



Versuchsergebnisse zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	VII
1. Einleitung.....	1
2. Versuchsübersicht.....	2
3. Dauerversuche.....	4
3.1. Versuch 643 - Auswirkung einer gestaffelten N-Düngung und der Düngung mit Gärresten auf Erträge, Qualitäten und N-Dynamik im Boden, am Standort Hohenzethen.....	5
3.1.1. Versuchsdurchführung (643).....	5
3.1.2. Ergebnisse (643).....	9
3.1.3. Zusammenfassung (643).....	16
3.2. Versuch 644 – Auswirkungen einer gestaffelten N-Düngung und der Fruchtfolge auf Erträge, Qualitäten und N-Dynamik im Boden, am Standort Thülsfelde.....	18
3.2.1. Versuchsdurchführung (644).....	18
3.2.2. Ergebnisse (644).....	21
3.2.3. Zusammenfassung (644).....	28
3.3. Versuch 645 – N-Austrag und N-Nachlieferung aus der Zwischenfrucht im folgenden Jahr und deren Anrechenbarkeit zur Hauptfrucht.....	29
3.3.1. Versuchsdurchführung (645).....	29
3.3.2. Ergebnisse (645).....	31
3.3.3. Zusammenfassung (645).....	32
4. Versuche zum Grundwasserschutzorientierten Energiepflanzenanbau.....	33
4.1. Versuch 431 - N-Düngung zu Silomais.....	34
4.1.1. Versuchsdurchführung (431).....	34
4.1.2. Ergebnisse (431).....	35
4.2. Versuch 646 – Bodenbearbeitung nach Mais und ergänzende N_{\min} Untersuchungen nach der Ernte.....	37
4.2.1. Versuchsdurchführung (646).....	37
4.2.2. Ergebnisse (646).....	37
4.2.3. Zusammenfassung (646).....	40

4.3.	Versuch 648 – Rohproteingehalt als Kontrollinstrument zur bedarfsgerechten N-Düngung	41
4.3.1.	Versuchsdurchführung (648)	41
4.3.2.	Ergebnisse (648)	43
4.3.3.	Zusammenfassung (648)	46
4.4.	Versuch 888 – Welche Auswirkungen hat der Anbau von Silomais als Zweitfrucht nach Ganzpflanzensilage auf die N-Dynamik im Boden	47
4.4.1.	Versuchsdurchführung (888)	47
4.4.2.	Ergebnisse (888)	49
4.4.3.	Zusammenfassung (888)	54
5.	Ergänzende N _{min} -Untersuchungen	56
5.1.	Spät-N _{min} -Beprobung in Silomais (Versuch 431)	57
5.2.	Welchen Einfluss hat die Höhe der Gärrest-Düngung in Zuckerrüben zur Energiegewinnung auf die N-Dynamik im Boden? (Versuch 490)	59
5.3.	Einfluss von Anbau und Düngung der Durchwachsenen Silphie auf die N-Dynamik im Boden (Versuch 871)	65
5.4.	Auswirkungen von Untersaaten in Silomais auf die N-Dynamik im Boden (Versuch 887)	67
5.5.	Auswirkungen der Gülleunterfußdüngung zu Silomais auf die N-Dynamik im Boden (Versuch 901)	73
6.	Anhang	78
6.1.	Wetterdaten	78
6.2.	Versuchsdaten	83
6.3.	Literatur	93

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Versuchsstandorte, 2012	2
Abbildung 2: Versuchsstandort Hohenzethen (643).....	5
Abbildung 3: Relativer Ertrag Winterroggen, Hohenzethen, 2012 (643).....	10
Abbildung 4: N-Optimum in Abhängigkeit der N-Düngung, Hohenzethen, 2012 (643)	11
Abbildung 5: N-Aufnahme über die Zwischenfrucht Ölrettich in der Bioenergiefruchtfolge, Varianten ungedüngt und 150 kg Mineral-N/ha, Hohenzethen, 2012 (643)....	12
Abbildung 6: N _{min} -Werte im Frühjahr, nach der Ernte und zu Beginn der Sickerwasserspense, Hohenzethen, 2012 (643)	13
Abbildung 7: Monatliche N _{min} -Werte der Variante 150 kg Mineral N/ha, konventionelle und Bioenergie-fruchtfolge, Hohenzethen, 2012 (643).....	14
Abbildung 8: N _{min} -Werte zur Sickerwasserspense und im darauffolgenden Frühjahr, Hohenzethen, 2012/2013 (643)	14
Abbildung 9: N-Bilanzsaldo Winterroggen, Hohenzethen, 2012 (643)	15
Abbildung 10: Relative Erträge Sommergerste, Thülsfelde, 2012 (644a).....	21
Abbildung 11: Ertrag und N-Düngung zu Sommergerste, Thülsfelde, 2012 (644a).....	21
Abbildung 12: Proteingehalt Sommergerste, Thülsfelde, 2012 (644a)	22
Abbildung 13: N _{min} -Werte im Frühjahr, nach der Ernte und zur Sickerwasserspense, Thülsfelde, 2012 (644a)	22
Abbildung 14: N _{min} -Werte, Variante 6 (Sollwert), Thülsfelde, 2012 (644a)	23
Abbildung 15: N-Bilanzsaldo Sommergerste, Thülsfelde, 2012 (644a)	23
Abbildung 16: Optima Ertrag und N-Düngung zu Silomais, Thülsfelde, 2012 (644b)	24
Abbildung 17: relativer Silomaisertrag und Rohproteingehalt, Thülsfelde, 2012 (644b)	24
Abbildung 18: N _{min} -Werte im Frühjahr, nach der Ernte und zur Sickerwasserspense nach Silomais, Thülsfelde, 2012 (644b).....	24
Abbildung 19: N _{min} -Werte, Variante 6 (Sollwert), Thülsfelde, 2012 (644b)	25
Abbildung 20: N-Bilanzsaldo Silomais, Thülsfelde, 2012 (644b)	25
Abbildung 21: Parzellen mit steigender N-Düngung zu Winterroggen, Thülsfelde, 2013 (644)	25
Abbildung 22: Relative Erträge Winterroggen, Thülsfelde, 2012 (644c).....	26
Abbildung 23: Optima Ertrag und N-Düngung zu Winterroggen, Thülsfelde, 2012 (644c).....	26
Abbildung 24: Proteingehalt Winterroggen, Thülsfelde, 2012 (644c)	26
Abbildung 25: Ölrettich als Zwischenfrucht, Hamerstorf, 2011	26
Abbildung 26: N _{min} -Werte im Frühjahr, nach der Ernte und zur Sickerwasserspense, Thülsfelde 2012 (644c)	27
Abbildung 27: N _{min} -Werte, Variante 6 (Sollwert), Thülsfelde 2012 (644c).....	27
Abbildung 28: N-Bilanzsaldo Winterroggen, Thülsfelde, 2012 (644c)	27

Abbildung 29: Topfversuch Örettich mit drei N-Düngungsstufen.....	30
Abbildung 30: N_{\min} -Werte, Herbst, Block 1 und Block 2, Wehnen, 2012 (645)	31
Abbildung 31: Einfluss der Höhe der N-Düngung auf den Silomaisertrag, den N_{\min} -Gehalt im Boden nach der Ernte und die Nitratkonzentration im Sickerwasser, Thülsfelde (1999-2011).....	33
Abbildung 32: Ertrag und Rohproteingehalt, Rockstedt und Wehnen, 2012 (431)	35
Abbildung 33: Optima Erträge und N-Düngung, Rockstedt und Wehnen, 2012 (431).....	35
Abbildung 34: N_{\min} -Werte Silomais, Rockstedt, 2012 (431).....	36
Abbildung 35: N-Bilanzsaldo Silomais, Rockstedt, 2012 (431).....	36
Abbildung 36: N_{\min} -Gehalte nach Silomais mit und ohne Bodenbearbeitung/mit und ohne Grünroggen als Zwischenfrucht, Wehnen, 2012 (646).....	38
Abbildung 37: Maisstoppel nach Zerkleinerung durch einen Hammerschlegler, Spelle, 2012 (ergänzend zu 646).....	38
Abbildung 38: N_{\min} -Gehalte nach verschiedenen Varianten der Stoppelbearbeitung nach Silomais, Ahausen, 2012 (ergänzend zu 646).....	39
Abbildung 39: Rohproteingehalt von Silomais bei N-Sollwertdüngung in Abhängigkeit vom Standort, Ø 32 Maissorten; Landessortenversuche, 2009-2011 (ergänzend zu 648)	41
Abbildung 40: Erträge und Rohproteingehalte von Silomais, Poppenburg und Wehnen, 2012 (648)	43
Abbildung 41: Erträge und N-Düngung, Poppenburg, 2012 (648).....	44
Abbildung 42: Erträge und N-Düngung, Wehnen, 2012 (648).....	44
Abbildung 43: N-Bilanzsaldo Silomais, Poppenburg, 2012 (648)	44
Abbildung 44: N-Bilanzsaldo Silomais, Wehnen, 2012 (648)	44
Abbildung 45: N_{\min} -Werte nach N-Düngesteigerung mit verschiedenen Silomaisorten, Wehnen, 2012 (648)	45
Abbildung 46: N_{\min} -Werte nach N-Düngesteigerung mit verschiedenen Silomaisorten, Poppenburg, 2012 (648).....	46
Abbildung 47: GPS-Erträge der Erstfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)	49
Abbildung 48: Erträge von Silomais als Erst- und Zweitfrucht, Poppenburg und Rockstedt, 2012 (888)	50
Abbildung 49: Gesamtbiomasseerträge von Getreide-GPS mit anschließendem Anbau von Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)	50
Abbildung 50: Relative Erträge von Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)	50
Abbildung 51: Erträge und N-Düngung zu Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)	51

Abbildung 52: Erträge und N-Düngung, Vergleich Silomais als Erst- und Zweitfrucht, Poppenburg, 2012 (888/648)	51
Abbildung 53: Erträge und N-Düngung, Vergleich Silomais als Erst- und Zweitfrucht, Rockstedt, 2012 (888/648).....	51
Abbildung 54: N-Bilanzsaldo von Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)	52
Abbildung 55: N_{\min} -Werte nach der Ernte von Silomais als Zweitfrucht und gestaffelter N-Düngung, Poppenburg, 2012 (888).....	53
Abbildung 56: N_{\min} -Werte nach Silomais als Zweitfrucht und gestaffelter N-Düngung, Rockstedt, 2012 (888)	53
Abbildung 57: N_{\min} -Werte nach Silomais als Zweitfrucht und gestaffelter N-Düngung, Werlte, 2012 (888)	53
Abbildung 58: Absolute Erträge und Rohproteingehalte von Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)	54
Abbildung 59: N_{\min} -Werte in Silomais Mitte-/Ende-Juni, Rockstedt, 2012 (ergänzend zu 431)	57
Abbildung 60: N_{\min} -Werte in Silomais, nach Probenahmetermin; Rockstedt, 2012 (ergänzend zu 431)	58
Abbildung 61: Witterungsverlauf von der zweiten N-Düngergabe bis zur zweiten späten N_{\min} -Probe, Rockstedt, 2012	58
Abbildung 62: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben bezogen auf Zuckerertrag, TM-Ertrag und α -Amino-N-Gehalt, 2012 (100 %: Zuckerertrag = 94,4 dt/ha, TM-Ertrag = 122,6 dt/ha), Hamerstorf, 2012 (490)	60
Abbildung 63: Mineräldüngeräquivalent (MDÄ) für 15 m ³ und 30 m ³ Gärrest, Hamerstorf 2012 (490)	60
Abbildung 64: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben bezogen auf Zuckerertrag, TM-Ertrag und α -Amino-N-Gehalt, 2012 (100 %: Zuckerertrag = 162,9 dt/ha , TM-Ertrag = 179,7 dt/ha), Rockstedt, 2012 (490)	61
Abbildung 65: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben bezogen auf Zuckerertrag und alpha-Amino-N 2012 (100 %: Zuckerertrag = 160,6 dt/ha, TM-Ertrag nicht ermittelt), Höckelheim, 2012 (490)	62
Abbildung 66: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben bezogen auf TM-Ertrag, Zuckerertrag und alpha-Amino-N 2012 (100 %: Zuckerertrag = 170,6 dt/ha , TM-Ertrag = 222,6 dt/ha), Werlte, 2012 (490)	63
Abbildung 67: Rest- N_{\min} -Gehalte im Boden nach der Ernte von Zuckerrüben in Abhängigkeit von der N-Düngung, Hamerstorf, Rockstedt und Höckelheim, 2012 (490)	64

Abbildung 68: Rest- N_{\min} -Gehalte im Boden nach der Ernte von Zuckerrüben in Abhängigkeit von der N-Düngung, Werlte, 2012 (490)	64
Abbildung 69: Durchwachsene Silphie	65
Abbildung 70: Erträge Durchwachsene Silphie, Dasselsbruch, Poppenburg und Werlte; 2010, 2011 und 2012 (871)	65
Abbildung 71: Erträge Durchwachsene Silphie, Poppenburg, 2012 (871).....	65
Abbildung 72: N_{\min} -Werte nach dem Anbau der durchwachsenen Silphie, Dasselsbruch, Poppenburg und Werlte, 2012 (871).....	66
Abbildung 73: Relative Erträge, Silomais mit Untersaaten, Dasselsbruch, 2012 (887).....	68
Abbildung 74: Absolute Erträge, Silomais mit Untersaaten, Wehnen, 2012 (887).....	69
Abbildung 75: Versuchsfläche in Wehnen im Frühjahr, vor der Ernte der Untersaaten und vor der Maisaussaat (887)	69
Abbildung 76: TM Erträge der Untersaaten, Wehnen, 2012, (887)	69
Abbildung 77: N_{\min} -Werte nach der Ernte der Untersaaten aus 2011 vor der Aussaat 2012, Wehnen, 2012 (887).....	70
Abbildung 78: N_{\min} -Werte nach der Silomaisernte und zur Sickerwasserspende, Dasselsbruch und Wehnen, 2012 (887).....	71
Abbildung 79: N_{\min} -Werte nach Silomais mit Untersaaten, Untersaat und Aussaattermin der Untersaat, Stapel, 2012 (ergänzend zu 887)	72
Abbildung 80: Ablagetiefe des Güllebandes im Boden, Wehnen, 2013 (901)	73
Abbildung 81: Vergleich Aufnahme von Ammonium-Stickstoff und Nitrat-Stickstoff (901).....	73
Abbildung 82: N_{\min} -Werte am 17.07. bei Gülleunterfußdüngung mit und ohne Nitrifikationshemmer, Sandkrug, 2012 (901).....	74
Abbildung 83: N_{\min} -Werte 17.07., Nitrat-N und Ammonium-N, Sandkrug, 2012 (901)	74
Abbildung 84: N_{\min} -Werte nach verschiedenen Varianten der Unterfußdüngung, nach der Ernte und zur Sickerwasserspende Sandkrug, 2012 (901)	75
Abbildung 85: N_{\min} -Werte nach verschiedenen Varianten der Unterfußdüngung Wehnen, 2012 (901).....	75
Abbildung 86: Relative Erträge nach Gülleunterfußdüngung, Bramstedt, Wehnen und Sandkrug, 2012 (901).....	76
Abbildung 87: N-Bilanzsaldo nach Silomais mit Gülleunterfußdüngung, Bassum, Wehnen und Sandkrug, 2012 (901)	77
Abbildung 88: Wetterstation, Thülsfelde, 2013	78
Abbildung 89: Klimadiagramm Wetterstation, Hohenzethen, 2012	78
Abbildung 90: Klimadiagramm Wetterstation, Thülsfelde, 2012.....	79
Abbildung 91: Klimadiagramm Wetterstation, Wehnen, 2012	79
Abbildung 92: Klimadiagramm, Mittel aller LWK-Wetterstationen, 2012	80

