsaat Hornklee	<ul style="list-style-type: none"> - Heterogene Verteilung des Hornklees - Wuchshöhe des Rotklees etwa 5 cm
Variante 5: Frässaat Hornklee	<ul style="list-style-type: none"> - An einigen Stellen etabliert sich die Altgrasnarbe - Geringere Bestandsdichte als in Schlitzsaat
Variante 6: Schlitzsaat Luzerne	<ul style="list-style-type: none"> - Heterogene Verteilung der Luzerne - Wuchshöhe der Luzerne etwa 5 cm
Variante 7: Frässaat Luzerne	<ul style="list-style-type: none"> - die Altgrasnarbe etabliert sich - Höhere Bestandsdichte als in Schlitzsaat
Variante 8: Rotklee-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Artenanteil des Rotklees: 40 % - Bestandshöhe Gras: 50 cm - Bestandshöhe Rotklee: 40 cm - Blattrandfraß erkennbar - Geringe bis keine Besiedlung mit Knöllchenbakterien - Der Rotklee befindet sich in der Blüte
Variante 9: Hornklee-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Artenanteil des Hornklees: 30 % - Masseanteil des Hornklees am Erntegut: 20 % - Der Hornklee befindet sich im Beginn der Blüte - Geringe Besiedlung mit Knöllchenbakterien
Variante 10: Luzerne-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Kein Artenanteil der Luzerne: < 1 % - Keine Besiedlung mit Knöllchenbakterien

Die Gräser zeigen kaum Massezuwachs und haben den ersten Braunrostbefall (s. Anhang 27). Die Leguminosen sind in der Fräs- und Schlitzsaat nicht oder nur stellenweise vorhanden (vgl. Tabelle 11). Dabei hat der vorhandene Rotklee in der Frässaatvariante eine geringe Wuchshöhe, sodass keine wesentlichen Ertragsanteile möglich sind (s. Anhang 28). Der im Schlitzsaatverfahren etablierte Hornklee befindet sich in der Blüte (s. Anhang 29) und zeigt eine bessere Entwicklung als die Frässaat (s. Anhang 30). Die Gemenge mit Rotklee und Hornklee sind gut entwickelt. Der Rotklee ist im Gemenge in der Blüte, hat allerdings einen Befall mit Mehltau (s. Anhang 31). Das Luzerne-Gras-Gemenge gleicht nahezu einer Gräserreinsaat. Der Mäusebefall auf der Fläche weist ein großes Ausmaß auf (s. Anhang 32 und Anhang 33).

Tabelle 11: Protokoll des vierten Aufwuchses, 23.09.2020

Variante 1: Kontrolle	<ul style="list-style-type: none"> - Gering bestockt, Triebreduktion fortgeschritten - Nach der Blüte - Auf der Fläche ist generell ein hoher Mäusebefall zu erkennen - Kaum Massezuwachs - Braunrostbefall
Variante 2: Schlitzsaat Rotklee	- Leguminosen sind kaum vorhanden
Variante 3: Frässaat Rotklee	- Leguminosen sind kaum vorhanden
Variante 4: Schlitzsaat Hornklee	- Stellt zu diesem Zeitpunkt den besten Etablierungserfolg in alternierenden Reihen dar
Variante 5: Frässaat Hornklee	- Hornklee nur stellenweise etabliert
Variante 6: Schlitzsaat Luzerne	- Artenanteil der Luzerne etwas höher als in der Frässaatvariante
Variante 7: Frässaat Luzerne	<ul style="list-style-type: none"> - Luzerne kaum vorhanden - Große Lücken im Bestand
Variante 8: Rotklee-Gras-Gemenge	<ul style="list-style-type: none"> - Stellenweise sehr gut etabliert - Mehltaubefall am Rotklee
Variante 9: Hornklee-Gras-Gemenge	- Gut etabliert
Variante 10: Luzerne-Gras-Gemenge	- Kaum Luzerne vorhanden

Im November weist der Hornklee im Gemenge eine sehr gute Wurzelentwicklung und Nodulation, sowie deutlich ausgeprägte Knöllchenbakterien auf (s. Anhang 34).

Im Anhang 35 wird die Pflanzenentwicklung von Hornklee in den Varianten Schlitzsaat, Frässaat und Gemenge zum Zeitpunkt des zweiten Schnittes im zweiten Erntejahr 2021 gezeigt. Eine Nodulation ist an alle Pflanzen jeder Variante festzustellen (s. Anhang 36). Aus der Tabelle 12 ist ersichtlich, dass die Schlitzsaat im Durchschnitt etwa zwei Wurzelknöllchen mehr als die Frässaatvariante aufweist. Weiterhin sind die Hornkleepflanzen in der Schlitzsaat vereinzelt in der Blüte (s. Anhang 37 und Anhang 38). Im Durchschnitt sind an den Hornkleepflanzen 25 Knöllchen zu finden. Die Pflanzenhöhe vom Hornklee ist in der Frässaat um vier Zentimeter höher als in der Schlitzsaat. Das Welsche Weidelgras zeigt flächendeckend über alle Varianten eine maximale Wuchshöhe von 90 Zentimetern. Der Anteil von Hornklee ist in den alternierenden Reihen mit 15 Prozent um fünf Prozentpunkte höher als im Hornklee-Gras-Gemenge.

Tabelle 12: Hornkleepflanzen Bonitur am 08. Juli 2021 zum zweiten Schnitt

	Pflanzenhöhe	Hornkleeanteil	Knöllchenanzahl
HK Schlitzsaat	48 cm	15 %	26,3
HK Frässaat	52 cm	15 %	24
HK-Gras-Gemenge	40 cm	10 %	25

Der Rotklee ist nur noch sehr vereinzelt im Rotklee-Gras-Gemenge zu finden (s.

Anhang 39). Die vorhandenen Pflanzen haben jedoch eine sehr geringe Blattmasse (s. Anhang 40).

4.1.2 Trockenmasseertrag

In Abbildung 7 sind die Trockenmasseerträge des Erntejahres 2020 dargestellt. Zum ersten Schnitt sind die Schlitz- und Frässaatvarianten noch nicht etabliert. Sie stellen zu dem Zeitpunkt ein Reinbestand aus Welschem Weidelgras dar. Der höchste Gesamtertrag ist beim klassischen Rotklee-Gras-Gemenge festzustellen. Diese Variante zeigt bei den ersten drei Schnitten den höchsten Trockenmasseertrag. Im ersten Nutzungsjahr wurde hierbei ein Gesamtertrag von 75 dt TM je Hektar erreicht. Bei den Varianten mit alternierenden Reihen zeigt die Hornklee Schlitzsaat insbesondere zum dritten Schnitt einen hohen Trockenmasseertrag von 30,4 dt TM je Hektar. Der Gesamtertrag liegt für diese Variante bei etwa 63 dt TM je Hektar. Auch das Hornklee-

Gras-Gemenge hat einen ähnlich hohen Gesamtertrag. Tendenziell übersteigt die Schlitzsaat die Trockenmasseerträge der Frässaatvarianten. Zum vierten Schnitt konnte maximal ein Ertrag von 3,4 dt TM je Hektar erreicht werden.

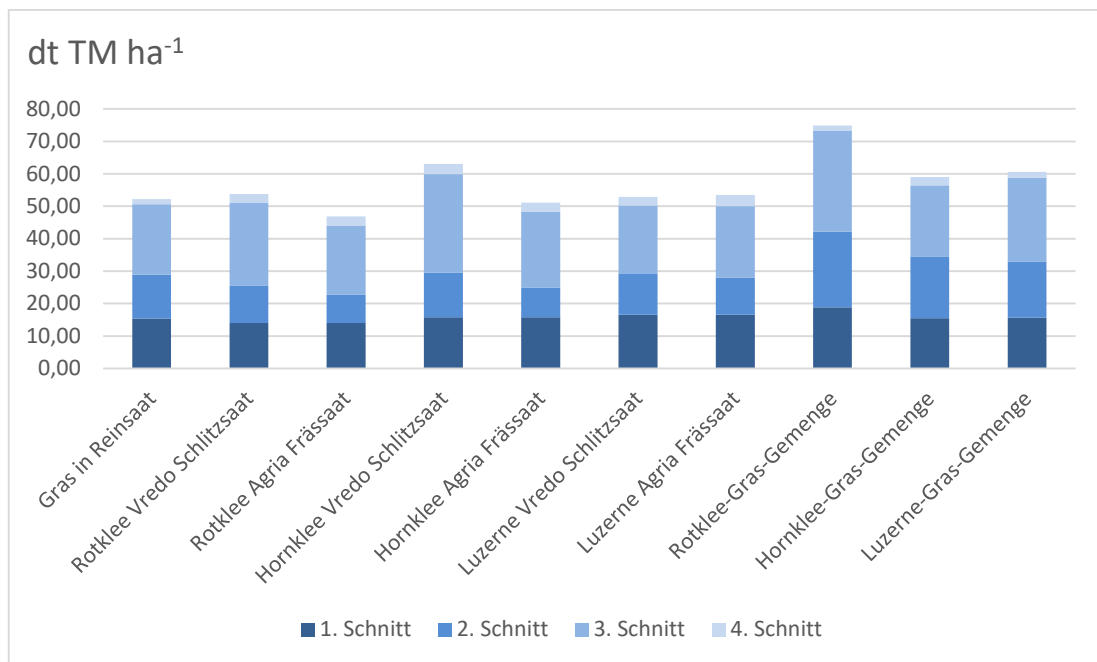


Abbildung 7: Summe der Trockenmasseerträge der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaartverfahren; 1. Erntejahr 2020

In Abbildung 8 werden die Trockenmasseerträge vom ersten Schnitt aus dem Jahr 2021 dargestellt. Hierbei wird deutlich, dass der TM-Ertrag der Kontrolle in etwa so hoch ist, wie alle vier Schnitte aus dem ersten Erntejahr zusammen. Das Hornklee-Gras-Gemenge erzielt mit 53 dt TM je Hektar mit den höchsten TM-Ertrag. Allerdings zeigt die Hornklee Schlitzsaat im Vergleich zum ersten Erntejahr den niedrigsten TM-Ertrag mit 42,7 dt TM je Hektar.

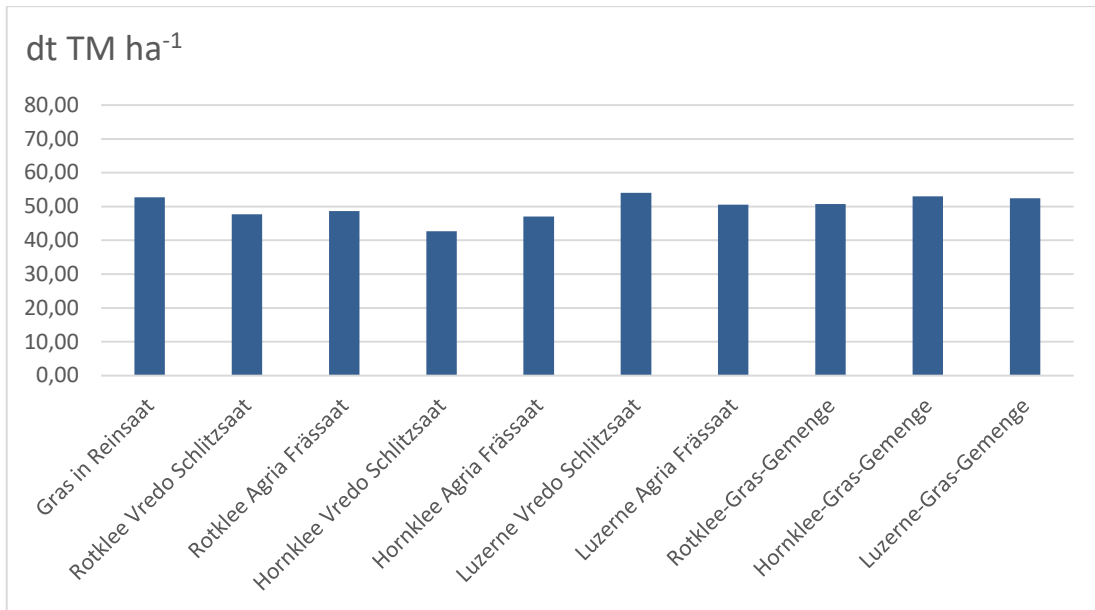


Abbildung 8: Trockenmasseertrag der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeausaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Schnitt 2021

4.1.3 Rohproteingehalt

Die Abbildung 9 zeigt, dass die im August 2019 etablierte Variante Rotklee-Gras-Gemenge bereits zum ersten Schnitt Anfang Mai 2020 einen um zwei Prozentpunkte höheren Eiweißgehalt als die Kontrolle mit Gras in Reinsaat aufweist. Das Rotklee-Gras-Gemenge weist zum ersten Schnitt den höchsten Eiweißgehalt von etwa 12,2 Prozent auf. Die anderen Varianten liefern Gehalte bis zu 10,14 Prozent XP.

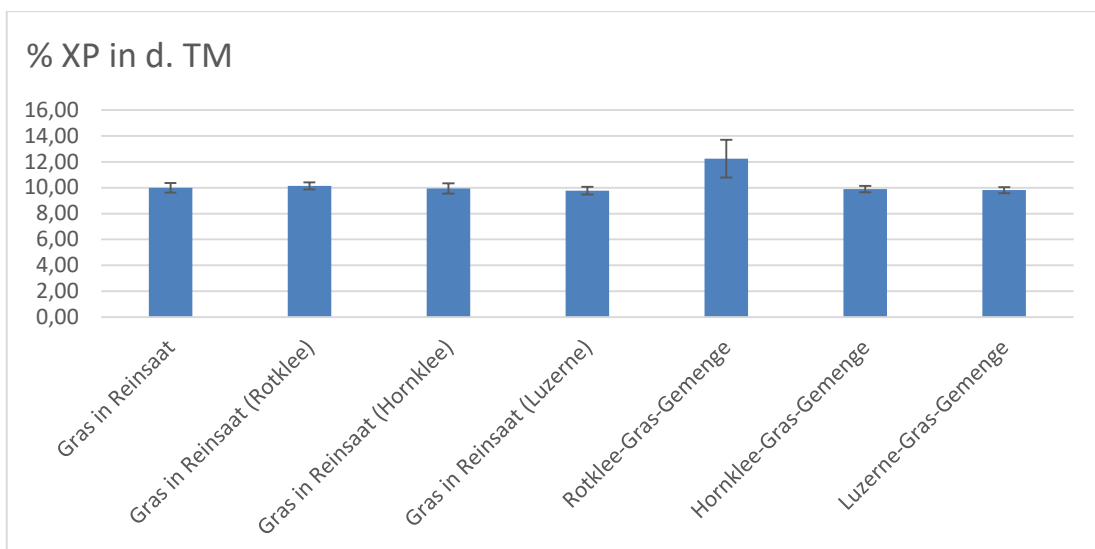


Abbildung 9: Rohproteingehalt der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeausaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Schnitt 2020

Zum zweiten Schnitt sind insgesamt etwas geringere Rohproteingehalte feststellbar (s. Abbildung 10). Der Eiweißgehalt der Kontrolle ist um etwa 2,1 Prozentpunkte geringer. Das Rotklee-Gras-Gemenge erreicht hierbei wieder den höchsten Eiweißgehalt von etwa 11,5 Prozent. Damit ist der Rohproteingehalt jedoch um 0,7 Prozentpunkte geringer. Das Rotklee-Gras-Gemenge hat im Vergleich zur Kontrolle einen um 45,7 Prozent höheren Rohproteingehalt.

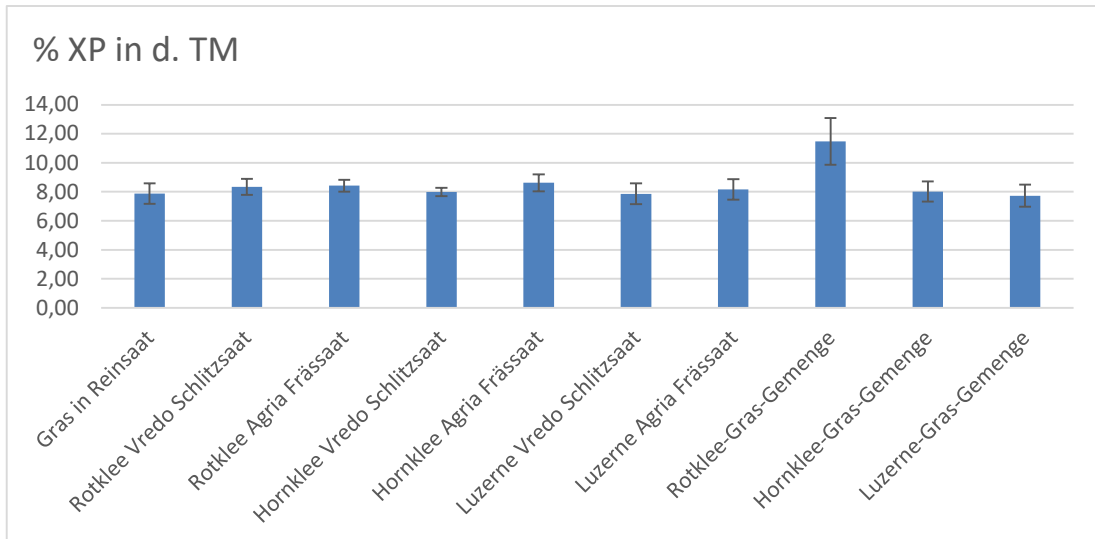


Abbildung 10: Rohproteingehalt der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaartverfahren; 2. Schnitt 2020

Im dritten Schnitt verzeichnet erneut das Rotklee-Gras-Gemenge den höchsten Proteingehalt mit 11,35 Prozent (s. Abbildung 11). Auffallend ist, dass sich das Hornklee-Gras-Gemenge im Vergleich zum zweiten Schnitt weiter vom Luzerne-Gras-Gemenge absetzt und um etwa 1 Prozentpunkt höhere Eiweißgehalte generiert.

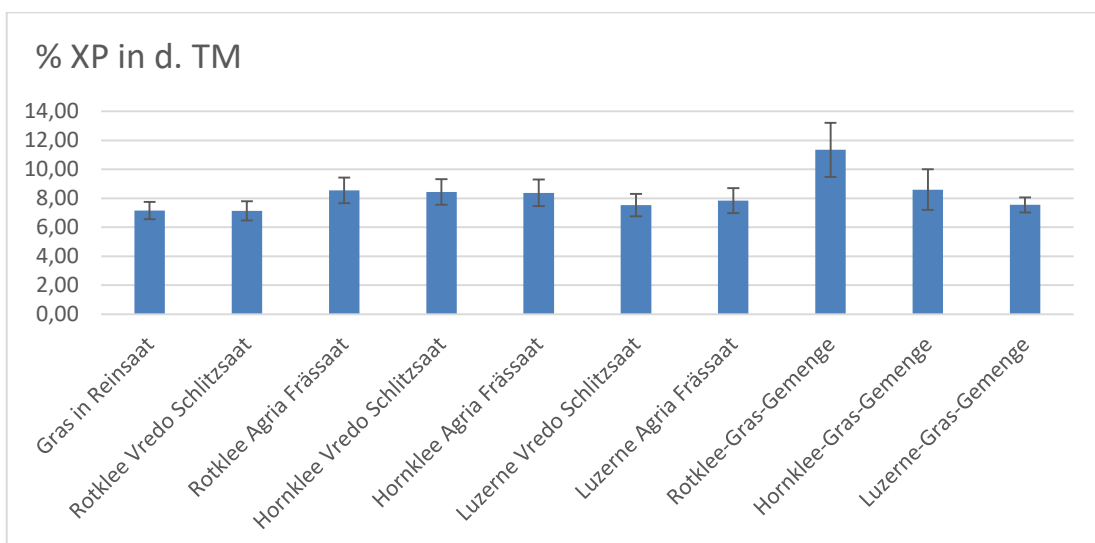


Abbildung 11: Rohproteingehalt der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 3. Schnitt 2020

Zum ersten Schnitt im Jahr 2021 erzielten die Varianten der Frässaat einen um 0,8 Prozentpunkte höheren Eiweißgehalt im Vergleich zu den Schlitzsaat Varianten (s. Abbildung 12). Die Frässaat Hornklee erreicht sogar bis 1 Prozentpunkt Differenz. Die Schlitzsaat und das Luzerne-Gras-Gemenge liegt verglichen mit der Kontrolle im Rohproteingehalt entweder gleich oder leicht unterhalb von 13 Prozent. Das Hornklee-Gras-Gemenge erreicht den höchsten Eiweißgehalt von 13,91 Prozent. Die Varianten Hornklee Frässaat, Rotklee Frässaat und das Rotklee-Gras-Gemenge generieren ähnliche Rohproteingehalte von etwa 13,8 Prozent.

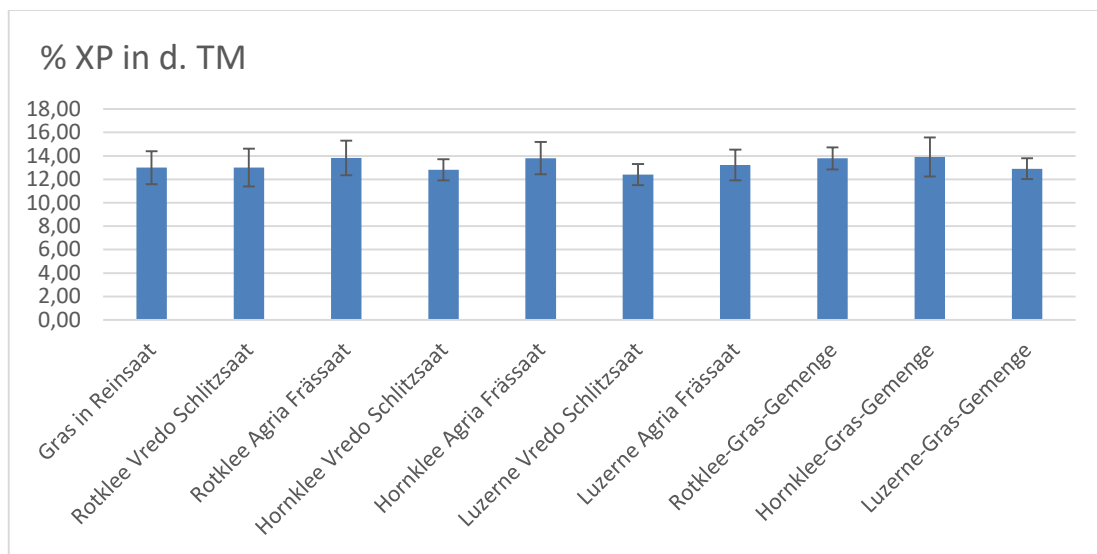


Abbildung 12: Rohproteingehalt der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Schnitt 2021

4.1.4 Rohproteinерtrag

In Abbildung 13 wird der Rohproteinерtrag je Variante von drei Schnitten im Jahr 2020 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass das Rotklee-Gras-Gemenge insgesamt etwa 850 kg Protein je Hektar erzielt. Die Hornklee Schlitzsaat kann insbesondere zum dritten Schnitt den Proteinерtrag deutlich erhöhen. Das Hornklee-Gras-Gemenge zeigt bei den ersten beiden Schnitten einen gleichmäßigen Proteinерtrag von 150 kg je Hektar. Beide Varianten liefern insgesamt etwa 500 kg Protein je Hektar. Die anderen Varianten mit alternierenden Reihen liegen mit etwa 400 kg Protein je Hektar und Jahr auf dem gleichen Niveau wie die Kontrolle.

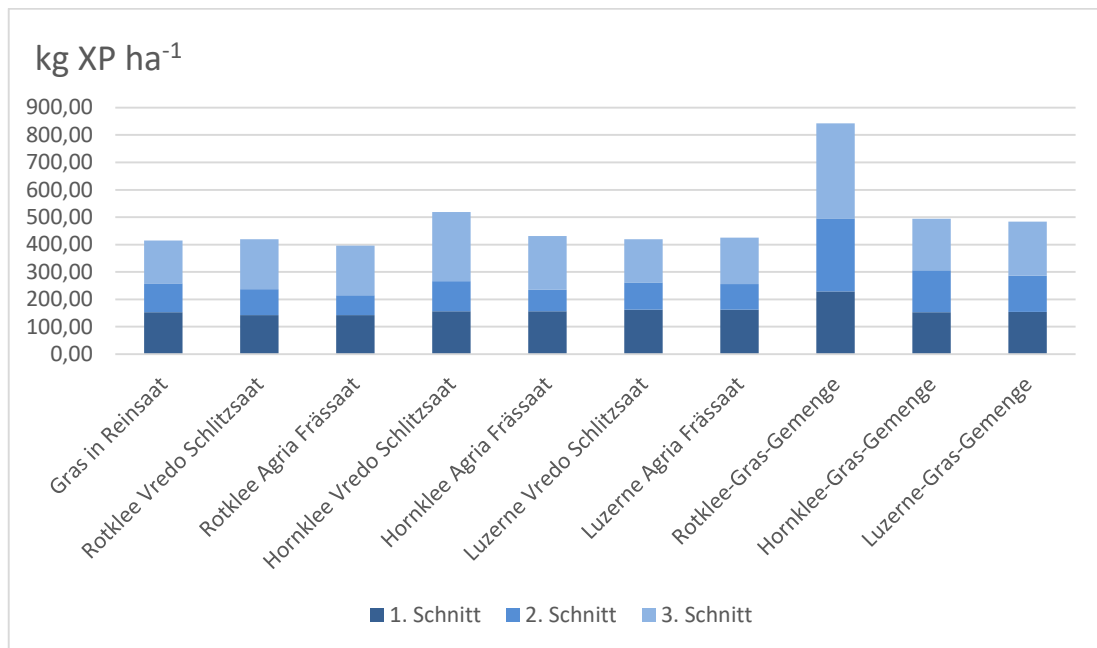


Abbildung 13: Summe der Rohproteinерträge der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Erntejahr 2020

Die Abbildung 14 gibt Aufschluss über die Rohproteinерträge zum ersten Schnitt im zweiten Erntejahr 2021. Es wird deutlich, dass die XP-Erträge bereits nach einem Schnitt auf einem höheren Niveau liegen, als alle drei Schnitte aus dem Jahr 2020 erbracht haben. Den höchsten Rohproteinерtrag liefert das Hornklee-Gras-Gemenge mit fast 740 kg XP je Hektar. Danach folgt das Rotklee-Gras-Gemenge mit 700 kg XP je Hektar. Und selbst die Kontrolle erzielt mit einem Reinbestand aus Gräsern knapp 690 kg Rohprotein auf einem Hektar.

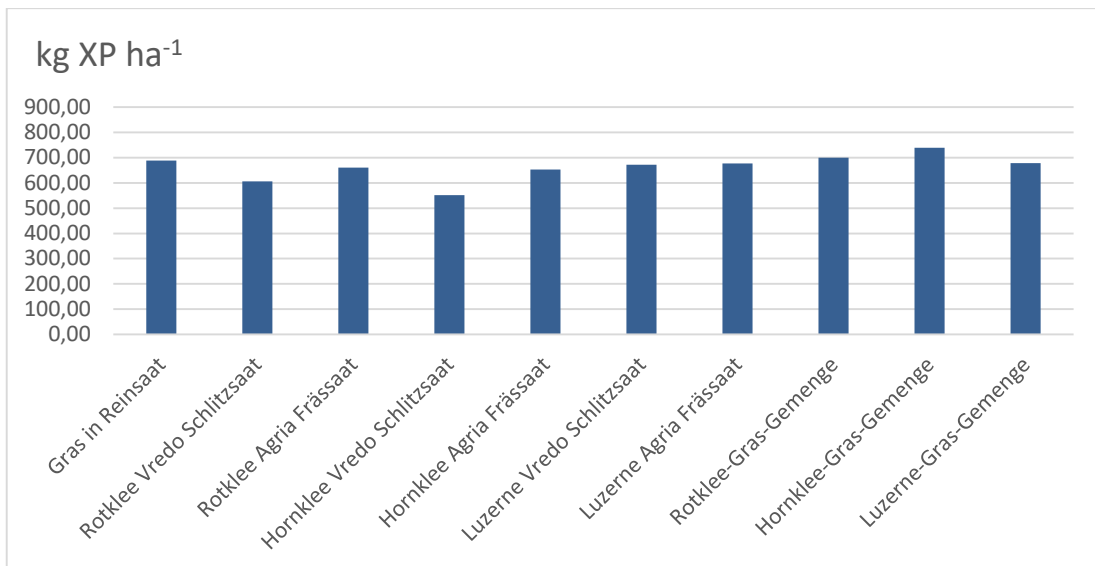


Abbildung 14: Rohproteinерtrag der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatterfahren; 1. Schnitt 2021

4.1.5 Energiedichte

Die Energiedichten variieren zwischen den Nutzungsterminen und einzelnen Varianten deutlich. Tendenziell nimmt der Energiegehalt des Erntegutes im Jahresverlauf leicht ab, unterschreitet jedoch nicht die Grenze von 10 MJ ME in der Trockenmasse. Das Hornklee-Gras-Gemenge zeigt zum ersten Schnitt die niedrigste Energiedichte (s. Abbildung 15). Das Rotklee-Gras-Gemenge liegt wie die vier Reinsaaten mit Welchem Weidelgras auf einem vergleichbaren Energieniveau von etwa 11,7 MJ ME.

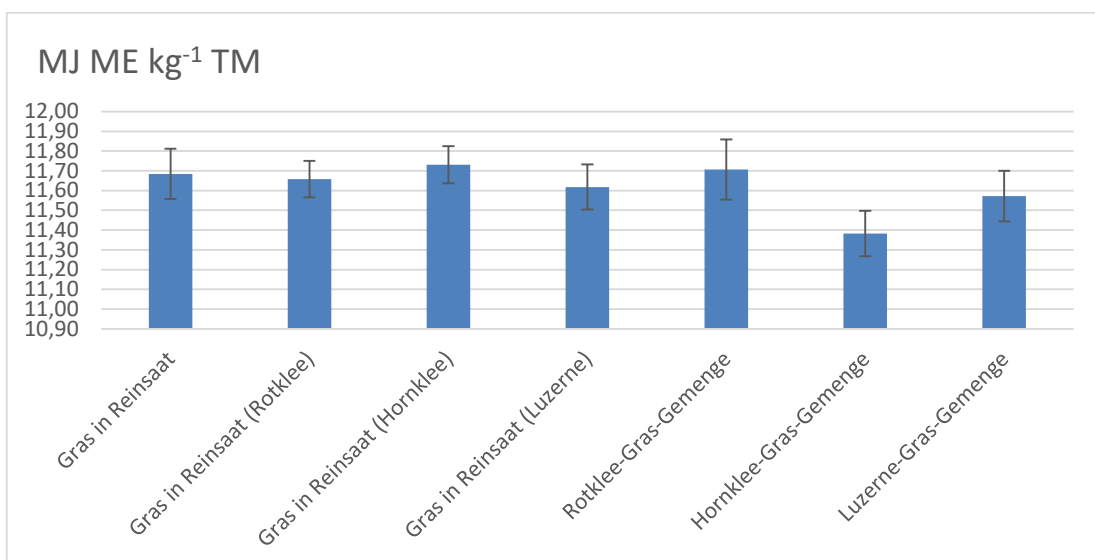


Abbildung 15: Energiedichte der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatterfahren; 1. Schnitt 2020

Im zweiten Schnitt schwanken die Energiekonzentrationen der Varianten der Schlitz- und Frässaat geringfügiger als die der Gemengevarianten und liegen um bis zu 0,16 MJ ME über der Kontrolle (s. Abbildung 16). Das Luzerne-Gras-Gemenge generierte im Vergleich zu den anderen zwei Gemengen die niedrigste Energiedichte. Das Rotklee-Gras-Gemenge erreicht etwa 10,6 MJ ME und liegt damit 1,1 MJ ME unter der Energiedichte vom ersten Schnitt.

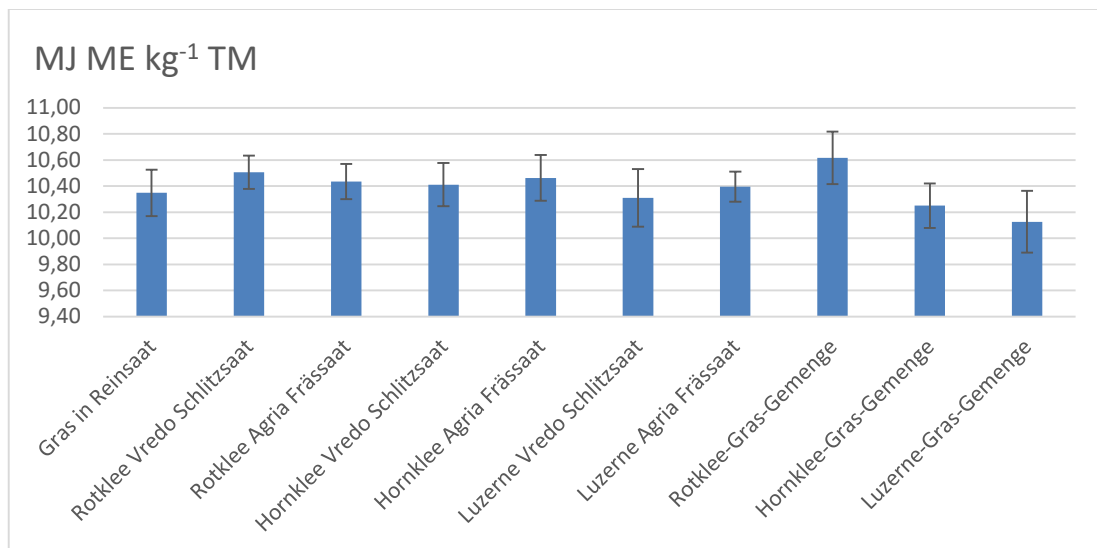


Abbildung 16: Energiedichte der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaartverfahren; 2. Schnitt 2020

Zum dritten Aufwuchs wurden die zwei Wiederholungen der einzelnen Varianten mit einer Woche Verzögerung zueinander geerntet. Es zeigt sich zum frühen Erntetermin insgesamt eine höhere Energiedichte. Im Durchschnitt ist der Energiegehalt mit zunehmenden Pflanzenalter um 0,27 MJ ME in der Trockenmasse gesunken.

Die Kontrollvariante besitzt mit 10,68 MJ ME die höchste Energiedichte (s. Abbildung 17). Das Luzerne-Gras-Gemenge hat mit 0,6 MJ ME Differenz zur Kontrolle wieder den niedrigsten Energiegehalt.

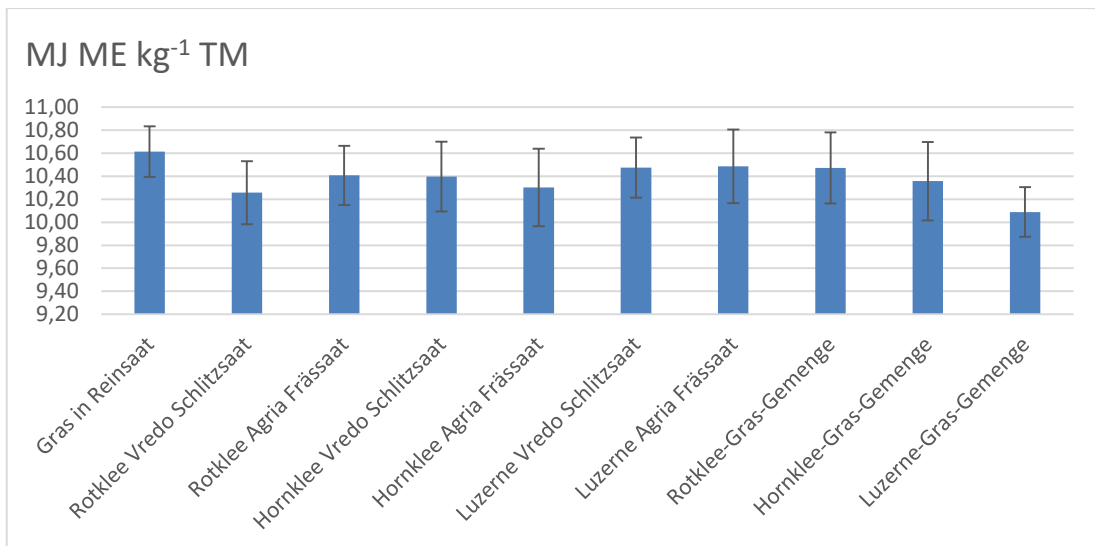


Abbildung 17: Energiedichte der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaartverfahren; 3. Schnitt 2020

Zum ersten Schnitt im Jahr 2021 zeigen die Varianten eine höhere Energiedichte als die Kontrolle mit 11,56 MJ ME (s. Abbildung 18). Im Vergleich zum ersten Schnitt aus dem Jahr 2020 sind die Energiegehalte jedoch geringfügig niedriger. Alle Hornklee Varianten liegen mit etwa 11,7 MJ ME auf einem ähnlichen hohen Niveau.

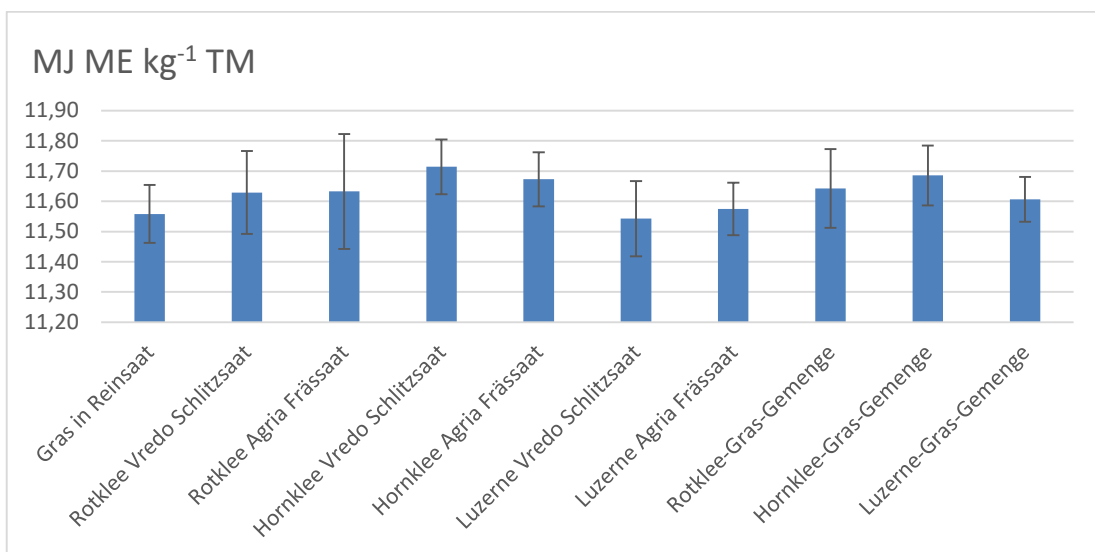


Abbildung 18: Energiedichte der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaartverfahren; 1. Schnitt 2021

4.1.6 Energieertrag

In Abbildung 19 sind die aufsummierten Energieerträge vom ersten Erntejahr in dargestellt. Das Rotklee-Gras-Gemenge erzielte mit etwa 79.000 MJ ME je Hektar den höchsten Energieertrag. Gefolgt von der Hornklee Schlitzsaat mit 64.300 MJ ME je Hektar generierten Energieertrag im Erntejahr 2020. Die Frässaaten mit Rotklee und Hornklee liegen unter dem Niveau der Kontrolle von etwa 55.000 MJ ME je Hektar.

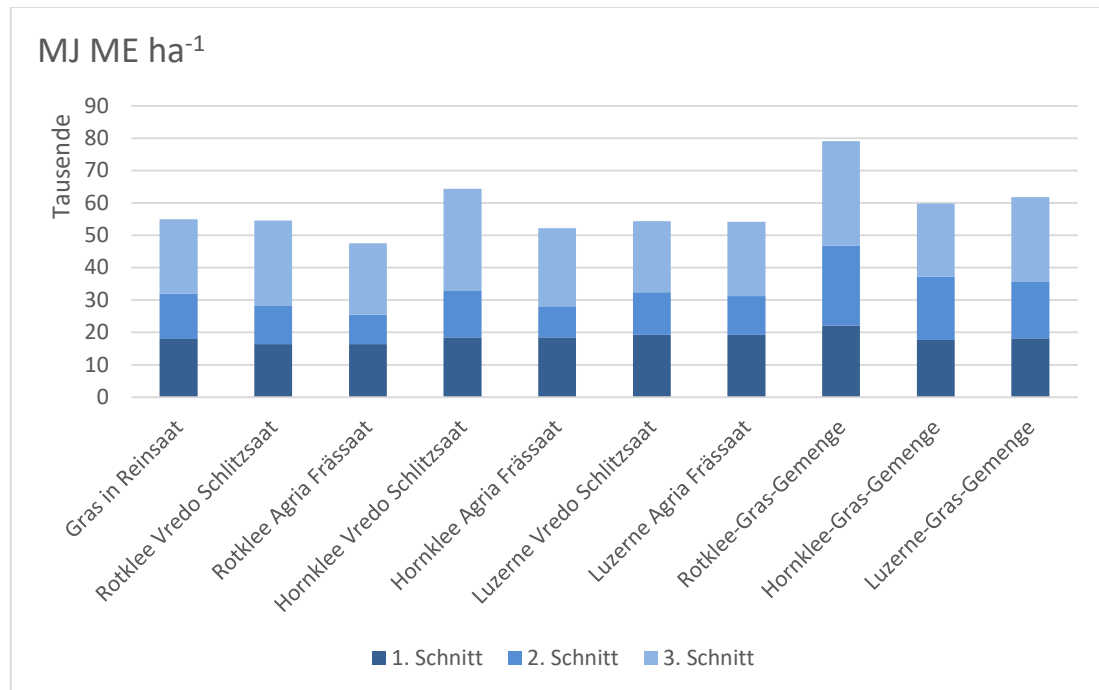


Abbildung 19: Summe der Energieerträge der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengessaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 1. Erntejahr 2020

Aus Abbildung 20 wird deutlich, dass die Schlitz- und Frässaaten zum ersten Schnitt im zweiten Erntejahr unterhalb des Energieertrages der Kontrolle von 61.000 MJ ME je Hektar liegen. Das Hornklee-Gras-Gemenge kann etwa 900 MJ ME je Hektar mehr produzieren. Die Hornklee Schlitzsaat weist den niedrigsten Energieertrag von 50.000 MJ ME je Hektar auf.

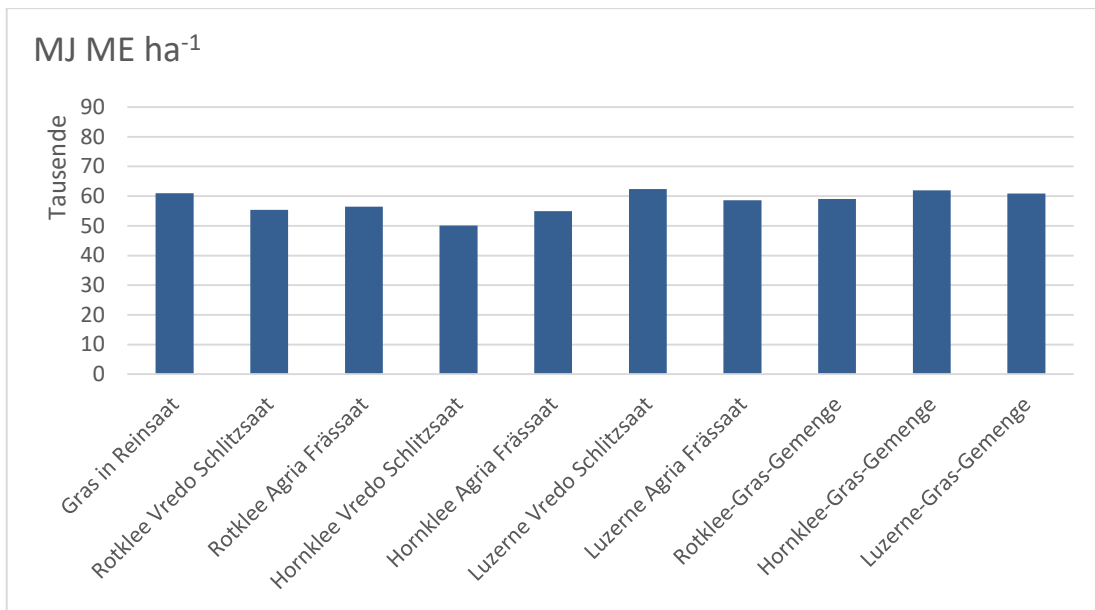


Abbildung 20: Energieertrag der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaartverfahren; 1. Schnitt 2021

4.1.7 Stickstofffixierungsleistung

Die Stickstofffixierungsleistung ist beim Rotklee-Gras-Gemenge für alle Aufwüchse mit knapp 70 kg N je Hektar am höchsten (s. Abbildung 21). Dabei wurde vom zweiten bis zum dritten Schnitt mit 30,6 kg N je Hektar am meisten Stickstoff im Boden fixiert. Zum Zeitpunkt des ersten Aufwuchses fixiert das Rotklee-Gras-Gemenge im Durchschnitt etwa 12,2 kg N je Hektar zusätzlich durch die Symbiose. Das Hornklee- und Luzerne-Gras-Gemenge zeigen zum ersten Schnitt keine deutliche Stickstofffixierungsleistung. Im weiteren Verlauf zeigt das Hornklee-Gras-Gemenge eine Stickstofffixierung von 7,7 kg N je Hektar und das Luzerne-Gras-Gemenge 4,3 kg N je Hektar.

Zum dritten Nutzungstermin sind auch bei den Schlitz- und Frässaaten Fixierungsleistungen messbar. Die Hornklee Schlitzsaat fixiert insgesamt etwa 16,7 kg N je Hektar. Das sind lediglich 23,7 Prozent von der Fixierungsleistung des Rotklee-Gras-Gemenges.

Der erste Aufwuchs im zweiten Jahr liefert insbesondere beim Hornklee-Gras-Gemenge eine Erhöhung der Stickstofffixierungsleistung von 8 kg N je Hektar. Auch das Rotklee-Gras-Gemenge verzeichnet eine minimale Erhöhung um 1,8 kg N ha⁻¹. Alle anderen Varianten zeigen zu diesem Zeitpunkt deutlich schlechtere N-Erträge als die Kontrolle (Reinsaart von Welschem Weidelgras).

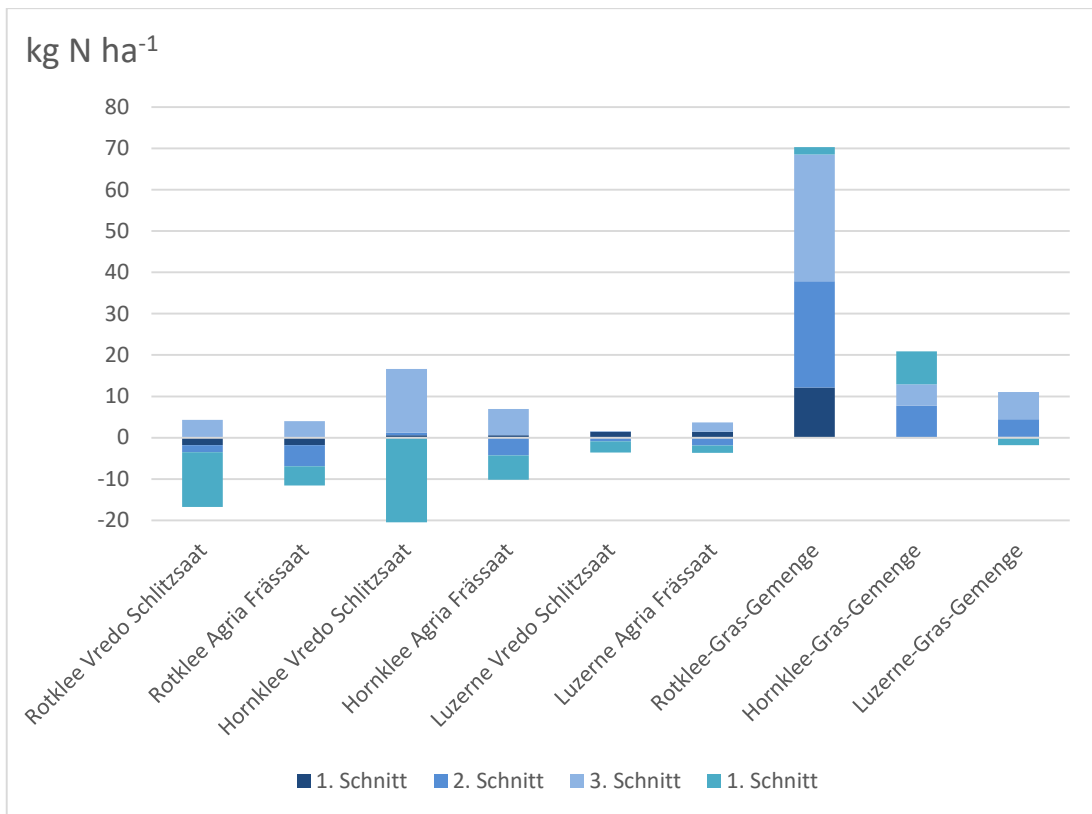


Abbildung 21: Stickstofffixierungsleistungen der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatterfahren; alle Schnitte

4.1.8 Verdaulichkeit

Die Verdaulichkeit des Futters kann anhand der ELOS bestimmt werden. In Abbildung 22 wird die schlechtere Verdaulichkeit des Aufwuchses vom zweiten und dritten Schnitt im ersten Erntejahr sichtbar. Für die Hornklee Schlitzsaat lässt sich im Durchschnitt eine um 0,4 Prozent bessere Verdaulichkeit als ein Gräserreinbestand feststellen.

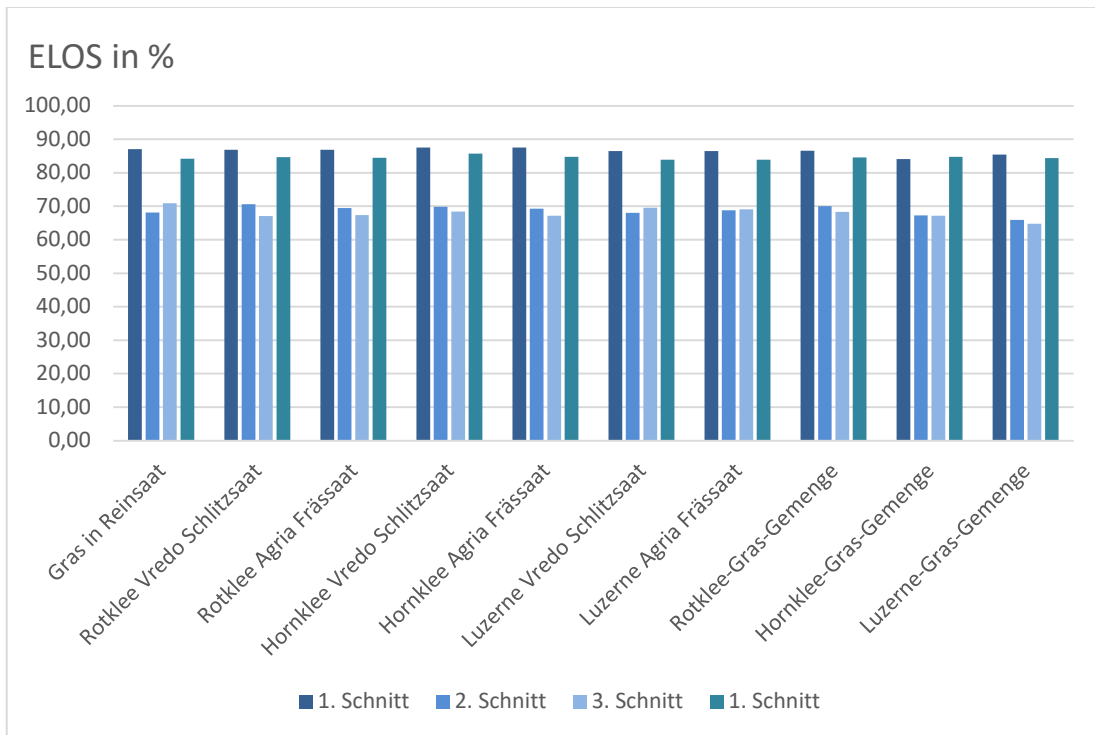


Abbildung 22: ELOS der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengesaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaartverfahren; alle Schnitte

4.2 Sensorgestützte Übersaat

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der zwei Versuche des sensorgestützten Lückenschlusses mit Rotklee aufgeführt. In Versuch 1 sind alle Daten der einzelnen Varianten einheitliche Nachsaat mit 10 Kilogramm je Hektar, teilflächenspezifische und keine Nachsaat in einem Diagramm dargestellt. Versuch 2 teilt sich auf drei Diagramme auf. Dabei werden die einzelnen Varianten nach einmaliger, zweimaliger und ohne Vorbeschädigung mit dem Striegel und in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit dargestellt.

4.2.1 Jugendentwicklung und Etablierung

Die Zusammensetzung der Grünlandnarbe mit Gräsern, Kräutern und Weißklee, sowie die Lückenanteile sind aus den Boniturdaten im Anhang 41 bis Anhang 44 ersichtlich.

Der Versuch 1 zeigt über die Varianten vor der Nachsaat einen durchschnittlichen Lückenanteil von 24 Prozent offenen Boden. Der Grünlandbestand setzt sich aus etwa 52 % Gräsern und 24 % Kräutern zusammen. Das Deutsche Weidelgras macht einen Anteil von 31 % aus, danach folgt 9 % Wiesenrispe, 4% Wiesenfuchsschwanz, 3 % Wiesenlieschgras, 2 % Wolliges Honiggras, 1,5 % Quecke und 1,3 % Knautgras (s. Abbildung 23). Bei den Kräutern überwiegt Löwenzahn mit 6,3 %, gefolgt von 6 % Ackerhornkraut, 5 % Vogelmiere, 2,7 % Behaartes Schaumkraut und 1,3 % Gänseblümchen. Der Weißkleeanteil liegt bei 0,3 Prozent.

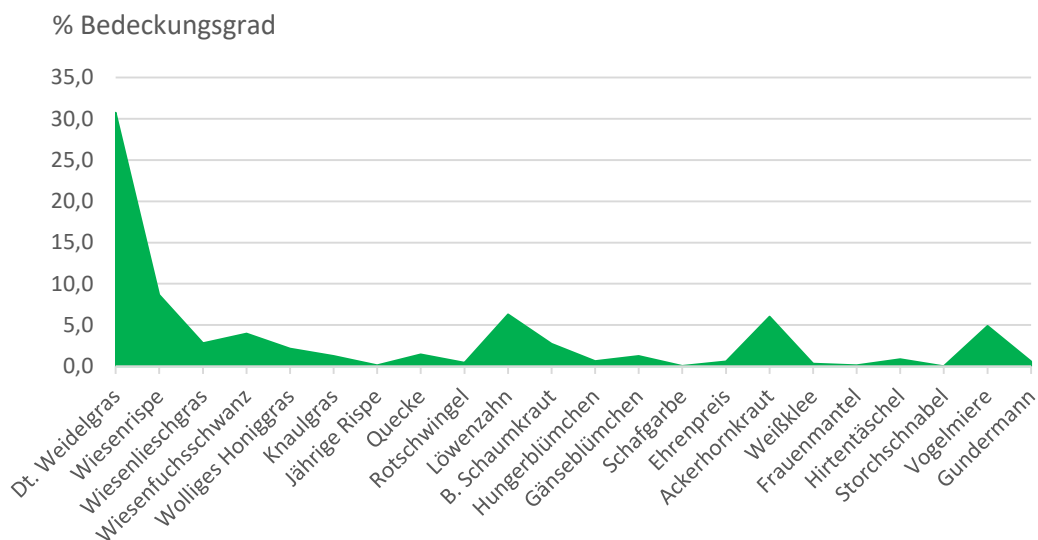


Abbildung 23: Durchschnittlicher Bedeckungsgrad der Pflanzenarten des Grünlandbestands der Versuchsfläche 1

Die Versuchsfläche 2 hat einen durchschnittlichen Lückenanteil von 61 Prozent offenen Boden. Der Grünlandbestand setzt sich aus 30 % Gräsern, 8,4 % Kräutern und 0,6 % Weißkleeanteil zusammen. Von den Gräserarten hat das Deutsche Weidelgras einen Anteil von 20 %, gefolgt von 3 % Wiesenrispe, 2,2 % Wiesenfuchsschwanz, 1,5 % Jährige Rispe, 1 % Knaulgras, 0,9 % Wolliges Honiggras und je 0,7 % Wiesenlieschgras und Gemeine Rispe (s. Abbildung 24). Bei den Kräutern dominieren Löwenzahn mit 2,4 % Bedeckungsgrad, 1,3 % Ackerhornkraut, Scharbockskraut und Gänseblümchen mit 1,1 % und 1 % Behaartes Schaumkraut.

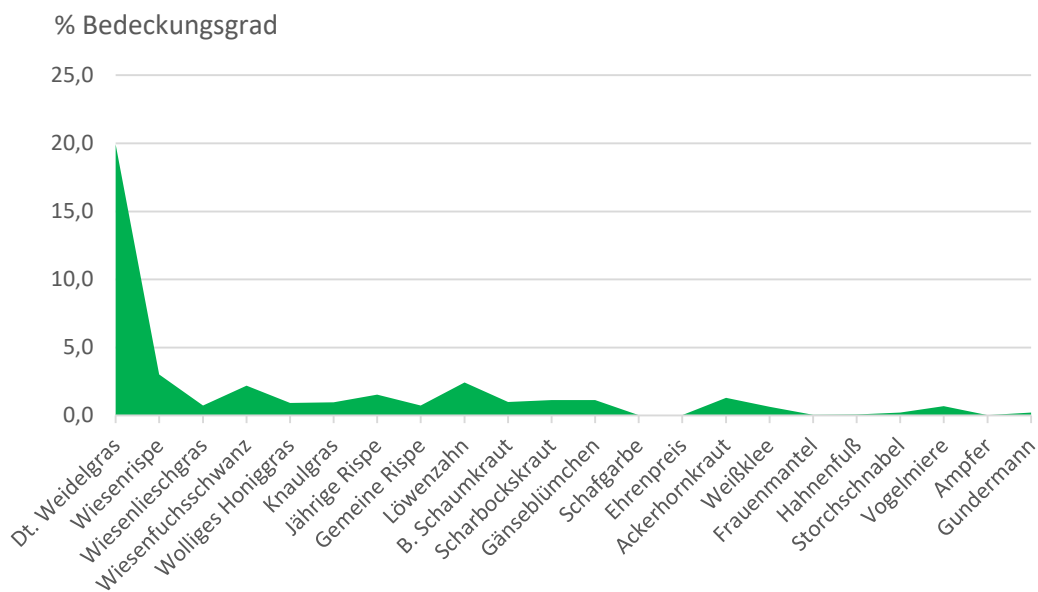


Abbildung 24: Durchschnittlicher Bedeckungsgrad der Pflanzenarten des Grünlandbestands der Versuchsfläche 2

Die Schätzung der Bedeckungsgrade von Weißklee (WK) und Rotklee (RK) ist in den folgenden Tabelle 13 Tabelle 16 als Mittelwerte innerhalb der Varianten und Versuchsblöcke über alle drei Schnitte dargestellt.

In Versuch 1 ist bei der einheitlichen Nachsaat zum ersten Aufwuchs ein Bedeckungsgrad von durchschnittlich ein Prozent Rotklee festzustellen (s. Tabelle 13). Dieser erhöht sich zum zweiten Aufwuchs um 0,9 Prozentpunkte und erreicht zum dritten Schnitt einen Wert von 4,7 Prozent. Die teilflächenspezifisch nachgesäte Variante erreicht zum ersten Aufwuchs im Schnitt einen um 0,3 Prozentpunkte höheren Bedeckungsgrad. In den Folgeaufwüchsen ist der Wert zunächst 0,1 Prozentpunkte geringer und anschließend mit 3,6 % Bedeckungsgrad um 1,1 Prozentpunkte geringer als die einheitliche Nachsaat. Den Höchstwert erreicht die Parzelle in einheitlicher Nachsaat im Block 3 mit 5,8 % Rotklee.

Tabelle 13: Weißklee- und Rotkleebedeckungsgrade in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren

Variante	1. Schnitt		2. Schnitt		3. Schnitt	
	WK	RK	WK	RK	WK	RK
10 kg/ha (Block 1)	0,6	0,8	0,9	2,1	1,3	4,6
10 kg/ha (Block 2)	1,1	1,5	1,3	2,0	0,4	5,0
10 kg/ha (Block 3)	0,0	1,0	0,4	2,2	0,1	5,8
10 kg/ha (Block 4)	0,1	0,8	0,7	1,1	0,6	3,3
Teilfläche (Block 1)	0,8	1,2	0,4	1,4	0,7	4,3
Teilfläche (Block 2)	1,8	1,3	0,9	1,7	2,9	2,8
Teilfläche (Block 3)	0,1	2,0	0,3	2,2	0,0	3,0
Teilfläche (Block 4)	0,0	0,6	0,1	1,7	0,1	4,3
Keine (Block 1)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Keine (Block 2)	1,4	0,0	1,3	0,0	3,4	0,0
Keine (Block 3)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2
Keine (Block 4)	0,2	0,0	0,5	0,1	0,2	0,5

In Versuch 2 zeigen die Varianten mit einmaliger Vorbeschädigung und einer Arbeitsgeschwindigkeit von 7 km/h den höchsten Bedeckungsgrad in den Blöcken 1 und 2 von etwa 5,4 % (s. Tabelle 14).

Tabelle 14: Weißklee- und Rotkleebedeckungsgrad von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

Variante	1. Schnitt		2. Schnitt		3. Schnitt	
	WK	RK	WK	RK	WK	RK
7 km/h (Block 1)	3,1	2,3	4,5	6,0	4,0	5,3
7 km/h (Block 2)	1,1	1,9	1,1	5,0	1,8	5,5
7 km/h (Block 3)	0,8	0,9	1,8	1,8	1,9	2,3
7 km/h (Block 4)	1,3	0,4	2,5	1,9	3,0	0,9
10 km/h (Block 1)	1,8	0,6	2,8	1,9	3,8	2,5
10 km/h (Block 2)	1,1	0,8	1,5	2,1	2,8	1,8
10 km/h (Block 3)	0,7	0,6	1,3	2,2	0,9	2,6
10 km/h (Block 4)	0,6	0,4	1,0	1,0	0,6	0,6
12 km/h (Block 1)	3,8	1,1	5,8	3,0	4,8	3,3
12 km/h (Block 2)	3,4	1,2	4,0	2,9	3,0	2,0
12 km/h (Block 3)	0,7	0,8	0,8	2,3	1,4	2,5
12 km/h (Block 4)	1,4	0,8	2,3	2,5	1,6	1,2

Bei zweimaliger Vorbeschädigung entwickeln sich die Varianten in Block 1 bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 7 und 12 km/h am stärksten (s. Tabelle 15). Sie erreichen zum dritten Aufwuchs einen Rotkleebedeckungsgrad von 8,3 %. Auffällig ist im dritten Schnitt der lineare Zusammenhang zwischen Weißklee und Rotkleebedeckungsgrad.

Dabei liefern die Parzellen einen höheren Rotkleeanteil, in denen auch bereits Weißklee im höheren Anteil etabliert ist.

Tabelle 15: Weißklee- und Rotkleebedeckungsgrad von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

Variante	1. Schnitt		2. Schnitt		3. Schnitt	
	WK	RK	WK	RK	WK	RK
7 km/h (Block 1)	0,8	0,9	1,5	3,5	3,3	8,3
7 km/h (Block 2)	0,3	1,1	0,6	3,0	2,1	5,3
7 km/h (Block 3)	1,1	0,5	1,4	2,0	1,4	3,3
7 km/h (Block 4)	0,6	0,6	0,8	1,9	0,8	1,8
10 km/h (Block 1)	1,4	2,1	2,9	3,5	4,0	5,0
10 km/h (Block 2)	1,9	1,0	2,1	3,5	4,3	4,0
10 km/h (Block 3)	0,9	1,5	1,1	3,3	1,6	3,8
10 km/h (Block 4)	0,9	0,5	1,2	1,6	0,6	1,5
12 km/h (Block 1)	2,8	1,3	3,5	4,0	5,5	8,3
12 km/h (Block 2)	4,0	0,5	5,0	2,8	4,0	3,8
12 km/h (Block 3)	0,2	1,6	0,6	3,0	1,4	4,3
12 km/h (Block 4)	1,3	0,8	1,0	1,8	1,1	2,1

Ohne Vorbeschädigung liefern die Varianten in Block 1 bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 7 und 10 km/h einen Rotkleebedeckungsgrad von 6 %. Die mit Abstand von den Leguminosenanteilen am geringsten entwickelte Variante ist in Block 3 bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 12 km/h mit durchschnittlich 0,3 % Bedeckungsgrad.