Abbildung 93: Klimadiagramm Wetterstation, Dasselsbruch, 2012.....	80
Abbildung 94: Klimadiagramm, Wetterstation Poppenburg, 2012.....	81
Abbildung 95: Klimadiagramm, Wetterstation Rockstedt, 2012.....	81
Abbildung 96: Klimadiagramm, Wetterstation Werlte, 2012.....	82
Tabellenverzeichnis	
Tabelle 1; Übersicht über die durchgeführten Versuche, 2012.....	3
Tabelle 2: Übersicht ergänzende N _{min} -Probenahmen, 2012.....	4
Tabelle 3: Boden und Klimakennwerte, Hohenzethen, 2012 (643).....	6
Tabelle 4: Fruchtfolge, Hohenzethen, 2012 (643).....	7
Tabelle 5: N-Düngevarianten, Hohenzethen, 2012 (643).....	7
Tabelle 6: Standortdaten Thülsfelde, 2012, (644).....	18
Tabelle 7: Fruchtfolge, Thülsfelde (644).....	19
Tabelle 8: N-Düngevarianten Sommergerste und Silomais, Thülsfelde, 2012 (644a und 644b).....	20
Tabelle 9: N-Düngevarianten Winterroggen, Thülsfelde, 2012 (644c).....	20
Tabelle 10: Klimakennwerte Wehnen 2012 (645).....	30
Tabelle 11: Fruchtfolge, Zwischenfruchtversuch (645).....	30
Tabelle 12: Varianten Zwischenfrucht (645).....	30
Tabelle 13: Übersicht, Varianten (431).....	34
Tabelle 14: Übersicht Varianten Bodenbearbeitung nach Silomais (646), Wehnen und Borgholt.....	37
Tabelle 15: Standorteigenschaften Versuchsstandorte kritischer Rohproteingehalt (648).....	42
Tabelle 16: Klimakennwerte Versuchsstandorte kritischer Rohproteingehalt (648).....	42
Tabelle 17: Düngung, kritischer Rohproteingehalt (648).....	42
Tabelle 18: Varianten und Düngung zu Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt, Werlte, 2012 (888).....	47
Tabelle 19: Anbaudaten Erst- und Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt, Werlte, 2012 (888)	48
Tabelle 20: Boden und Klimakennwerte, Silomais im Zweitfruchtanbau, 2012 (888).....	48
Tabelle 21: Standorteigenschaften, Dasselsbruch und Wehnen, 2012 (887).....	67
Tabelle 22: Übersicht Varianten, Untersaaten zu Silomais, Dasselsbruch und Wehnen, 2012 (887).....	68
Tabelle 23: Standorteigenschaften, Stapel, 2012 (ergänzend zu 887).....	72
Tabelle 24: Übersicht Aussaattermine und Untersaaten, Stapel, 2012 (ergänzend zu 887).....	72
Tabelle 25: Übersicht Standorteigenschaften, Bassum-Bramstedt, Sandkrug und Wehnen, 2012 (901).....	74
Tabelle 26: Varianten mit N _{min} -Probenahme, Bassum-Bramstedt, Sandkrug und Wehnen, 2012 (901).....	74

Tabelle 27: ausgebrachte Nährstoffmengen/Variante, Bassum-Bramstedt, Sandkrug und Wehnen, 2012 (901).....	75
Tabelle 28: Versuchsdaten „Auswirkung gestaffelter N-Düngung und Gärrestdüngung“, 2012 (643).....	83
Tabelle 29: Versuchsdaten „Auswirkungen gestaffelter N-Düngung und konservierender Fruchtfolge“ 2012 (644)	84
Tabelle 30: Versuchsdaten „N-Nachlieferung der Zwischenfrucht“ 2012 (645)	85
Tabelle 31: Versuchsdaten „Düngestaffellung bei Silomais“, 2012 (431)	86
Tabelle 32: Versuchsdaten „Auswirkungen von Stoppel-/Bodenbearbeitung nach Mais“ (646).....	87
Tabelle 33: Versuchsdaten „Kritischer Rohproteingehalt“, Poppenburg, 2012 (648).....	88
Tabelle 34: Versuchsdaten „Kritischer Rohproteingehalt, Wehnen, 2012 (648)	89
Tabelle 35: Versuchsdaten „Silomais als Zweitfrucht“, 2012 (888)	90
Tabelle 36: Versuchsdaten „Silomais als Zweitfrucht“, 2010-2012 (888)	91
Tabelle 37: Versuchsdaten „Erträge Durchwachsene Silphie“, 2010-2012 (871)	91
Tabelle 38: Versuchsdaten „Anbau Durchwachsene Silphie“ 2012, (871)	92
Tabelle 39: Versuchsdaten „Auswirkungen von Untersaaten, 2012 (887).....	92
Tabelle 40: Versuchsdaten „Auswirkungen von Gülleunterfußdüngung“, 2012 (901).....	93

1. Einleitung

Der Versuchsbericht 2012 stellt alle Ergebnisse der Versuche zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung der LWK Niedersachsen und des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) im kooperativen Trinkwasserschutz (§ 28 NWG) vor. Bereits abgeschlossene Fragestellungen werden mit daraus resultierenden Beratungsempfehlungen komprimiert und auf der Internetseite der Landwirtschaftskammer veröffentlicht (www.lwk-niedersachsen.de).

In Thülsfelde und Hohenzethen werden die langfristigen Auswirkungen in Dauerversuchen mit gestaffelter N-Düngung und Auswirkungen auf die Nitratauswaschung erfasst. Seit 1995 werden dazu durch das LBEG ergänzende Sickerwasser- und zusätzliche Lysimeteruntersuchungen durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen Stickstoffzufuhr, mineralischem Reststickstoffgehalt, Stickstoffdynamik im Boden sowie Nitratgehalt im Grundwasser darstellen zu können. Seit 2012 läuft in Wehnen ein Versuch mit Sickerwasseruntersuchungen (Versuch Nr. 645), in dem der Einfluss von Zwischenfrüchten – mit und ohne N-Düngung – auf die N-Dynamik im Boden und die N-Nachlieferung an die sich anschließende Hauptfrucht langjährig erfasst wird. Der Nutzen von gedüngten Zwischenfrüchten wird im Wasserschutz kontrovers diskutiert. Versuche dieser Art sind bundesweit einzigartig und sollen belastbare Daten für den Gewässerschutz liefern.

In weiteren Versuchen, mit meist dreijähriger Laufzeit werden die Auswirkungen bestimmter Anbauverfahren auf Ertrag, Qualitätsparameter und die N-Dynamik im Boden untersucht. Der Versuch Nr. 888 zum Anbau von Silomais als Zweitfrucht nach Ganzpflanzensilage wurde 2012 nach drei Versuchsjahren abgeschlossen. Die Ergebnisse zeigen, dass beim Anbau von Silomais als Zweitfrucht die Maispflanzen bei geringerem N-Angebot bereits den Optimalertrag erreichten. Bei höherer N-Zufuhr stiegen – analog zum Erstfruchtanbau die Rest-N_{min}-Gehalte und die Gefahr des Nitrataustrages stark an. Der Anbau von Silomais als Zweitfrucht eignet sich nur bedingt, um den flächenmäßigen Ertrag zu erhöhen. Standorteigenschaften und Witterung beeinflussten die Erträge maßgeblich.

Der Versuch „Rohproteingehalt als Steuerungs-/Kontrollinstrument zur bedarfsgerechten N-Düngung zu Silomais“ läuft derzeit im zweiten Versuchsjahr. Die Ergebnisse zeigen die deutliche Auswirkung der angebauten Sorten.

Ergänzend wurden in weiteren Versuchen N_{min}-Proben gezogen, um die jeweils untersuchten pflanzenbaulichen/technischen Verfahren u.a. im Bioenergiepflanzenanbau auch unter dem Gesichtspunkt der N-Dynamik im Herbst beurteilen zu können.

Dem Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz und dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz sei an dieser Stelle für die Finanzierung aus der Wasserentnahmegebühr gedankt.

2. Versuchsübersicht

Die Lage der Versuchsstandorte ist in Abbildung 1 dargestellt.

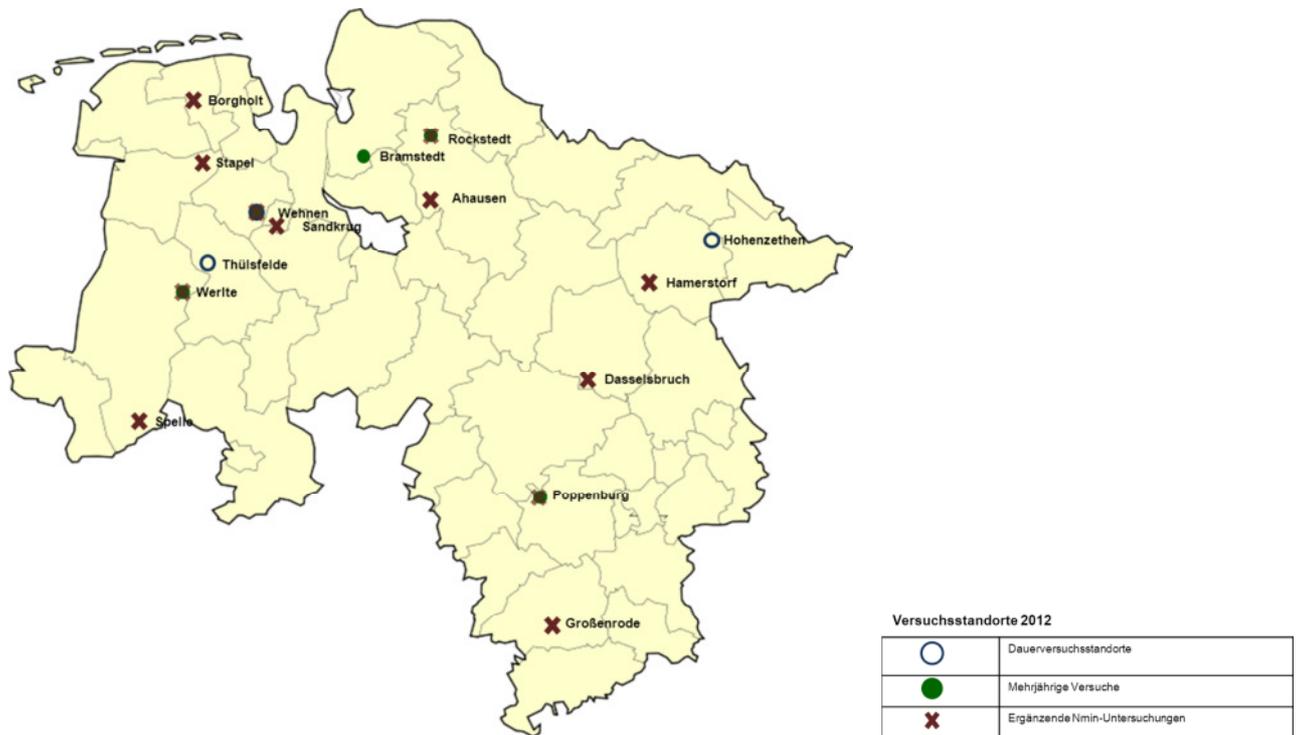


Abbildung 1: Übersicht Versuchsstandorte, 2012

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die im Jahr 2012 durchgeführten Versuche zur grundwasserschutzorientierten Landwirtschaft. Eine Übersicht, in welchen Versuchen ergänzend N_{\min} -Proben gezogen wurden, findet sich in Tabelle 2.

Die Versuche werden in drei Kategorien eingeteilt:

- Dauerversuche mit einer angelegten Laufzeit von über 10 Jahren
- Mehrjährige Versuche zu bestimmten Anbauverfahren, Methoden oder Feldfrüchten, mit einer Laufzeit von drei Jahren und
- N_{\min} -Probenahmen, die ergänzend in anderen pflanzenbaulichen Versuchen gezogen werden.

Die Dauerversuche werden durch eine Sickerwasseranlage des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie ergänzt, um nicht nur die N-Dynamik im Boden anhand von N_{\min} -Proben zu beurteilen, sondern auch die Sickerwassergüte selbst erfassen zu können. Auch langfristige Auswirkungen, zum Beispiel die langsame Aushagerung eines Standortes bei langfristig reduzierter N-Düngung können in diesen Versuchen erfasst werden.

Die mehrjährigen Versuche untersuchen die Auswirkungen bestimmter Anbaumaßnahmen auf Ertrag, Qualitätsparameter und die N-Dynamik im Boden.

Die ergänzenden N_{\min} -Probenahmen werden in anderen pflanzenbaulichen Versuchen zusätzlich gezogen, um die Ergebnisse der Versuche zur grundwasserschutzorientierten Landwirtschaft zu ergänzen, und um die Ergebnisse anderer pflanzenbaulicher Versuche hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die N-Dynamik im Boden beurteilen zu können.

Tabelle 1; Übersicht über die durchgeführten Versuche, 2012

Versuchs Nr.	Standort	Fruchtart	Versuchsfragestellung
Dauerversuche			
643	Hohenzethen (LK Uelzen)	Winterroggen	<ul style="list-style-type: none"> Welchen Einfluss haben eine gestaffelte N-Düngung und verschiedene Düngungssysteme hinsichtlich Ertrag und Produktqualität? Welche Auswirkungen auf Nährstoffeinträge in das Grundwasser hat eine Bioenergiepflanzenfruchtfolge?
644a	Thülsfelde (LK Cloppenburg)	Wintergerste	<ul style="list-style-type: none"> Welchen Einfluss haben eine gestaffelte N-Düngung und eine konservierende Fruchtfolge auf die Erträge und Produktqualitäten? Welchen Einfluss hat eine grundwasserschutzorientierte Fruchtfolge im Vergleich zu einer konventionellen Fruchtfolge auf die N-Dynamik im Boden im Herbst und im Winter?
644b		Silomais	
644c		Winterroggen	
645	Wehnen (LK Ammerland)	Winterroggen	<ul style="list-style-type: none"> Wie viel Stickstoff wird durch die Zwischenfrucht aufgenommen? Wie werden die Rest-N_{\min}-Gehalte im Herbst/Winter durch die Zwischenfrucht beeinflusst? Wie viel Stickstoff aus der eingearbeiteten Zwischenfrucht steht der nachfolgenden Hauptfrucht zur Verfügung?
Mehrfährige Versuche			
646	Wehnen	Silomais	Welche Auswirkungen haben Stoppel-/Bodenbearbeitung nach Silomais auf die Rest- N_{\min} -Gehalte im Herbst/Winter?
	Borgholt		
648	Bramstedt	Silomais	Wie beeinflussen die Sorte, der Standort und die N-Düngung den Rohproteingehalt im Silomais?
	Poppenburg		
	Wehnen		
888	Werlte	Silomais	Welche Auswirkungen hat Silomais als Zweitfrucht nach Roggen-GPS auf die N-Dynamik im Boden?
	Poppenburg		
	Rockstedt		
	Wehnen		

Sowohl in den Dauerversuchen als auch in den mehrjährigen Versuchen wurde der Pflanzenschutz durch den Betriebsleiter nach den Grundsätzen des integrierten Pflanzenschutzes durchgeführt.