Tabelle 16: Weißklee- und Rotkleebedeckungsgrad von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

Variante	1. Schnitt		2. Schnitt		3. Schnitt	
	WK	RK	WK	RK	WK	RK
7 km/h (Block 1)	1,3	2,5	1,0	4,5	2,5	6,0
7 km/h (Block 2)	1,6	0,8	2,3	2,3	2,3	2,0
7 km/h (Block 3)	1,0	0,5	0,5	1,3	4,0	1,8
7 km/h (Block 4)	0,6	0,2	1,8	1,8	1,3	0,6
10 km/h (Block 1)	2,0	1,8	3,0	4,5	4,5	6,0
10 km/h (Block 2)	0,1	3,0	2,5	6,0	3,5	5,5
10 km/h (Block 3)	1,0	1,1	1,3	2,8	3,5	1,8
10 km/h (Block 4)	0,3	0,5	1,1	2,0	0,6	1,0
12 km/h (Block 1)	2,0	1,8	3,0	3,5	3,5	4,0
12 km/h (Block 2)	5,0	3,5	5,0	3,5	3,5	1,3
12 km/h (Block 3)	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,1
12 km/h (Block 4)	0,6	0,8	2,0	3,0	0,5	2,5

In Abbildung 25 ist die Drohnenaufnahme der Versuchsfläche 1 vor der Nachsaat mit Rotklee dargestellt. Anhand dieser Darstellung sind nur leichte Aufhellungen und damit offener Boden im Grünland in der rechten Versuchsanlage im unteren Block 3 ersichtlich.

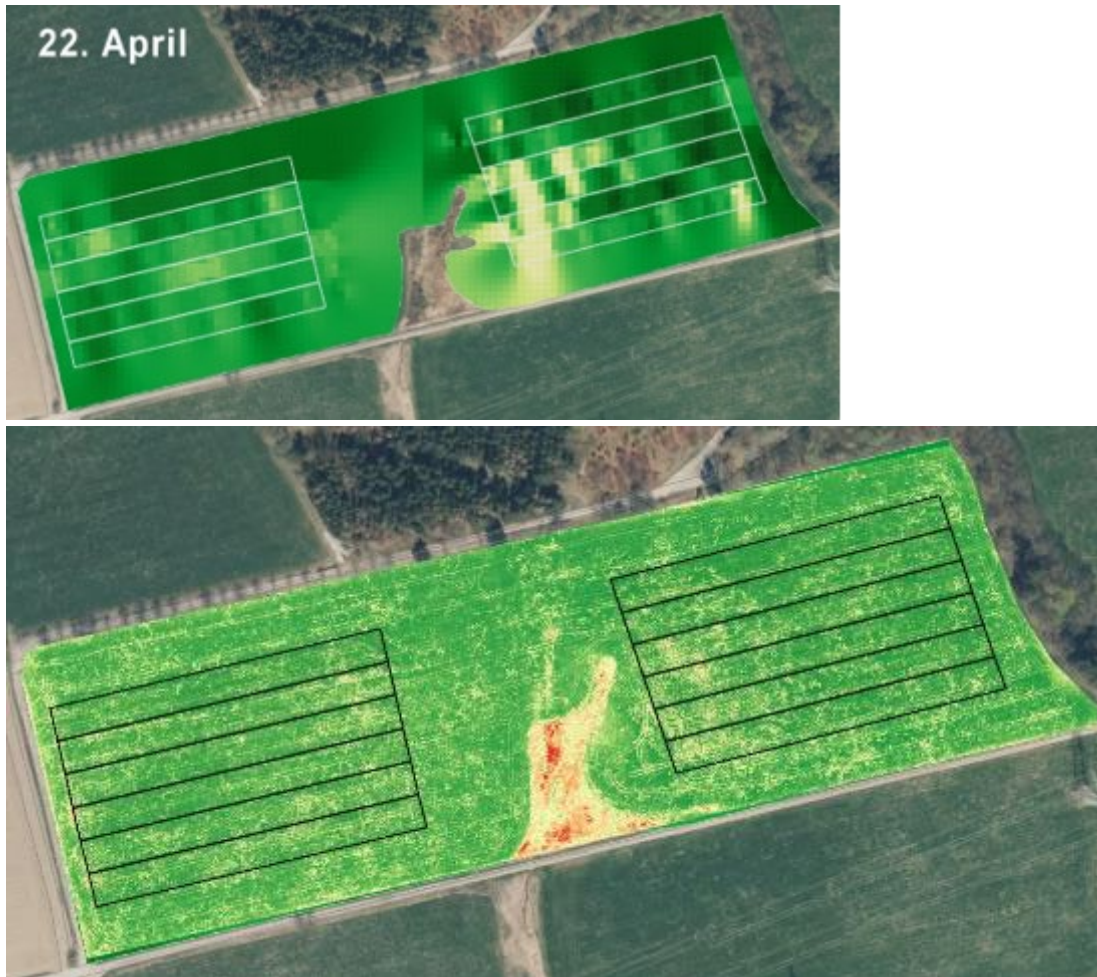


Abbildung 25: Multispektrale Drohnenaufnahme vor Versuchsanlage von Versuch 1 am 22. April

Die Abbildung 26 zeigt die Drohnenaufnahme der Versuchsfläche 2 vor der Nachsaat mit Rotklee. Insbesondere in den oberen Blöcken 1 und 2 sind deutliche Lücken innerhalb der Varianten (in Rot dargestellt) ersichtlich.



Abbildung 26: Multispektrale Drohnenaufnahme vor Versuchsanlage von Versuch 2 am 23. April

In Abbildung 27 wird der IRMI der Versuchsfläche 1 über die Vegetationsperiode dargestellt. Am 22. April erfolgte die erste Überfahrt der Fläche mit dem ISARIA Sensor noch vor der Nachsaat und damit vor der Versuchsanlage. Daraufhin folgen die Überfahrten nach Etablierung der Rotklee-Nachsaat jeweils etwa eine Woche nach der praxisüblichen Beerntung der gesamten Fläche durch den Landwirt (1. Aufwuchs: 08. Juni; 2. Aufwuchs: 26. Juli; 3. Aufwuchs: 21. September). Die hellgelben Stellen auf der Karte zeigen deutliche Lückenanteile an. Bei Betrachtung der Entwicklung der Werte über den gesamten Zeitraum wird deutlich, dass zum 21. September eine verbesserte Homogenität des Aufwuchses feststellbar wird.



Abbildung 27: Entwicklung des IRMI der Versuchsfläche 1

In Abbildung 28 wird der Verlauf des IRMI auf der Versuchsfläche 2 über die gesamte Vegetationsperiode dargestellt. Die Grafik vor der Versuchsanlage (22. April) spiegelt die Daten der Drohnenaufnahme aus Abbildung 26 wider. Die vorhandenen Lücken in der Grasnarbe sind durch hellere Grün- und Gelbtöne eingefärbt. Bereits nach dem ersten Schnitt (08. Juni), sind bestehende Lücken v. a. in den Blöcken 1 und 2 gefüllt worden. Zum 26. Juli sind dann auch die Fehlstellen in den Blöcken 3 und 4 zu einem Großteil geschlossen. Bei Betrachtung der Entwicklung bis zum dritten Aufwuchs wird deutlich, dass die Versuchsfläche vom Erscheinungsbild deutlich homogener geworden ist. Somit weisen die IRMI-Werte auf eine Vereinheitlichung der N-Aufnahme der vorhandenen Pflanzenarten hin.

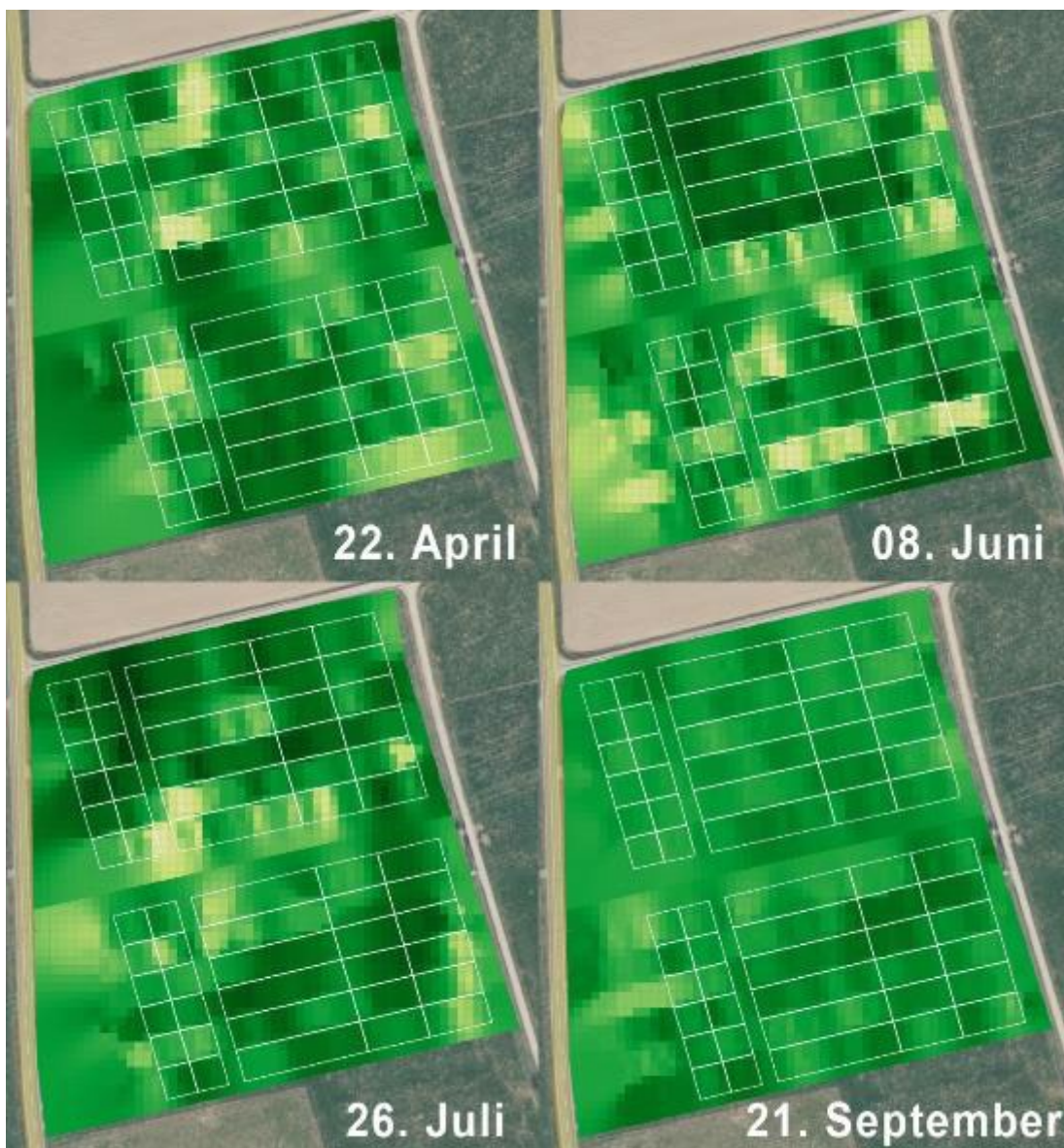


Abbildung 28: Entwicklung des IRMI der Versuchsfläche 2

4.2.2 Trockenmasseertrag

In Abbildung 29 wird eine durchschnittliche Abnahme der Trockenmasseerträge in Versuch 1 über die drei Schnitte im Ansaatjahr 2021 gezeigt. Vom ersten zum zweiten Schnitt ergibt sich eine Ertragsminderung um 34 Prozent. Die Ertragsminderung vom zweiten zum dritten Schnitt beträgt 63 Prozent. Damit erreicht der dritte Schnitt nur etwa ein Viertel des Trockenmasseertrags des ersten Schnittes. Der höchste Gesamtertrag ist bei der teilflächenspezifischen Variante im ersten Block mit 61,6 dt TM ha⁻¹ festzustellen. Der Gesamtertrag der unterschiedlichen Aussaatstärken beläuft sich im Mittel auf 50,8 dt TM ha⁻¹. Im Vergleich zu keiner Nachsaat generierte die einheitliche Nachsaat zum ersten Schnitt einen um 2,34 dt TM ha⁻¹ geringeren Ertrag, zum zweiten Schnitt einen um 2,3 Prozent höheren und zum dritten Schnitt einen um 19,5 Prozent höheren TM-Ertrag. Die Variante der teilflächenspezifischen Übersaat liefert ähnliche Trockenmasseerträge wie die Variante ohne Nachsaat. Lediglich zum dritten Schnitt ist im Durchschnitt ein um 2,45 Prozent höherer TM-Ertrag zu erkennen.

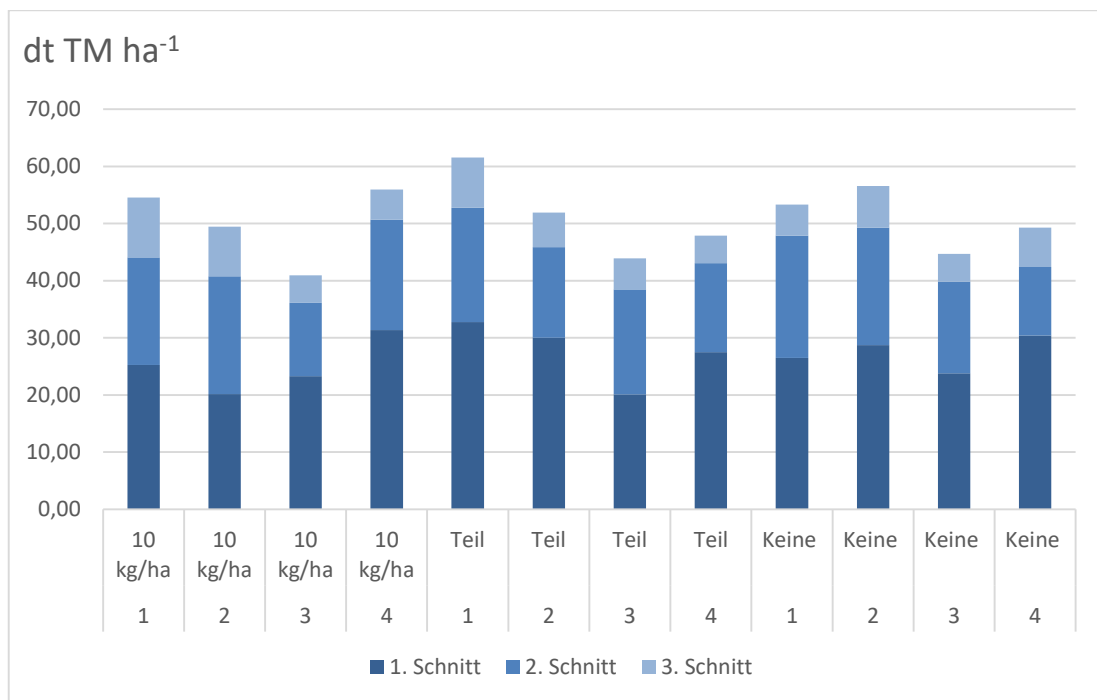


Abbildung 29: Summe der Trockenmasseerträge der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit des Etablierungsverfahrens

Die nächsten Abbildungen (Abbildung 30/Abbildung 31) zeigen über alle Varianten mit Vorbeschädigung einen Ertragszuwachs vom ersten zum zweiten Schnitt und einen durchschnittlichen Ertragsverlust von etwa 74 Prozent zum dritten Schnitt auf.

In der Abbildung 30 ist der höchste Gesamtertrag bei einmaliger Vorbeschädigung und einer Arbeitsgeschwindigkeit von 12 km/h zu erkennen. Im Mittel liegt dieser Wert bei etwa 48 dt TM ha⁻¹. Den niedrigsten Gesamtertrag von 43 dt TM ha⁻¹ liefert die Variante mit 10 km/h Arbeitsgeschwindigkeit.

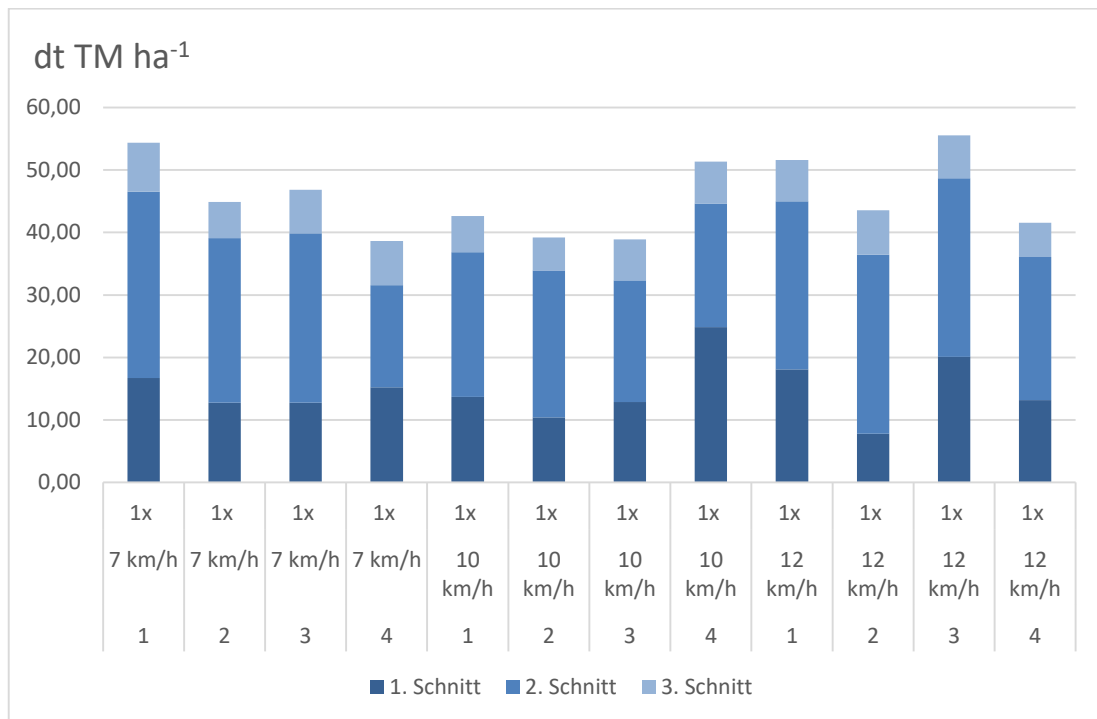


Abbildung 30: Summe der Trockenmasseerträge der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

In Abbildung 31 werden die Varianten mit zweimaliger Vorbeschädigung dargestellt. Hier liefert die Variante mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von 7 km/h mit durchschnittlich 48,8 dt TM ha⁻¹ den höchsten Gesamtertrag. Den niedrigsten Gesamtertrag von 44,1 dt TM ha⁻¹ liefert erneut die Variante mit 10 km/h Arbeitsgeschwindigkeit.

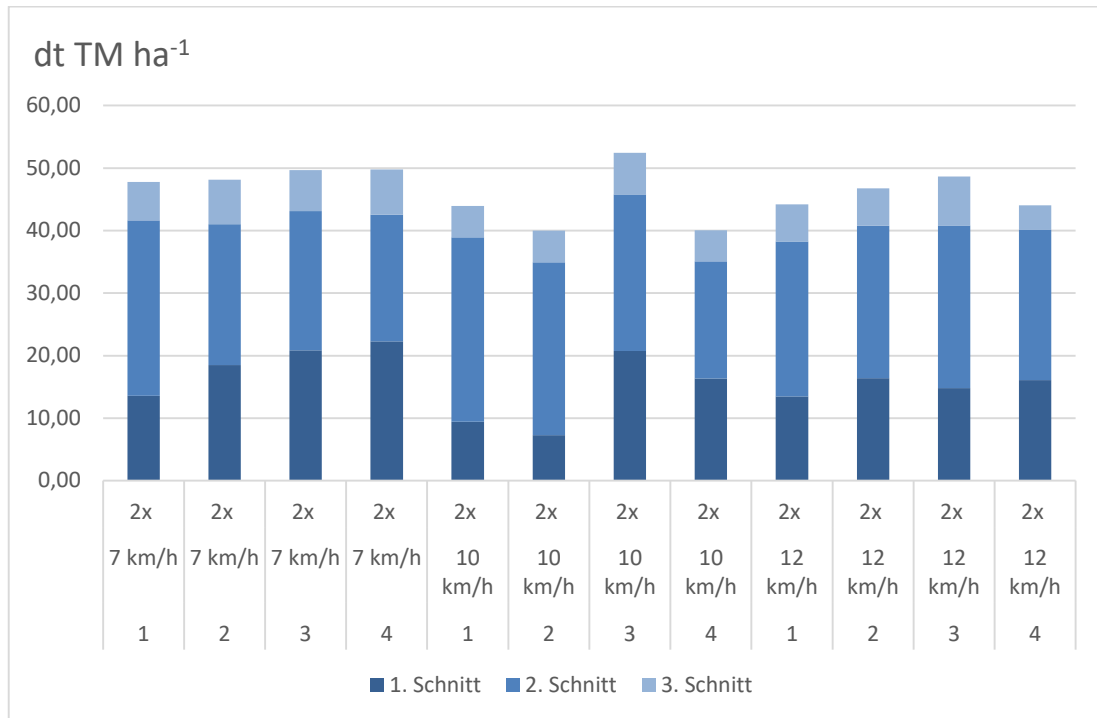


Abbildung 31: Summe der Trockenmasseerträge der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

Die Varianten ohne Vorbeschädigung zeigen vom ersten zum zweiten Schnitt nicht durchgängig einen Ertragszuwachs (s. Abbildung 32). Der Ertragsverlust vom zweiten zum dritten Schnitt beträgt etwa 78 Prozent. Im Durchschnitt erbringt die Variante mit 12 km/h Arbeitsgeschwindigkeit den höchsten Gesamtertrag von 50,2 dt TM ha⁻¹. Die Variante mit 10 km/h Arbeitsgeschwindigkeit weist ein weiteres Mal den niedrigsten Gesamtertrag auf, zeigt allerdings ohne Vorbeschädigung den höchsten TM-Ertrag von 45 dt TM ha⁻¹.

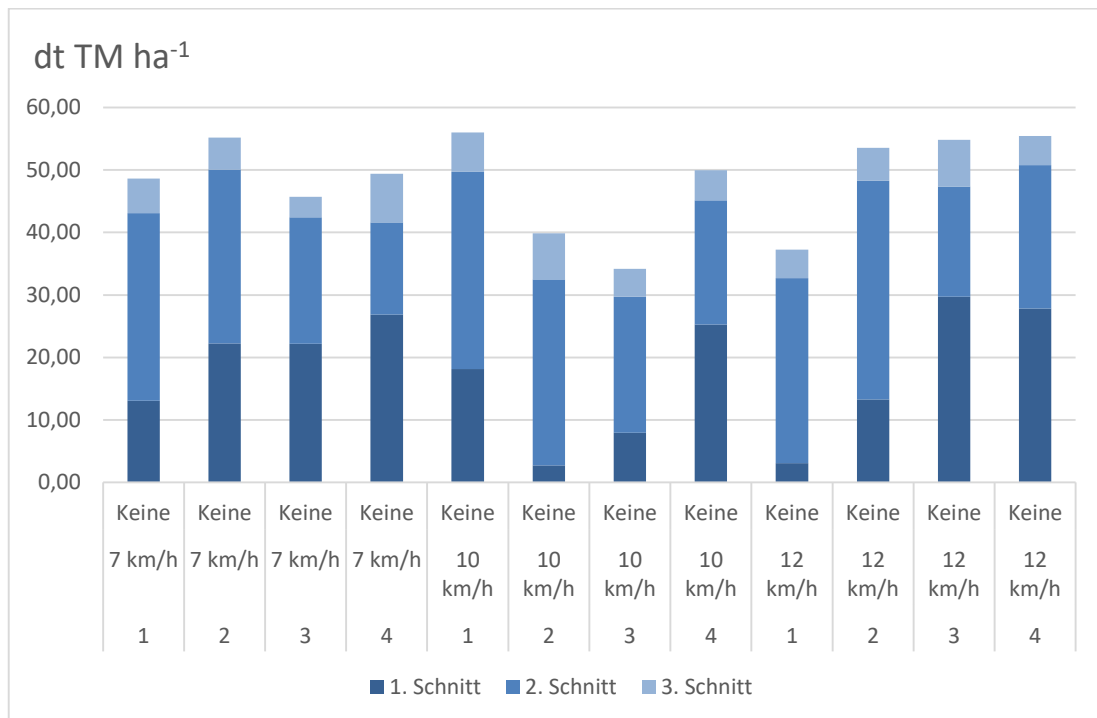


Abbildung 32: Summe der Trockenmasseerträge der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

4.2.3 Rohproteingehalt

Der Rohproteingehalt nimmt im Verlauf der Nutzungstermine bis zum dritten Schnitt zu (s. Abbildung 33). Dabei erreicht die einheitliche Nachsaat mit 17,4 % XP in der Trockenmasse zum ersten und 20 Prozent zum dritten Schnitt jeweils den höchsten durchschnittlichen XP-Gehalt. Zum zweiten Schnitt hat die Variante ohne Nachsaat mit 18,7 % XP in der TM den höchsten Rohproteingehalt. Damit weicht diese Variante um 0,7 Prozentpunkte von der teilflächenspezifischen Nachsaat ab. Auch zum dritten Schnitt zeigt die teilflächenspezifische Nachsaat den geringsten Rohproteingehalt.

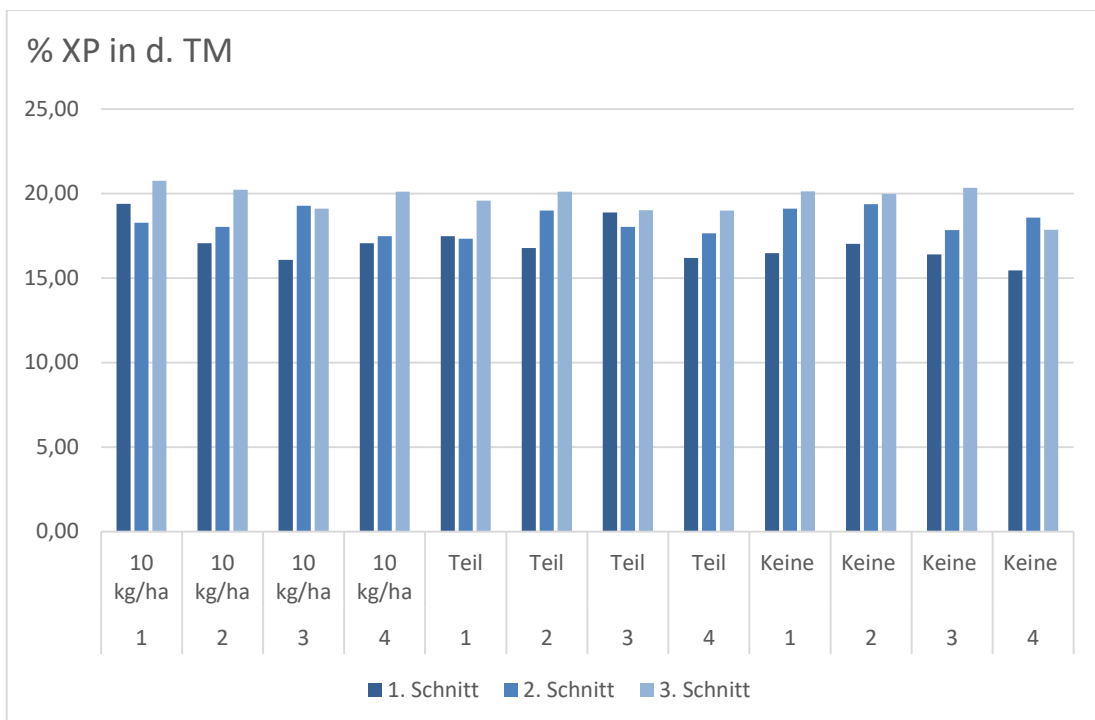


Abbildung 33: Rohproteingehalt der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren

Die Rohproteingehalte nehmen zum zweiten Aufwuchs minimal ab und steigen zum dritten Schnitt auf ein höheres Niveau als das des ersten Aufwuchses (s. Abbildung 34).

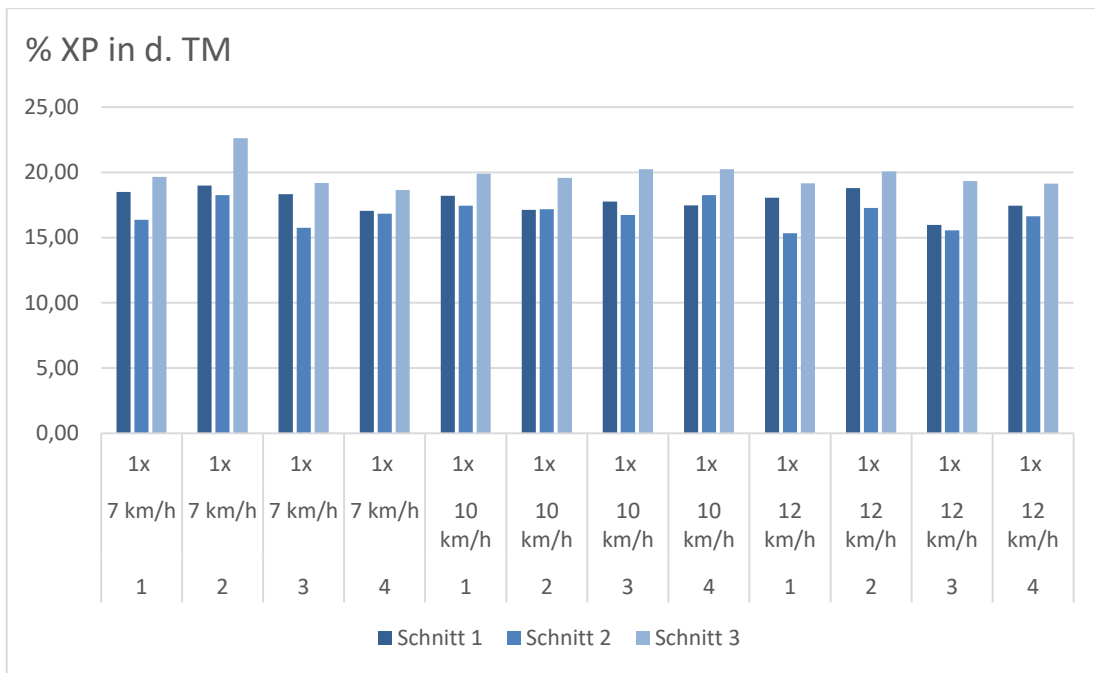


Abbildung 34: Rohproteingehalt der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

In Abbildung 35 werden die Rohproteingehalte bei zweimaliger Vorbeschädigung gezeigt. Hierbei liefert die Variante mit der Arbeitsgeschwindigkeit von 12 km/h die niedrigsten XP-Gehalte, welche im Mittel von dem höchsten Wert bei 7 km/h um etwa 0,5 Prozentpunkte abweicht.

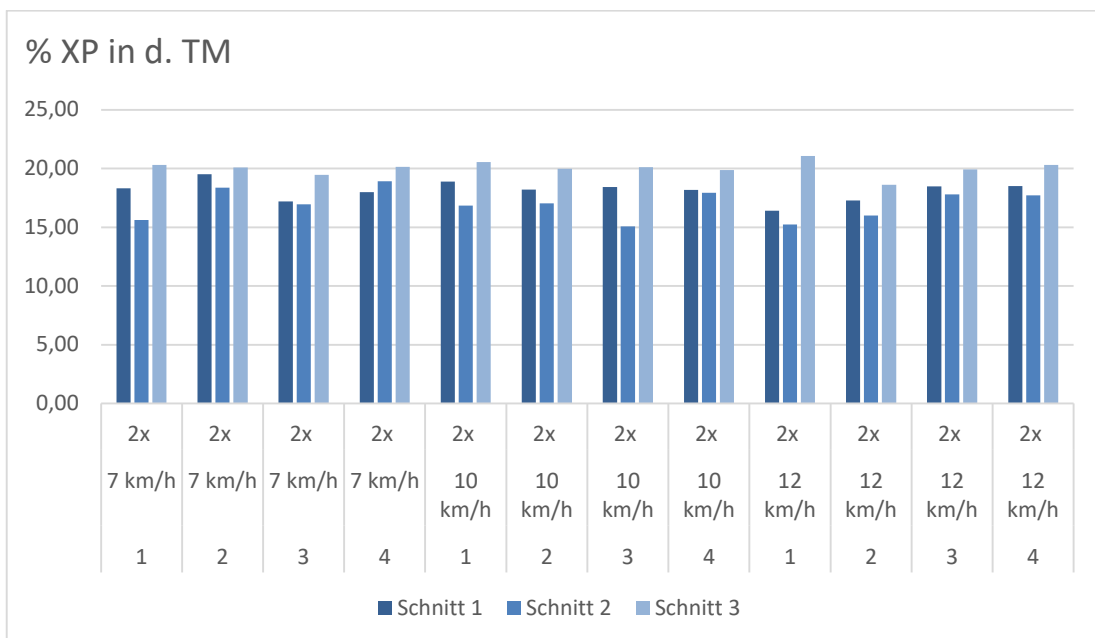


Abbildung 35: Rohproteingehalt der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

Den höchsten mittleren XP-Gehalt erreichen die Varianten ohne Vorbeschädigung im dritten Aufwuchs (s. Abbildung 36). Im Durchschnitt gleichen sich die Rohproteingehalte der ersten beiden Aufwüchse bis auf 0,4 Prozentpunkte an, liegen aber um 3 Prozentpunkte unter dem dritten Aufwuchs.

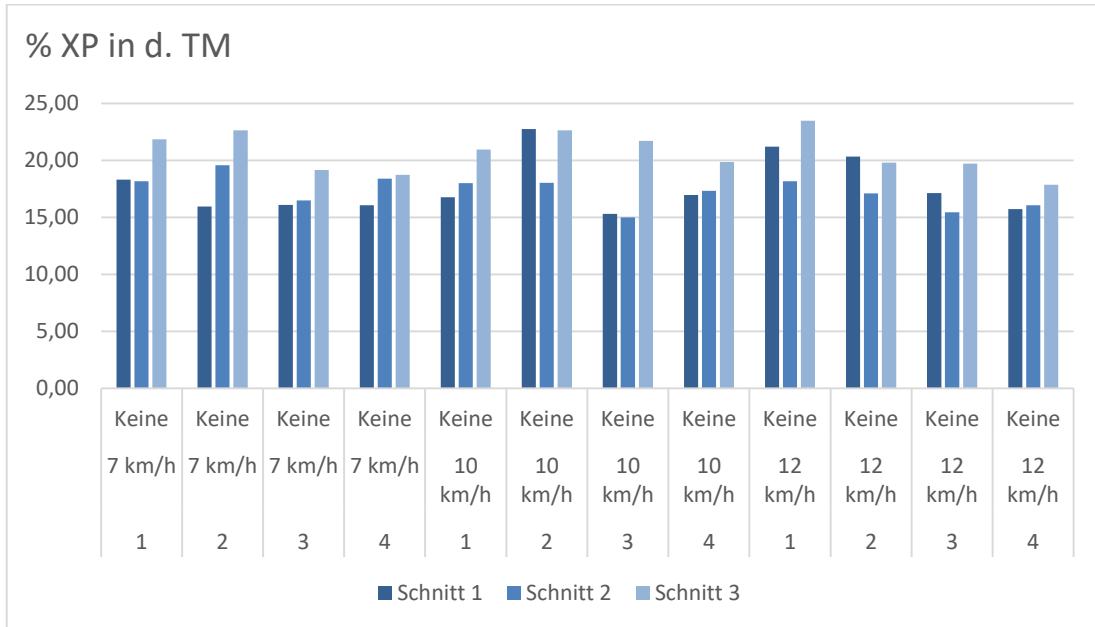


Abbildung 36: Rohproteingehalt der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

4.2.4 Rohproteinерtrag

Der Rohproteinерtrag nimmt im Verlauf der drei Nutzungstermine ab (s. Abbildung 37). Der Ertragsverlust beläuft sich vom ersten zum zweiten Schnitt im Mittel auf 28 Prozent und vom zweiten zum dritten Schnitt auf 60 Prozent. Damit erreicht der dritte Schnitt nur etwa ein Drittel des Rohproteinерtrags vom ersten Aufwuchs. Die teilflächenspezifische Variante kann zum ersten Aufwuchs einen um 34,6 kg XP je Hektar höheren Ertrag erzielen.

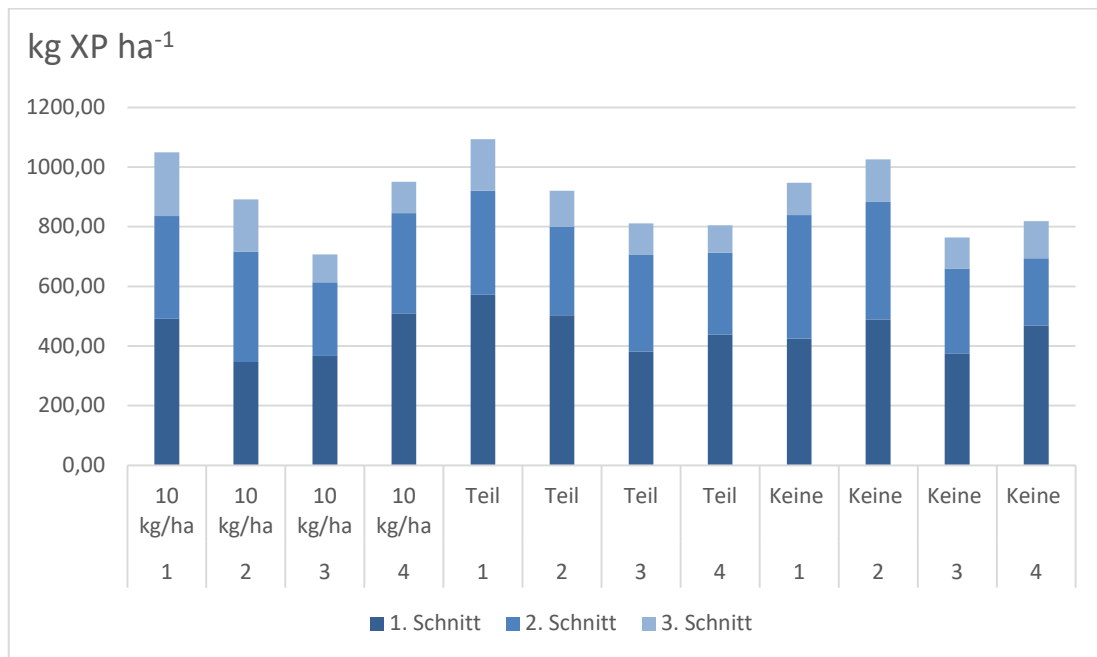


Abbildung 37: Rohproteinерtrag der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren

Alle drei Varianten mit unterschiedlicher Vorbeschädigung zeigen bei einer Arbeitgeschwindigkeit von 10 km/h im Durchschnitt den geringsten Rohproteinерtrag (s. Abbildung 38/Abbildung 40).

Der Rohproteinерtrag nimmt bei einmaliger Vorbeschädigung zum zweiten Schnitt zu (s. Abbildung 38). Der dritte Aufwuchs liefert nur etwa die Hälfte des Rohproteinерtrags vom ersten Aufwuchs. Bei einer Arbeitgeschwindigkeit von 12 km/h wird im Mittel der höchste Gesamtertrag von 831 kg XP je Hektar erreicht. Diese Variante bringt im zweiten Aufwuchs den maximalen mittleren XP-Ertrag von 451 kg XP ha⁻¹.

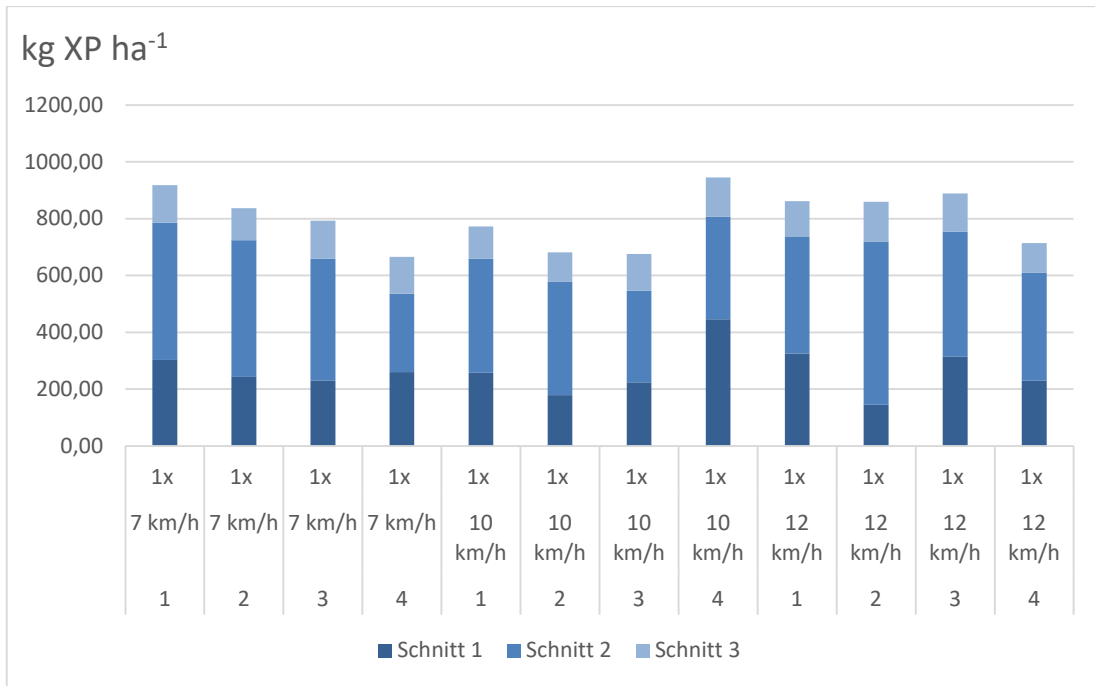


Abbildung 38: Rohproteinерtrag der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

Bei zweimaliger Vorbeschädigung (s. Abbildung 39) zeigt die Variante mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von 7 km/h den höchsten Gesamtertrag von 880 kg XP ha⁻¹. Dabei liefert der erste Aufwuchs etwa 335 kg XP je Hektar, was eine Steigerung von 90 kg XP ha⁻¹ zur Variante mit 10 km/h Arbeitsgeschwindigkeit ausmacht.

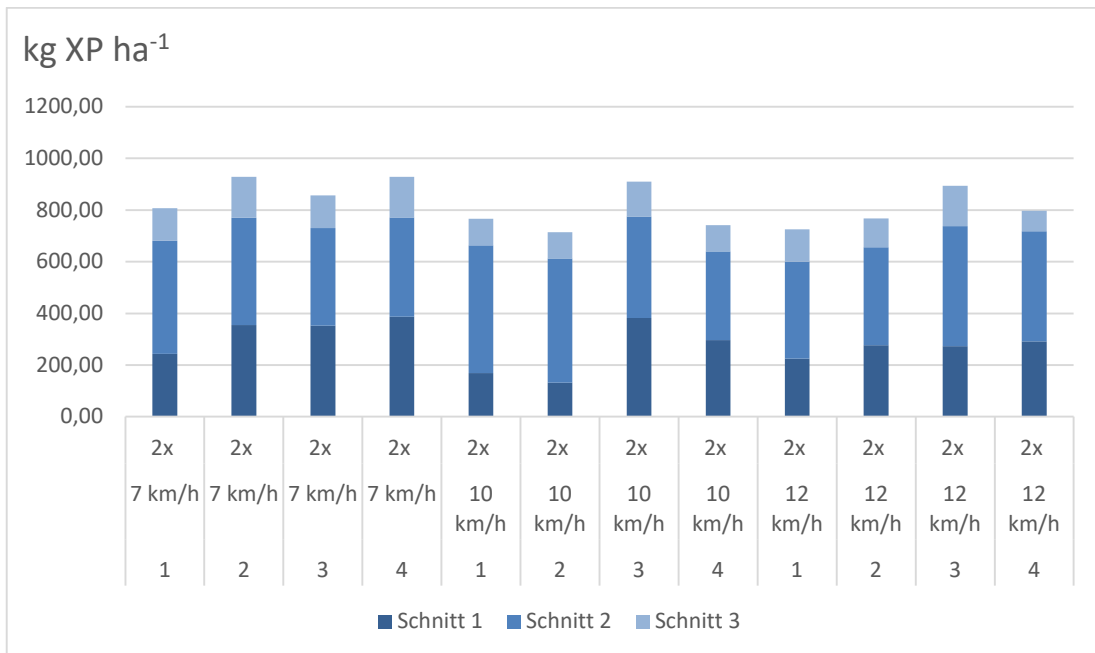


Abbildung 39: Rohproteinерtrag der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

Die Varianten ohne Vorbeschädigung (s. Abbildung 40) zeigen im zweiten Aufwuchs die höchsten XP-Erträge. Bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 7 km/h wird der höchste Gesamtertrag erreicht. Jedoch ist die Abweichung zur Variante mit 12 km/h im Mittel lediglich 5 kg XP ha⁻¹.

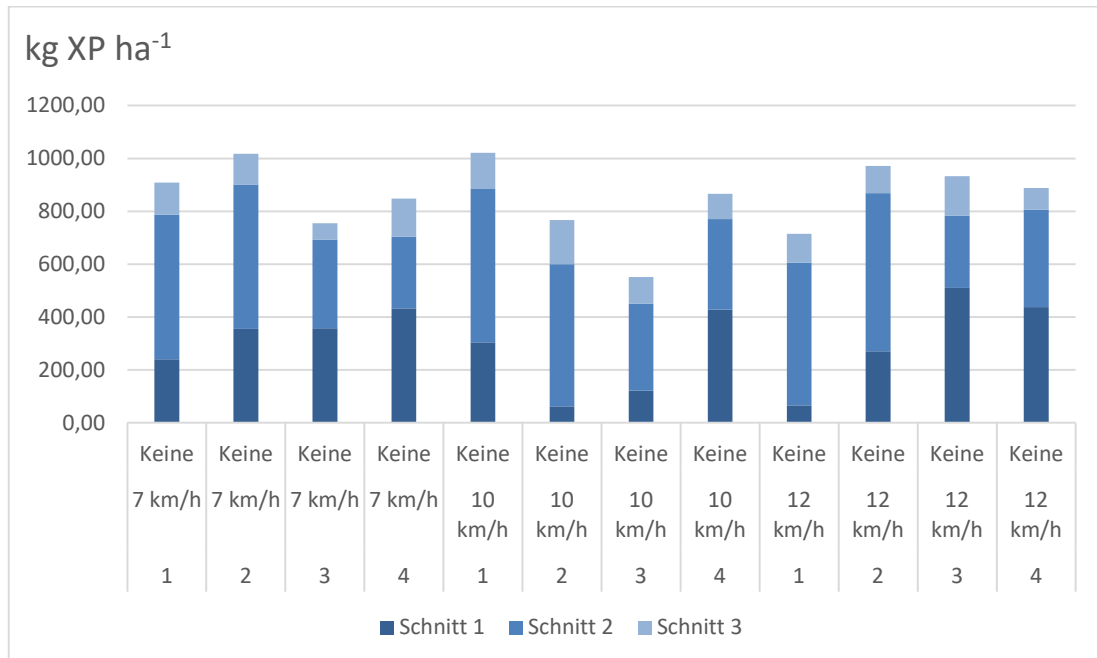


Abbildung 40: Rohproteinерtrag der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

4.2.5 Energiedichte

Die Energiedichte nimmt zum zweiten Aufwuchs in den Varianten ohne Nachsaat und mit einheitlicher Nachsaat durchschnittlich um 0,42 MJ ME je Kilogramm TM ab und bei der teilflächenspezifischen Variante sogar um 0,57 MJ ME. Im dritten Aufwuchs übersteigt die Energiedichte den ersten Aufwuchs (s. Abbildung 41). Der größte Unterschied ist im Mittel mit 0,79 MJ ME kg⁻¹ TM in der teilflächenspezifischen Variante ersichtlich. Diese erreicht zum dritten Schnitt eine Energiedichte von knapp 12 MJ ME kg⁻¹ TM.

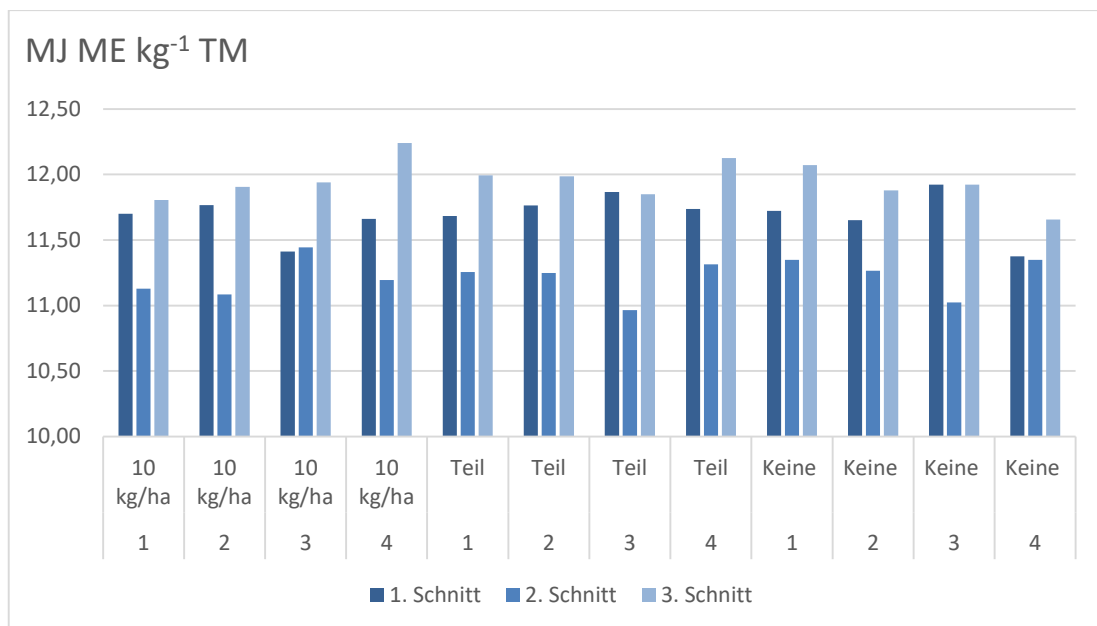


Abbildung 41: Energiedichte der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren

Wird ein Gesamtvergleich angeführt, so weichen die Energiedichten nur zwischen den drei Nutzungsterminen deutlich voneinander ab (s. Abbildung 42). Der erste Aufwuchs hat eine mittlere Energiedichte von 11,96 MJ ME kg⁻¹ TM, der zweite Aufwuchs 10,83 und der dritte Aufwuchs 11,87 MJ ME kg⁻¹ TM.

Bei einmaliger Vorbeschädigung weisen die Varianten im zweiten Aufwuchs die geringste Energiedichte von durchschnittlich 10,79 MJ ME kg⁻¹ TM auf (s. Abbildung 42). Die Variante mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von 12 km/h zeigt über alle Schnitte die geringste Energiedichte. Die höchste mittlere Energiedichte von 11,58 MJ ME kg⁻¹ TM zeigt die Variante bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 10 km/h.

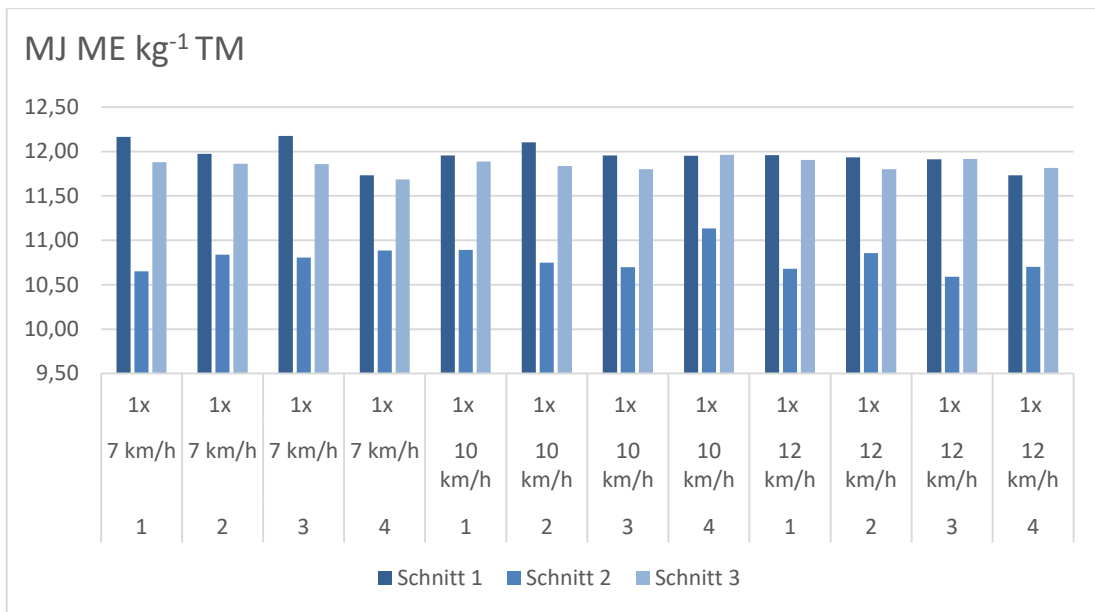


Abbildung 42: Energiedichte der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

Bei zweimaliger Vorbeschädigung und einer Arbeitsgeschwindigkeit von 10 km/h wird eine maximale Energiedichte von 12,1 MJ ME kg⁻¹ TM erreicht (s. Abbildung 43). Die höchste mittlere Energiedichte von 11,59 MJ ME kg⁻¹ TM zeigt erneut die Variante bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 10 km/h.

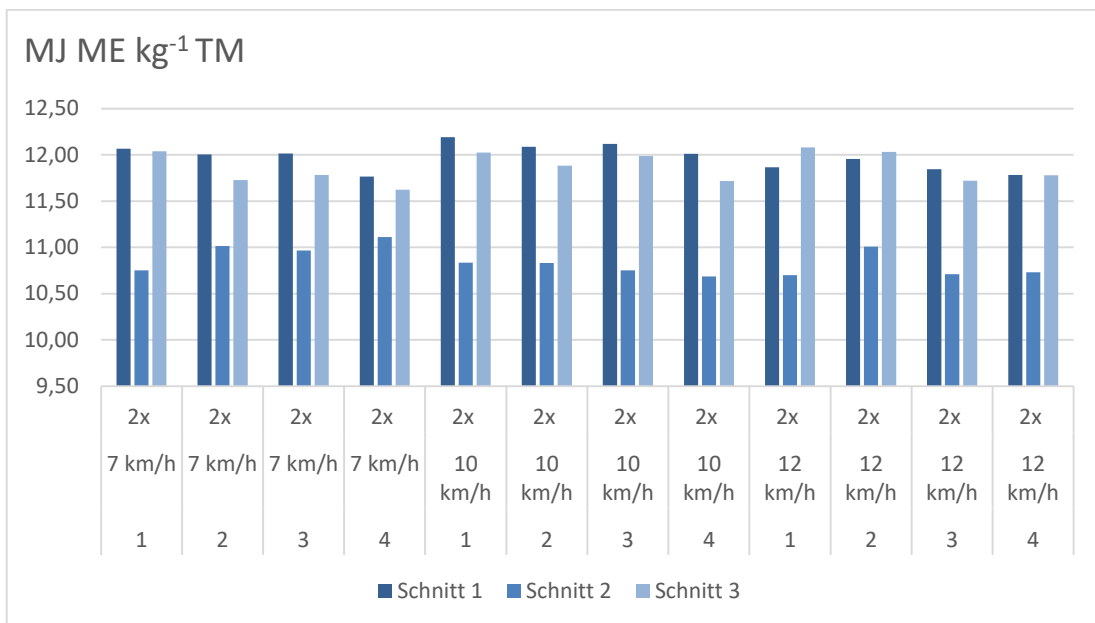


Abbildung 43: Energiedichte der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

Im ersten und zweiten Aufwuchs ohne Vorbeschädigung werden nahezu gleiche Energiedichten bei 7 km/h und 12 km/h erreicht (s. Abbildung 44). Die höchste mittlere Energiedichte von 11,61 MJ ME kg⁻¹ TM liefert die Variante bei 12 km/h Arbeitsgeschwindigkeit, macht im Vergleich zu den anderen Varianten aber nur eine Differenz von 0,13 MJ ME kg⁻¹ TM aus.

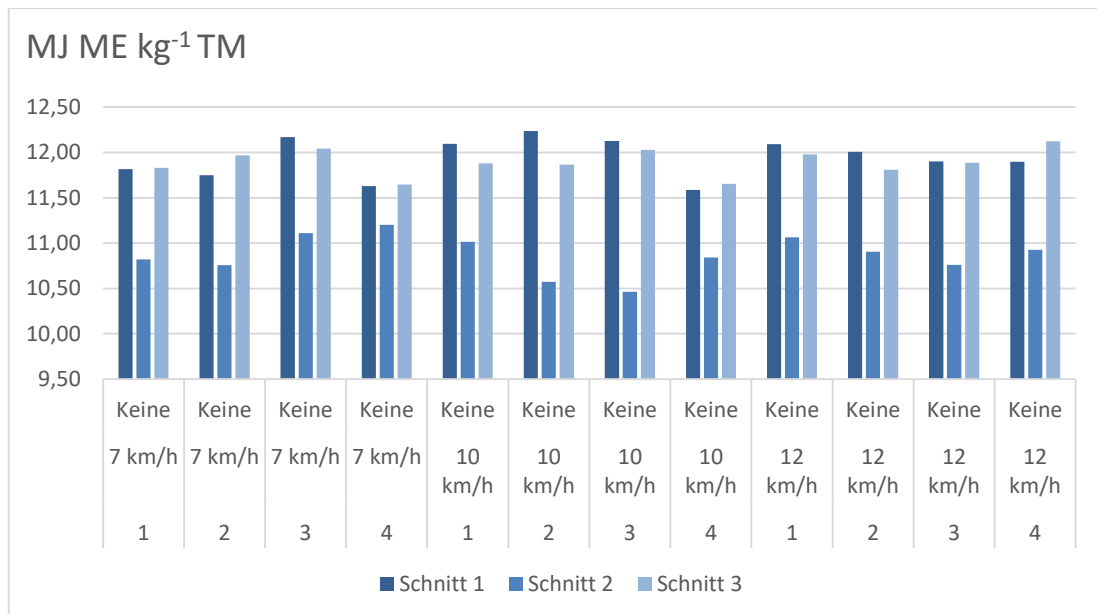


Abbildung 44: Energiedichte der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

4.2.6 Energieertrag

Der Energieertrag nimmt im Verlauf der Nutzungstermine deutlich ab (s. Abbildung 45). Er sinkt vom ersten zum zweiten Schnitt um 36,25 Prozent und zum dritten Schnitt um 60,5 Prozent. Den höchsten Energieertrag liefert die teilflächenspezifische Nachsaat zum ersten Schnitt mit 32.375 MJ ME je Hektar. Zum zweiten und dritten Aufwuchs ist der höchste mittlere Energieertrag bei der einheitlichen Nachsaat feststellbar. Dieser beläuft sich auf 19.991 und 8.657 MJ ME ha⁻¹. Mit einer Abweichung von 600 MJ ME je Hektar liefert die teilflächenspezifische Variante im Mittel den höchsten Gesamtertrag von 59.361 MJ ME ha⁻¹.

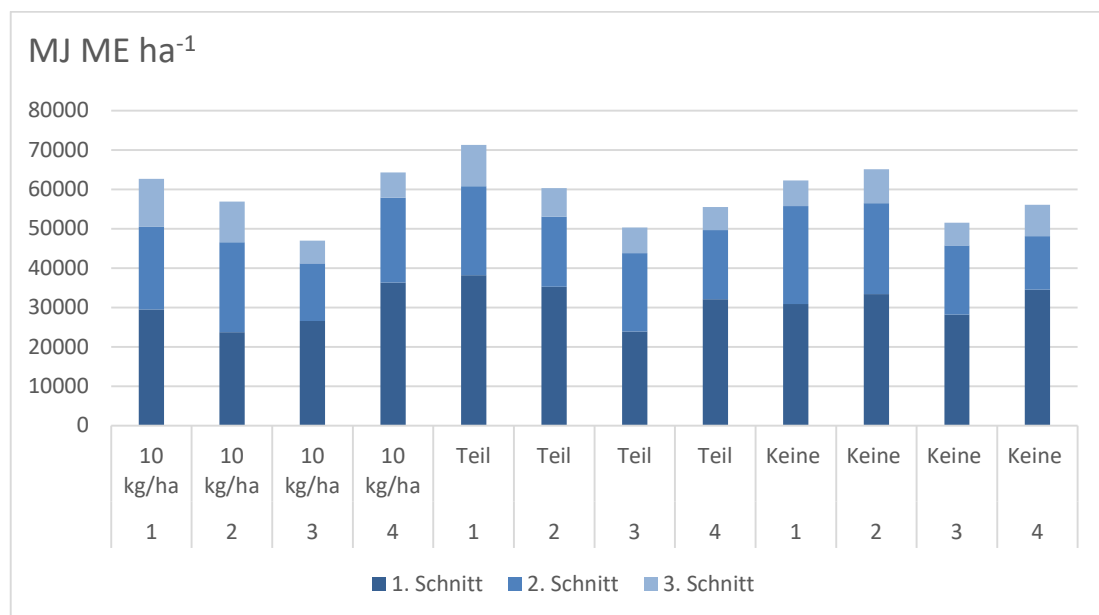


Abbildung 45: Energieertrag der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren

Der Energieertrag nimmt bei einmaliger und zweimaliger Vorbeschädigung vom ersten zum zweiten Aufwuchs deutlich zu (s. Abbildung 46Abbildung 47).

Bei einmaliger Vorbeschädigung und 12 km/h Arbeitsgeschwindigkeit wird der höchste mittlere Energieertrag von 55.124 MJ ME je Hektar generiert.