Tabelle 2: Übersicht ergänzende N_{min}-Probenahmen, 2012

Ergänzende N _{min} -Untersuchungen			
Versuchs Nr.	Standort	Fruchtart	Versuchsfragestellung
490	Hamerstorf	Zuckerrübe	Welche Auswirkungen hat eine Gärrestdüngung auf Ertrag und Alpha-Amino-N-Gehalt bei Zuckerrüben?
	Rockstedt		
	Werlte		
	Großenrode		
Pflanzen-schutzver-such und Maschinen-vorführung	Ahausen	Silomais	Welche Auswirkungen haben Stoppel-/Bodenbearbeitung nach Silomais auf die Rest-N _{min} -Gehalte im Herbst/Winter?
	Spelle		
648	Wehnen	Silomais	Spät-N _{min} -Probenahme zu vier verschiedenen Terminen
871	Dasselsbruch	Durchwachse-ne Silphie	Welchen Einfluss haben der Anbau und die Düngung der Durch-wachsenen Silphie auf die N-Dynamik im Boden?
	Poppenburg		
	Werlte		
887	Dasselsbruch	Silomais	Welchen Einfluss haben Untersaaten bei Silomais auf die N-Dynamik im Boden?
	Wehnen		
	Stapel		
901	Sandkrug	Silomais	Welche Auswirkungen hat Gülleunterfußdüngung zu Silomais auf die N-Dynamik im Boden?
	Wehnen		

Die ökonomischen Optima für den Silomaisertrag wurden für einen Düngerpreis von 1,2 €/kg N und 11 €/dt TM für Silomais berechnet. Es ist jedoch stets zu beachten, dass die Bemessung der bedarfsgerechten Düngung so erfolgen muss, dass ein Gleichgewicht zwischen dem voraussichtlichen Nährstoffbedarf und der Nährstoffversorgung gewährleistet ist. Das für die Versuche errechnete ökonomische Optimum stellt lediglich dar, ab welcher Düngermenge und Ertragshöhe die Kosten für die höhere N-Düngung noch durch den Ertragszuwachs abgedeckt werden. Auch wenn bei einer weiteren Steigerung der N-Düngung der Ertrag zunächst noch zunimmt, ist der Mehrerlös durch diesen Anstieg geringer als der Anstieg der Düngerkosten. Eine überhöhte N-Düngung führt demnach nicht nur zu Umweltbelastungen, sondern auch zu ökonomischen Nachteilen.

3. Dauerversuche

Dank der beiden Dauerversuche in Hohenzethen und Thülsfelde können auch Aussagen über die langfristigen Auswirkungen der Höhe der N-Düngung getroffen werden. Eine Auslagerung des Bodens bei reduzierter N-Düngung tritt beispielsweise häufig erst nach einigen Jahren auf und kann deshalb auch in dreijährigen Versuchen kaum erfasst werden.

3.1. Versuch 643 - Auswirkung einer gestaffelten N-Düngung und der Düngung mit Gärresten auf Erträge, Qualitäten und N-Dynamik im Boden, am Standort Hohenzethen

Der Grundwasserschutzversuch in Hohenzethen (LK Uelzen, WSG Wibbese) läuft 2012 im 17. Versuchsjahr. Geprüft werden der Einfluss einer gestaffelten N-Düngung in Kombination mit einer Bioenergiefruchtfolge auf die Erträge und die N-Dynamik im Boden.

Die N-Düngung in diesem Versuch erfolgte ab 2011 mit einer statischen N-Steigerung parallel zum Versuch Nr. 644 in Thülsfelde, um einen direkten Vergleich zwischen zwei austragsgefährdeten Standorten hinsichtlich des standortspezifischen N-Optimums zu erhalten. Die Ableitung des N-Optimums dient als Basis für grundwasserschutzorientierte Beratungsempfehlungen zur Düngung in Wasserschutzgebieten.

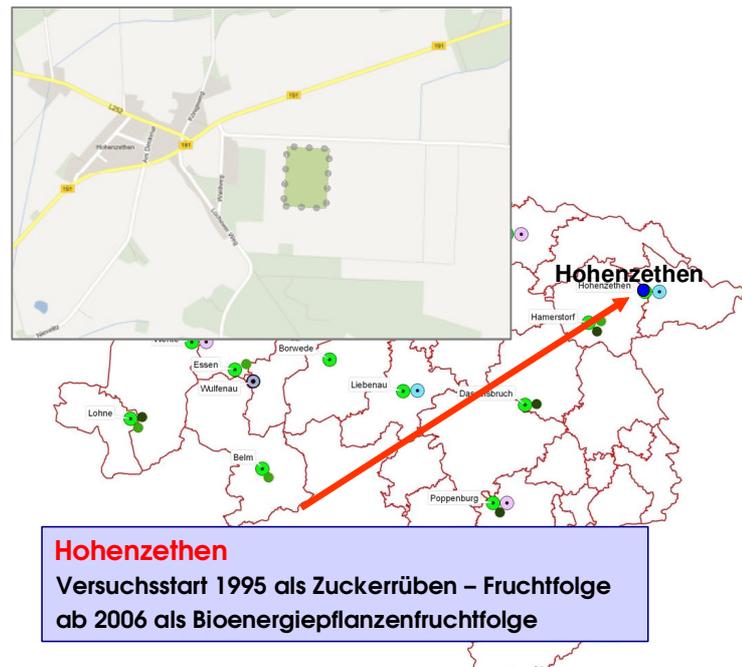


Abbildung 2: Versuchsstandort Hohenzethen (643)

Begleitet wird der Versuch durch Sickerwasseruntersuchungen in verschiedenen Versuchsvarianten durch das LBEG Hannover, um Nitratausträge durch das Sickerwasser zu erfassen. Die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen werden in einem gesonderten Bericht veröffentlicht.

3.1.1. Versuchsdurchführung (643)

Versuchsaufbau

Der Versuch ist seit Beginn als randomisierte Spaltanlage mit Großparzellen angelegt; beerntet wird eine Kleinparzelle je Wiederholung im Kerndrusch. Der Vorteil dieser Anlage ist, dass Bodenbearbeitungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen durch den Landwirt betriebsüblich durchgeführt werden können.

Neben den ertragsrelevanten Parametern werden auch die für die N-Auswaschung relevanten Größen N-Saldo, N_{\min} -Werte im Frühjahr, nach der Ernte und im Herbst ab dem Zeitraum der Grundwasserneubildung nach jeweils 60 mm Niederschlag erfasst.

Boden- und Klimakennwerte

Tabelle 3: Boden und Klimakennwerte, Hohenzethen, 2012 (643)

Standort	Hohenzethen
Höhe über NN [m]	60
Bodentyp	Braunerde
Geologische Herkunft	Diluvium
Bodenart	Sand
Ackerzahl	25
Eff. Wurzelraum (FKWE) [dm]	7
Nutzbare Feldkapazität (nFKWE) [mm]	100
Kohlenstoffgehalt [%]*	1
Stickstoff gesamt [%]*	0,08
C/N-Verhältnis*	13
Mittlere Temperatur [°C]	8,9
Langjährige Niederschlagssumme [mm]	680
Grundwasserstand	2-4 m
Sommerniederschläge [mm April – September]	330 mm
Beregnung* ^{Kulturartenabhängig}	60 mm (3x20 mm)
Auswaschungshäufigkeit	2,3

*Angaben für die Schicht 0-30

Der Standort Hohenzethen liegt in der Geestregion im nordöstlichen Niedersachsen, die Bodenart ist ein trockener, schwach-lehmiger, schluffiger Sand. Die effektive Durchwurzelungstiefe beträgt 7 dm, die nutzbare Feldkapazität wird mit 100 mm angegeben. Bei einer jährlichen Sickerwasserrate von 211 mm ist dieser Standort durch eine hohe Auswaschungshäufigkeit gekennzeichnet. Diese Ausgangssituation erfordert intensive Grundwasserschutzmaßnahmen für diesen Standort.

Zusätzlich weist diese Region eine hohe Beregnungsbedürftigkeit auf. Dieses trifft nicht mehr nur für den regional intensiven Hackfruchtanbau zu, sondern auch für Mais, der sich durch den expandierenden Biogasanbau auf diesen leichten Standorten etabliert hat. Dieses erfordert u.U. zusätzliche Maßnahmen zur Verhinderung der Nitratverlagerung während der Vegetation.

Die Wetterdaten für 2012 zeigt die Abbildung 89 im Anhang.

Fruchtfolge

Ab 2008 wurde die bisher für die Region klassische Hackfrucht-Getreide-Fruchtfolge durch eine Biogaserfruchtfolge ersetzt, um diese hinsichtlich ihrer grundwasserspezifischen Relevanz zu prüfen. Der Silomais etablierte sich in dieser Region und ersetzte die Zuckerrübe. Die Nitratkonservierung in der Bioenergiepflanzen-Fruchtfolge erfolgte nach wie vor über Zwischenfrüchte bzw. Untersaaten. Mit dem Anbau von Kartoffeln im nächsten Anbaujahr 2013 beginnt die zweite vollständige Fruchtfolgerotation mit der Bioenergiefruchtfolge Kartoffel/Silomais. Nach der Braugerste erfolgte die Aussaat des Winterroggens am 06.10.2011.

Eine Zwischenfruchteinsaat in der Bioenergiefruchtfolge unterblieb aufgrund des kurzen Zeitraumes.

Tabelle 4: Fruchtfolge, Hohenzethen, 2012 (643)

Jahr	Fruchtfolge Hohenzethen	
	konventionell	Bioenergie
1995 - 2007	Zuckerrübe – Braugerste – Kartoffeln - Winterroggen	Zuckerrübe (ZW) – Braugerste (ZW) – Kartoffeln - Brache
ab 2008	Umstellung auf Bioenergie	
2009	Kartoffel	Kartoffel + Zwischenfrucht Senf
2010	Silomais	Silomais + Grasuntersaat
2011	Braugerste	Braugerste + Zwischenfrucht
2012	Winterroggen (06.10.2011)	Winterroggen + Zwischenfrucht
2013	Kartoffeln	Kartoffeln + Zwischenfrucht

Düngung

Seit 2010 erfolgt die N-Düngung als feste N-Staffel (vgl. Wasserschutzversuch Thülsfelde; Nr. 644). Die Variante 4 entspricht – unter Berücksichtigung des Frühjahrs-N_{min}-Wertes – dem für die Kultur üblichen Sollwert. Düngergaben über 100 kg N werden in 2 Gaben geteilt. Die erste Gabe erfolgt grundsätzlich zu Vegetationsbeginn, die zweite Gabe zum Schossen. Zusätzlich wird dauerhaft die Gärrestdüngung mit mineralischer Ergänzungsdüngung und ein stabilisierter N-Dünger (Entec 26) untersucht. Bei der Gärrestdüngung wird der Stickstoff mit 70 % des Gesamt-N angerechnet (Tabelle 5). Die bedarfsgerechte Grunddüngung (P, K, und Mg) erfolgte zur Bodenbearbeitung.

Tabelle 5: N-Düngevarianten, Hohenzethen, 2012 (643)

Düngungsvarianten		N _{min} (0-90 cm)		N-Verteilung ¹⁾		N-Düngung (ohne N _{min})
		04.03.12		1. Gabe	2. Gabe	
		konventionell	Bioenergie	09.03.12	05.04.12	
		[kg/ha]	[kg/ha]	[kg N/ha]	[kg N/ha]	[kg N/ha]
1	ohne N-Düngung	14	15	-	-	0
2	50 kg Mineral-N	15	19	50	-	50
3	100 kg Mineral-N	-	-	100	-	100
4	150 kg Mineral-N	20	19	100	50	150
5	200 kg Mineral-N	20	18	100	100	200
6	250 kg Mineral-N	19	21	150	100	250
7	SW Entec 26	18	17	150	-	150
8	SW Gärrest	-	-	-	-	-
	MW N _{min}	20	20			

¹⁾Düngung mit AHL zu beiden Düngungsterminen, Entec-Düngung zum gleichen Termin

Im Frühjahr 2012 trat bei der Gärrestausbringung ein Behandlungsfehler auf, so dass die Gärrestparzellen (Variante 8) nicht gedüngt wurden. Auch einige Wiederholungspartellen

anderer Varianten (Variante 3 – 100 kg N/ha - und 7 – 250 kg N/ha) waren davon betroffen. Für Variante 7 konnte ein Ausgleich gerechnet werden, Variante 3 war soweit betroffen, dass kein Ertrag berechnet werden konnte. Durch genügend große Abstände zu den übrigen Parzellen konnte der Versuch aber weitestgehend durchgeführt und beerntet werden.

Ernte

Die Ernte erfolgte in allen Parzellen als Kernbeerntung unter Beachtung der Richtlinien des Bundessortenamtes für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen.

Untersuchungen und Auswertungen

Die TKM- und TS-Bestimmungen wurden nach der Richtlinie des Bundessortenamtes vom Versuchsansteller durchgeführt. Erntegutanalysen (NIRS-Verfahren und chemische Untersuchungen) erfolgten durch die LUFA Nord-West entsprechend geltenden Untersuchungsstandards. Gleiches galt für die Bodenuntersuchungen auf die Grundnährstoffe P, K und Mg, den pH-Wert, die N_{\min} -Untersuchungen und die Gärrestuntersuchungen.

N_{\min} -Beprobung

Die N_{\min} -Untersuchungen erfolgten in allen acht Varianten jeweils zur Aussaat (Feststellung des N-Vorrates zur Berechnung des Gesamt-N-Angebotes), nach der Ernte (Rest- N_{\min}) und ab Beginn der Grundwasserneubildung, jeweils nach 60 mm Niederschlag über die Herbst- und Wintermonate (Beprobungstiefe von 0 – 90 cm). Zusätzlich wurden in Variante 4 (Sollwert), in beiden Fruchtfolgen, monatlich während der Hauptvegetation bis zur Ernte N_{\min} -Proben gezogen.

Nachfolgend die Termine der N_{\min} -Probenahme im Versuch 643:

1. Termin: 04.03.2012 (alle Varianten)
2. Termin: 27.04.2012 (Variante 4)
3. Termin: 01.06.2012 (Variante 4)
4. Termin: 29.06.2012 (Variante 4)
5. Termin: 03.08.2012 (Variante 4)
6. Termin: 17.08.2012 (alle Varianten)
7. Termin: 28.09.2012 (Variante 4)
8. Termin: 19.10.2012 (alle Varianten)
9. Termin: 30.11.2012 (Variante 4)

Ab dem Frühjahr 2013 sind bisher zu folgenden Terminen N_{\min} -Proben gezogen worden:

1. Termin: 01.02.2013
2. Termin: 15.03.2013

3.1.2. Ergebnisse (643)

Nach der Vorfrucht Braugerste wurde nach einer termingerechten Grundbodenbearbeitung am 06.10.11 Winterroggen (180 Kö/m²) ausgesät. Die Witterungsbedingungen im Herbst 2012 waren optimal. Durch die kurze Zeitspanne zwischen der Ernte der Braugerste und der Aussaat des Winterroggens erfolgte keine Zwischenfruchteinsaat. Im Herbst und Vorwinter herrschten gute Entwicklungsbedingungen bis in den Dezember hinein, so dass der Winterroggen gut entwickelt in die Vegetationsruhe ging. Erst im Februar setzten kurze, heftige Dauerfrostperioden ein, die im Versuch aber zu keinen Auswinterungsschäden wie in anderen Regionen Niedersachsens führten.