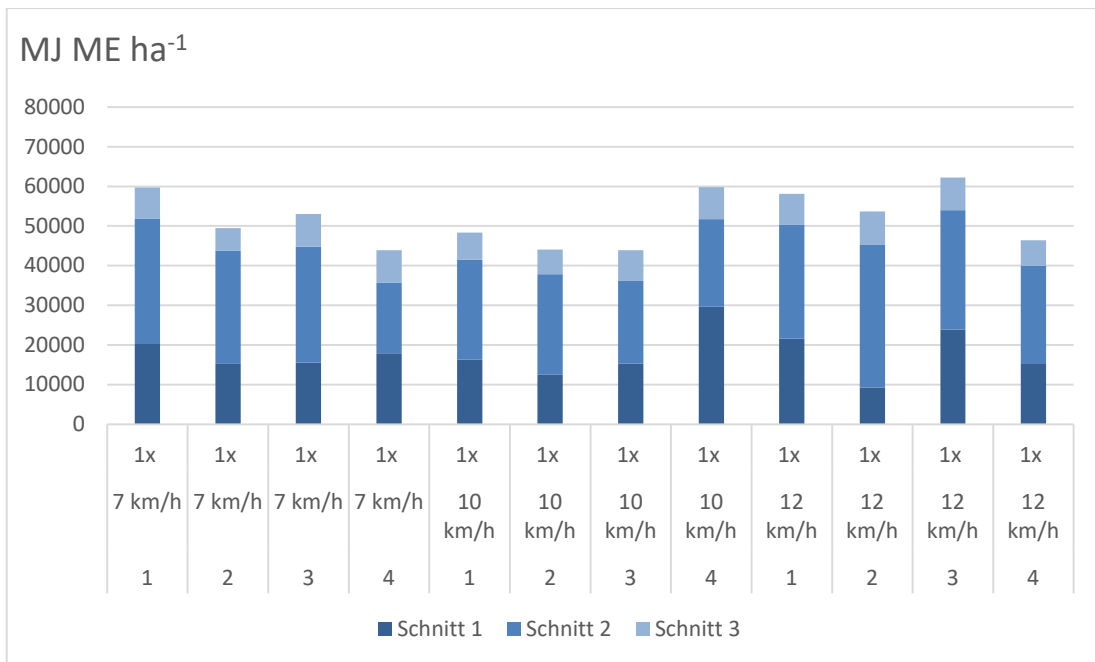


Abbildung 46: Energieertrag der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

Bei zweimaliger Vorbeschädigung ist die größte Differenz zwischen dem zweiten und dritten Aufwuchs der Variante mit 10 km/h Arbeitsgeschwindigkeit zu finden (s. Abbildung 47). Der dritte Aufwuchs weist im Mittel mit 6.476 MJ ME ha⁻¹ nur noch etwa ein Viertel des Energieertrags vom zweiten Schnitt auf.

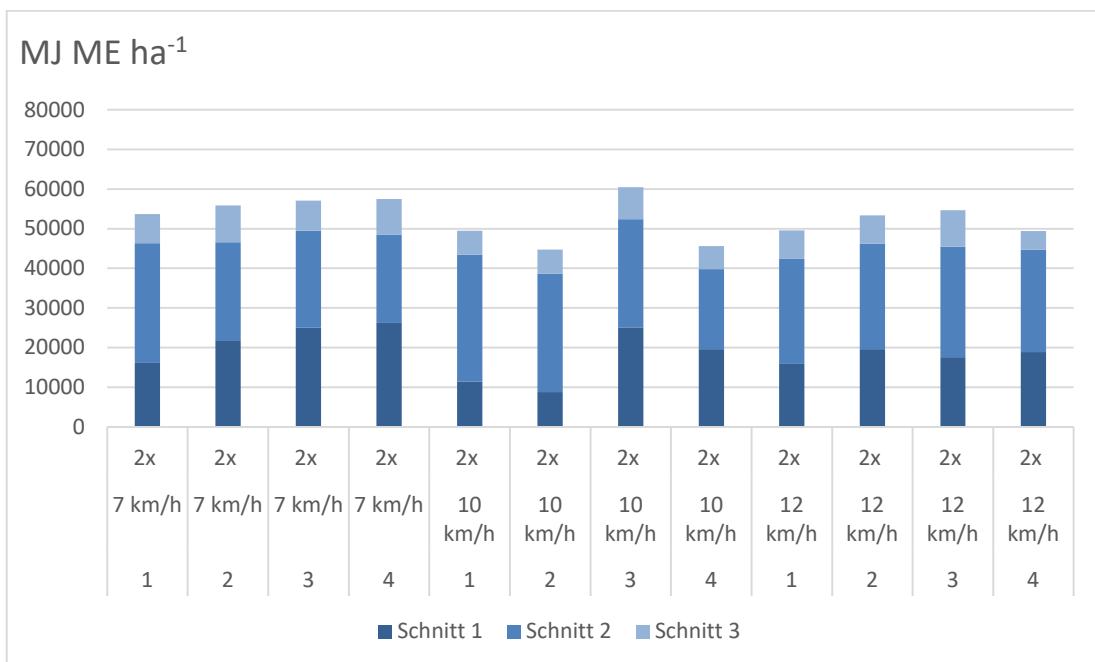


Abbildung 47: Energieertrag der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

Ohne Vorbeschädigung liefert erneut die Variante mit 12 km/h Arbeitsgeschwindigkeit den höchsten mittleren Energieertrag, welche die Variante aus einmaliger Vorbeschädigung um 2.131 MJ ME ha⁻¹ übertrifft (vgl. Abbildung 46 Abbildung 48). Im ersten Aufwuchs erreicht die Variante ohne Vorbeschädigung und 7 km/h Arbeitsgeschwindigkeit über alle Varianten den höchsten Energieertrag von 24.980 MJ ME ha⁻¹.

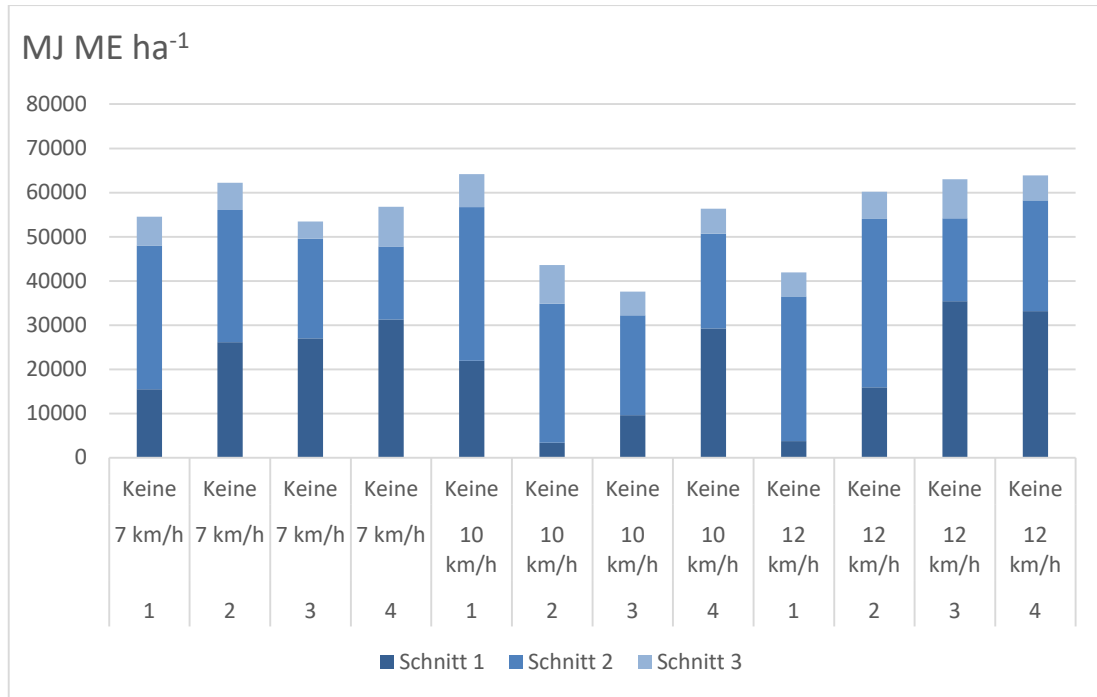


Abbildung 48: Energieertrag der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

4.2.7 Stickstofffixierungsleistung

Die Stickstofffixierungsleistung ist im ersten Block von Versuch 1 jeweils am höchsten (s. Abbildung 49). Bei der einheitlichen Nachsaat mit 10 kg ha⁻¹ werden im ersten Aufwuchs 10,6 kg N ha⁻¹ gebunden. Im Gegensatz dazu erreicht die teilflächenspezifische Variante eine N-Anreicherung von 23,6 kg N ha⁻¹, welche die höchste Leistung je Aufwuchs ist. Im zweiten Aufwuchs generiert nur die einheitliche Nachsaat im Block 4 eine wesentliche Fixierung von 17,7 kg N je Hektar. Zum dritten Aufwuchs erreicht die teilflächenspezifische Variante im Block 1 eine Erhöhung um 10,2 kg N ha⁻¹ auf die insgesamt höchste Stickstofffixierungsleistung von 33,8 kg N ha⁻¹. Bei der einheitlichen Nachsaat wird die N-Fixierung um etwa 16,8 kg N ha⁻¹ auf insgesamt 27,4 kg N ha⁻¹ gesteigert.

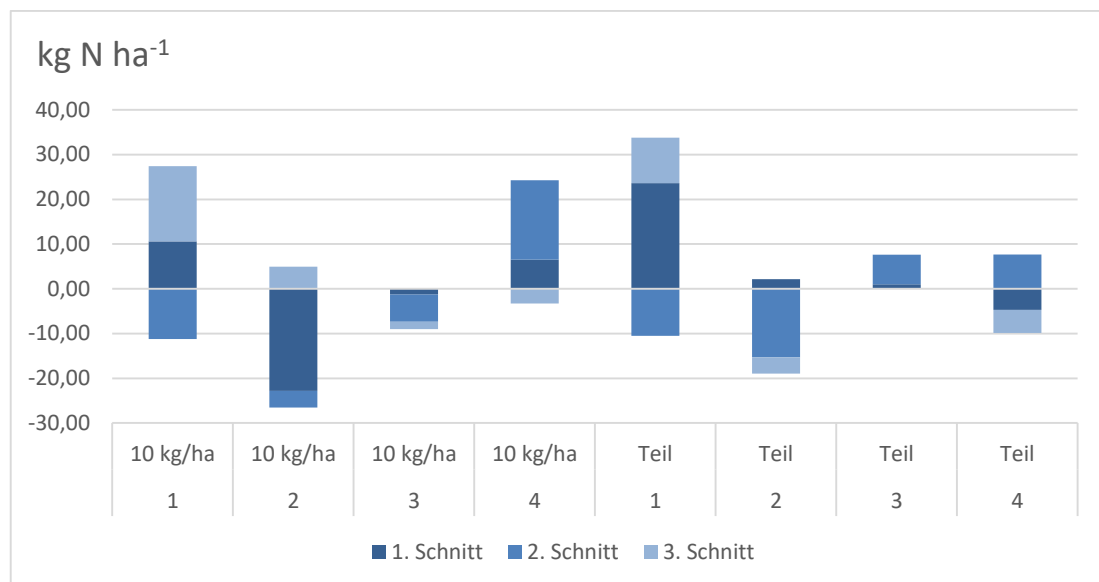


Abbildung 49: Stickstofffixierungsleistungen der Aufwüchse von Versuch 1

4.2.8 Verdaulichkeit

Die Verdaulichkeit liegt im Mittel mit 82,7 Prozent zum ersten und dritten Aufwuchs auf einem gleichen Niveau (s. Abbildung 50). Lediglich der zweite Schnitt weist eine geringere Verdaulichkeit von 75,5 Prozent auf.

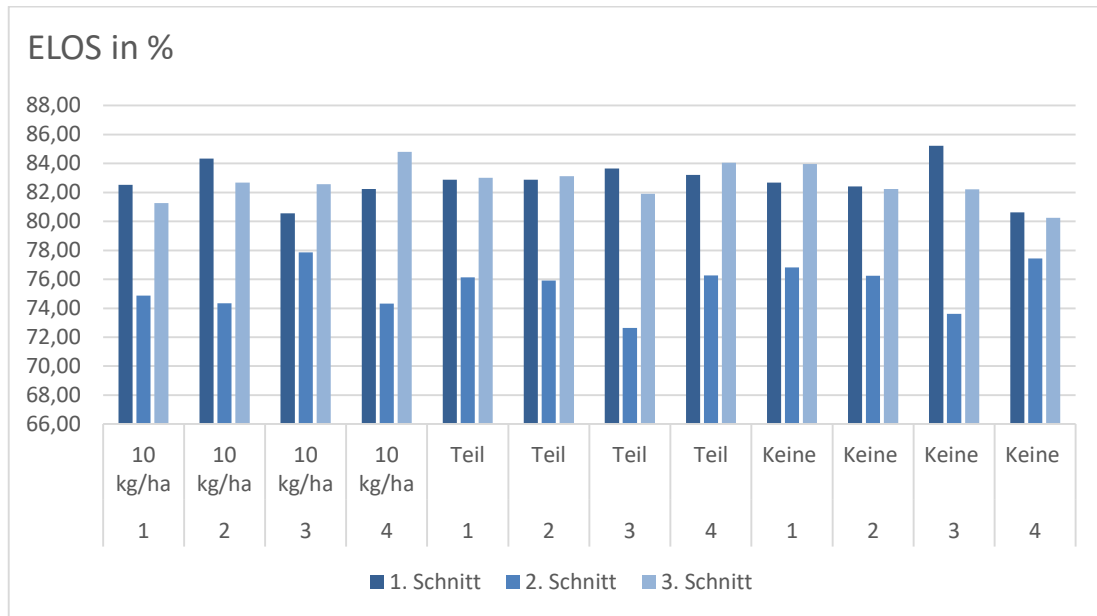


Abbildung 50: ELOS der Aufwüchse von Versuch 1 in Abhängigkeit der Etablierungsverfahren

Die niedrigste Verdaulichkeit ist für alle Varianten im zweiten Aufwuchs mit 72 Prozent feststellbar (vgl. Abbildung 51/Abbildung 53). Die höchste Verdaulichkeit hingegen liefert der erste Aufwuchs mit durchschnittlich 86,3 Prozent. Die unterschiedlichen Arbeitsgeschwindigkeiten zeigen ebenso wie die Vorbeschädigungen keinen deutlichen Effekt auf die Verdaulichkeit. Es ist eine Abweichung der Mittelwerte von maximal einem Prozentpunkt ersichtlich.

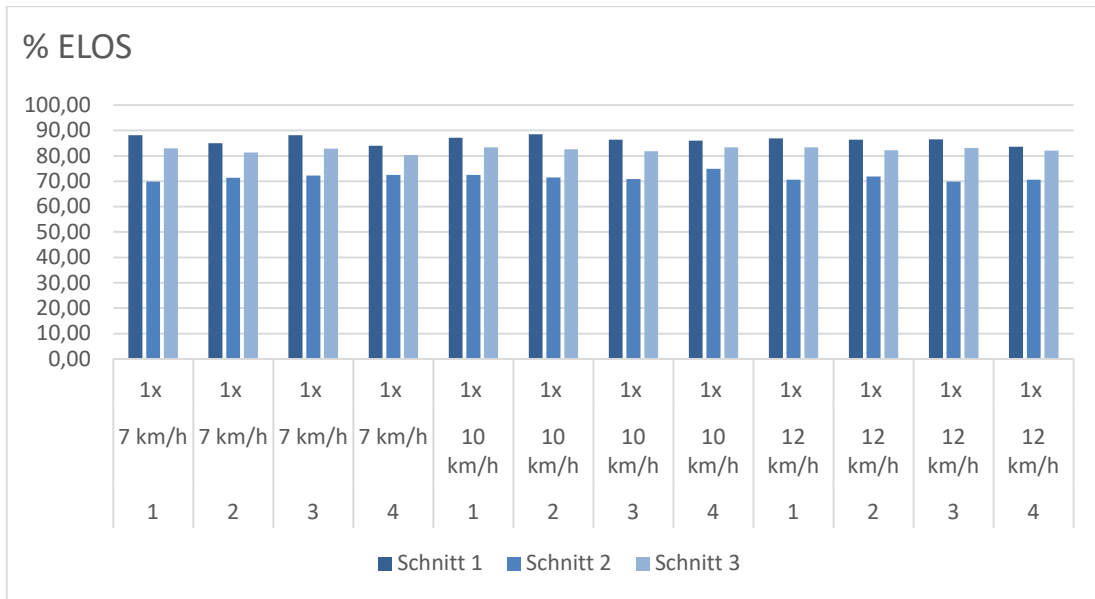


Abbildung 51: ELOS der Aufwüchse von Versuch 2 bei einmaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

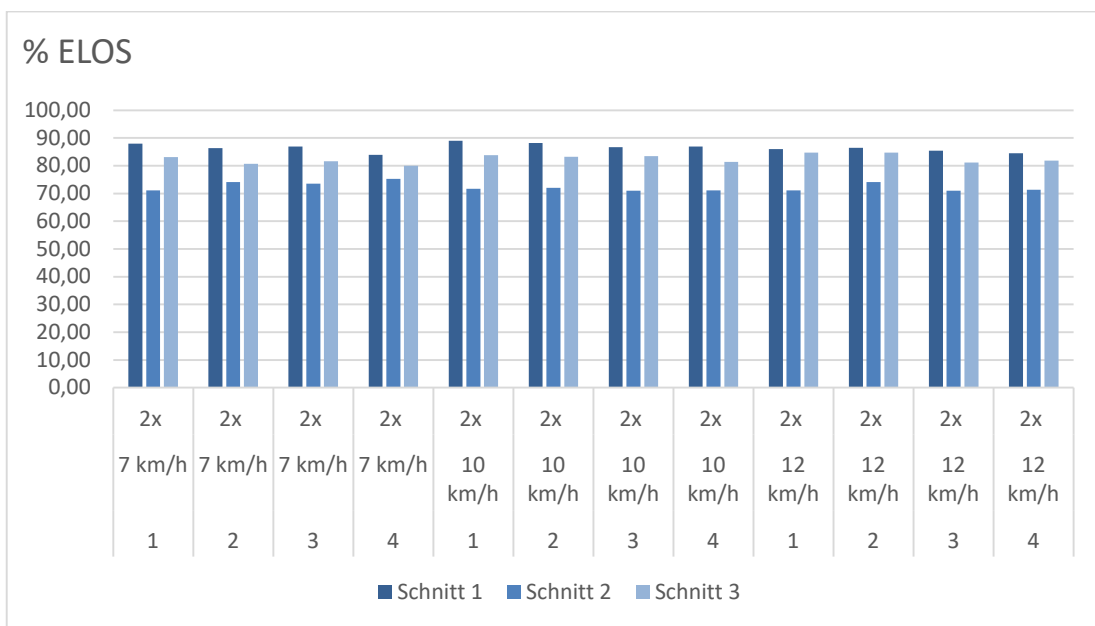


Abbildung 52: ELOS der Aufwüchse von Versuch 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

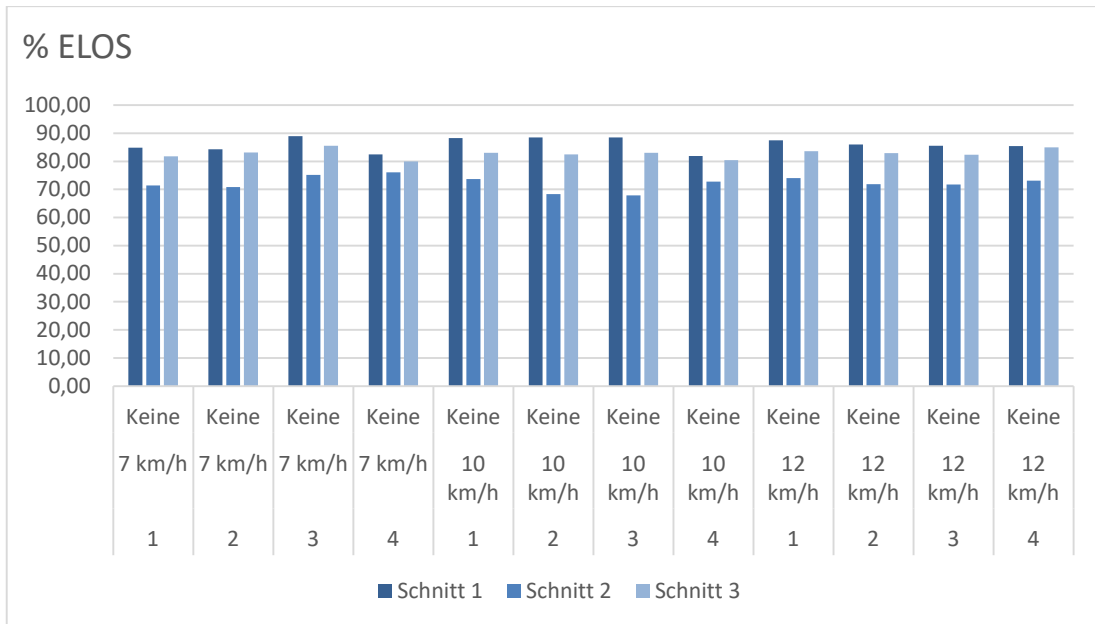


































Abbildung 53: ELOS der Aufwüchse von Versuch 2 ohne Vorbeschädigung in Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit

4.3 Überblick

Die Mittelwerte der Parameter aus der NIRS, die in keinem Diagramm dargestellt sind, sind in den Tabellen im Anhang 45 Anhang 59 veranschaulicht. Die Rohaschegehalte belaufen sich über alle Versuche und Varianten durchweg unter dem Grenzwert als Verschmutzungsgrad von 10 Prozent.

In der Tabelle 17 sind die Vorteile und Nachteile der Verfahren Schlitzsaat, Frässaat, Gemengeanbau und teilflächenspezifische Übersaat aufgeführt.

Tabelle 17: Vor- und Nachteile der differenzierten Etablierungsverfahren von Leguminosen in Feldgras- und Grünlandbestände

	Schlitzsaat	Frässaat	Gemenge	Teilflächenspezifische Übersaat
Etablierungserfolg				
Zeitlicher Arbeitsaufwand				
Technische Voraussetzung				
Saatgutbedarf				
Energieertrag				
Rohprotein-ertrag				
Insektenschutz				
Saatgutablage				

5 Diskussion

In diesem Abschnitt werden die beiden, in getrennten Versuchen durchgeführten Verfahren, bewertet: Zum einen die Streifensaat von Rotklee, Hornklee und Luzerne in Feldgras und zum anderen die teilflächenspezifische Rotklee Übersaat mittels Striegeleinsatz im Dauergrünland.

Die Trockenmasseerträge im ersten Nutzungsjahr 2020 waren unterdurchschnittlich gering. Voraussetzung für hohe TM-Erträge ist eine ausreichende Jugendentwicklung im Ansaatjahr 2019. Nach den Niederschlägen im Juni, Juli und August des Jahres 2019 waren die Witterungsbedingungen zur Aussaat Anfang August für die Saat vorerst ungünstig. Zwar konnten geringe Niederschläge unmittelbar nach der Aussaat die Keimung hervorrufen, allerdings sind in etwas tieferen Bodenschichten die Wasservorräte für eine gute Wurzelentwicklung noch nicht ausreichend gewesen. Im September und Oktober konnte weiterhin Regen verzeichnet werden, der die Entwicklung der Jungpflanzen förderte, jedoch keinen nutzbaren Ertrag generierte. Darüber hinaus basiert das gehemmte Wachstum auf einer geringen Nährstoffverfügbarkeit im Boden. Bevor der organisch gebundene Stickstoff aus dem Rindermist und der langjährigen organischen Düngung von den Pflanzen genutzt werden kann, muss dieser mineralisiert werden. Der folglich nur langsam verfügbare Stickstoff kann den für die Entwicklung der Wurzel- und Blattmasse erhöhten Nährstoffbedarf des Weidelgrases nicht decken. Die zur Saat gewählte Grundbodenbearbeitung mittels Pflug fördert die Mineralisation und bekämpft sowohl das Ausfallgetreide der Vorfrucht Gerste als auch das langjährige Mäuseproblem der Fläche. Negativ in diesem Zusammenhang ist der hohe Wasserverbrauch des Bodenbearbeitungsverfahrens, der in trockenen Jahren besonders Beachtung finden sollte.

Hohe Niederschläge im Februar 2020 konnten den Bodenwasservorrat zum Teil auffüllen. Dieser war für den ersten Aufwuchs essenziell, da in den Folgemonaten März, April und Mai nur sehr geringe Regenfälle fielen. Der 05. Mai ist für diese Region in der Höhenlage eine sehr früher Erntetermin (KIVELITZ o. J. S. 4). Das wird dadurch bestätigt, dass sich die Gräser zum Schnittzeitpunkt noch im Entwicklungsstadium des Schossen befunden haben. Infolge eines Kälteeinbruchs stagnierte das Massenvachstum, sodass verhältnismäßig geringe Erträge von 15 dt Trockenmasse je Hektar in den Parzellen ohne Leguminosen erreicht wurden. Der Verzicht auf die praxisübliche Frühjahrsdüngung mit Rindergülle oder Mineraldünger ließ ebenfalls niedrige Erträge erwarten. Mit Stickstoff gedüngte Weidelgräser können einen deutlich höheren Masseertrag vorweisen und erzielen im Vergleich dazu Trockenmasseerträge von

etwa 50 dt ha⁻¹ (LIU et al. 2017 S. 23364 ff., BERKEMEIER 2020 S. 2). Der frühe Nutzungstermin soll den Wasserverbrauch der Gräser reduzieren, um eine folgende Etablierung der Leguminosen zu vereinfachen.

Der signifikant höhere Trockenmasseertrag des Rotklee-Gras-Gemenges im Vergleich zum Gemenge mit Hornklee oder Luzerne, deutet auf eine erfolgreiche Nodulation und Rhizodeposition hin. Dadurch wird die Nährstoffverfügbarkeit in unmittelbarer Nähe der Pflanze deutlich verbessert. Dies bestätigt auch der vitalere optische Eindruck des Gemenges und die um 12 kg je Hektar höhere Stickstofffixierungsleistung im Vergleich zu Kontrolle. Der Rotklee nimmt mit etwa 20 Prozent den größten Artenanteil der Leguminosen im Gemenge ein. Folglich ist die Anbauwürdigkeit im klassischen Gemengeanbau durch die schnellere, zuverlässigere Entwicklung und größere Konkurrenzkraft des Rotklees gegenüber den Gräsern höher. Im ersten Schnitt führen Luzerne und Hornklee im Gemenge zu keinen höheren Trockenmasseerträgen. Wie die Beobachtungen zeigen, ist auch deren Arten- und Ertragsanteil sehr gering. Deutlich wird die geringe Konkurrenzkraft des Hornklees, welche durch den hohen Lichtanspruch begründet ist. Durch die Frohwüchsigkeit des Welschen Weidelgrases entstehen hohe Beschattungseffekte, welche in diesem Falle die Gemengepartner unterdrücken. Diesen Eindruck belegt die Aussage von VOIGTLÄNDER und JACOB (1987 S. 39 f.) bezüglich der Lichtempfindlichkeit des Hornklees.

Alle Varianten mit Luzerne zeigen eine schlechte Anfangsentwicklung. Dies ist in direkter Weise mit der Beschreibung der Sorte Fleetwood vereinbar, da diese über eine unterdurchschnittliche Anfangsentwicklung verfügt (BUNDESSORTENAMT 2018 S. 98). Die Luzernepflanzen sind maximal fünf Zentimeter hoch gewachsen und bilden somit keinen Ertragsanteil aus. Im Gemenge zeigt sich ein Artenanteil der Luzerne von nur einem Prozent. In der Schlitzsaat hat sich die Luzerne mit fünf Prozent Anteil etwas besser etabliert. In den Gemengen der Luzerne und des Hornklees ist keine Erhöhung des Rohproteins festzustellen, da der Anteil der Leguminosen an dem Erntegut niedrig bis nicht vorhanden ist. Durch eine Spatenprobe wird die fehlgeschlagene Besiedlung mit Rhizobien im Luzernegemenge deutlich. Verantwortlich dafür kann die Sensitivität der Rhizobien bezüglich der Wasserstoffionenkonzentration im Boden sein, die offenbar sehr hoch ist. Außerdem ist die Jugendentwicklung der Luzerne und des Hornklees vergleichsweise langsam, wodurch die Konkurrenzkraft in der Etablierungsphase als niedrig eingestuft werden kann (KÖHLER 2019 S. 1). An dieser Stelle ist eine Keimbettkalkung eine empfehlenswerte Maßnahme, womit beide Aspekte verbessert werden können (HERMANN et al. 2015 S. 91, PFANNKUCHEN 2019 S. 22).

Als einen weiteren möglichen Grund für den schlechten Feldaufgang und der insgesamt kümmerlichen Pflanzenentwicklung ist die ungeschützte Höhenlage von 530 m über NN des Versuchsstandortes zu nennen. Jedoch hat vor allem die anhaltende Trockenheit der letzten zwei Jahre die Wasserreserven im Boden stark zurückgehen lassen. Somit ist nicht ausreichend Feuchtigkeit für die Keimung der Luzernesaat im Oberboden verfügbar gewesen.

Die im zweiten Schnitt gemessenen XP-Gehalte können mit acht Prozent in der Trockenmasse als niedrig eingestuft werden, welche sich durch das hohe physiologische Alter des Grases zum Erntezeitpunkt begründen lassen. Es befindet sich im Stadium der Blüte, in dem die Nährstoffkonzentration und die Verdaulichkeit durch die Lignifizierung nachweislich geringer ausfallen (OPITZ VON BOBERFELD 1994 S. 220 f., LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011 S. 679). Die Proteingehalte des klassischen Rotklee-Gemenge lassen sich gleichermaßen im Erntegut wie bei der ersten Beprobung durch eine bedeutende Menge an synthetisiertem Luftstickstoff erklären. Obwohl in den herkömmlichen Gemengen vergleichsweise größere Mengen Luftstickstoff durch Hornklee ($7,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$) und Luzerne ($4,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$) gebunden werden können, reichen diese nicht aus, um nennenswerte Unterschiede in den Eiweißkonzentrationen im Vergleich zur Kontrolle zu generieren. Eine Schwefelgabe in Höhe von 30 bis 69 kg ha^{-1} hätte den Rohproteintrag vermutlich angehoben (BECKER o. J. S. 1 f., BÖHM 2016 S. 74 f.).

Die Energiedichte liegt im Durchschnitt der Varianten im ersten Aufwuchs bei etwa $11,6 \text{ MJ ME je Kilogramm Trockenmasse}$ und ist durch den frühen Nutzungstermin Anfang Mai als hoch zu bewerten. Der Energiegehalt von gräserreichen Aufwüchsen beträgt beim Schossen in der Regel $12 \text{ MJ ME kg}^{-1} \text{ TM}$. Je höher der Kräuteranteil ist, desto niedriger entwickelt sich der Energiegehalt (NUSSBAUM et al. 2004 S. 4 f.). Durch die Schnittnutzung des zweiten Aufwuchses, der sich nach einer Wachstumsperiode von sechs Wochen in der Blüte befand, ist eine geringe Energiedichte anzunehmen. Dies wird mit einem Durchschnittswert von $10,4 \text{ MJ ME kg}^{-1} \text{ TM}$ bestätigt. Zu begründen ist die niedrigere Energiedichte mit dem späteren Erntetermin und einem Stickstoffmangel. Mangelsymptome wie beispielsweise eine schwache Bestockung, reduzierte Wurzelbildung, frühzeitige Einleitung der Blüten- und Fruchtbildung und ein hellgrünes Erscheinungsbild sind übliche Stressantworten (LÜTKE ENTRUP und OEHMICHEN 2006 S. 462). Der höhere Energiegehalt des Rotklee-Gras-Gemenges basiert einerseits auf dem hohen Leguminosenanteil, andererseits auf der starken N-Fixierungsleistung. Im Hornklee-Gras-Gemenge sinkt der Energiegehalt

mit zunehmendem Alter des Bestandes durch eine rasche Lignifizierung des Hornklees, der etwa zehn Prozent Ertragsanteile ausmacht. Der angelegte Versuch im Rahmen dieses Projekts ist zum Teil als weiterführende Forschung des Versuchs von LASER, KÖHNKE und LEITHOLD (2009 S. 175 – 178) zu betrachten, die ebenfalls eine Qualitätsabnahme in Hornkleegemengen verzeichneten. Auch im ersten Aufwuchs fällt das Hornkleegemenge durch den niedrigsten Energiegehalt auf.

Die Energiedichten des zweiten und dritten Aufwuchses liegen in etwa auf dem gleichen Niveau. Dies ist ebenfalls durch die fortgeschrittene Pflanzenentwicklung und dem gesteigerten Leguminosenanteil zu begründen. Die Kontrolle besitzt den höchsten Gehalt mit $10,6 \text{ MJ ME kg}^{-1} \text{ TM}$, da dort keine Leguminosen etabliert sind. Vor allem die Frässaatvarianten können aufgrund der hohen Verunkrautung keine höheren Energiedichten generieren.