Die Düngungsmaßnahmen begannen zu Vegetationsbeginn im März. In der mineralischen N-Steigerung erfolgte die erste N-Düngung am 09.03.12 mit 50 bzw. 100 kg N/ha in den einzelnen Varianten. Die 2. N-Gabe wurde am 05.04.12 verabreicht (vgl. Tabelle 5). Die N-Gabe mit Entec 26 erfolgte ebenfalls am 09.03.12. Der Gärrest wurde versehentlich in den Abstandsstreifen und eine Wiederholungsreihe appliziert. Dieser Fehler wurde zu spät bemerkt, so dass eine Düngung der eigentlichen Gärrestparzellen aufgrund der fortgeschrittenen Entwicklung unterbleiben musste.

In den Monaten März und April fielen 2012 geringe Niederschläge, so dass am 27.04. die 1. Beregnungsgabe mit 20 mm gegeben wurde. Die nächsten Beregnungsgaben folgten dann am 20. und 27.05. ebenfalls mit jeweils 20 mm. Ende Mai setzten dann ausgiebige Niederschläge ein (siehe Klimadaten in Abbildung 89). Im Mai und Juni fielen insgesamt ca. 330 mm Niederschlag. Die Ernte konnte trotz rel. feuchter Bedingungen gut abgeschlossen werden.

Der Bestand präsentierte sich optisch gut; die Düngungsvarianten waren gut zu erkennen, Pflanzenkrankheiten traten, mit Ausnahme eines geringen Braunrostbefalls, zur Teigreife, nicht auf.

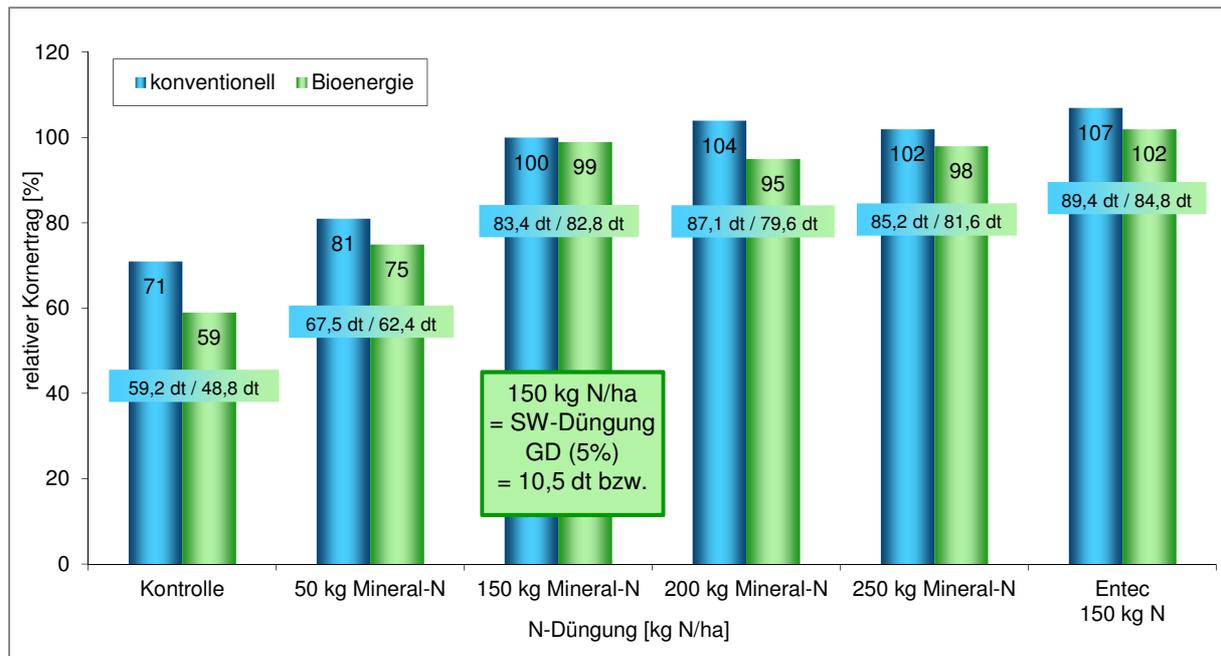


Abbildung 3: Relativer Ertrag Winterroggen, Hohenzethen, 2012 (643)

In der konventionellen Fruchtfolge wurde durch die N-Steigerung bei 200 kg N/ha das Ertragsmaximum mit 104 % erreicht. In der Bioenergiefruchtfolge lag das Ertragsmaximum bei dieser N-Steigerung bei 150 kg N/ha mit 99%. Statistisch signifikante Unterschiede bezüglich der N-Steigerung gab es zwischen den beiden Fruchtfolgen nur in den niedrig gedüngten Varianten 50 bzw. 150 kg N/ha. Ab einer Düngungshöhe von 150 kg N/ha lagen die Ertragsunterschiede innerhalb des Signifikanzbereiches. Auch in diesem Jahr war der Versuch durch eine hohe Variabilität gekennzeichnet, darauf deutet die hohe Grenzdifferenz hin.

Eine N-Düngung von 150 kg N/ha, wie in Variante 4 appliziert, entspricht in etwa der Sollwert-Düngeempfehlung für Winterroggen unter der Annahme, dass im Frühjahr ein Bodenvorrat (N_{\min}) von ca. 20 kg N/ha vorhanden ist. Der in dieser Variante erreichte Ertrag von 83,4 dt/ha in der konventionellen Fruchtfolge mit 150 kg Mineral-N ist für diesen Standort mit Beregnung ein durchschnittlich guter Ertrag. In der Bioenergiefruchtfolge wurde bei dieser Düngergabe nur um 1 % niedrigerer Ertrag von 82,8 dt/ha erreicht, der sich nicht signifikant vom Ertrag der konventionellen Fruchtfolge unterschied.

Die Variante 7 mit einer einmaligen N-Gabe mit Entec 26 von 150 kg N/ha liegt in beiden Fruchtfolgen ertraglich über der Sollwert-Düngung. 107 % Relativertrag in konventioneller bzw. 102 % in der Bioenergie-Fruchtfolge zeigen für den Winterroggen in diesem Jahr in beiden Fruchtfolgen den Höchstertag an.

Über die Gärrestdüngung kann in diesem Versuchsjahr aufgrund des fehlenden Versuchsergebnisses keine Aussage gemacht werden.

Für diesen Versuch wurde 2012 auch das N-Optimum berechnet. Abbildung 4 zeigt das N-Optimum des Kornertrages in Bezug auf die N-Düngung.

Das in Abhängigkeit von Produkt-
preis (21 €/dt) und Düngerpreis
(1,20 €/kg N) berechnete N-
Optimum für den Roggenertrag lag
in der konventionellen Fruchtfolge
bei einer Düngung von 175 kg
N/ha, in der Bioenergiefruchtfolge
lag das N-Optimum ca. 10 kg da-
runter, bei 165 kg N/ha

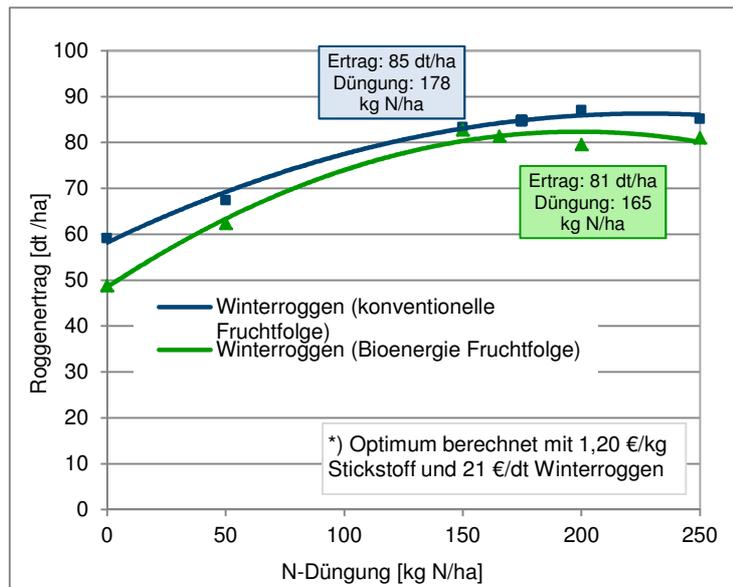


Abbildung 4: N-Optimum in Abhängigkeit der N-Düngung, Hohehenzen, 2012 (643)

Dieses Ergebnis zeigt, dass die Steigerung der N-Menge den Verlauf der Ertragsbildung beim Winterroggen in diesem Versuchsjahr sehr gut nachbildet. Die Höhe der N-Optima spiegelt die Düngermenge (N_{\min} -Vorrat im Frühjahr und gedüngte N-Menge) gut wider.

Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die N-Dynamik im Boden

Nach der Braugerstenernte wurde am 20.08.12 nach einer Stoppelbearbeitung in der Bioenergie-Fruchtfolge Ölrettich ausgesät und dieser mit 50 kg N/ha über alle Varianten der Bioenergie-Fruchtfolge, auch der Variante 1, angedüngt. Die Andüngung der sonst ungedüngten Variante erfolgte, um einen gleichmäßigen Auflauf des Ölrettich in der gesamten Bioenergie-Fruchtfolge zu gewährleisten. Der Auflauf in beiden Varianten war durch die im Vergleich zum langjährigen Mittel eher verhaltenen Niederschlagsmengen im August und September sehr zögerlich, so dass der Bestand im Herbst nicht übermäßig entwickelt war. Eine zusätzliche Beregnungsgabe wurde nicht gegeben.

Eine Untersuchung des Aufwuchses Ende November ergab bei gleicher Andüngung einerseits nur geringfügige Unterschiede in der Wuchshöhe – 11 bzw. 14 cm –, andererseits aber doch deutliche Unterschiede im Aufwuchs (Abbildung 5). In Variante 1 wurden 29 dt/ha Frischmasse, in Variante 4 demgegenüber 49 dt/ha gemessen.

Aus diesen Aufwüchsen ergeben sich unterschiedliche N-Mengen, die über die Pflanzen in diesem Zeitraum (20.08. Aussaat – 28.11 Messung) aufgenommen wurden. Für die Variante 1 wurden 52 kg N/ha, für die Variante 4 69 kg N/ha berechnet.

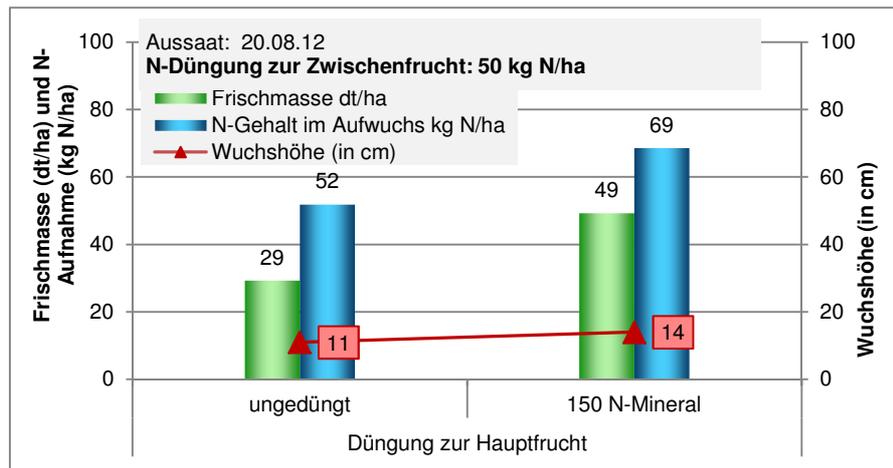


Abbildung 5: N-Aufnahme über die Zwischenfrucht Ölrettich in der Bioenergiefruchtfolge, Varianten ungedüngt und 150 kg Mineral-N/ha, Hohenzethen, 2012 (643)

Trotz optisch relativ schwachem Aufwuchs des Ölrettichs fand eine nennenswerte Aufnahme von Stickstoff statt, auch unter dem Verzicht von Beregnung. In diesem Fall kann der Ölrettich die vorhandene Bodenfeuchte nutzen. Die Etablierung der Zwischenfrucht wurde durch die leichte Andüngung gefördert. Dies wird besonders bei deutlich, wenn man die N_{\min} -Werte nach der Ernte und den N-Gehalt im Aufwuchs der Zwischenfrucht einander gegenüberstellt. Anhand der Ergebnisse ist zu vermuten, dass ohne die Andüngung der Zwischenfrucht die Frischmasseentwicklung noch geringer sein würde. Da Variante 1 seit Versuchsbeginn über den Hauptvegetationszeitraum ungedüngt bleibt, wird der Stickstoff für die Zwischenfrucht vermutlich direkt verwertet und vor Winter in den Aufwuchs eingelagert.

Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die N_{\min} -Werte

Im Frühjahr 2012 konnten keine Unterschiede zwischen den N_{\min} -Werten der beiden Fruchtfolgen oder der verschiedenen N-Düngestufen festgestellt werden. Tendenziell waren die N_{\min} -Werte in der ungedüngten Variante etwas niedriger. Die N_{\min} -Werte [kg/ha] lagen zwischen 14 und 21.

In der Steigerung der N-Düngung im Winterroggen lagen die N_{\min} -Werte nach der Ernte (Beprobungstermin 17.08.2012) in beiden Fruchtfolgen auf ähnlichem Niveau (Abbildung 6), im Bereich zwischen 19 und 54 kg N_{\min} /ha. Die Varianten der N-Steigerung – 0 bis 200 kg Mineral-N/ha – zeigten recht gleiche Werte an, die Spanne reichte von 19 bis 32 kg N_{\min} /ha. Nur in Variante 7 – 250 kg Mineral-N/ha - stieg der N_{\min} -Wert auf 54 bzw. 47 kg N_{\min} /ha an, was auf eine z.T. nicht ausgenutzte N-Düngung hinweisen könnte. Die N_{\min} -Werte in der Entec-Variante lagen demgegenüber wieder geringer und im Bereich der Höhe der in N-Steigerung gedüngten Varianten.

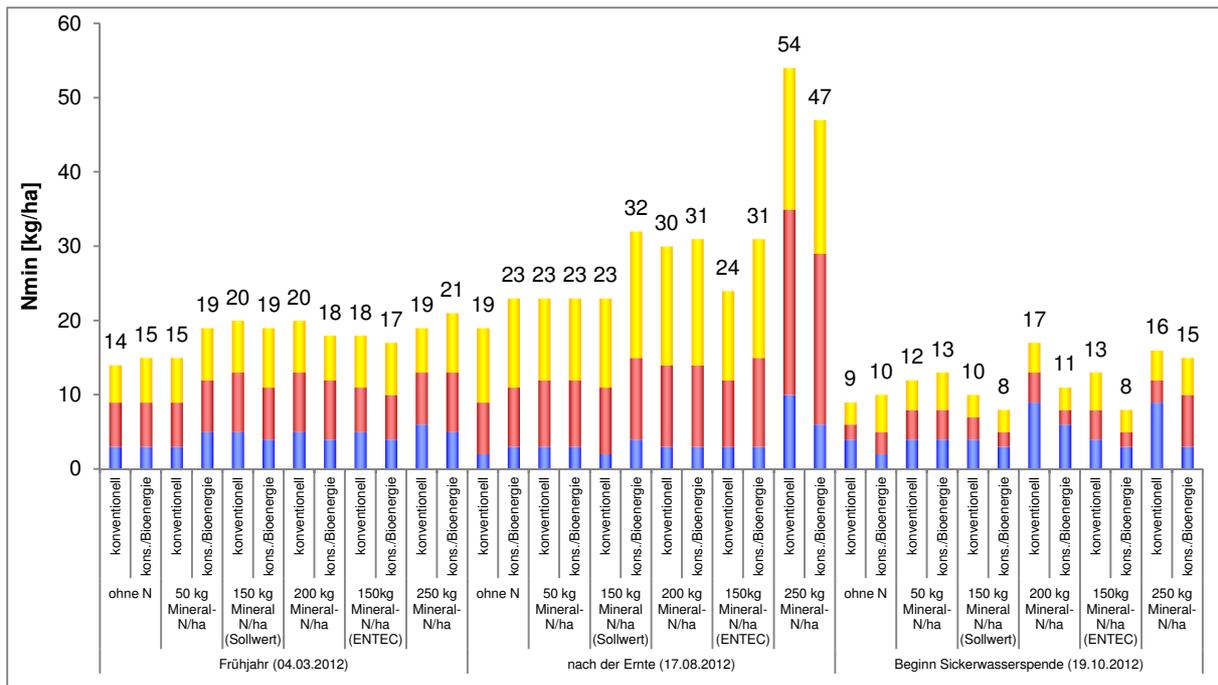


Abbildung 6: N_{\min} -Werte im Frühjahr, nach der Ernte und zu Beginn der Sickerwasserspense, Hohenzethen, 2012 (643)

Ein weiterer Beprobungstermin war am 19.10.2012 nach dem durch das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) für diesen Standort vorgeschlagenen Beprobungsintervall von 60 mm Niederschlag. Die N_{\min} -Werte lagen zu diesem Termin durchgehend für beide Fruchtfolgen zwischen 8 und 17 kg N_{\min} /ha. Schwankungen liegen hier im Bereich des Versuchsfehlers und können nicht durch unterschiedliche Düngestufen erklärt werden. Unter optimalen Bedingungen sollte der Stickstoff zu diesem Zeitpunkt über die Zwischenfrucht gebunden worden sein.

Wurde Stickstoff darüber hinaus mineralisiert oder wie bei konventioneller Fruchtfolge nicht über eine Zwischenfrucht gebunden, so kann dieser Stickstoff unter Umständen verlagert worden sein. Wenn in diesem Zeitraum mit dem anfallenden Sickerwasser bereits Nitrat verlagert wurde, so können diese erhöhten Nitratkonzentrationen durch die Untersuchungen des Sickerwassers im Lysimeter auf der benachbarten Dauerbeobachtungsfläche und in den auf 150 N-Mineral gedüngten Varianten des Versuchs für das Winterhalbjahr 2012/13 nachgewiesen werden. Dazu können die Untersuchungen des LBEG weitere Hinweise geben. Diese Untersuchungen werden in einem gesonderten Bericht veröffentlicht.

Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die N_{\min} -Werte im folgenden Frühjahr

Während der Vegetation erfolgte in beiden Fruchtfolgen jeweils in den mit 150 N-Mineral gedüngten Varianten eine monatliche Überprüfung des N_{\min} -Wertes. Damit soll eine konstante Beobachtung des Stickstoffvorrates ermöglicht werden (Abbildung 7).

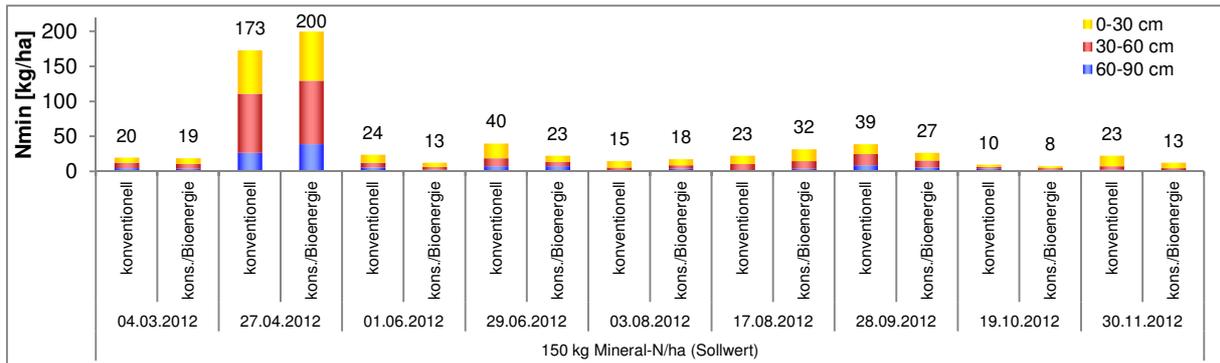


Abbildung 7: Monatliche N_{min}-Werte der Variante 150 kg Mineral N/ha, konventionelle und Bioenergiefruchtfolge, Hohenzethen, 2012 (643)

Am 04.03.2012 wurde die N_{min}-Untersuchung zur ersten N-Düngergabe durchgeführt. Am 09.03. erfolgte die 1. N-Gabe, am 05.04.12 die 2. N-Gabe. Folglich bilden die N_{min}-Werte die Düngermenge in den 150 Mineral-N Varianten für beide Fruchtfolgen ab. Die Werte sind annähernd gleich für beide Fruchtfolgesysteme. Im Verlauf der Vegetation spiegeln sie nur geringfügig das Mineralisationsgeschehen des Standortes wider. Ein besserer Rückschluss zum Mineralisationsgeschehen kann möglicherweise durch die Berechnung der Nitratfrachten über das LBEG erfolgen, da parallel zu den N_{min}-Werten auch die Sickerwasserbildung in diesen Variante im gleichen Zeitraum erfasst wurde.

In der folgenden Abbildung sind die N_{min}-Werte zu Beginn der Sickerwasserbildung im Oktober 2012 und im Frühjahr 2013 zu Vegetationsbeginn dargestellt.

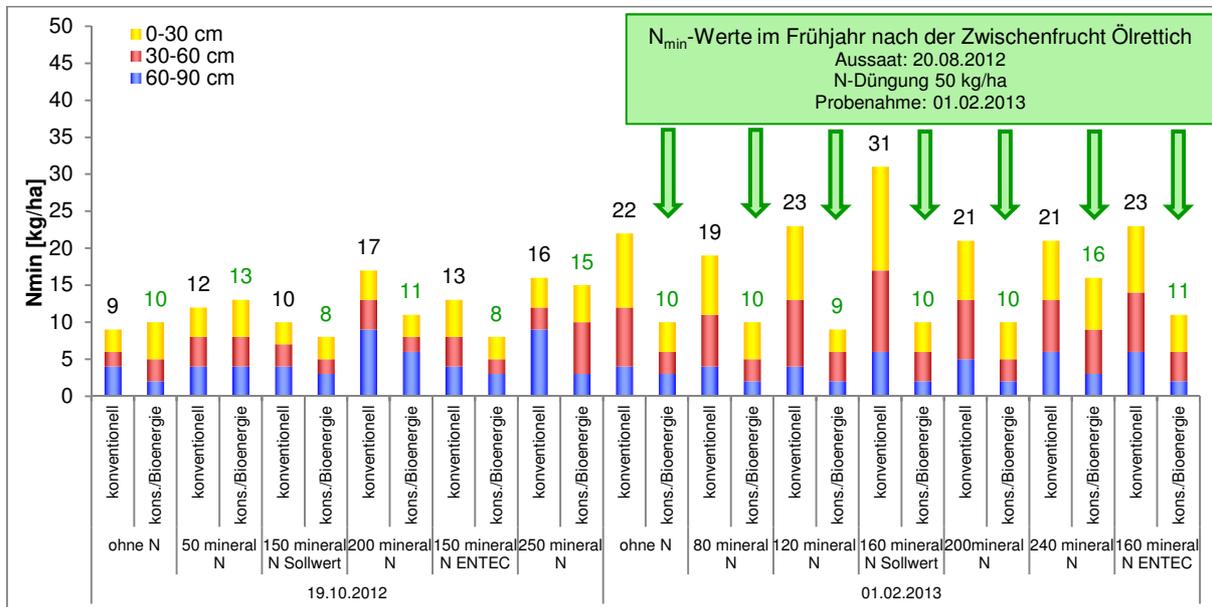


Abbildung 8: N_{min}-Werte zur Sickerwasserspense und im darauffolgenden Frühjahr, Hohenzethen, 2012/2013 (643)

Ein Einfluss auf die N_{min}-Werte deutet sich auch durch die Zwischenfrucht Ölrettich nach dem Winterroggen vor der Folgekultur Kartoffeln an.

Während die N_{min}-Werte im Herbst bei geringeren Schwankungsbreiten doch ein ähnliches Niveau zeigen, deutet sich im Frühjahr ein Trend zu niedrigen N_{min}-Werten zugunsten der

Bioenergie-Fruchtfolge an. Die N_{\min} -Werte nach der Zwischenfrucht liegen im Mittel um 10 kg N/ha niedriger.

Einfluss von N-Düngung und Fruchtfolge auf die Stickstoffsalden

Die N-Salden zeigen dagegen wie schon in den letzten Jahren eine deutliche Abhängigkeit von der N-Düngung (Abbildung 9). Ab einem Düngungsniveau von 150 kg N/ha bildeten sich für den Winterroggen positive Salden ab. Bei den durchschnittlich guten Erträgen des Winterroggens 2012 wurden vergleichsweise hohe Bilanzsalden in den hohen Düngungsstufen erzielt. Unter der Berücksichtigung, dass von der empfohlenen Düngung (150 kg N/ha) in der Regel der N_{\min} -Wert im Frühjahr noch abgezogen wird (für diesen Standort im Mittel der Jahre ca. 20 kg N/ha), kann die N-Bilanz rechnerisch noch verbessert werden.

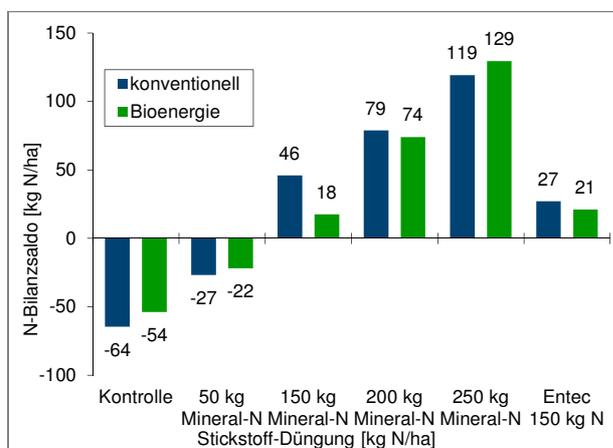


Abbildung 9: N-Bilanzsaldo Winterroggen, Hohenzethen, 2012 (643)

Zunehmende N-Salden treten immer durch nicht ausgenutzten Stickstoff in den hoch gedüngten Varianten auf. Die Bilanzsalden sind für die beiden Fruchtfolgesysteme annähernd gleich. Positiv schneidet 2012 auch wieder die Variante mit Entec-Düngung ab. Eine Stabilisierung des Ammonium-Stickstoffs scheint insbesondere für die leichten austragsgefährdeten Standorte eine grundwasserschonende Maßnahme zu sein.

Die Salden mit Entec-Düngung liegen deutlich unter denen der Variante 150 kg Mineral-N, die in etwa der Sollwertdüngermenge entspricht. Dieses spricht, wie schon bei der Braugerste 2011, für die Möglichkeit, die N-Düngung mit einer einmaligen Düngungsmaßnahme zu etablieren. Unter der Berücksichtigung, dass auch zu einem späteren Zeitpunkt im Frühjahr eine weitere Tiefenverlagerung von Stickstoff durch Sickerwasserbildung während der Hauptvegetation erfolgen kann, kann diese wirtschaftlich teurere Düngungsmaßnahme mit stabilisiertem Dünger zielgerichtet eingesetzt werden.

3.1.3. Zusammenfassung (643)

In diesem Versuchsjahr 2012 wurde der Anbau vom Winterroggen in den beiden etablierten Fruchtfolgen konventionell und Bioenergie hinsichtlich Erträgen, Qualitäten und N-Dynamik im Boden untersucht. Durch einen technischen Versuchsfehler konnten die Varianten 100 Mineral-N und Gärrest nicht beerntet werden.

Der Winterroggen lieferte in diesem Versuchsjahr sehr gute Erträge. In der Varianten mit 150 Mineral-N – in etwa SW-Düngungshöhe – wurden bei konventioneller Bewirtschaftung 83,4 dt/ha erzielt, in der Bioenergie-Fruchtfolge lag der Ertrag mit 82,8 dt/ha knapp darunter. Nach Berechnungen des N-Optimums liegt die optimale N-Düngermenge unter Berücksichtigung der Produkt- und Erzeugerpreise für die konventionelle Fruchtfolge bei 178 kg N/ha, in der Bioenergie-Fruchtfolge bei 165 kg N/ha. Beide Optima liegen über der Sollwertempfehlung der LWK Niedersachsen (150 kg N/ha abzüglich N_{\min} Frühjahr). Dementsprechend höher liegen aufgrund der auf Sandböden oft schlechteren Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs die N-Bilanzsalden. Trotz des sehr guten Ertrages liegen die N-Salden ab der Düngung mit 150 Mineral-N im positiven Bereich. Für die Düngungsstufen 200 bzw. 250 Mineral-N ergeben sich N-Salden von 73,9 bzw. 78,8 kg N/ha bis 129,5 bzw. 119,1 kg N/ha. Demgegenüber liegt der N-Saldo bei N-Düngung mit einem stabilisierten Dünger niedriger (21,1 bzw. 27,0 kg N/ha), sogar deutlich besser als die Varianten 150 Mineral-N. Mit stabilisierter N-Düngung wurde im Winterroggen ebenfalls der höchste Ertrag in beiden Fruchtfolgen erreicht.

Der Verlauf der N_{\min} -Werte ist zu den jeweiligen Probenahmezeitpunkten ähnlich den Werten der Vorjahre. Dieses gilt sowohl für die N_{\min} -Werte sowohl nach der Ernte, als auch zu Beginn der Sickerwasserperiode und im Frühjahr. Die monatlichen N_{\min} -Messreihen in beiden Fruchtfolgen bildeten das N-Angebot des Bodens im vergangenen Versuchsjahr gut ab. Nach der Düngung im Frühjahr erfolgte ein deutlicher Anstieg, danach pendelten sich die Werte ab Juni schon auf ein recht einheitliches Niveau ein. Nach der Ernte 2012 lagen die N_{\min} -Gehalte aufgrund der guten Ertragssituation zwischen 19 und 54 kg N/ha, es bildet sich das N-Düngungsniveau noch relativ gut ab. Zu Beginn der Sickerwasserbildung waren die N_{\min} -Werte fast durchgängig auf gleichem Niveau, in der Regel zwischen 10 – 20 kg N_{\min} /ha. Im Frühjahr waren die Werte ähnlich niedrig.