Die streifenförmige Bearbeitung des Bodens zeigt eine gleichmäßige Einarbeitung der Wurzel- und Blattmassen des Weidelgrases. Die trockene Witterung nach der Aussaat mit der Schlitzsämaschine begünstigt das Absterben der Grasstoppeln durch Vertrocknen, wodurch ein Neuaustrieb dieser verhindert wird. Der Eingriff durch das Schlitzverfahren ist ein stark reduzierter Eingriff, der die Bodenbearbeitung auf ein Mindestmaß begrenzt. Dadurch entstehen signifikant geringere Ertragsverluste als bei dem Frässaatverfahren. Die Wechselwirkungen zwischen Saattechnik und Leguminosenart sind ebenfalls signifikant. Die Erntemengen der Schlitzsaatvarianten liegen fünf Wochen nach der Etablierung auf einem gleichen Niveau wie die Kontrollvariante mit der Gräserreinsaat. Da die Grasnarbe durch den Arbeitsgang des Fräsens auf etwa die Hälfte ausgedünnt worden ist, wird hier ein erheblicher Ertragsrückgang erwartet. Im Versuch konnte lediglich ein Ertragsverlust von 28 Prozent festgestellt werden. Daraus lässt sich schließen, dass die noch vorhandenen Graspflanzen die Ressourcen der freien Zwischenräume in den Fräsreihen ausnutzen. KILCHER und HEINRICHS (1971 S. 317 – 322) wiesen dies ebenfalls in einem Versuch nach, in dem Reihenabstände von bis zu 90 Zentimetern gewählt wurden und in aridem Klima trotzdem hohe Erträge erreicht werden konnten.

Die Gemenge können durch ihren Entwicklungsvorsprung insgesamt größere Mengen Biomasse generieren. Dennoch ist das Ertragsniveau als niedrig zu bewerten. Ursächlich dafür ist der relativ zum langjährigen Mittel geringe Niederschlag. Erkennbar ist dies an der Reduzierung der Nebentriebe der Graspflanzen und der vorzeitigen Einleitung der generativen Phase. Diese Beobachtungen werden durch die Thesen

von POTT und HÜPPE (2007 S. 253), dass die Beschleunigung der generativen Phase eine Folge der Trockenheit ist, untermauert.

Die Leguminosen im Gemenge können ihre Vorteile durch ein ausgeprägtes Wurzelsystem geltend machen. Infolgedessen sind diese in der Lage Wasser und Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten zu nutzen. Auffällig ist in diesem Zusammenhang das Hornklee-Gras-Gemenge, da die Leguminose ihren Artenanteil trotz anhaltender Trockenheit erhöhen konnte. Es ist anzunehmen, dass dem Hornklee durch die trockenheitsbedingte Reduzierung der Grastriebe mehr Licht zur Verfügung steht. Dies wird auch durch die Stickstofffixierungsleistung gezeigt, die im Vergleich zur ersten Nutzung aufgrund von zunehmender Nodulation ansteigt. Untersuchungen zeigen, dass die Nodulation einen Einfluss auf den pflanzlichen Metabolismus hat und die Blattseneszenz durch höhere Kaliumkonzentrationen verzögert wird. Die Trockentoleranz wird durch diese Effekte verbessert (STAUDINGER und WIENKOOP 2016 S. 11 f.).

Zum dritten Schnitt ist der höhere Ertrag der Schlitzsaat des Hornklees im Vergleich zum klassischen Hornklee-Gras-Gemenge auffällig. Der Masseanteil des Hornklees an dem Erntegut ist auf Grund der niedrigen Wuchshöhe gering. Durch eine hohe Stickstofffixierungsleistung des Hornklees und dadurch bedingt stärkeren Rhizodeposition, ergibt sich eine Förderung des Weidelgrases und folglich ein höherer Ertrag des Gemenges. Eine grundsätzliche Trockentoleranz des Hornklees widerspricht den signifikanten Unterschieden der Varianzanalyse, sodass die Aussage von DUKE, dass Hornklee trocken tolerant sei, für die Phase der Jugendentwicklung nicht bestätigt werden kann (DUKE 1981 S.126).

Die Heterogenität der Parzellen ist einerseits durch den zunehmenden Mäuse- und Blattrandkäferbefall zu erklären, der im Rotklee-Gras-Gemenge an der erhöhten Standardabweichung zu sehen ist. Die These von ANDERSEN (1931 S. 5 f.), dass Hornklee bevorzugt von Blattrandkäfern befallen wird, kann widerlegt werden. Beweis dafür ist die deutlich höhere Knöllchenanzahl des Hornklees und der geringe Blattrandfraß, was auf eine Abwehrfunktion gegenüber den Schaderregern durch die sekundären Pflanzenstoffe Tannine schließen lässt. In diesem Versuch bevorzugt der Blattrandkäfer Rotklee und Luzerne. Gering entwickelte Luzernepflanzen wurden teilweise bis hin zum Totalverlust beschädigt. Die Rotkleepflanzen können durch ihre hohe Vitalität ein Absterben verhindern. Andererseits ist die Heterogenität im klassischen Gemengeanbau eine Auswirkung der mangelnden Steuerungsmöglichkeiten.

Das nesterweise Auftreten von Leguminosen ist hauptsächlich in den Gemengevarianten ausgeprägt.

Die Leguminosenarten reagieren unter den beschriebenen Stressfaktoren in Abhängigkeit des Aussaatverfahrens mit unterschiedlichen Ertragsleistungen. Die Luzerne und der Rotklee sind im Gemengeanbau besonders leistungsstark. Im Gegensatz dazu verzeichnet der Hornklee den höchsten Ertrag mittels Schlitzsaat. Die Auswahl der Arten muss demnach bei dem Etablierungsverfahren von Gemengen beachtet werden. Die Beobachtungen beziehen sich in diesem Versuch auf die Etablierungsphase der Bestände und zeigen in den Fräs- und Schlitzsaaten geringe Ertragsanteile der Leguminosen. Ab dem zweiten Nutzungsjahr sind Verschiebungen der Artenanteile möglich. Auch ELSÄßER et al. (2013 S. 99 f.) beschreiben geringe Ertragsanteile der Leguminosen nach einer Schlitzsaat im Ansaatjahr und merken an, dass zu diesem Zeitpunkt noch keine konkreten Aussagen über die zukünftige Bestandsbildung getroffen werden können. Dazu seien weitere mehrjährige Versuche notwendig. Entgegen den Erwartungen, dass konkurrenzschwächere Arten durch eine Frässaat gefördert werden können, zeigen die Erkenntnisse des Versuches, dass sich Stressfaktoren äußerst negativ auf das Verfahren auswirken. Andere Untersuchungen zeigen unter üblichen Voraussetzungen durchaus das Potenzial dieses Anbauverfahrens (WOLF und LASER 2018 S. 265 – 269).

Der Vorteil der Gemengeaussaat im Herbst wird durch ein ausgeprägteres Wurzelsystem hervorgehoben. Das Wurzelwachstum der Frühjahrsaussaat ist hingegen als kümmernd zu beschreiben. Herbstsaaten können die Niederschläge der Wintermonate effizient für die Etablierung nutzen. Das Risiko der Frühjahrsaussaat wird in diesem Versuch deutlich, da das Niederschlagsdefizit in die produktivste Wachstumsphase fällt. Diese Beobachtungen bestätigen den Ertragsvorteil der Herbstsaaten nach WURTH (2006 S. 2). Empfehlungen legen eine Aussaat zwischen August und Oktober nahe, um die Nutzung der Winterniederschläge zu erhöhen und den Keimling durch verminderte Konkurrenz der Altnarbe zu fördern (BERKEMEIER et al. 2021 S. 25). Die Präferenz dieses Saattermins wird zudem durch die Prognosen der Klimamodelle bekräftigt, die eine Steigerung der Winterniederschläge voraussagen (BRASSEUR et al. 2017 S. 184 f.).

Die Ansprüche der Rhizobienarten unterscheiden sich, da die Luzerne und der Rotklee im Gemenge geringer mit Rhizobien besiedelt sind. Darüber hinaus ist die ver-

wendete Impfmethode nicht optimal, da das Aufsprühen der Präparate auf das Saatbett nach der Aussaat mittels Rückenspritze den Bakterien keinen Schutz vor Strahlung bietet, auf welche die Einzeller sehr empfindlich reagieren. Außerdem besteht die Gefahr der Austrocknung an der Erdoberfläche. Die Saatgutbeimpfung unter Verwendung eines Mischbehälters, beispielsweise einem Betonmischer, und die Verwendung einer Rückenspritze zur feinen Zerstäubung und Dosierung des Impfpräparates, stellt sich in der Praxis als effizienter heraus. Die Bakterien gelangen auf diese Weise direkt an ihren Wirkungsort, werden mit der Aussaat unter die Erdoberfläche appliziert und finden somit ihr natürliches Habitat vor (PETERS 2015 S. 108). Ein weiterer Grund für eine gehemmte Nodulation könnte ein Molybdänmangel sein, der durch das saure Milieu im Boden verursacht wird.

Die Trockenmasseerträge der Varianten ohne Vorbeschädigung mit dem Striegel sind deutlich inhomogener als die der gestriegelten Varianten (vgl. Kap. 4.2.2). Die Standardabweichungen, welche die durchschnittlichen Abweichungen der Ergebnisse vom Mittelwert beschreiben, bestätigen diese These. Damit unterscheiden sich die vorgestriegelten Varianten im Vergleich zur unbeschädigten Variante in der Standardabweichung um durchschnittlich $0,76 \text{ dt ha}^{-1}$. Das entspricht einer Standardabweichung im Rohproteintrag von $15,38 \text{ kg ha}^{-1}$ und im Energieertrag um $912 \text{ MJ ME ha}^{-1}$. Zudem sind vom ersten zum zweiten Schnitt Ertragsdepressionen in der Variante ohne Vorbeschädigung ersichtlich, sodass dort eine Regeneration der bestehenden Grünlandnarbe und die Etablierung von *Trifolium pratense* in einem geringeren Ausmaß erfolgt ist. Daraus lässt sich schließen, dass durch ein intensives Vorstriegeln, möglicherweise auch in Kreuz-Quer-Richtung, die Regeneration der Grünlandnarbe und Etablierung der Nachsaat begünstigt werden kann. Weiterhin kann durch Einsatz des Wiesenstriegels und kombinierter Nachsaat die Homogenität einer Grünlandfläche gefördert werden.

Die Akku-Heckenschere zeigte einen unsaubereren Schnitt bei sehr feuchtem oder kurzem Gras, sodass mehrmals nachgeschnitten werden musste, um eine gleichmäßige Schnitthöhe und sorgfältige Beerntung zu gewährleisten. Dadurch äußern sich die Grenzen der verwendeten Erntetechnik der Gras-Proben. Allerdings ist eine Reproduzierbarkeit der praxisüblichen Mähtechnik mit Scheibenmäherwerken in diesem Versuch nicht weiter möglich gewesen. Auch spezielle Akku-Grasscheren liefern keine besseren Schnittergebnisse. Die Alternative einer Hand-Heckenschere ist bereits anfänglich erprobt worden, ist aber mit einem enormen Zeitaufwand verbunden.

Weiterhin erfolgte eine Optimierung der Einwaage des gesamten Quadratmeters direkt im Feld, um das Prozedere der Probennahme zu beschleunigen und weniger Probenmaterial zum Feldrand zu befördern. Insbesondere bei großen Erntemengen je Quadratmeter und weitläufigen Versuchsflächen, bietet sich diese Methode an. Auch eine Erhöhung der mitarbeitenden Personen, kann die Beerntung der Gräser vorantreiben. Dadurch lassen sich die geernteten Proben noch zügiger innerhalb weniger Stunden der Trocknung im Labor zuführen.

Vorteil einer teilflächenspezifischen Nachsaat von Rotklee in Dauergrünland ist die Ersparnis von Ressourcen, vorwiegend bei dem teuren Leguminosensaatgut. Durch die präzise Ablage der Nachsaat anhand der gegebenen Bedingungen im Grünland, ist eine Effizienzsteigerung möglich. Außerdem werden Fahrer in der Bedienung der pneumatischen Striegelnachsaat entlastet, wenn die Anpassung der Aussaatmenge mittels vorab generierter Applikationskarten erfolgt.

Durch die sensorgestützte Übersaat mittels Wiesenstriegel werden Bestandslücken besser erkannt und können schneller und zielgerichteter geschlossen werden. Erfolgt die Nachsaat in einheitlicher Ausbringmenge, so kann bei sehr lückigen Stellen das Saatgut in entsprechender Menge nicht ausreichend sein. Dadurch steigt das Potential von unerwünschten Gräsern und Kräutern, welche Bestandslücken meistens schneller schließen als die in unzureichender Menge nachgesäten Arten. Sind jedoch nur geringe Lücken vorhanden und die Grasnarbe insgesamt sehr dicht, ist der Wiederaustrieb der Altnarbe die größte Konkurrenz gegenüber der keimenden Nachsaat.

6 Voraussichtlicher Nutzen, Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Der wirtschaftliche Nutzen des Projektes liegt laut Verwertungsplan in der sicheren Etablierung von feinsamigen Leguminosen mit zum Teil geringerer Konkurrenzkraft in bereits bestehende Bestände von Ackerfuttergräsern. Hierzu zählt auch die Risikominimierung für die Praxisanwender der untersuchten und anderer Verfahren. Eine wesentliche Erkenntnis des abgeschlossenen Projektes ist, dass die Einflüsse des Klimawandels bereits ein erhebliches Risiko für die Etablierung von feinkörnigen Leguminosen darstellen. Über weite Phasen zu trockener Wetterbedingungen mit fehlenden Niederschlägen, geringer Luftfeuchte und hohen Lufttemperaturen, hemmen diese das Wachstum, mindern die Futterqualität und begünstigen tierische Schädlinge. Bei entsprechend häufiger werdenden Situationen wie in den Versuchsjahren, steigt dadurch das Anbaurisiko auch bei Arten die, wenn erst etabliert, aufgrund Ihrer tiefgehenden Durchwurzelung des Bodens eigentlich als robust gegenüber Trockenheit gelten. Jedoch zeigt sich durch eine kräftige Entwicklung der einzelnen Varianten bis zum August 2020, dass nach einer gelungenen Etablierung v. a. im dritten Schnitt grundsätzlich gute Erträge möglich sind. Um die Anbaupotentiale besser nutzen zu können, empfiehlt sich daher eine Aussaat im Spätsommer/Herbst, da sich die Niederschläge stärker in die Wintermonate verlagern und die Wachstumsperioden sich verlängern. So lässt sich durch eine feuchtwarme Witterung die Entwicklung komplexer Wurzelsysteme gewährleisten, welche die Leguminosen konkurrenzstärker und trockenheitstoleranter machen. Bevor abschließend Empfehlungen über den Einfluss von komplexen Stressfaktoren auf die neuen Methoden der Etablierung von Mischbeständen ausgesprochen werden können, ist eine Versuchsdurchführung an weiteren differenzierten Standorten in weniger trockenen Jahren notwendig. Sieht man von den generellen trockenheitsbedingten Erschwernissen ab, können zwischen den drei untersuchten Leguminosenarten durchaus Unterschiede festgestellt werden. Trotz der, wenn auch etwas verzögerten Entwicklung des Wiesenhornklee, waren dessen Anteile in der Mischung, seine Robustheit gegenüber Schädlingen wie den Blattrandkäfer, seiner Knöllchenbildung und die Proteinausbeuten teilweise günstiger als bei den weiter verbreiteten Arten Rotklee und Luzerne. Dieser Befund könnte für Züchter weitere Anreize bieten, sich mit dieser Art intensiver zu beschäftigen. Um sicher zu gehen, dass für die Knöllchenbildung an den unterschiedlichen Leguminosen auch die jeweils passenden Rhizobien im Boden vorhanden sind, ist eine Beimpfung mit geeigneten Rhizobienpräparaten vor der Aussaat sehr empfehlenswert. Doch auch in diesem Punkt offenbart das Projekt wichtigen Forschungsbedarf. So zeigte sich

durch große Feldmauspopulationen und dem vermehrten Aufkommen des Blattrandkäfers eine gestörte Symbiose der Leguminosen mit den Knöllchenbakterien. Es ist zudem wahrscheinlich, dass Trockenheit im Boden dazu führt, dass die chemotaxischen Wirkungen zwischen der Wirtsleguminose und Rhizobien nicht optimal funktionieren. Ohne den sonst vorhandenen Wasserfilm, der sonst Bodenbestandteile benetzt und miteinander verbindet ist zudem die Fortbewegung der Rhizobien begrenzt. Somit reduzierte sich insgesamt das Potential der gezielten Steuerung von wesentlichen Artenanteilen der Leguminosen.

Da in der Antragsphase noch keine Technik für Frässaaten für feinsamige Leguminosen auf Ackerstandorten auf dem deutschen Markt vorhanden war, sollten auch Aspekte der technischen Voraussetzungen, optimierter Fahrgeschwindigkeiten, der Arbeitsweise der Technik sowie nötige Bodenzustände als wichtige Anhaltspunkte für mittelständische Landtechnik-Unternehmen betrachtet werden, um die Entwicklung solcher Geräte zu erleichtern. Dabei stellte sich angesichts der erheblichen Materialschäden an der aus den Achtzigerjahren stammenden Technik nach den ersten zwei Jahren infolge der zu trockenen Böden und der heute weit höheren Traktorenleistung heraus, dass bei einer Neuentwicklung von einer bei Weitem belastbarer Konstruktion ausgegangen werden muss. Die Leguminosenfrässaat in Ackergras wäre bei einer verbesserten Frässaattechnik und feuchterem Boden eher praktikabel. Aufgrund von hohem Schädlingsdruck und Trockenheit in 2019 und 2020 sind weitere Studien unter weniger extremen Bedingungen nötig.

Die zusätzlich geprüfte Variante, bestehende Lücken mit sensorgestützter Saattechnik gezielt zu schließen, ist eine Konsequenz der vielen Maschinenschäden. Sie könnte einen erfolgversprechenden Beitrag zur teilflächenspezifischen Etablierung von Leguminosen in Grasbestände leisten. Zu empfehlen ist dabei eine flache Nachsaat in lückige Grasbestände. So können die Leguminosenanteile auch ohne streifenweise mechanische Zerstörung der Narbe deutlich gesteigert werden. Bei Bedarf können für eine Nachsaat auch durch mehrmaliges Vorstriegeln Lücken in der Grasnarbe geschaffen werden.

Das Projekt hat mit seinen umfangreichen Feldversuchen, Untersuchungen im Labor und der technischen Optimierung einen entscheidenden Beitrag in Richtung einer ressourcenschonenden Futterproteinproduktion geleistet und wichtige Informationen für praktische Landwirt*innen Züchter*inne und die Landtechnikindustrie bereitgestellt, der sich in weiteren Projekten der FH SWF noch eine weitergehende Optimierung und Risikominimierung anschließt.

7 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen und Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Aus den zuvor aufgeführten Ereignissen und Ergebnissen wird deutlich, dass die erhofften Ziele für den Projektzeitraum nicht durchgehend im vollen Umfang erreicht werden konnten. Besonders die zum Zeitpunkt der Projektplanung nicht vorhersehbare Trockenheit während nahezu der gesamten möglichen Etablierungsphase der Freilandversuche in den Jahren 2019 und 2020 können für die sonst niederschlagsreichen Untersuchungsregionen (Sauerland und Haarstrang) als extrem außergewöhnlich bezeichnet werden. Trotz mehrfacher situationsbedingter Anpassung der Aussaattechnik und Etablierungstechniken zur Integration von kleinkörnigen Leguminosen an die Extrembedingungen (= notwendige Änderung des Projektzieles und der Versuchsanordnung) konnte keines der getesteten Verfahren entscheidend zu einer wesentlichen Erhöhung der Leguminosenanteile und Proteinerträge beitragen. Dieses Erkenntnis muss aber nicht zwangsläufig bedeuten, dass die teilschlagspezifische Integration von Leguminosen in bestehende Grasbestände (= geplantes zentrales Projektziel) nicht praktikabel ist, denn auch die Nachsaat von Gräsern in Grünland, die mit den gleichen Techniken in der Praxis sehr weitverbreitet und bewährt ist, führte in den meisten Praxisbetrieben in den trockenen Versuchsjahren nicht zum gewohnten Erfolg. Auch konventionelle Blanksaaten von feinkörnigen Leguminosen taten sich 2019 und 2020 schwer. Eine wesentliche, zuvor nicht angestrebte Erkenntnis besteht darin, dass Leguminosen, die als relativ trockenheitsverträglich gelten, wie Luzerne, Hornklee und eingeschränkt auch Rotklee, zum Zeitpunkt der Trockenheit bereits ein gut ausgebildetes Wurzelsystem aufweisen müssen. Bei Trockenheit in der Etablierungsphase reagieren alle drei Arten auf unterschiedlichsten Standorten und verschiedenen Aussaattechniken offenbar sehr empfindlich. Vor dem Hintergrund des Klimawandels zeichnet sich hier ein erheblicher Forschungsbedarf ab, wenn trotz zunehmender Wahrscheinlichkeit von Dürre in der Etablierungsphase gemäß der Eiweißpflanzenstrategie ein zunehmender Anteil wirtschafts-eigener Eiweißquellen das Ziel darstellen soll. Im Zusammenhang mit zunehmender Trockenheit ist eine weitere zusätzliche Projekterkenntnis, dass viele Saatechniken bei extrem ausgetrockneten Böden schnell an ihre Grenzen kommen. Leider gilt dies im Besonderen für die ursprünglich gewählte Stip-Till-Technik. Aufgrund des meist zu trockenen und meist schwer zu bearbeitenden Bodens ist es mehrfach zu schweren und Beschädigungen der Streifenfrässaatmaschine gekommen, die die vorgesehene Technik (Vakuumat Slotter) über lange Phasen wegen Werkstattaufenthalten während der Saatzeiten un-

brauchbar machte. Deshalb wurde der Arbeitsgang des Streifenfräsens und die Leguminosennachsaat nicht zeitgleich, sondern hintereinander durchgeführt. Das Fräsen wurde arbeitsintensiv mit einem Kleingerät erreicht, die Nachsaat anschließend in einem zweiten Arbeitsgang mit einer Vredo Durchsämaschine abgelegt und später rückverfestigt. Die Zerstörung der Grasnarbe und die Saatbettbereitung konnten mit der Ersatzfräse zwar erfolgreich durchgeführt werden, nachfolgender Wassermangel und extremer Schädlingsdruck (v.a. Kleinnager und Blattrandkäfer) auf die zu langsam wachsenden Leguminosen machte deren Erfolg jedoch extrem schwierig.

Nach erheblichen Problemen mit der fast 30 Jahre alten Frässaattechnik, die sich den ausgetrockneten Böden und der heutigen hohen Traktorenleistung im Nachhinein als ungeeignet gezeigt hat, mussten im Projekt modernere, den harten Bedingungen angepasste Techniken gefunden werden. Eine aktuelle Streifenfrässaattechnik für Grünland oder Ackergras mit angestrebtem Streifenabstand ist nicht verfügbar. Die Simulation des Verfahrens mit mehreren Arbeitsschritten ist zwar unter Praxisbedingungen unwirtschaftlich, die pflanzenbaulichen Erkenntnisse, die sich aus der Streifenfrässaat von Leguminosen ergeben, sind jedoch in die Praxis sehr gut übertragbar.

Die ersten Versuche im Herbst 2019 zeigten, dass die Technik der Bandfräse Vakuumat Slotter bei der Frässaat in bestehendes Feldgras schnell an ihre Grenzen stößt. Bei der Bearbeitung von steinhaltigen Böden können diese erhebliche mechanische Störungen herbeiführen, was sich in manchen Fällen problematisch gestalten kann. Die Praxistauglichkeit der mittlerweile überholten Technik ist aufgrund der sehr niedrigen Arbeitsgeschwindigkeit von 2,5 km/h und dem enorm hohen Verschleiß und Reparaturanfälligkeit arg eingeschränkt. Eine Alternative könnte dort die Streifenfräse Oekosem (Rotor-Strip-Till Verfahren) der schweizerischen Firma Baertschi Agrartechnik AG sein, wobei diese einen sehr weiten minimalen Abstand der Fräsaggregate von 37,5 cm aufweist. Vorteil ist eine massivere und stabilere Ausführung der Fräseinheiten. Nachteil ist hier weiterhin die geringe Arbeitsgeschwindigkeit von etwa 3 km/h. Da der Einsatz einer Streifenfräse bezogen auf den technischen und finanziellen Aufwand mit neu zu beschaffender Technik nahezu einer Neuansaat gleichen würde, ist zu überlegen, wie sinnvoll ein solch energieaufwendiger Prozess im Gräserbestand als Aufwertungsmaßnahme wirtschaftlich ist.

Die streifenweise Trennung von Grünlandnarbe und Leguminosen bietet jedoch grundsätzlich neben der höheren Sicherheit bei der Etablierung weitere Vorteile ge-

genüber der Gemengesaat. So können die Bereiche zwischen den Leguminosenreihen getrennt mit organischem Dünger gedüngt werden, sofern die Applikation passgenau erfolgen kann. Gleiches gilt für mögliche chemische Bekämpfungsmaßnahmen gegen zweikeimblättrige Problemkräuter wie z. B. Ampfer. Da sich in diesem Versuch bereits die Etablierung der Bestände aufgrund der Trockenheit als schwierig erwies und entsprechende Technik nicht zur Verfügung stand, ist dieser Ansatz nicht weiterverfolgt worden. In einem weiteren Versuch könnten bei geeigneter Ausbringtechnik oder aufwendig selbst modifizierten Maschinen und mit Unterstützung von GPS diese Möglichkeiten erprobt werden.

Aufgrund des mehrmaligen Scheitern der Frässaattechnik infolge der massiven Erschwernisse durch die an allen drei Versuchsstandorten ungewöhnlich trockenen Bedingungen in beiden Versuchsanlagejahren 2019 und 2020 und des auch daher schlechten Abschneidens der Frässaatvariante, wurde für eine zusätzliche nicht-destruktive Technik ausgewählt. So wurden, abweichend von der ursprünglichen Planung, für 2021 zwei neue Versuchsflächen ausgewählt, um eine effizientere, deutlich weniger arbeitsaufwändigere Technik der Etablierung von Rotklee in Grasbestände zu ergänzen. Hierbei sind bereits vorhandene Lücken im Grasbestand mittels eines an der Front des Traktors angebrachten Spezielsensors erkannt und teil-flächenspezifisch mit Rotklee nachgesät worden. Diese neue Technik ist für Grünland und eine Gräsernachsaaat bereits auf dem Markt und konnte für die Projektversuchsfrage der erfolgreichen Etablierung von feinkörnigen Leguminosen in Ackergras eine gute technische Alternative sein. Die Nutzung der zwei Versuchsflächen, das Saatgut und die Technik konnten kostenneutral bereitgestellt werden. Die technische Option sensorgestützter Nachsaat stand zur Zeit der Antragstellung noch nicht zur Verfügung und ist nach heutiger Sicht eine wertvolle Weiterentwicklung und soll in den kommenden Jahren in Kooperation mit dem Hersteller weiterentwickelt werden. Kooperationen mit dem Hersteller wurden hierfür bereits im laufenden Projekt vereinbart. In einem beim MULNV NRW beantragten Projekt sollen von Juni 2022 bis Mai 2025 auch sensorgestützte Nachssaatterfahren für Kräuter und Leguminosen mittels Drohnen entwickelt werden.

Zudem wurde im Projekt die zunehmende Bedeutung der Schädnerbekämpfung deutlich. Auch hierzu sind ab 2022 Projekte zu drohnengestützte Verfahren zur Identifikation und Vermeidung von Mäuseschäden vorgesehen.

8 Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

Da das Projekt sehr stark anwendungsbezogen ausgerichtet ist, war eine Publikation in eher wissenschaftlich orientierten Zeitschriften nicht vorgesehen. Auf das geplante Engagement auf Fachtagungen, Feldtagen und Versuchsführungen musste leider in weiten Teilen aufgrund der Beschränkungen im Zusammenhang mit der COVID19-Pandemie verzichtet werden. Sowohl die Jahrestagungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, die „Sauerländer Grünlandtage“ als auch die DLG-Feldtage mussten 2020 und 2021 abgesagt werden. Für die DLG-Feldtage war sogar eine Demonstrationsfläche zum Klee_pro_Strips-Verfahren angemeldet. Als Ersatz konnte mit der DLG eine Online-Veröffentlichung publiziert werden (s.u.)

SCHULTE-STEINBERG, D. & H. LASER (2020): Klee_pro_StripS - Kleinkörnige Leguminosen energie- und proteinoptimiert produzieren in Strip-Till-Systemen. URL: https://www.dlg-feldtage.de/fileadmin/download/2020/Leguminosen/Leguminosenanbau_StripTillSystem.pdf

Das Projekt wurde für die Erstellung von Lehrunterlagen und mehrerer Projekt- bzw. Abschlussarbeiten genutzt:

SCHNEIDER, B., M. STOLZ & N. BEHREN (2020): Frässaat von Leguminosen in etablierten Ackergrasbeständen. Projektarbeit, Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest.

BEHREN, N. und STOLZ, M. (2021): Einfluss von Stressfaktoren, in Form von Schädlerbefall und ausgeprägte Trockenheit, auf die Etablierung von Mischbestände im Vergleich zu Grasreinbeständen unter Berücksichtigung von Aussaatverfahren und Saatzeitpunkt. Bachelorarbeit, Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest.

WEIGELT, L. (2022): Bewertung von Techniken zur Integration von Leguminosen in Grasbestände anhand von Freilandversuchen einschließlich sensorgestützter teilflächenspezifischer Methoden. Masterarbeit, Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest.

Weitere Publikationen in praxisnahen Zeitschriften (topagrar, Landwirtschaftliche Wochenblätter) sowie ein Posterbeitrag auf der AGGF-Tagung 2022 sind in Vorbereitung.

9 Kurzfassung

Die Versuchsanlage fand am 08. August 2019 im Sauerland auf einer Höhenlage von 530 m über NN auf einer Braunerde aus schluffigem Lehm statt. Dazu wurden Welches Weidelgras (*Lolium multiflorum*) und drei klassische Gras-Leguminosen-Gemenge in Großparzellen ausgesät. Im Frühjahr 2020 erfolgte, in die bis dahin reinen Grasbestände, eine Nachsaat von Leguminosen in alternierenden Reihen. Folgende Faktoren fanden Beachtung: Die Leguminosenart (*Trifolium pratense*, *Lotus corniculatus* und *Medicago sativa*) und das Aussaatverfahren (Gemenge und Anbau in alternierenden Reihen: Frässaat und Schlitzsaat). Hintergrund ist es, ein Anbausystem zu entwickeln, dass die Etablierungschancen auch für konkurrenzschwache, feinsamige Leguminosen in Mischbeständen mit Gräsern verbessert.

Die Artenzusammensetzung und Standortbedingungen beeinflussen den Anbauerfolg. Weiterhin ist die durch Niederschlagsdefizite bedingte Trockenheit in den alternierenden Reihen für das Wurzelwachstum der Leguminosen von Bedeutung. In der Keimphase werden hohe Ansprüche an die Wachstumsfaktoren gestellt und der Wasserverbrauch ist im weiteren Verlauf insbesondere durch die Symbiose mit den Knöllchenbakterien erhöht.

Das klassische Rotklee-Gras-Gemenge generiert unter gegebenen Bedingungen mit 75 dt ha⁻¹ TM im ersten Nutzungsjahr den höchsten Ertrag. Das Hornklee-Gras-Gemenge, welches im Schlitzsaatverfahren ausgesät worden ist, erzielt den nächst-größeren Ertrag von 63 dt ha⁻¹ TM. Innerhalb der Frässaatvarianten dominiert das Luzernegemenge mit 53 dt ha⁻¹ TM. Die Aufwüchse vom Rotklee-Gras-Gemenge liefern den höchsten Futterwert und Energieertrag. Im ersten Aufwuchs zeigt die Variante Proteingehalte von bis zu 12,2 % in der TM auf. Die Energiedichte lag innerhalb der Varianten auf einem gleich hohen Niveau.

Bei einem Wurzelvergleich der Leguminosen zum Ende des ersten Nutzungsjahres weisen die im Frühjahr angelegten Schlitz- und Frässaaten im Gegensatz zu den im Herbst ausgesäten klassischen Gemengen Entwicklungsdefizite auf. Daraus lässt sich schließen, dass v. a. der Eingriff der Frässaat in die produktivste Wachstumsphase, die im Feldfutterbau die wertvollsten Aufwüchse liefert, den Gesamtertrag deutlich mindert. Bei wüchsigen Bedingungen verdeutlichen die Fräs- und Schlitzsaaten ihr Aufholpotenzial, können jedoch ihren Entwicklungsrückstand nicht vollständig kompensieren.