Direkte Auswirkungen auf den Nitrataustrag lassen sich anhand dieser niedrigen N_{\min} -Werte zu Beginn der Sickerwasserperiode nicht ableiten. Das Nitratgeschehen zu diesem Zeitpunkt kann deutlicher mittels der Sickerwasseranalysen von der benachbarten Lysimeterstation bzw. in den im Versuch des LBEG installierten Saugkerzen dargestellt werden. Die langjährigen Ergebnisse zeigen, dass trotz niedriger N_{\min} -Werte häufiger eine Nitratverlagerung eintreten kann, als die N_{\min} -Werte es vermuten lassen.

Pflanzenbaulich und grundwasserschonend angeraten erscheint für diesen Standort neben einer gleichmäßigen Wasserversorgung vor allem ein ständiger Bewuchs der Flächen. Die Berechnungen zum Zwischenfruchtaufwuchs zeigen, dass Nitrat in Größenordnungen zwischen 50 und 60 kg N/ha aufgenommen wird, auch wenn der Bestand optisch eher schwach entwickelt ist. Eine geringe Berechnungsgabe würde möglicherweise eine noch bessere N-Aufnahme des Zwischenfruchtbestandes ermöglichen. Unter der Berücksichtigung zugeteilter Berechnungsmengen für die Hauptkulturen ist aber eine zusätzliche Berechnungsgabe zu Zwischenfrüchten in der Regel auf diesen Standorten eher selten. Als grundwasserschonende Maßnahme wäre zum Winterroggen eine Kombination aus einer N-Düngungshöhe von max. 150 kg N/ha, eventuell in Form eines stabilisierten Düngers, gesicherte Wasserversorgung während der Hauptvegetationszeit und die unmittelbare Aussaat einer Zwischenfrucht, um vor Winter einen gut entwickelten Bestand zu etablieren.

3.2. Versuch 644 – Auswirkungen einer gestaffelten N-Düngung und der Fruchtfolge auf Erträge, Qualitäten und N-Dynamik im Boden, am Standort Thülsfelde

Der Dauerversuch in Thülsfelde (644) im Landkreis Cloppenburg läuft, ebenso wie der Dauerversuch in Hohenzethen (643), 2012 im 17. Versuchsjahr. In diesem Versuch werden der Einfluss einer gestaffelten N-Düngung, einer konventionellen und einer grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge auf die N-Dynamik im Boden und die Nitratbelastung im Grundwasser untersucht. Um die Sickerwassergüte zu erfassen, wurde der Versuch durch das LBEG mit einer Saugkerzenanlage ergänzt. Die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen sind bzw. werden in einem gesonderten Bericht veröffentlicht.

3.2.1. Versuchsdurchführung (644)

Der Versuch ist entsprechend der zu vergleichenden Fruchtfolgen in drei Teilblöcke (a, b und c) gegliedert. In Block a befindet sich die Saugkerzenanlage, in Block b die konventionelle Fruchtfolge und in Block c die grundwasserschutzorientierte Fruchtfolge.

Versuchsaufbau

Der Versuch ist als einfaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt.

Boden- und Klimakennwerte

Die Standortdaten für den Versuch 644 sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Standortdaten Thülsfelde, 2012, (644)

Standort Thülsfelde	
Höhe über NN [m]	6
Bodentyp	Pseudogley-Podsol
Bodenart	Sand
Ackerzahl	25
Vorfrucht	Silomais
Wetterstation Thülsfelde	
Mittlere Temperatur (Ø 00-12) [°C]	9,4
Mittlere Temperatur 2012 [°C]	9,6
Langjährige Niederschlagssumme (Ø 00-12) [mm]	705
Niederschlagssumme 2012 [mm]	753
Sommerniederschläge 2012 (April-September) [mm]	412

Fruchtfolge

Die jeweiligen Fruchtfolgen der Blöcke a, b und c sind in Tabelle 7 aufgeführt. Um die konventionelle Fruchtfolge (644b) besser an regionalspezifische Gegebenheiten anzupassen, wurde ab dem Jahr 2008 der Silomaisanteil in der Rotation erhöht.

Tabelle 7 zeigt die Fruchtfolge ab dem Jahr 2008.

Tabelle 7: Fruchtfolge, Thülsfelde (644)

Jahr	Fruchtart		
	644 a	644 b	644 c
	Fruchtfolge Saugkerzenanlage	Konventionelle Fruchtfolge	Grundwasserschutzorientierte Fruchtfolge
2008	Silomais (Engsaat, 37,5 cm)	Silomais (Normalsaat 75 m)	Silomais (Engsaat, 37,5 cm)
2009	Winterroggen + Zwischenfrucht Winterrübsen	Silomais (Normalsaat 75 cm)	Winterroggen + Zwischenfrucht Senf
2010	Winterroggen + Zwischenfrucht Senf	Winterroggen	Sommergerste + Zwischenfrucht Senf
2011	Silomais (Engsaat, 37,5 cm)	Silomais (Normalsaat 75 cm)	Silomais (Engsaat, 37,5 cm)
2012	Wintergerste ausgewintert Sommergerste + Zwischenfrucht Winterrübsen	Silomais (Normalsaat 75 cm)	Winterroggen + Zwischenfrucht Senf
2013	<i>Winterroggen + Zwischenfrucht Senf</i>	<i>Winterroggen</i>	<i>Sommergerste</i>
2014	<i>Silomais (Engsaat)</i>	<i>Silomais (Normalsaat)</i>	<i>Silomais (Engsaat)</i>

Düngung

Die mineralische N-Düngung wurde in 6 bzw. 7 nach Düngungshöhe gestaffelten Gaben gegeben. Bei Düngergaben über 100 kg N/ha wurde die Düngung in 2 Teilgaben aufgeteilt. Tabelle 8 und Tabelle 9 geben eine Übersicht über die einzelnen N-Düngergaben. Die über dem Sollwert liegenden N-Düngevarianten sind notwendig, um die Ertragsoptima und die Auswirkungen auf das Sickerwasser ermitteln zu können. Die Sollwertvariante bzw. die Düngungsvarianten unter dem N-Sollwert können im Rahmen der Wasserschutzberatung als Referenzvarianten verwendet werden.

Tabelle 8: N-Düngevarianten Sommergerste und Silomais, Thülsfelde, 2012 (644a und 644b)

Variante	Düngung [kg/ha]	N _{min} 0-60 cm	Verteilung		Summe [kg/ha] (Sollwert inkl. N _{min})	
			Vegetationsbeginn	Spätgabe		
			EC 0	EC 15		
1	0 kg Mineral-N/ha		0	0	0	
2	50 kg Mineral-N/ha		50	0	50	
3	100 kg Mineral-N/ha		100	0	100	
4	150 kg Mineral-N/ha		100	50	150	
5	200 kg Mineral-N/ha		100	100	200	
6	Sollwert Gülle und Mineral-N	644a	11	84	40	135
		644b	11	152		163
7 ¹⁾	250 kg Mineral-N/ha		150	100	250	

¹⁾ Variante 7 nicht in Versuch 644a (Sommergerste)

Tabelle 9: N-Düngevarianten Winterroggen, Thülsfelde, 2012 (644c)

Variante	Düngung [kg/ha]	N _{min} 0-90 cm	Verteilung		Summe [kg/ha] (Sollwert inkl. N _{min})
			Vegetationsbeginn	Spätgabe	
			EC 0	EC 15	
1	0 kg Mineral-N/ha		0	0	0
2	40 kg Mineral-N/ha		50	0	50
3	80 kg Mineral-N/ha		100	0	100
4	120 kg Mineral-N/ha		100	50	150
5	160 kg Mineral-N/ha		100	100	200
6	Sollwert Gülle und Mineral-N	20	80	40	140
7	200 kg Mineral-N/ha		150	100	250

Eine bedarfsgerechte Phosphat-, Kalium- und Magnesiumdüngung wurden, ebenso wie die Kalkdüngung entsprechend der Ergebnisse der jährlichen Bodenuntersuchung vorgenommen.

Ernte

Die Ernte erfolgte in allen Parzellen als Kernbeerntung unter Beachtung der Richtlinien des Bundessortenamtes für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen.

Untersuchungen und Auswertungen

Die TKM- und TS-Bestimmungen wurden nach der Richtlinie des Bundessortenamtes vom Versuchsansteller durchgeführt. Erntegutanalysen (NIRS-Verfahren und chemische Untersuchungen) erfolgten durch die LUFA Nord-West entsprechend geltender Untersuchungsstandards. Gleiches galt für die Bodenuntersuchungen auf die Grundnährstoffe P, K und Mg, den pH-Wert, die N_{min}-Untersuchungen und die Gärrestuntersuchungen.

N_{min}-Beprobung

Die N_{min}-Beprobung wurde im Frühjahr, nach der Ernte und zur Sickerwasserspense in allen Varianten durchgeführt. Variante 6 (siehe Tabelle 8 und Tabelle 9) wurde in monatlichem Abstand beprobt. Der Vollständigkeit halber sind auch die Ergebnisse der Frühjahrs-N_{min}-Probenahme in den einzelnen Varianten dargestellt, obwohl sie aus Sicht des Grundwasserschutzes von geringerer Bedeutung sind als die Herbst-N_{min}-Werte.

3.2.2. Ergebnisse (644)

2012 wurden in Thülsfelde Sommergerste (644a), Silomais (644b) und Winterroggen (644c) angebaut (siehe auch Tabelle 7). Im Versuch 644a musste 2012 die Wintergerste wegen starker Auswinterungsschäden durch Sommergerste ersetzt werden. Landesweit stieg die Anbaufläche von Sommergerste in Niedersachsen 2012 wegen der Auswinterungsschäden ebenfalls deutlich an. In den meisten Fällen wurde Futtergerste angebaut. (s. a. Anbausituation in Niedersachsen 2012 unter www.lwk-niedersachsen.de, Webcode 01022334.)

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt entsprechend der drei Teilblöcke in a, b und c. Die Ertragsoptima wurden mit ungewichteten Preisen ab Hof, ohne Mehrwertsteuer berechnet (Sommergerste 22 €/dt, Winterroggen 21 €/dt). Für Silomais wurde mit einem Produktpreis von 11 €/dt TM gerechnet.

644a Sommergerste

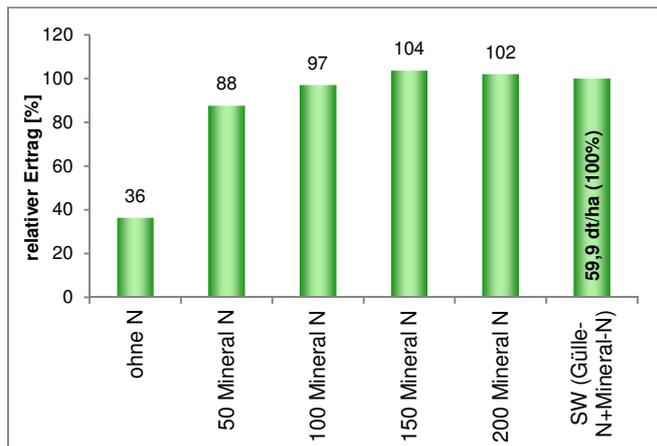


Abbildung 10: Relative Erträge Sommergerste, Thülsfelde, 2012 (644a)

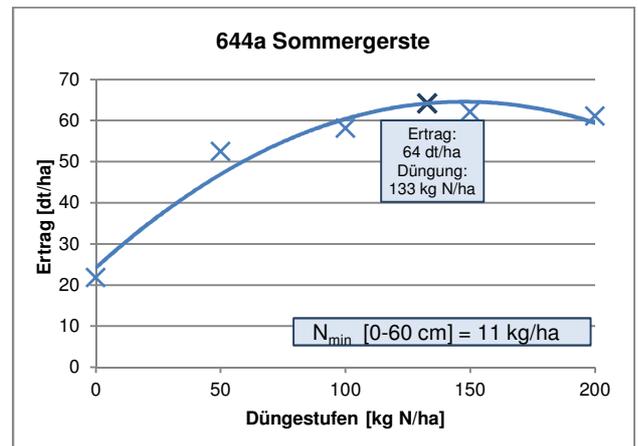


Abbildung 11: Ertrag und N-Düngung zu Sommergerste, Thülsfelde, 2012 (644a)

Die Erträge der ungedüngten Variante und der Variante mit 50 kg Mineral-N/ha waren geringer, als die Erträge der übrigen Varianten. Durch die Düngung mit 50 kg Mineral N/ha konnte der Ertrag im Vergleich zur ungedüngten Variante jedoch schon deutlich gesteigert werden (Abbildung 10). In den Varianten von 100 kg N/ha bis 200 kg N/ha gab es keine signifikanten Ertragsunterschiede zur Standardvariante mit Sollwertdüngung (Grenzdifferenz 6 %). In der Sollwertvariante wurden

insgesamt 124 kg N/ha gedüngt. Der optimale Sommergerstertrag wurde bei einem N-Angebot von 144 kg N/ha (N-Düngung: 133 kg N/ha + 11 kg N_{min}/ha) erreicht. Damit lag die N-Sollwertvariante im Bereich der optimalen N-Düngung.

Abbildung 12 zeigt den Proteingehalt der Sommergerste in Abhängigkeit von der N-Düngung. Bei einer optimalen N-Düngung lag der Rohproteingehalt bei ca. 11 %. Eine Gülle-Mineral-N-Düngung führte zu geringeren Werten. Ob diese auf eine verzögerte N-Freisetzung zurückzuführen sind, kann hier nicht beantwortet werden.

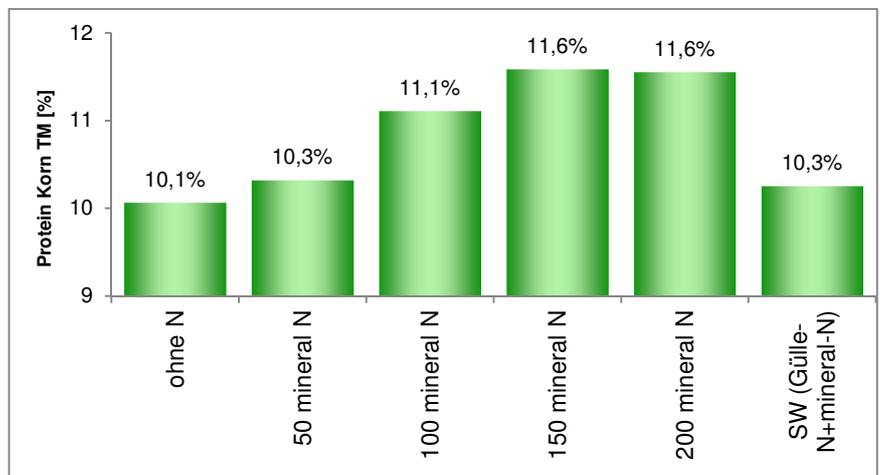


Abbildung 12: Proteingehalt Sommergerste, Thülsfelde, 2012 (644a)

Der Eiweißgehalt ist vor allem bei der Qualitätsbewertung von Braugerste ein wichtiges Kriterium. Der Proteingehalt von Braugerste sollte nicht unter 9.5 % liegen, aber auch nicht über 11,5 % ansteigen.

Bei einer N-Düngung in Sollwerthöhe oder im Bereich des ökonomischen Optimums (zum Vergleich siehe Abbildung 13, 150 kg Mineral-N/ha) konnten weder nach der Ernte noch zur Sickerwasserspense ein Anstieg der N_{min}-Werte im Vergleich zur ungedüngten Variante beobachtet werden. Die Unterschiede zwischen den N_{min}-Werten der einzelnen Varianten lagen häufig im Bereich der Fehlergrenze der N_{min}-Methode. Bei einer sehr hohen N-Düngung von 200 kg N/ha konnte allerdings nach der Ernte ein deutlicher Anstieg der N_{min}-Werte festgestellt werden (Abbildung 13). Zur Sickerwasserspense lagen die Reststickstoffgehalte meistens auf ähnlichem Niveau.

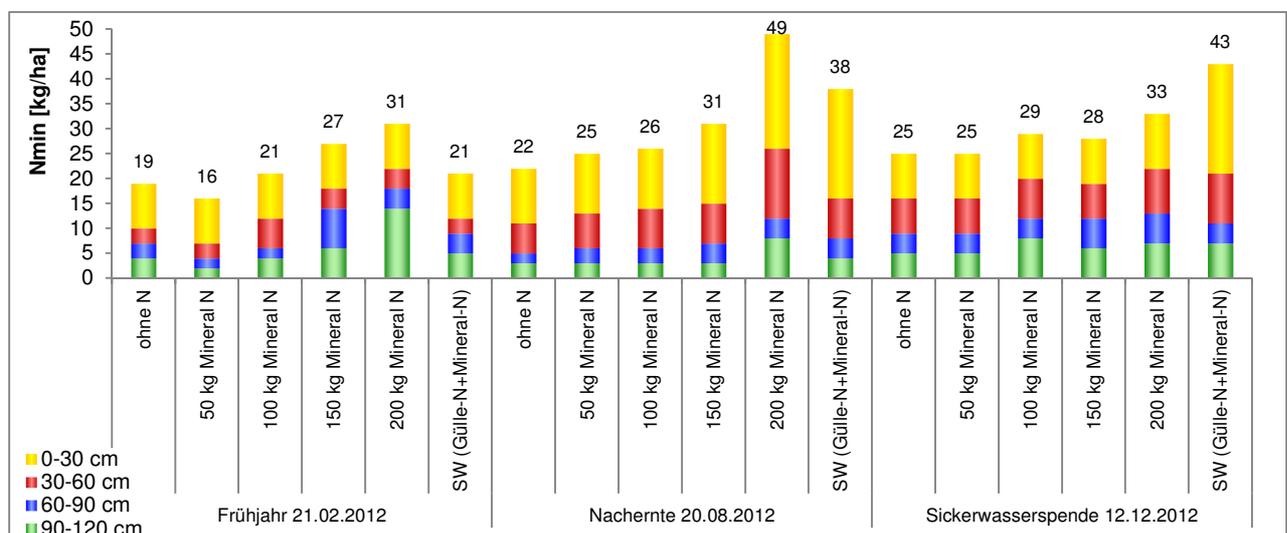


Abbildung 13: N_{min}-Werte im Frühjahr, nach der Ernte und zur Sickerwasserspense, Thülsfelde, 2012 (644a)

Abbildung 14 zeigt die Ergebnisse der monatlichen N_{min} -Probenahme in der Sollwert-Variante. Die beiden Düngergaben erfolgten am 06.03.2012 und am 22.05.2012. Die erste Düngergabe, bei der 72 kg N/ha aus Schweinegülle und 12 kg N/ha aus Kalkammonsalpeter ausgebracht wurden, zeigte sich deutlich in einem Anstieg der N_{min} -Werte in der obersten Bodenschicht (0-30 cm). Nach der zweiten Düngergabe Ende Mai stiegen die N_{min} -Werte weniger deutlich an.

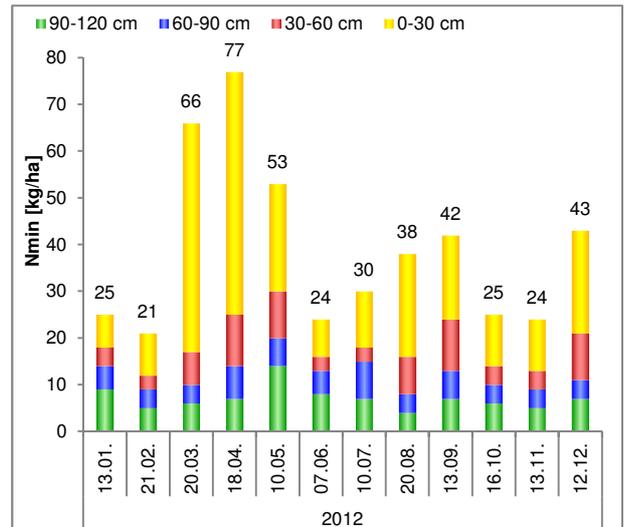


Abbildung 14: N_{min} -Werte, Variante 6 (Sollwert), Thülsfelde, 2012 (644a)

Die N-Bilanzsalden (Abbildung 15) lagen bis zu einer N-Düngung von 100 kg im negativen Bereich. Bei einer N-Düngung von 150 kg N/ha und mehr war die N-Bilanz positiv. Das errechnete Optimum der N-Düngung lag mit 133 kg N/ha genau dazwischen. Bei einer ökonomisch optimalen N-Düngung wäre also ein ungefähr ausgeglichenes N-Bilanzsaldo erreicht worden.

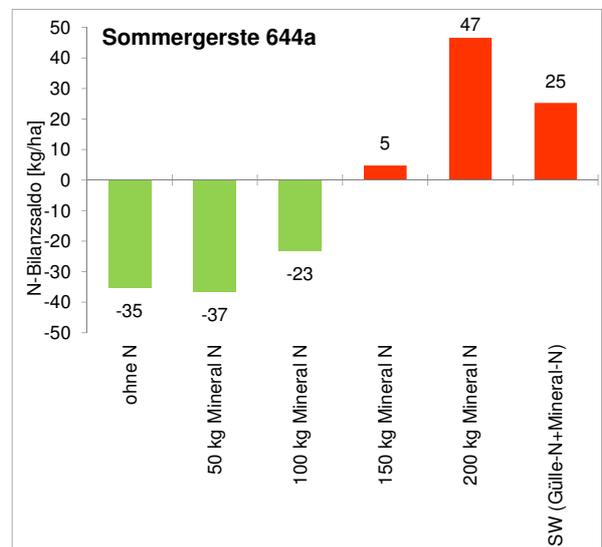


Abbildung 15: N-Bilanzsaldo Sommergerste, Thülsfelde, 2012 (644a)

644b Silomais

Beim Anbau der Silomaisorte Ricradinio wurden in der ungedüngten Variante und in den Varianten mit einer Düngungshöhe von 50 und 100 kg Mineral-N/ha geringere Erträge als in der Standardvariante erzielt (Grenzdifferenz 5,3 %). Im Vergleich zur Sollwertvariante, die insgesamt mit 152 kg N/ha gedüngt wurde, konnte der Ertrag durch eine höhere N-Düngung nicht signifikant gesteigert werden (siehe Abbildung 17). Bei einer N-Düngung unter 150 kg N/ha war auch der Rohproteingehalt etwas geringer.

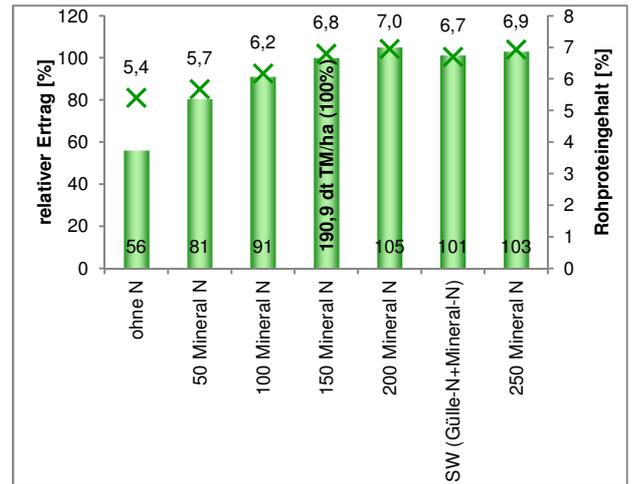
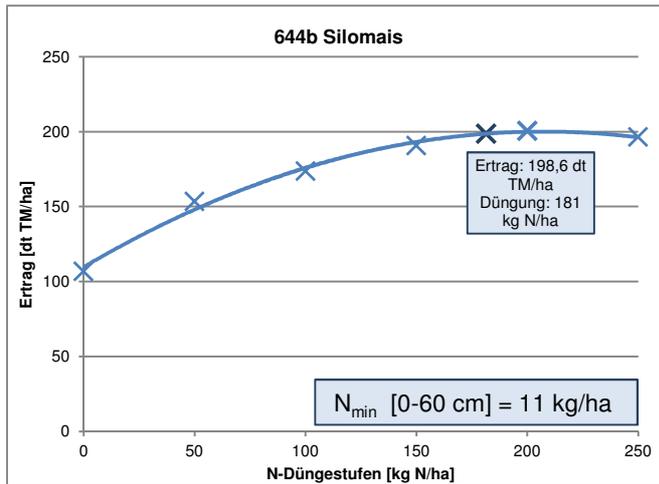


Abbildung 16: Optima Ertrag und N-Düngung zu Silomais, Thülsfelde, 2012 (644b)

Abbildung 17: relativer Silomaisertrag und Rohproteingehalt, Thülsfelde, 2012 (644b)

Das ökonomische Ertragsoptimum von 199 dt TM/ha wurde bei einer N-Düngung von 181 kg N/ha erreicht (Abbildung 16). Im Gegensatz zur Sommergerste konnte bei Silomais bei einer N-Düngung in dieser Höhe ein deutlicher Anstieg der Reststickstoffgehalte, sowohl nach der Ernte, als auch zur Sickerwasserspende beobachtet werden. Die Ergebnisse der N_{min} -Probenahme bei Silomais sind in Abbildung 18 dargestellt. Die N_{min} -Werte nach der Ernte und zur Sickerwasserspende zeigen, wie stark die Reststickstoffgehalte bei einer N-Düngung oberhalb des Sollwertes anstiegen. Die N_{min} -Gehalte der Düngungsvarianten mit 200 und 250 kg N/ha lagen deutlich über dem Niveau der übrigen Varianten.

Die Unterschiede zwischen den übrigen Varianten lagen meist innerhalb der Fehlergrenze der N_{min} -Methode (Abbildung 18).

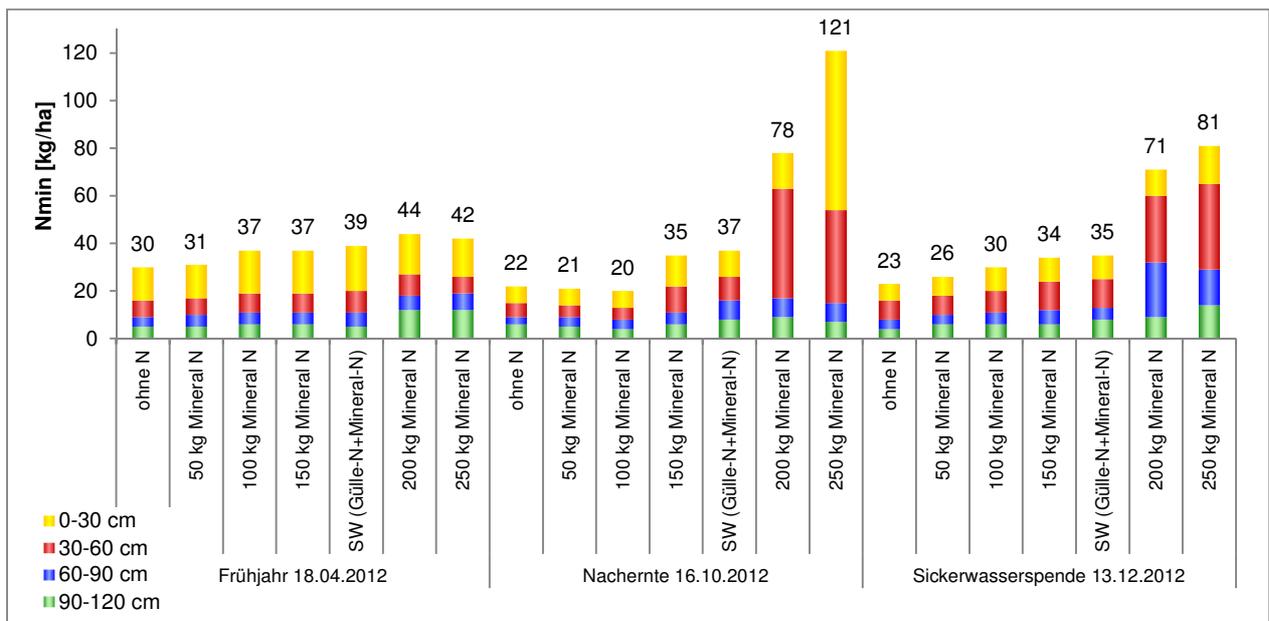


Abbildung 18: N_{min} -Werte im Frühjahr, nach der Ernte und zur Sickerwasserspende nach Silomais, Thülsfelde, 2012 (644b)

Abbildung 19 zeigt den Jahresverlauf der N_{min} -Werte in Versuch 644b. Die Düngung in Variante 6 (Sollwert) erfolgte am 24.05.2012. Es wurden 53 kg N/ha aus Schweinegülle und 99 kg N/ha aus Kalkammonsalpeter ausgebracht. Die hohen N_{min} -Werte bereits am 10.05.2013 können nicht durch N-Düngung oder andere Bewirtschaftungsmaßnahmen erklärt werden.

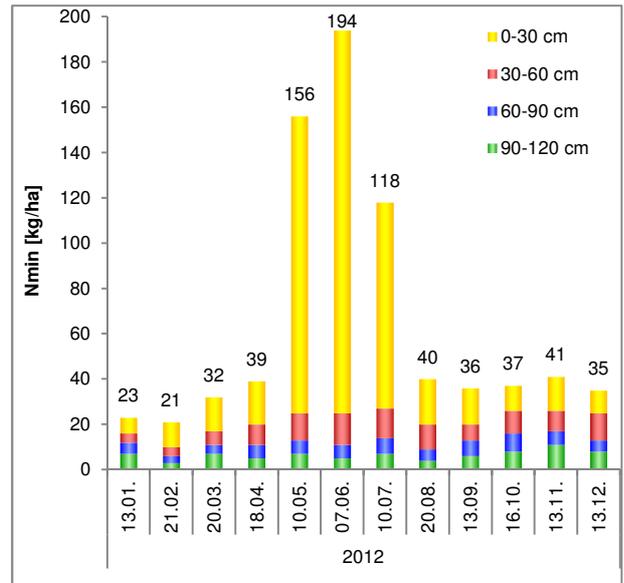


Abbildung 19: N_{min} -Werte, Variante 6 (Sollwert), Thülsfelde, 2012 (644b)

Beim Silomais wurde wegen der hohen N Entzüge bis zur **höchsten Düngungsstufe negative Bilanzsalden erzielt**. Der Mais konnte seinen Nährstoffbedarf zu großen Teilen aus dem Bodenvorrat decken. Dies wird auch durch die niedrigen N-Bilanzsalden deutlich und erklärt die hohen Reststickstoffgehalte bei hoher N-Düngung, trotz gleichbleibender Erträge. Eine hohe Stickstoffdüngung führte daher trotz guter Stickstoffsalden zu hohen Rest- N_{min} -Gehalten.