Aufgrund der anhaltenden Trockenheit im ersten Nutzungsjahr reagieren die Pflanzen mit einer Triebreduktion und dem vorzeitigen Einleiten der generativen Phase. Diese Reaktionen haben insgesamt verminderte Erträge und Inhaltsstoffkonzentrationen

zur Folge. Gleichzeitig sinkt die Nodulation und damit die Stickstofffixierungsleistung der Leguminosen deutlich, auftretende Bestandslücken werden mit unerwünschten Pflanzenarten gefüllt und die Wahrscheinlichkeit des Krankheits- und Schädlingsbefalls steigt.

Der geringere Fraßschaden durch den Blattrandkäfer am Hornklee kann auf eine Schutzfunktion der enthaltenen sekundären Pflanzenstoffe Tannine hindeuten. Auch die Feldmaus hat durch ihren selektiven Fraß die Artenzusammensetzung der bereits durch Trockenheit geschwächten Bestände verändert. Des Weiteren wird pilzlichen Erregern v. a. Mehltau an *Trifolium pratense* und Braunrost an *Lolium multiflorum* ein günstiger Lebensraum geboten.

Der Stickstoffbedarf von *Lolium multiflorum* kann im Versuch in allen Varianten durch die Rhizodeposition nicht gedeckt werden. Das klassische Rotklee-Gras-Gemenge weist einen um insgesamt 70 kg ha⁻¹ höheren Stickstoffentzug als die Grasreinsaat auf. Niedrige Leguminosenanteile und eine schwach ausgebildete Nodulation sorgen überwiegend zu mangelhaften Stickstofffixierungsleistungen.

Es war ursprünglich nicht geplant, im letzten Versuchsjahr eine vierte Frässaatversuchsfläche anzulegen. Aufgrund der eingeschränkt aussagekräftigen Trockenjahre 2019 und 2020 wurde jedoch entschieden, 2021 eine zusätzliche Variante der teilflächenspezifischen Aussaat von Rotklee zu testen. Dazu wurden auf einem lehmigen Grünlandstandort in einer Höhe von etwa 484 m ü. NN zwei Versuche angelegt. Versuch 1 behandelt den Vergleich von einheitlicher Nachsaat (10 kg je Hektar), teilflächenspezifischer und keiner Nachsaat von *Trifolium pratense*. Versuch 2 untersucht den Einfluss von Arbeitsgeschwindigkeit (7, 10, 12 km/h) und Vorbeschädigungen (einmalig, zweimalig, ohne) durch den Wiesenstriegel. Bei der Auswahl des Rotklee-Saatgutes wurde auf ausdauernde Sorten gesetzt. Zur Beerntung der per GPS eingemessenen Probenquadratmeter diente eine Akku-Heckenschere. Bonitiert wurde der Rotkleebedeckungsgrad über die drei Aufwüchse im Schätzverfahren. Zusätzlich erfolgten Drohnenaufnahmen mit einer Multispektralkamera und Überfahrten mit dem ISARIA-Sensor zur Erfassung der N-Aufnahme.

Versuch 1 setzt sich aus 52 % Gräsern und 24 % Kräutern, sowie 0,3 % Weißklee und einen Lückenanteil von 24 % zusammen. Die Versuchsfläche 2 zeigt deutliche Lücken von 61 %, 30 % Gräser, 8,4 % Kräuter und 0,6 % Weißkleeanteil. Beide Flächen sind weidelgrasbetont und es dominieren bei den Kräutern Löwenzahn und Ackerhornkraut. Der Rotkleeanteil konnte in Versuch 1 auf maximal 5,8 % und in Versuch 2 auf 8,3 % gesteigert werden. Vorhandene Lücken konnten im Vegetationsver-

lauf durch den Wiederaustrieb der Grünlandnarbe und die Nachsaat mit *Trifolium pratense* gefüllt werden. Dadurch entwickelte sich ein homogener Bestand, was sich die Drohnenfotos und Sensordaten bestätigen lässt.

Über die drei Schnitte zeigt sich in Versuch 1 eine deutliche Ertragsminderung. Den höchsten Gesamtertrag erreicht die teilflächenspezifische Variante mit 61,6 dt TM je Hektar. In Versuch 2 ist in Ertragszuwachs von ersten zum zweiten Aufwuchs zu verzeichnen. Bei einmaliger Vorbeschädigung liefert die Variante mit 12 km/h Arbeitsgeschwindigkeit den höchsten Gesamtertrag von 48 dt TM ha⁻¹. Bei zweimaliger Vorbeschädigung liegt der höchste Gesamtertrag bei 7 km/h mit 48,8 dt TM h⁻¹. Der dritte Aufwuchs liefert im Mittel in Versuch 2 die bedeutendsten Rohproteingehalte von 20,2 %. Der Energiegehalt übersteigt in Versuch 2 bei der zweimalig vorbeschädigten Variante mit 11,98 MJ ME kg⁻¹ TM die anderen Werte. Der Versuch 1 zeigt in der teilflächenspezifischen Variante einen maximalen Wert über die drei Aufwüchse im Rohproteinertrag von 1.093 kg XP ha⁻¹ und im Energieertrag von 71.273 MJ ME ha⁻¹. Die Stickstofffixierungsleistung ist bei der teilflächenspezifischen Nachsaat mit 33,8 kg N ha⁻¹ zu beziffern. Die Verdaulichkeit hat insbesondere im ersten Versuch zum zweiten Aufwuchs deutlich nachgelassen.

Die streifenförmige Etablierung von Leguminosen in Ackergras ist grundsätzlich praktikabel. Aufgrund von hohem Schädlingsdruck und extremer Trockenheit in den Jahren 2019 und 2020 sind die Ergebnisse nur bedingt für eine abschließende Beurteilung der Verfahren geeignet und weitere Forschungen notwendig. Auch die sensorgestützte Übersaat von *Trifolium pratense* in lückiges Dauergrünland liefert eine gute Möglichkeit der Erhöhung des Protein- und Energieertrag vom Grünland.

10 Summary

The trial was established on August 8, 2019 in the Sauerland region at an altitude of 530 m above sea level on brown soil made of silty loam. For this purpose, Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) and three classic grass-legume mixtures were sown in large plots. In the spring of 2020, legumes were sown in alternating rows in the previously pure grass stands. The following factors were taken into account: the legume species (*Trifolium pratense*, *Lotus corniculatus* and *Medicago sativa*) and the sowing method (mixture and cultivation in alternating rows: milled and slotted sowing). The background is to develop a cultivation system that improves the chances of establishment even for weakly competitive fine-seeded legumes in mixed stands with grasses.

The species composition and site conditions influence the cultivation success. Furthermore, the drought caused by the lack of precipitation in the alternating rows is important for the root growth of legumes. In the germination phase, high demands are made on the growth factors and the water consumption is increased in the further course, especially due to the symbiosis with the nodule bacteria.

The classic red clover-grass mix generates the highest yield under given conditions with 75 dt ha⁻¹ DM in the first year of use. The mix of bird's-foot trefoil and grass, which was sown using the slot seeding method, achieves the next larger yield of 63 dt ha⁻¹ DM. Within the milled seed variants, the alfalfa crop dominates with 53 dt ha⁻¹ DM. The growths of the red clover-grass mix provide the highest feed value and energy yield. In the first growth, the variant shows protein contents of up to 12.2 % in the DM. The energy density was at the same high level within the variants.

When comparing the roots of the legumes at the end of the first year of use, the trench and milling crops planted in spring show development deficits in contrast to the classic mixtures sown in autumn. From this it can be concluded that esp. the intervention of the tilled seed in the most productive growth phase, which provides the most valuable growth in field forage cultivation, significantly reduces the overall yield. In growing conditions, the milled and slot seeds show their catch-up potential, but cannot fully compensate for their development deficit.

Due to the persistent drought in the first year of use, the plants respond with a reduction in shoots and the early initiation of the generative phase. Overall, these reactions result in reduced yields and constituent concentrations. At the same time, the nodulation and thus the nitrogen fixation capacity of the legumes decreases significantly, any gaps in stocks are filled with undesirable plant species and the probability of disease and pest infestation increases. The lesser damage caused by the leaf beetle on *Lotus corniculatus* may indicate a protective function of the secondary plant substances tannins it contains. The field vole, too, through its selective feeding, has changed the species composition of the populations already weakened by drought. Furthermore, fungal pathogens v. a. Powdery mildew on *Trifolium pratense* and brown rust on *Lolium multiflorum* offered a favorable habitat. The nitrogen requirement of *Lolium multiflorum* cannot be covered by rhizodeposition in any of the variants in the experiment. The classic red clover-grass mix shows a total of 70 kg ha⁻¹ higher nitrogen removal than the pure grass seed. Low proportions of legumes and poorly developed nodulation predominantly lead to inadequate nitrogen fixation capacities.

It was not originally planned to create a fourth strip till seed area in the last year of the trial. Due to the limited meaningful dry years 2019 and 2020, however, it was decided

to test an additional variant of the area-specific sowing of red clover in 2021. For this purpose, two trials were created on a loamy grassland site at an altitude of around 484 meter above sea level. Trial 1 deals with the comparison of uniform re-seeding (10 kg per hectare), area-specific and no reseeding of *Trifolium pratense*. Trial 2 examines the influence of working speed (7, 10, 12 km/h) and previous damage (once, twice, without) caused by the rake. When choosing the red clover seeds, the focus was on perennial varieties. A cordless hedge trimmer was used to harvest the sample square meters measured by GPS. The degree of red clover coverage was assessed using the estimation method for the three growths. In addition, drone recordings were made with a multispectral camera and measuring with the ISARIA sensor to record the N intake. Trial 1 consists of 52 % grasses and 24 % herbs, as well as 0.3 % white clover and a gap proportion of 24 %. Trial 2 shows clear gaps of 61 %, 30 % grasses, 8.4 % herbs and 0.6 % white clover. Both areas are dominated by ryegrass and the herbs dandelion and field chickweed dominate. The proportion of red clover could be increased to a maximum of 5.8 % in experiment 1 and to 8.3 % in experiment 2. Existing gaps in the course of the vegetation could be filled by re-sprouting the grassland scar and reseeding with *Trifolium pratense*. This resulted in a homogeneous inventory, which was confirmed by the drone photos and sensor data. Trial 1 shows a clear reduction in yield across the three cuts. The area-specific variant achieves the highest total yield with 61.6 dt DM ha⁻¹. In trial 2, there was an increase in yield from the first to the second growth. In the event of a one-off previous damage, the variant with a working speed of 12 km/h delivers the highest total yield of 48 dt DM ha⁻¹. With two previous damage, the highest total yield is 7 km/h with 48.8 dt TM ha⁻¹. The third growth provides the most important crude protein content of 20.2 % on average in experiment 2. In trial 2, the energy content of the variant, which has been damaged twice before, exceeds the other values with 11.98 MJ ME kg⁻¹ DM. In the area-specific variant, experiment 1 shows a maximum value over the three growths in the crude protein yield of 1,093 kg XP ha⁻¹ and in the energy yield of 71,273 MJ ME ha⁻¹. The nitrogen fixation performance is most remarkable with area-specific reseeding with 33.8 kg N ha⁻¹. The digestibility decreased significantly, especially in the first attempt for the second growth. The strip-till establishment of legumes in arable grass is basically practicable. Due to high pest pressure and drought in 2019 and 2020, further research is necessary. The sensor-assisted overseeding of *Trifolium pratense* in permanent grassland is also a good way of increasing the protein and energy yield from grassland.

11 Literaturverzeichnis

- AGROLITPA (2020): Birdfoot Trefoil LEO, *Lotus corniculatus* L.
www.agrolitpa.it/Product/seeds/fodder-grasses-and-legumes/small-grain-legumes/birdsfoot-trefoil/LEO2/ (08.12.2020).
- ALTENA, D., DROSTE, J.-H., KAPPEN, F., PETERS, P. (2020): Smart4Grass. Projektarbeit, Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest.
- ANDERSEN, K. TH. (1931): Der linierte Graurüssler oder Blattrandkäfer. *Sitona lineata* L., Springer Verlag, Berlin.
- BARRY, T. N. und MCNABB, W. C. (1999): The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *Brit. J. Nutr.* 81, S. 263 - 272.
- BECKER, K. (o J.): Schwefeldüngung in Futterleguminosen. Bedeutung, Prognose und Handlungsempfehlungen. BÖLN, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.
- BERKEMEIER, K., DAVID, K., GERLACH, K., HOPPE, M., KIVELITZ, H., MAACK, C., SCHMITHAUSEN, A. und STÖCKER-GAMIGLIANO, C. (2021): Futterbau. *Elite* 1/2021, Landwirtschaftsverlag, Münster.
- BERKEMEIER, K. (2020): Trockenheit erfordert Entscheidungen im Futterbau. *Elite*, S. 1 – 3.
- BISKUPEK, B. (1993): Futterqualität in Abhängigkeit von interspezifischer Konkurrenz. Dissertation JLU Gießen.
- BÖHM, H. (2016): Einfluss einer Schwefeldüngung auf die Ertragsleistung und ausgewählte Inhaltsstoffe von Klee gras im Ökologischen Landbau. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 28, S. 74 – 75.
- BRASSEUR, G., P., JACOB, D., SCHUCK-ZÖLLER, S. (2017): Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Verlag.
- BROCK, C. (2009): Humusdynamik und Humusreproduktion in Ackerbausystemen und deren Bewertung mit Hilfe von Humusindikatoren und Humusbilanzmethoden. Dissertation JLU Gießen.
- BUNDESSORTENAMT (2020): Beschreibende Sortenliste. Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne. Hannover.

- BUNDESSORTENAMT (2018): Beschreibende Sortenliste. Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne. Hannover.
- DAVIES, E. (1964): The yields and composition of lucerne, grass and clover under different systems of management. J. Brit. Grassl. Soc. 19, S. 263 - 270.
- DEWHURST, R. J. (2013): Milk production from silage: comparison of grass, legume and maize silages and their mixture. Agricultural and Food Science 22: S. 57 - 69.
- DEWHURST, R. J., FISHER, W. J., TWEED, K. S., WILKINS, R. J. (2003): Comparison of Grass and Legume Silages for Milk Production. 1. Production Responses with Different Levels of Concentrate. Journal of Dairy Science 862, S. 2589 - 2611.
- DIETERLE, P., ECKSTEIN, B., ENGLING, F.-P., HORST, H., PAUL, C., ROBOWSKY, K.-D., TILLMANN, P. (2003): Die Anwendung der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) bei der Untersuchung von Futtermitteln und pflanzlichen Produkten. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (Hrsg.), Selbstverlag, Bonn.
- DLG (1997): DLG - Futterwerttabellen Wiederkäuer. 7. erweiterte Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt.
- DÜNNEBACKE, I. und KIVELITZ, H. (2021): Grünlandernte in Sicht. Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleben 21/2021, Landwirtschaftsverlag, Münster.
- DUKE, J. A. (1981): Handbook of Legumes of World Economic Importance. Plenum Press, New York and London.
- DÜVELSDORF (2021): Innovative Grünlandpflege – Teilflächenspezifische Grünlandnachsaaat.
www.duevelsdorf.de/produkte/gruenlandpflege/smart-farming-solutions/teilflaechenspezifische-gruenlandnachsaaat (28.11.2021).
- ELSÄßER, M., ENGEL, S. und THUMM, U. (2013): Nachsaat von Leguminosen zur Steigerung der Eiweißerträge vom Grünland. Landwirtschaftliches Zentrum Aulendorf, Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften.

- ERIKSSON, T., NORELL, L., NILSDOTTER-LINDE, N. (2012): Nitrogen metabolism and milk production in dairy cows fed semi-restricted amounts of ryegrass legume silage with birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) or white clover (*Trifolium repens* L.). *Grass and Forage Science* 67, S. 546 - 558.
- FAIREY, N. A. und LEVKOVITCH, L. P. (1990): Herbage production: conventional mixtures vs. alternating strips of grass and legume. *Agron. J.* 82, S. 737 - 744.
- FELDSAATEN FREUDENBERGER (2021): What exactly is clover Mattenklée type? www.freudenberger.net/en/mattenklée.asp (01.12.2021).
- FLOORS, R. und MÜLLER, G. (2021): Wetterwerte aller DWD Wetterstationen in Deutschland. Brilon-Thülen. www.wetterzentrale.de/averages_de.php?jaar=2021&maand=1&dag=1&jaar2=2021&maand2=12&dag2=31&station=6264 (13.12.2021).
- FRAME, J. und LAIDLAW, A. S. (1998): Managing white clover in mixed swards: Principles and Practice. *PASTOS*, 28 (1), S. 5 – 33.
- FRÜHWIRTH, P. (2021): Verbesserung der Trockenheitstoleranz und des Artenspektrums von ertragsbetontem Grünland. LK Oberösterreich.
- FRUNOL DELICIA (2018): Ratron® Gift-Linsen, Produktinformation. www.frunol-delicia.de/produkte/ratronr-gift-linsen/ (01.12.2021).
- FUSTEC, J., LESUFFLEUR, F., MAHIEU, S., CLIQUET, J. B. (2010): Nitrogen rhizodeposition of legumes. A review. *Agronomy for Sustainable development* 30, S. 57 - 66.
- GATTINGER A., MUELLER, A., HAENI, M., SKINNER, C., FLIEßBACH, A., BUCHMANN, N., MÄDER, P., STOLZE, M., SMITH, P., EL-HAGE SCIALABBA, N., NIGGLI, U. (2012): Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, S. 18226 - 18231.
- GEOPORTAL.NRW (2021): Bodenkarte 1 : 50 000 Nordrhein-Westfalen, Brilon – Altenbüren. www.geoportal.nrw (30.11.2021).

- GEOPORTAL.NRW (2020): Bodenkarte 1 : 50 000 Nordrhein-Westfalen, Brilon – Rösenbeck.
www.geoportal.nrw (27.12.2020).
- HAGGAR, R. J. und KOCH, D. W. (1983): Slot-seeding investigations. 3. The productivity of slot seeded red clover compared with all grass swards receiving nitrogen. *Grass and Forage Science* 38, S. 45 - 53.
- HERMANN, A., PILS, M., WIERMANN, C., HINRICHSSEN, H.C., INGWERSEN, B. und TAUBE, F. (2015): Luzerneetablierung auf leichten Standorten?. In: Grünland effizient und umweltschonend nutzen. Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, S. 97 - 100.
- ISARIA (2021): ISARIA PRO Active.
<https://isaria-digitalfarming.com/produkte/isaria-pro-active> (04.12.2021).
- KILCHER, M. und HEINRICHS, D. H. (1971): Stand pattern for alfalfa-grass hay production in a dry climate. Research Station, Research Branch, Canada Agriculture, Swift Current, Saskatchewan, S. 317 - 322.
- KIVELITZ, H. (o. J.): Ernte gut, alles gut – mit Optimierung von Ernte und Pflanzenbeständen Erfolg verbessern. LWK-NRW, Fachbereich 61, Köln-Auweiler.
- KÖHLER, B. (2019): Anbauhinweise zu Luzerne – eine trockenheitstolerante Futterpflanze. Beratungsteam Ökologischer Landbau. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen.
- KRAWUTSCHKE, M., WEIHER, N., GIERUS, M., THAYSEN, J., TAUBE, F. (2009): Gärqualität von Rotkleegenotypen unter besonderer Berücksichtigung einer variierenden Polyphenoloxidase-Aktivität. *Mitt. AG Grünland Futterbau* 10, S. 158 - 161.
- LASER, H. (1999): Zur Leistung einschließlich Gäreignung von Arten des *Festuco-Cynosuretum* unter variierenden Bedingungen. Dissertation JLU Gießen.
- LASER, H. (1998): N₂-Fixierung von *Lotus corniculatus* L. in Abhängigkeit von Nutzungsfrequenz und Mischungsanteil. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 11, S. 199 - 200.

- LASER, H., KÖHNKE, S., LEITHOLD, G. (2009): Eigenschaften von Mischungen mit perennierenden Leguminosen und Gräsern aus dem Anbau in alternierenden Reihen unter Einbeziehung einer Hochzuckergras-Sorte. In: Werte – Wege – Wirkungen: Biolandbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel - Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, S. 175 - 178.
- LEE, M. R. F., WINTERS, A. L., SCOLLAN, N. D., DEWHURST, R. J., THEODOROU, M. K., MINCHIN, F. R. (2004): Plant-mediated lipolysis and proteolysis in red clover with different polyphenol oxidase activities. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84, S. 1639 - 1645.
- LFL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (o. J.): Sortenberatung Mais: Abkürzungen, Berechnungen und Hinweise.
www.lfl.bayern.de/ipz/mais/081904/index.php (28.12.2020).
- LI, Y. Y., YU, C. B., CHENG, X., LI, C. J., SUN, J. H., ZHANG, F. S., LAMBERS, H., LI, L. (2009): Intercropping alleviates the inhibitory effect of N fertilization on nodulation and symbiotic N₂ fixation of faba bean. *Plant & Soil* 323, S. 295 - 308.
- LIU, M., LI, Y., CHE, Y., DENG, S. und XIAU, Y. (2017): Effects of different fertilizers on growth and nutrient uptake of *Lolium multiflorum* grown in Cd- contaminated soils. Springer Verlag, S. 23364 - 23370.
- LOBMAIER, A. (2020): Teilflächenspezifische Grünlandnachsaat – Neuer Kooperationspartner von Einböck. Pressemeldung, Dorf an der Pram.
www.einboeck.at/downloads/innovation-isaria (04.12.2021).
- LÜTKE ENTRUP, N. und OEHMICHEN, J. (2006): Lehrbuch des Pflanzenbaues. Grundlagen, Band 1, AgroConcept GmbH, Bonn.
- LÜTKE ENTRUP, N. und SCHÄFER, B. C. (2011): Lehrbuch des Pflanzenbaus. Band 2: Kulturpflanzen. AgroConcept, 3. Auflage, Bonn.
- LWK NRW (2015): Ackerfutterbau.
www.landwirtschaftskammer.de/Landwirtschaft/ackerbau/zwischenfruechte/ackerfutterbau-pdf.pdf (29.01.2021).
- MALARINO, A. P., WEDIN, W. F., PERDOMO, C. H., GOYENOLA, R. S., WEST, C. P. (1990): Nitrogen transfer from white clover, red clover and birdsfoot trefoil to associated grass. *Agronomy Journal*, 82, S. 790 - 795.

- NIKLAUS, P. A., WARDLE, D. A., TATE, K. R. (2006): Effects of plant species diversity and composition on nitrogen cycling and the trace gas balance of soils. *Plant and Soil* 282, S. 83 - 98.
- NUSSBAUM, H., ELSÄSSER, M., STAUDACHER, W., GROß, F. und RIEDER, J. B. (2004): Grobfutterbewertung. Teil A – DLG Schlüssel zur Bewertung von Grünfütter, Silage und Heu mit Hilfe der Sinnenprüfung, DLG- Verlag, Frankfurt am Main.
- OPITZ VON BOBERFELD, W. (1994): Grünlandlehre. Biologische und ökologische Grundlagen. Ulmer Verlag.
- OPITZ V. BOBERFELD, W. und LASER, H. (1999): Einfluß von *Lotus corniculatus* auf die Nutzungselastizität bestandsprägender Gräser der Extensiv-Weiden. *German J. Agron.* 3, S. 88 - 93.
- PENG, K., LONG, J., NIU, Y., HUANG, Q., MCALLISTER, T. A., YANG, H. E., DENISE, H., XU, Z., ACHARYA, S., WANG, X., WANG, Y. (2017): Condensed tannins affect bacterial and fungal microbiomes and mycotoxin production during ensiling and upon aerobic exposure. *Appl Environ Microbiol.* 2017 Dec 15. pii: AEM.02274-17.
- PETERS, J. (2015): Das eiweißreiche Vorrfrucht wonder. *Top Agrar* 2/2015, Münster.
- PFANNKUCHEN, H. J. (2019): Luzerne – Die Futterbauantwort auf Klimaänderungen. DSV Saaten, Ludwigsfelde.
- PIRHOFER-WALZL, K., RASMUSSEN, J., HØGH-JENSEN, H., ERIKSEN, J., SØEGAARD, K. (2012): Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant Soil* 350, S. 71 - 84.
- POTT, R. und HÜPPE, J. (2007): Spezielle Geobotanik. Pflanzen – Klima – Boden, Springer Verlag, Hannover.
- SCHLUETER, D. und TRACY, B. (2012): Sowing method effects on clover establishment into permanent pasture. *Agronomy Journal* 104, S. 1217 - 1222.
- SCHUBERT, S. (1995): Nitrogen assimilation by legumes - processes and ecological limitations. *Fertilizer Research* 42, S. 99 - 107.
- SCHÜTTE, J. (2020): Daten über den Versuchsstandort. Betriebsleiter Sauerland Milch GbR, E-Mail, 02.12.2020.

- SOUSSANA, J. F. und TALLEC, T. (2010): Can we understand and predict the regulation of biological N₂ fixation in grassland ecosystems? *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 88, S. 197 - 213.
- STAUDINGER, C. und WIENKOOP, S. (2016): Einfluss der Rhizobien- Leguminosen Interaktion auf die Trockenstressantwort in *Medicago truncatula*. Department für Ökogenomik und Systembiology, Universität Wien.
- TIM-ONLINE (2020): Geoportal.
www.tim-online.nrw.de/tim-online2/ (27.12.2020).
- VANHATALO, A., KUOPPALA, K., AHVENJÄRVI, S., RINNE, M. (2009): Effects of feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows. 1. Nitrogen metabolism and supply of amino acids. *Journal of Dairy Science* 92 (11), S. 5620 - 5633.
- VOIGTLÄNDER, G. und JACOB, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- VOLKERS, K. und TAUBE, F. (2006): Steigerung der N-Effizienz im spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieb durch Futterbau in Fruchtfolgen. *Top Agrar* 3/2006, S. 92 - 95.
- WALTER, H. (1957): Wie kann man den Klimatypus anschaulich darstellen? *Umschau* 24, S. 751 - 753.
- WESTENDARP, H. (2006): Effects of tannins in animal nutrition 3. *Deutsche Tierärztl. Wochenschrift*, S. 113 & 264 - 268.
- WOLEDGE, J., TEWSON, V. J., DAVIDSON, I. A. (1990) Growth of grass/clover mixtures during winter. *Grass and Forage Science*, 45, S. 191 - 202.
- WOLF, M. und LASER, H. (2018): Maßnahmen zur Leguminosenförderung und -etablierung in einer Grünlandnarbe mittels Frässaat- „Hybridsystem“. Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest, S. 265 - 270.
- WURTH, W. (2006): Kleegrasanbau – Agrarreform schafft Spielraum. LVVG Aulendorf, Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf – Viehhaltung, Grünlandwirtschaft, Wild, Fischerei – Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft, S. 1 - 5.

12 Anhang

Anhang 1: Drohnenaufnahme der Versuchsfläche am 05. Juli 2020



Anhang 2: Ausbringung der Rhizobien mittels Spritzgestänge am 05. September 2019



Anhang 3: Frässaatverfahren mit der Agria Fräseinheit am 14. Mai 2020



Anhang 4: Beete der Frässaat am 14. Mai 2020



Anhang 5: Aussaat der Fräs- und Schlitzsaat mit einem Claas Axion 830 und Vredo Agri Durchsämaschine am 16. Mai 2020



Anhang 6: Mäusebekämpfung mittels Legeflinte am 19. September 2019



Anhang 7: Applikation des Giftweizens per Legeflinte in die Mäuselöcher am 19.09.2019



Anhang 8: Düvelsdorf green.rake Wiesenstriegel mit aufgesattelter seed.con Säeinheit



Anhang 9: Claas Axion 830 mit in der Front angebauten ISARIA Sensor



Anhang 10: Anwalzen der Nachsaat mit einer Cambridge-Walze am 24. April 2021



Anhang 11: Probenentnahme mittels Schätzrahmen und Handheckenschere beim ersten Erntetermin am 05. Mai 2020



Anhang 12: Beerntung mittels Balkenmäher



Anhang 13: Ernte und Probenentnahme der Aufwüchse zwei bis vier mit dem Balkenmäher



Anhang 14: Probennahme eines Quadratmeters mittels Holzrahmen und Akku-Heckenschere



Anhang 15: Foto eines Probenquadratmeters zur Erstbonitur am 08. Mai 2021



Anhang 16: Verwendete Drohrentechnik mit multispektraler Kamera



Anhang 17: Nach der Aussaat eingebnete Versuchsfläche und Auflaufen von *Lolium multiflorum* am 17. August 2019



Anhang 18: Entwickelter *Lolium multiflorum* Bestand am 01. September 2019



Anhang 19: Entwickelter *Lolium multiflorum* Bestand am 15. September 2019



Anhang 20: Vorkommen der Purpurroten Taubnessel im Luzerne-Gras-Gemenge am 10. Oktober 2019



Anhang 21: Nodulation an *Lotus corniculatus* am 10. Oktober 2019



Anhang 22: Violette Verfärbung der Blattspitzen von *Lolium multiflorum* durch Frosteinwirkung am 12. April 2020



Anhang 23: Auflaufen der Leguminosen in der Frässaat am 22. Juni 2020



Anhang 24: Auflaufen der Leguminosen in der Schlitzsaat am 22. Juni 2020



Anhang 25: Rotklee im Gemenge in der Blüte und eine Hummel als Blütenbesucher am 03. August 2020



Anhang 26: Fraßschäden des Blattrandkäfers am Rotklee am 03. August 2020 (links) und 15. September (rechts)



Anhang 27: Braunrostbefall an *Lolium multiflorum* am 23. September 2020



Anhang 28: Rotklee Frässaart am 15. September 2020



Anhang 29: Schlitzsaat von *Lotus corniculatus* in der Blüte am 15. September 2020



Anhang 30: Frässaat von *Lotus corniculatus* am 15. September 2020



Anhang 31: Mehltaubefall am blühenden Rotklee im Gemenge am 15. September 2020



Anhang 32: Kahlfraß und Mäusespuren am 15. September 2020



Anhang 33: Mäuse-, Trockenheitsschäden und Ertragsdefizite am 23. September 2020



Anhang 34: Nodulation an *Lotus corniculatus* im Gemenge am 03. November 2020



Anhang 35: Entwicklung von *Lotus corniculatus* im zweiten Nutzungsjahr (von links: Schlitzsaat, Frässaat, Gemenge) am 08. Juli 2021



Anhang 36: Nodulation an *Lotus corniculatus* am 08. Juli 2021



Anhang 37: *Lotus corniculatus* der Frässaat in der Blüte am 08. Juli 2021



Anhang 38: *Lotus corniculatus* in der Blüte am 08. Juli 2021



Anhang 39: Vereinzelte Exemplare von *Trifolium pratense* im Gemenge am 08. Juli 2021



Anhang 40: Einzelpflanze *Trifolium pratense* aus dem Gemenge am 08. Juli 2021



Anhang 41: Anteile der Gräser- und Kräuterarten, sowie der Weißklee- und Lückenanteil von der Versuchsfläche 1

Pflanzenart	B1 10 kg/ha	B2 10 kg/ha	B3 10 kg/ha	B4 10 kg/ha	B1 Teil	B2 Teil	B3 Teil	B4 Teil	B1 Keine	B2 Keine	B3 Keine	B4 Keine
Dt. Weidelgras	36	38	23	29	41	32	25	30	39	26	21	29
Wiesenrispe	4	7	10	10	13	7	14	8	6	7	6	12
Wiesenschnegelschmalz	4	4	2	2	7	3	0,6	2	1	3	1	4
Wiesenfuchsschwanz	8	0,8		8				4			9	18
Wolliges Honiggras	0,4	0,1	3,4		3	4	1	0,6	0,6	0,6	10	2
Knaulgras	2	2			4	1,5		0,8	0,6	0,2	1	3
Jährige Rispe				0,1		0,4	1	0,2				
Quecke	4	0,4	2	2	1	3	2		2,5	0,6		
Rotschwinge	2				0,6				2			0,8
Löwenzahn	5	8	9	9	8	4,5	7	7	4,5	4	5	4,5
Schaumkraut	2,5	0,2	6	2	1,3	1,5	7	4	1	2	2,5	2,5
Hungerblümchen	0,4	2		0,4	0,6	0,2		0,7	2	0,7	0,3	0,2
Gänseblümchen		2	0,4	0,8	0,2	1,6	0,2	8	0,1		0,2	1,6
Schafgarbe								0,4				0,2
Ehrenpreis	0,3	0,4	0,4	0,9	0,7	0,3	0,2	0,4	3		0,2	0,4
Ackerhornkraut	5	9	6	2,5	2	10	4	4,5	10	10	6	4
Weißklee	0,8	0,8		0,4	0,2	1				0,6		0,2
Frauenmantel	0,4	0,4			0,7				0,2			
Hirtentäschel	0,6		0,8	2	0,1	2	1	0,4	2		0,6	1
Storchschnabel					0,2							
Vogelmiere	1,4	2,5	10	6	1	9,5	1	2,2	7,5	9	8,2	0,6
Gunderrmann	0,2	0,4		0,9	0,4	3,5		0,8		0,8		
Lückenanteil	23	22	27	24	15	15	36	26	18	36	29	16

Anhang 42: Anteile der Gräser- und Kräuterarten, sowie der Weißklee- und Lückenanteil von der Versuchsfläche 2 bei einmaliger Vorbeschädigung

Pflanzenart	B1 7 km/h	B2 7 km/h	B3 7 km/h	B4 7 km/h	B1 10 km/h	B2 10 km/h	B3 10 km/h	B4 10 km/h	B1 12 km/h	B2 12 km/h	B3 12 km/h	B4 12 km/h
Dt. Weidelgras	20	3	23	31	32	6	33	44	26	8	21	22
Wieserrippe	6	3	6		5	5	1		5	4		
Wiesenschnegras	1				3				4	2		
Wiesenfuchsschwanz		2,2		8,5				2,8			6	3,8
Wolliges Honiggras	0,5	0,6	1,5		1,5	3,8			1,5	1,2		
Knaulgras		1,8	2,5	1,3			1,4	1,3		1	2,8	
Jährige Rispe	0,5	1	1,3	3	0,5	1	1,3	6,8	0,3	0,5	2,3	0,1
Gemeine Rispe					2,2	1			0,5			5
Löwenzahn	2,8	1,4	1,8	3,8	3	1,9	2,5	5	3,5	1,6	3,5	1,3
Schaumkraut	0,6	0,5	0,6	0,3	1,3	1	1,3	0,4	0,7	0,6	0,2	0,1
Scharbockskraut		1	5,8	0,1			4,7	0,1		0,2	3,6	0,2
Gänseblümchen	0,9	0,1		3,2	4,7	0,5	0,1	2,8	3,2	2	1,3	0,1
Schafgarbe		0,1									0,2	
Ehrenpreis	0,1	0,1			0,2			0,3				
Ackerhornkraut	0,9	0,5	1,4	0,8	2	1,6	1,1	4	1,2	1,3	2,3	0,4
Weißklee	2,5	0,2	0,7	0,8	0,9	0,3	0,4	0,2	2,5	1,1	0,2	0,1
Frauenmantel												0,1
Hirtentäschel			0,1	0,5			0,1	0,1			0,1	0,1
Storchschnabel		0,2			0,7		0,9			0,5		
Vogelmiere	0,2	0,5	2	0,2		0,9	2,2	0,2	0,3		0,2	0,5
Ampfer												
Gunderrmann		0,8	1,3	0,5					0,3		1,3	0,2
Lückenanteil	64	83	52	46	43	78	50	32	51	76	55	66

Anhang 43: Anteile der Gräser- und Kräuterarten, sowie der Weißklee- und Lückenanteil von der Versuchsfläche 2 bei zweimaliger Vorbeschädigung

Pflanzenart	B1 7 km/h	B2 7 km/h	B3 7 km/h	B4 7 km/h	B1 10 km/h	B2 10 km/h	B3 10 km/h	B4 10 km/h	B1 12 km/h	B2 12 km/h	B3 12 km/h	B4 12 km/h
Dt. Weidelgras	11	15	18	20	15	17	23	33	9	30	20	18
Wiesenrispe	4	9	6		4	7	1		5	5		
Wiesenschnegras	3				2				3	2		
Wiesenfuchsschwanz		7,5	2,5	7,8		3	0,8	3,5		1,2	2,5	3,3
Wolliges Honiggras	0,5	0,5	5		0,5	1,5				0,7	1,3	
Knaulgras		0,8	1,8	2		1,3	0,5	1	0,5		0,3	2,3
Jährige Rispe	3,5	1,3	2,3	1,3	1,5	0,8		3	1	4	1	0,3
Gemeine Rispe	1,3	8,6					2,5		0,5	3,7	1,3	
Löwenzahn	1,8	1,8	2	2	2	3	3	1	3,5	4,5	1,1	1,3
Schaumkraut	1	0,4	0,9	0,3	0,9	1	0,8	0,1	0,6	0,6	0,1	0,2
Scharbockskraut		1,5	1,3	0,2			3,1	0,5		0,1	0,3	2
Gänseblümchen	0,9	0,2	1,1	1,1	1	0,5	0,2	0,9	1	5	0,1	0,3
Schafgarbe		0,5		0,1		0,3						0,1
Ehrenpreis		0,1			0,5				0,1			0,1
Ackerhornkraut	1,3	0,5	1	1,1	0,8	1	0,6	1,8	0,4	0,4	0,7	1,6
Weißklee	0,4	0,1	0,5	0,2	1	1,3	0,2	0,1	1,1	2,8	0,1	0,3
Frauenmantel		0,3	0,5			0,3					0,1	
Hirtentäschel				0,8			0,2	0,1			0,3	
Storchschnabel			0,2		0,8		1		0,2			
Vogelmiere	1,1	0,9	0,8	0,1			0,8		0,1		0,5	0,1
Ampfer	0,2											0,1
Gunderrmann							1,3				0,3	
Lückenanteil	70	51	55	63	70	62	61	55	74	40	70	70

Anhang 44: Anteile der Gräser- und Kräuterarten, sowie der Weißklee- und Lückenanteil von der Versuchsfläche 2 ohne Vorbeschädigung

Pflanzenart	B1 7 km/h	B2 7 km/h	B3 7 km/h	B4 7 km/h	B1 10 km/h	B2 10 km/h	B3 10 km/h	B4 10 km/h	B1 12 km/h	B2 12 km/h	B3 12 km/h	B4 12 km/h
Dt. Weidelgras	9	9	21	21	17	1	31	38	7	10	25	30
Wiesenrispe	4	5	10		3	1	3		4	3		
Wiesenschnegras					0,2	2			3	1		
Wiesenfuchsschwanz		2,5	0	7,5			0,1	4			7,5	2
Wolliges Honiggras		2,5	1,5			3	0,3		2	3,1		
Knautgras	2,6	1,5		4			0,3	0,2			2,5	1
Jährige Rispe	1	2,5		2,5				1	1,5		9	
Gemeine Rispe												
Löwenzahn	3	1,4	1,5	5,5	2	0,8	2,3	3,5	0,5	0,2	6,5	1
Schaumkraut	0,4	2	0,3	1	2	2,3	3,6	0,8	2,5	3	3,5	0,1
Scharbockskraut		7	5	0,2			1,6				2,5	0,2
Gänseblümchen	2			2	2			0,5	0,3	1,5	1,5	
Schafgarbe												
Ehrenpreis												
Ackerhornkraut	0,6	1	0,2	5	1	1,3	0,2	1,8	0,2	0,5	6	0,1
Weißklee	0,4	0,1	0,5	0,7	0,5	0,1		0,1	0,5	2		
Frauenmantel			0,5									
Hirtentäschel				0,6			0,1					0,1
Storchschnabel					0,3		0,3		2,5	0,5		
Vogelmiere		5	4,5			1,5	0,2		1	0,2	0,5	
Ampfer		0,5										0,5
Gundermann								0,1			0,5	
Lückenanteil	77	60	55	50	72	87	57	50	75	75	35	65

Anhang 45: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse im Gräserreinbestand und in Gemengeaussaat; 1. Schnitt 2020

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bil- dung	Eu- los
Gras in Rein- saat (Kontrolle)	7,08	90,63	14,07	1,79	36,78	37,50	15,90	40,50	20,59	65,63	12,93
Gras in Rein- saat 2 (Rotklee)	7,17	90,39	14,48	1,81	36,13	37,92	16,07	41,24	21,05	65,67	13,15
Gras in Rein- saat 3 (Hornklee)	7,38	90,70	13,91	1,83	37,11	37,24	15,58	40,26	20,40	66,18	12,51
Gras in Rein- saat 4 (Luzerne)	7,28	90,28	14,55	1,79	36,36	38,18	16,22	41,50	21,13	65,59	13,56
Rotklee-Gras- Gemenge	7,87	90,29	15,22	1,95	32,10	37,68	17,04	40,61	21,51	63,60	13,44
Hornklee- Gras- Gemenge	7,08	89,83	16,19	1,67	34,13	39,86	17,94	43,54	22,30	63,54	15,91
Luzerne- Gras- Gemenge	7,18	90,40	15,01	1,78	36,03	38,05	16,41	41,03	21,34	64,34	14,53

Anhang 46: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 2. Schnitt 2020

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas bil- dung	Eu- los
Gras in Reinsaat (Kontrolle)	7,68	91,45	24,96	2,08	22,69	52,53	27,94	52,58	29,68	55,41	31,84
Rotklee Vredo Schlitzsaat	8,20	91,38	24,51	2,17	22,16	53,18	27,80	53,22	29,72	57,03	29,35
Rotklee Agrida Frässaat	8,81	91,51	24,75	2,18	21,53	53,70	28,33	53,44	29,77	56,40	30,56
Hornklee Vredo Schlitzsaat	7,93	90,93	24,82	2,08	22,38	53,72	28,03	53,87	30,19	57,54	30,14
Hornklee Agrida Frässaat	9,40	91,76	24,55	2,25	21,18	53,39	28,58	52,93	29,17	55,81	30,71
Luzerne Vredo Schlitzsaat	7,97	91,24	25,38	2,12	21,54	54,05	28,72	54,17	30,40	56,28	31,98
Luzerne Agrida Frässaat	8,58	91,53	24,51	2,18	21,99	53,32	28,36	53,40	29,31	56,03	31,21
Rotklee- Gras- Gemenge	9,14	91,82	23,27	2,35	17,60	51,26	28,55	50,31	29,73	53,67	29,93
Hornklee- Gras- Gemenge	7,80	91,00	25,62	2,08	21,28	53,96	28,77	54,26	30,98	55,94	32,71
Luzerne- Gras- Gemenge	7,58	90,63	26,64	2,09	20,74	55,43	29,35	55,95	31,73	55,83	34,09

Anhang 47: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse im Gräserreinbestand, in Gemengeaussaat und Nachsaat in verschiedenen Streifensaatverfahren; 3. Schnitt 2020

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bil- dung	Eu- los
Gras in Reinsaat (Kontrolle)	7,72	91,30	22,28	2,20	25,57	48,70	26,11	50,22	28,20	56,72	29,14
Rotklee Vredo Schlitzsaat	8,80	91,28	25,09	2,07	22,73	53,15	29,07	53,46	30,79	54,31	32,89
Rotklee Agrida Frässaat	9,27	91,68	24,80	2,33	20,70	52,16	28,88	51,88	29,86	53,98	32,67
Hornklee Vredo Schlitzsaat	8,37	91,13	25,05	2,24	20,88	53,44	28,96	53,40	30,82	55,19	31,60
Hornklee Agrida Frässaat	8,61	91,07	25,58	2,24	20,66	53,94	29,23	54,03	31,19	54,28	32,87
Luzerne Vredo Schlitzsaat	7,48	91,29	23,72	2,18	23,47	51,23	27,52	52,21	29,54	56,04	30,45
Luzerne Agrida Frässaat	8,26	91,45	24,02	2,24	22,90	50,92	27,78	51,55	29,33	55,58	30,97
Rotklee- Gras- Gemenge	10,15	91,84	24,12	2,27	17,60	51,71	29,67	50,82	30,60	51,01	31,72
Hornklee- Gras- Gemenge	8,94	91,64	25,13	2,26	20,45	52,00	28,94	52,42	30,24	53,14	32,83
Luzerne- Gras- Gemenge	8,65	91,10	26,61	2,10	20,49	54,95	30,44	55,05	31,86	52,74	35,26

Anhang 48: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 1 mit einheitlicher, teilflächenspezifischer und keiner Nachsaat; 1. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
10 kg/ha Block 1	7,50	91,16	19,95	3,24	12,74	48,63	23,88	49,83	25,73	54,08	17,47
10 kg/ha Block 2	6,96	91,16	19,63	3,02	15,78	47,34	23,46	48,71	25,27	56,48	15,67
10 kg/ha Block 3	6,90	90,68	21,30	2,83	16,23	49,70	24,41	51,52	27,04	55,94	19,45
10 kg/ha Block 4	6,99	91,53	20,59	3,16	14,09	48,46	24,42	49,66	26,33	54,63	17,77
Teilfläche Block 1	7,19	91,16	20,34	3,15	14,23	48,83	24,15	50,03	25,72	55,17	17,12
Teilfläche Block 2	7,17	91,60	19,01	3,14	14,73	45,85	24,15	46,75	24,97	54,73	17,11
Teilfläche Block 3	6,98	91,35	18,72	3,26	13,77	45,30	23,34	46,83	24,76	54,92	16,35
Teilfläche Block 4	6,60	91,14	20,30	3,11	15,40	47,18	23,84	49,13	26,39	56,57	16,78
Keine Block 1	7,84	91,09	20,27	3,06	12,80	45,92	25,45	47,03	26,54	55,42	17,32
Keine Block 2	8,23	90,66	20,21	2,94	12,46	46,45	25,37	47,68	26,65	55,42	17,58
Keine Block 3	7,77	90,96	19,23	3,03	13,14	43,73	24,49	45,24	26,38	56,71	14,78
Keine Block 4	6,70	90,98	22,81	2,89	14,49	51,85	26,15	53,04	28,68	55,89	19,38

Anhang 49: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 1 mit einheitlicher, teilflächenspezifischer und keiner Nachsaat; 2. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
10 kg/ha Block 1	7,45	91,97	23,83	3,27	8,22	53,57	29,13	52,81	29,43	49,16	25,14
10 kg/ha Block 2	6,57	91,70	24,56	3,23	8,12	53,55	29,24	53,16	30,05	49,39	25,66
10 kg/ha Block 3	6,97	91,86	21,73	3,42	9,60	50,35	26,82	50,41	27,57	50,63	22,15
10 kg/ha Block 4	7,32	91,79	24,15	3,45	7,66	52,30	29,28	52,19	30,38	49,59	25,68
Teilfläche Block 1	7,51	91,80	23,64	3,33	8,83	52,38	28,60	51,86	29,36	50,69	23,86
Teilfläche Block 2	7,00	91,85	23,05	3,32	8,24	52,04	28,13	51,56	28,88	49,31	24,08
Teilfläche Block 3	6,21	91,57	24,90	3,27	8,62	54,78	29,29	54,77	30,37	49,02	27,35
Teilfläche Block 4	7,13	91,83	22,90	3,39	9,28	51,32	27,94	51,09	28,84	51,10	23,73
Keine Block 1	7,19	91,81	22,85	3,44	8,51	51,80	27,79	51,54	28,37	50,40	23,19
Keine Block 2	7,92	91,81	22,93	3,30	8,24	51,90	28,20	51,23	28,70	48,87	23,76
Keine Block 3	6,91	91,90	24,17	3,23	8,20	54,16	29,52	53,70	30,07	48,83	26,38
Keine Block 4	7,67	91,94	23,02	3,40	8,94	52,73	28,17	52,29	28,95	50,18	22,56

Anhang 50: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 1 mit einheitlicher, teilflächenspezifischer und keiner Nachsaat; 3. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
10 kg/ha Block 1	8,66	93,62	19,79	3,71	8,66	48,19	26,58	48,06	25,76	48,19	18,74
10 kg/ha Block 2	8,15	93,63	19,55	3,69	10,00	47,29	25,71	47,09	25,25	49,10	17,33
10 kg/ha Block 3	8,25	93,82	19,04	3,69	10,81	45,79	25,31	46,62	24,85	49,75	17,44
10 kg/ha Block 4	8,74	93,89	16,97	3,76	9,33	40,64	23,72	41,65	24,19	49,69	15,19
Teilfläche Block 1	8,49	93,48	19,27	3,79	9,85	46,21	25,26	46,52	25,29	50,36	16,99
Teilfläche Block 2	8,28	93,72	18,78	3,70	10,20	45,53	25,01	45,86	24,76	49,32	16,88
Teilfläche Block 3	7,74	93,61	19,78	3,63	10,79	46,99	25,51	47,93	25,25	49,59	18,10
Teilfläche Block 4	8,09	93,83	18,27	3,73	11,61	42,87	24,01	44,08	24,07	50,82	15,95
Keine Block 1	8,22	93,55	18,70	3,86	10,65	46,18	24,38	46,76	24,36	50,70	16,03
Keine Block 2	8,25	93,52	19,68	3,71	10,05	47,66	25,42	48,11	25,21	49,49	17,76
Keine Block 3	8,37	93,93	18,79	3,69	9,69	45,71	25,23	46,28	25,07	48,52	17,78
Keine Block 4	7,77	93,57	21,10	3,53	11,04	49,22	26,73	49,63	26,49	50,16	19,75

Anhang 51: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit einmaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 1. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
7 km/h Block 1	6,46	91,28	16,71	3,21	18,65	43,37	20,47	44,98	22,17	57,77	11,86
7 km/h Block 2	6,60	91,68	17,34	3,26	15,90	44,27	21,66	45,01	22,90	54,92	15,03
7 km/h Block 3	6,01	91,29	15,62	3,15	20,42	42,32	19,02	43,74	21,11	58,06	11,83
7 km/h Block 4	5,76	91,32	18,77	2,98	18,34	47,23	22,45	48,79	24,78	57,21	16,03
10 km/h Block 1	6,14	91,23	17,11	2,94	17,82	45,22	21,12	46,96	23,48	57,20	12,92
10 km/h Block 2	6,24	90,96	16,53	2,98	20,21	43,33	19,84	45,58	22,92	58,91	11,53
10 km/h Block 3	6,84	90,57	17,94	3,01	18,84	44,57	20,57	47,07	24,30	58,16	13,64
10 km/h Block 4	6,66	90,85	18,16	3,09	18,43	45,00	21,40	46,57	23,90	57,42	14,04
12 km/h Block 1	6,31	90,84	18,21	3,07	17,92	46,22	21,51	48,53	24,09	57,97	13,18
12 km/h Block 2	6,08	90,91	17,09	2,97	17,88	44,80	20,31	46,54	23,22	56,58	13,68
12 km/h Block 3	6,61	90,75	17,78	2,93	21,02	45,47	20,81	47,64	23,70	59,81	13,46
12 km/h Block 4	6,27	90,92	18,83	2,97	17,00	46,48	22,48	47,79	25,09	56,70	16,37

Anhang 52: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit zweimaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 1. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
7 km/h Block 1	6,61	91,12	16,75	3,03	18,53	44,26	20,49	45,65	22,87	57,75	12,01
7 km/h Block 2	6,36	91,30	17,15	3,18	17,26	44,81	20,82	46,01	23,09	56,18	13,69
7 km/h Block 3	6,15	90,78	17,27	3,08	19,80	44,42	20,54	46,38	23,05	58,50	13,12
7 km/h Block 4	6,04	91,13	19,22	3,12	16,43	47,86	22,94	48,90	25,01	56,74	16,03
10 km/h Block 1	6,72	91,04	15,71	3,13	19,11	43,01	19,34	45,04	21,71	58,27	11,06
10 km/h Block 2	5,78	90,89	16,31	2,97	20,59	43,21	19,12	45,57	21,99	58,70	11,79
10 km/h Block 3	7,02	91,17	15,63	3,27	20,12	42,65	19,30	44,39	21,43	57,25	13,33
10 km/h Block 4	6,18	90,79	17,40	3,08	19,34	44,57	20,15	46,68	22,93	57,72	13,11
12 km/h Block 1	6,12	91,00	17,66	2,86	20,51	45,09	20,69	47,14	23,55	58,47	14,03
12 km/h Block 2	6,12	91,10	17,62	3,02	18,82	44,89	20,91	46,43	23,32	57,58	13,55
12 km/h Block 3	6,79	90,53	18,37	2,92	18,72	45,50	20,78	47,64	23,82	57,06	14,55
12 km/h Block 4	6,23	91,01	18,62	2,98	17,22	46,60	21,80	48,17	24,70	56,31	15,45

Anhang 53: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 ohne Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 1. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
7 km/h Block 1	6,06	90,88	17,93	3,05	18,13	46,80	21,33	48,58	23,45	57,64	15,21
7 km/h Block 2	7,24	90,70	18,74	2,96	19,39	47,16	22,10	49,01	24,73	59,23	15,69
7 km/h Block 3	5,98	90,89	16,88	3,02	22,20	42,60	19,48	45,11	22,20	60,07	11,02
7 km/h Block 4	6,30	91,27	20,19	2,97	17,20	47,65	23,55	49,12	26,55	56,73	17,54
10 km/h Block 1	6,40	90,79	17,44	3,04	20,24	43,98	20,55	45,92	23,02	59,46	11,76
10 km/h Block 2	12,15	92,40	14,13	3,31	17,82	42,82	20,71	41,20	18,54	49,19	11,51
10 km/h Block 3	6,45	90,83	15,86	2,89	23,74	41,37	18,28	44,72	22,53	60,90	11,52
10 km/h Block 4	6,63	91,04	19,84	3,00	16,70	48,36	23,41	49,45	25,75	56,17	18,09
12 km/h Block 1	7,36	91,01	15,94	3,06	17,65	42,70	19,43	44,31	21,29	54,89	12,54
12 km/h Block 2	6,80	90,94	17,20	3,28	16,43	45,28	20,40	47,35	22,98	55,75	14,06
12 km/h Block 3	7,50	90,48	17,95	2,93	20,40	43,76	20,23	46,32	23,97	57,27	14,49
12 km/h Block 4	6,24	90,69	17,71	2,93	21,68	43,81	19,90	46,14	23,31	58,85	14,54

Anhang 54: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit einmaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 2. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
7 km/h Block 1	6,27	91,46	26,83	3,07	7,56	57,74	31,48	57,29	32,16	48,78	30,10
7 km/h Block 2	6,60	92,08	24,78	3,26	7,23	56,58	30,13	56,12	30,62	47,44	28,58
7 km/h Block 3	6,35	91,44	26,15	3,07	9,13	57,08	30,55	56,45	31,54	50,82	27,79
7 km/h Block 4	5,89	92,06	25,04	3,21	8,14	56,51	30,49	55,94	30,97	49,33	27,49
10 km/h Block 1	6,90	91,70	25,34	3,20	7,55	56,03	30,40	55,49	31,07	48,66	27,55
10 km/h Block 2	6,52	91,60	26,16	3,10	7,56	57,81	30,95	57,34	31,78	48,31	28,53
10 km/h Block 3	6,79	91,70	26,32	3,07	7,69	57,98	31,09	57,75	31,92	48,60	29,14
10 km/h Block 4	6,91	92,00	23,57	3,33	8,22	54,07	28,87	53,73	29,56	49,50	25,15
12 km/h Block 1	5,74	91,27	27,01	2,99	8,70	57,21	31,26	57,08	32,24	50,15	29,40
12 km/h Block 2	6,38	91,75	25,34	3,24	7,71	56,66	30,27	56,33	31,00	48,81	28,09
12 km/h Block 3	6,65	91,62	26,89	2,96	7,95	58,43	31,81	57,91	32,62	49,22	30,16
12 km/h Block 4	6,28	91,86	26,05	3,07	7,56	57,50	31,32	57,06	31,89	48,45	29,34

Anhang 55: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit zweimaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 2. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
7 km/h Block 1	6,42	91,49	26,53	3,08	8,28	56,68	30,97	56,44	31,85	49,99	28,93
7 km/h Block 2	6,53	91,89	24,13	3,22	7,84	55,37	29,75	54,76	30,07	48,81	25,87
7 km/h Block 3	6,82	91,86	25,07	3,24	8,40	56,15	30,28	55,28	30,73	49,78	26,47
7 km/h Block 4	6,83	92,03	23,66	3,24	8,26	54,47	29,16	54,18	29,32	48,54	24,77
10 km/h Block 1	7,03	91,66	25,59	3,15	7,85	55,85	30,53	55,46	31,11	48,49	28,34
10 km/h Block 2	6,55	91,64	25,67	3,11	7,82	56,30	30,18	55,88	31,22	48,98	27,92
10 km/h Block 3	6,95	91,70	26,00	3,03	9,43	55,81	30,64	55,67	31,44	49,65	29,05
10 km/h Block 4	5,93	91,73	25,89	2,99	7,72	58,02	30,83	57,46	31,42	48,01	28,85
12 km/h Block 1	6,42	91,35	26,44	2,96	8,79	57,17	31,13	56,81	31,87	50,38	28,85
12 km/h Block 2	6,42	91,63	25,17	3,15	8,92	54,74	29,90	54,20	30,82	50,81	25,87
12 km/h Block 3	6,97	91,64	25,74	3,06	7,51	57,82	30,95	57,20	31,56	48,22	28,97
12 km/h Block 4	6,43	91,98	25,69	3,06	7,61	57,74	30,85	57,38	31,59	47,92	28,63

Anhang 56: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 ohne Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 2. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
7 km/h Block 1	6,92	91,43	25,88	3,19	7,47	56,13	30,15	56,15	31,21	48,35	28,65
7 km/h Block 2	6,72	92,45	25,25	3,25	5,77	58,21	30,86	57,39	31,43	45,51	29,13
7 km/h Block 3	7,14	91,54	24,42	3,24	9,96	54,56	28,98	54,23	29,91	51,76	24,79
7 km/h Block 4	6,25	92,31	23,47	3,35	8,15	54,27	29,34	53,43	29,43	49,84	23,95
10 km/h Block 1	7,60	91,40	25,04	3,29	7,79	55,25	29,66	55,10	30,65	49,99	26,37
10 km/h Block 2	6,96	91,82	26,77	3,15	5,65	58,09	31,55	57,62	32,50	45,89	31,70
10 km/h Block 3	7,20	91,86	26,48	2,95	9,20	58,77	31,81	58,68	32,43	47,68	32,09
10 km/h Block 4	7,21	92,03	25,07	3,10	8,67	57,24	30,89	56,29	30,83	48,80	27,22
12 km/h Block 1	7,30	91,59	24,55	3,27	7,40	54,09	29,86	53,88	30,37	48,61	25,97
12 km/h Block 2	6,53	91,78	26,04	3,31	7,09	55,81	30,68	55,46	31,37	49,47	28,10
12 km/h Block 3	7,35	91,82	25,34	2,94	9,96	56,08	30,15	55,76	31,16	49,29	28,26
12 km/h Block 4	6,71	91,62	25,63	3,17	8,98	55,79	29,62	56,11	31,09	50,39	26,89

Anhang 57: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit einmaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 3. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
7 km/h Block 1	8,04	93,45	19,48	3,59	11,49	47,37	25,51	47,26	25,55	49,77	17,10
7 km/h Block 2	9,20	93,96	18,04	3,60	7,87	45,10	25,43	44,76	25,82	44,70	18,64
7 km/h Block 3	7,75	93,84	19,60	3,68	11,85	49,10	25,51	49,38	25,53	50,23	17,18
7 km/h Block 4	7,45	94,00	20,16	3,68	10,57	50,07	27,03	50,05	26,35	48,86	19,70
10 km/h Block 1	8,85	93,73	19,35	3,67	10,93	49,16	25,82	48,64	25,50	49,23	16,63
10 km/h Block 2	7,97	93,46	19,85	3,69	10,52	49,64	25,85	49,54	25,93	49,59	17,39
10 km/h Block 3	8,10	93,89	19,57	3,74	10,64	49,99	25,80	49,96	25,69	48,75	18,14
10 km/h Block 4	7,98	93,96	18,99	3,83	10,66	48,39	25,63	47,86	24,98	48,99	16,67
12 km/h Block 1	7,70	93,48	19,42	3,60	11,90	47,58	25,29	47,63	25,29	50,13	16,61
12 km/h Block 2	8,40	93,79	19,47	3,66	10,90	49,59	26,10	49,15	25,39	48,16	17,81
12 km/h Block 3	8,84	93,97	18,95	3,73	11,18	48,19	25,87	47,68	25,31	49,37	16,97
12 km/h Block 4	7,57	93,78	19,50	3,61	11,06	48,43	26,00	48,28	25,70	49,23	17,86

Anhang 58: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 mit zweimaliger Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 3. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
7 km/h Block 1	8,68	93,82	17,52	3,70	11,16	43,65	24,09	44,15	24,70	48,75	16,86
7 km/h Block 2	7,98	93,76	20,62	3,73	8,60	50,12	27,46	49,66	27,13	47,77	19,26
7 km/h Block 3	8,09	93,67	20,33	3,75	10,26	50,22	26,56	49,72	26,36	49,19	18,42
7 km/h Block 4	7,30	93,73	21,00	3,73	8,67	52,28	27,65	51,53	27,05	48,23	19,98
10 km/h Block 1	9,34	93,54	17,63	3,67	11,10	45,11	24,63	44,59	24,39	49,10	16,19
10 km/h Block 2	7,93	93,50	19,07	3,63	11,04	48,54	25,57	48,11	25,16	49,99	16,74
10 km/h Block 3	8,29	94,01	17,89	3,69	11,30	45,91	24,77	45,66	24,90	49,27	16,58
10 km/h Block 4	7,24	93,61	20,31	3,70	10,53	51,40	26,69	51,17	26,07	49,36	18,61
12 km/h Block 1	8,92	93,79	17,05	3,59	11,36	43,98	23,94	43,55	24,12	48,66	15,31
12 km/h Block 2	7,87	93,57	18,60	3,62	12,38	46,10	24,89	46,31	24,75	51,36	15,30
12 km/h Block 3	8,36	93,73	19,96	3,67	10,18	50,36	26,67	49,72	26,24	49,09	18,89
12 km/h Block 4	7,89	94,03	19,69	3,68	9,66	50,04	26,51	49,28	26,19	47,89	18,11

Anhang 59: Übersicht der Mittelwerte aus der NIRS-Analyse der Aufwüchse aus Versuch 2 ohne Vorbeschädigung und Arbeitsgeschwindigkeiten von 7, 10 und 12 km/h; 3. Schnitt

Variante	XA	TM	XF	XL	XZ	NDF	ADF	NDF org	ADF org	Gas- bildung	Eulos
7 km/h Block 1	8,18	93,28	19,13	3,74	9,48	48,79	25,24	48,36	25,49	48,02	18,19
7 km/h Block 2	8,13	93,52	18,49	3,83	9,25	47,79	25,06	47,20	25,04	48,29	16,83
7 km/h Block 3	7,06	93,67	18,17	3,59	14,47	47,08	23,72	47,19	24,10	52,31	14,42
7 km/h Block 4	7,57	93,85	21,09	3,71	8,93	51,13	27,75	51,06	27,34	48,26	20,07
10 km/h Block 1	8,47	93,26	19,01	3,55	10,15	47,10	25,43	46,64	25,64	48,28	17,00
10 km/h Block 2	8,23	93,35	18,68	3,66	8,91	47,75	25,04	46,80	25,30	47,39	17,59
10 km/h Block 3	9,02	93,56	17,34	3,91	10,40	46,24	24,20	46,08	24,38	48,77	17,03
10 km/h Block 4	8,07	93,42	19,83	3,68	10,60	51,43	26,60	51,37	26,22	49,41	19,58
12 km/h Block 1	8,75	93,53	17,54	3,70	9,07	46,63	24,86	45,41	24,82	46,14	16,45
12 km/h Block 2	7,98	93,56	20,37	3,61	10,65	50,12	26,61	49,57	25,65	49,55	17,09
12 km/h Block 3	9,13	93,31	19,90	3,85	9,89	49,17	25,91	48,60	26,19	49,04	17,69
12 km/h Block 4	7,73	93,69	17,79	3,72	13,46	44,65	23,57	45,55	24,05	52,21	15,07