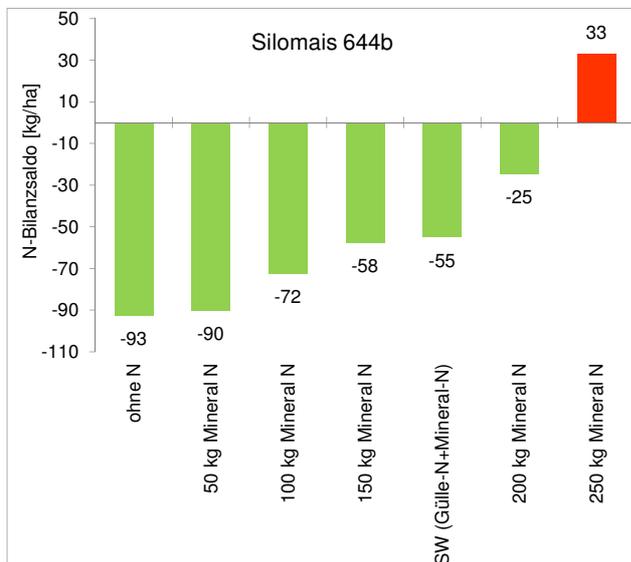


Abbildung 20: N-Bilanzsaldo Silomais, Thülsfelde, 2012 (644b)

644c Winterroggen



Abbildung 21: Parzellen mit steigender N-Düngung zu Winterroggen, Thülsfelde, 2013 (644)

In der Standardvariante (Sollwertdüngung) in der insgesamt 120 kg N/ha ausgebracht wurden, wurde ein Ertrag von 90,6 dt/ha erzielt (siehe Abbildung 22). In der ungedüngten Variante und in den Varianten mit 50 und 100 kg Mineral-N/ha lag der Ertrag unter dem Ertrag der Standardvariante. Die Erträge in den übrigen Varianten unterschieden sich nicht signifikant vom Ertrag der Standardvariante (Grenzdifferenz 5 %).

Das ökonomische Ertragsoptimum (Abbildung 23) wurde bei einer N-Düngung von 192 kg N/ha erreicht und lag bei 103 dt/ha. Ab einer N-Düngung von mehr als 150 kg N/ha stieg der Ertrag kaum noch an.

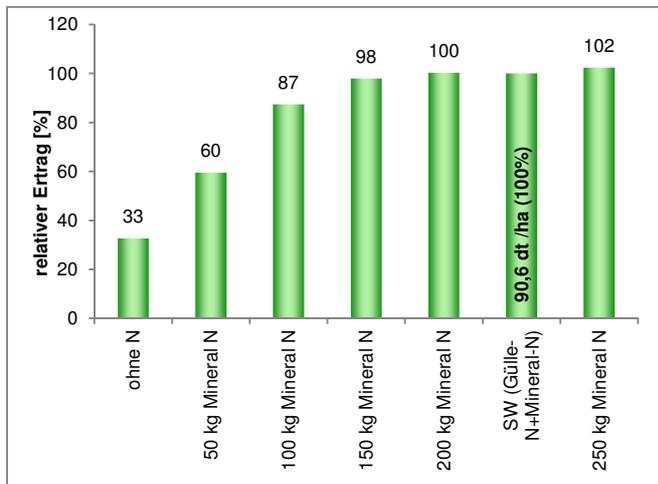


Abbildung 22: Relative Erträge Winterroggen, Thülsfelde, 2012 (644c)

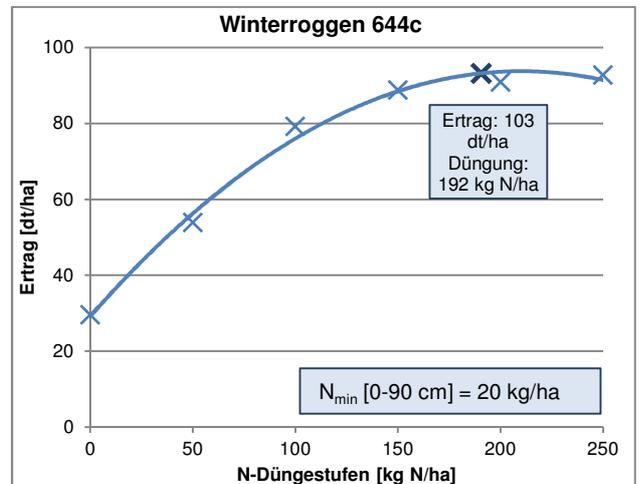


Abbildung 23: Optima Ertrag und N-Düngung zu Winterroggen, Thülsfelde, 2012 (644c)

Abbildung 24 zeigt den Proteingehalt des Winterroggens 2012 in Abhängigkeit von der Höhe der N-Düngung. Der Proteingehalt lag bei einer N-Düngung von 250 kg N/ha mit 11,7 % am höchsten. Die niedrigsten Rohproteingehalte wurden nicht in der ungedüngten Variante, sondern in den Varianten mit 50 und 100 kg N/ha erzielt (9,0 und 9,1 %).

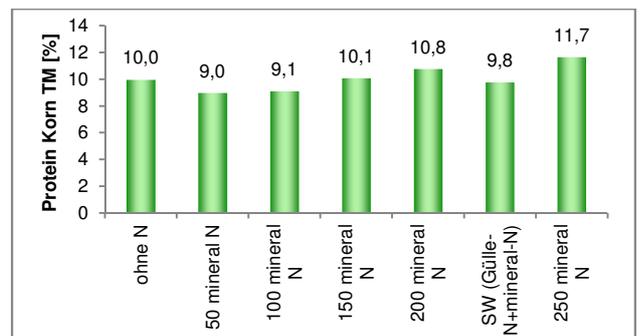


Abbildung 24: Proteingehalt Winterroggen, Thülsfelde, 2012 (644c)

Abbildung 26 und Abbildung 27 zeigen die Ergebnisse der N_{min} -Untersuchungen in Winterroggen. Im Vergleich zur N_{min} -Probenahme nach der Ernte konnte zur Sickerwasserspende eine deutliche Reduzierung der Reststickstoffgehalte in den oberen 30 cm Boden festgestellt werden. Dies ist auf die Stickstoffbindung durch die nachfolgende Zwischenfrucht zurückzuführen.



Abbildung 25: Ölrettich als Zwischenfrucht, Hamestorf, 2011

Insgesamt lagen die N_{min} -Werte zur Sickerwasserspende in allen Varianten, unabhängig von der Höhe der N-Düngung auf einem ähnlichen Niveau. Bei den Frühjahrs N_{min} -Werten konnten die deutlichsten Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten festgestellt werden. Der Anstieg der Frühjahrs- N_{min} -Werte in den hoch gedüngten Varianten konnte in den Vorjahren nicht beobachtet werden. Daher ist es unwahrscheinlich, dass es sich um eine Folge der langjährigen Überdüngung handelte.

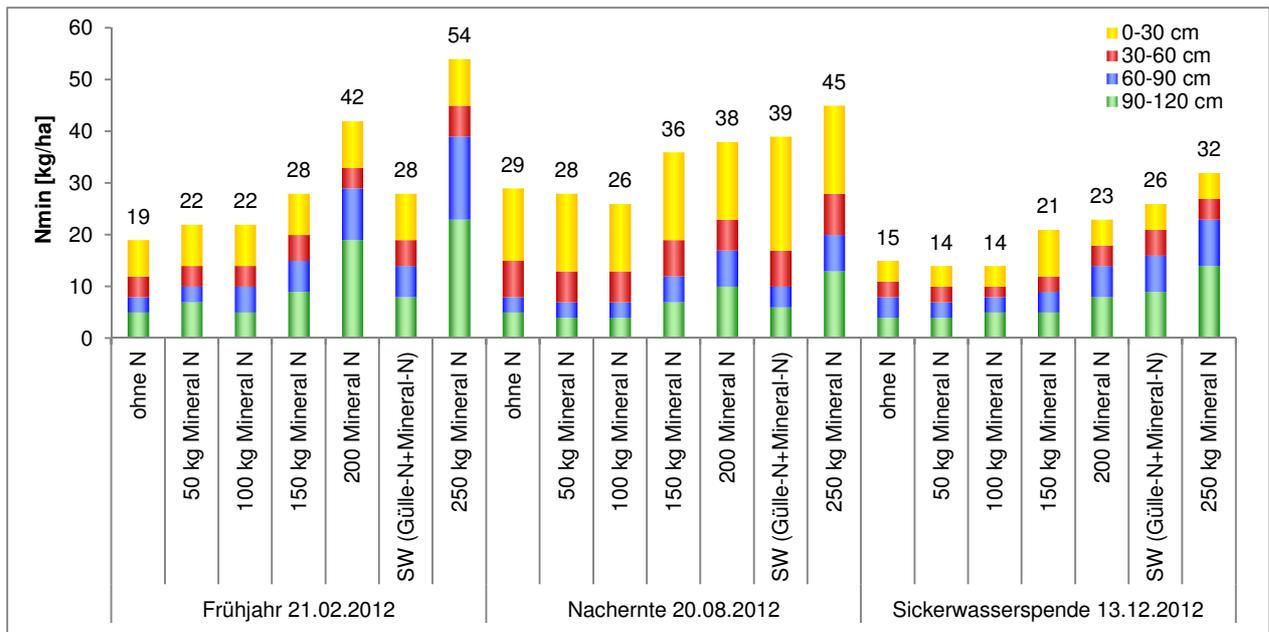


Abbildung 26: N_{min}-Werte im Fröhjahr, nach der Ernte und zur Sickerwasserspense, Thülsfelde 2012 (644c)

Abbildung 27 zeigt die Ergebnisse der monatlichen N_{min}-Probenahmen in der nach Sollwert gedüngten Variante. Die Düngung wurde am 06.03.2012 und am 24.04.2012 durchgeführt. Zur ersten Düngung wurden 72 kg N/ha aus Schweinegülle und 8 kg N/ha aus Kalkammonsalpeter ausgebracht. Die erste Düngung findet sich auch in einem deutlichen Anstieg der N_{min}-Werte zur Probenahme Ende März wieder.

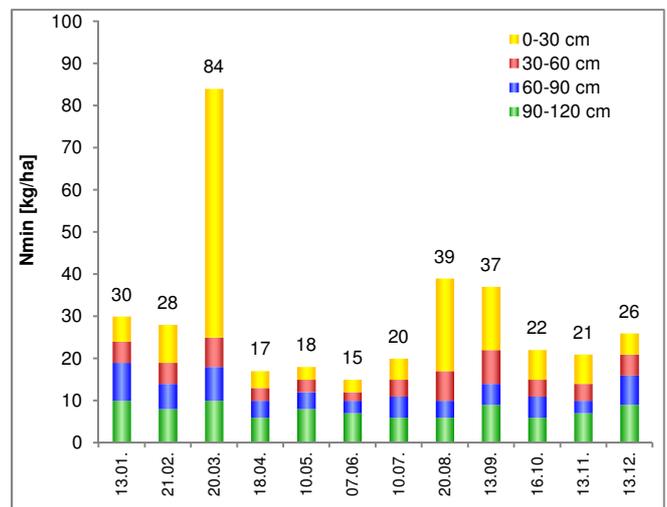


Abbildung 27: N_{min}-Werte, Variante 6 (Sollwert), Thülsfelde 2012 (644c)

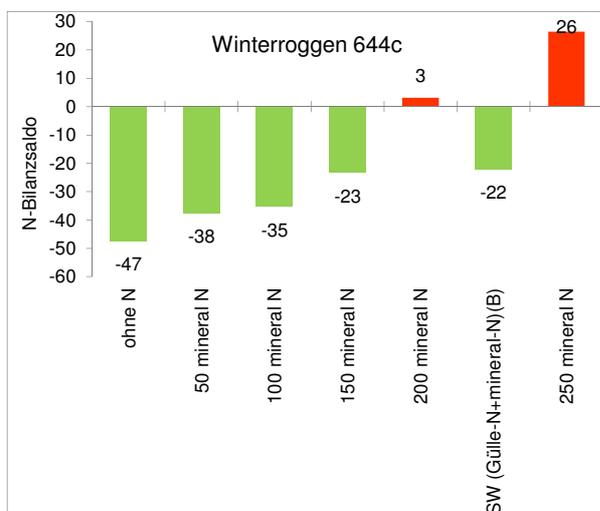


Abbildung 28: N-Bilanzsaldo Winterroggen, Thülsfelde, 2012 (644c)

Die N-Bilanzsalden (Abbildung 28) von Winterroggen lagen nur bei einer N-Düngung deutlich oberhalb der Sollwertdüngung im positiven Bereich. Der Ertrag hatte sich dadurch im Vergleich zur Sollwertdüngung jedoch nicht erhöht. Die deutlichen Unterschiede in der N-Bilanz ließen sich jedoch in den Reststickstoffgehalten im Herbst nicht wiederfinden.

3.2.3. Zusammenfassung (644)

Bei einer N-Düngung zu Sommergerste (644a) in Sollwerthöhe oder im Bereich des ökonomischen Optimums (zum Vergleich siehe Abbildung 11, 150 kg Mineral-N/ha) konnten weder nach der Ernte noch zur Sickerwasserspende ein Anstieg der N_{\min} -Werte im Vergleich zur ungedüngten Variante beobachtet werden. Die Unterschiede zwischen den N_{\min} -Werten der einzelnen Varianten lagen häufig im Bereich der Fehlergrenze der N_{\min} -Methode. Bei einer sehr hohen N-Düngung von 200 kg N/ha konnte allerdings nach der Ernte ein deutlicher Anstieg der N_{\min} -Werte festgestellt werden

Die Ergebnisse des Blocks 644b (Silomais) zeigen, wie auch die Ergebnisse anderer Düngungsversuche zu Silomais, dass bei einer überhöhten N-Düngung zu Mais die Reststickstoffgehalte und somit auch die Grundwasserbelastung überproportional stark ansteigen. Bei einer N-Düngung von 200 kg N/ha stiegen die N_{\min} -Werte nach der Ernte um 40 kg/ha im Vergleich zur Sollwertvariante.

Ein Vergleich der Frühjahrs- N_{\min} -Werte der Fruchtfolgen zeigte, dass in der grundwasser-schutzorientierten Fruchtfolge (644c) deutlichere Unterschiede zwischen den einzelnen Düngestufen zu erkennen waren, als in den beiden anderen Blöcken. Die Frühjahrs- N_{\min} -Werte der Fruchtfolge im Block 644a, mit der Saugkerzenanlage, lagen leicht unter den Frühjahrs- N_{\min} -Werten der konventionellen Fruchtfolge in Block 644b

3.3. Versuch 645 – N-Austrag und N-Nachlieferung aus der Zwischenfrucht im folgenden Jahr und deren Anrechenbarkeit zur Hauptfrucht

Der Dauerversuch Nr. 645 wurde 2012 in Wehnen neu angelegt. Ziel des Versuchs ist es, die Stickstoffaufnahme durch die Zwischenfrucht und die Stickstoffverfügbarkeit für die folgende Hauptfrucht in den nachfolgenden Jahren quantitativ besser einschätzen zu können. Wie Abbildung 29 (siehe Seite 30) deutlich zeigt, entwickelt sich die Zwischenfrucht je nach Höhe der N-Düngung sehr unterschiedlich. Bei der N-Düngung zur Zwischenfrucht sollte stets das Ziel des Zwischenfruchtanbaus bedacht werden, den Stickstoff im Boden im Herbst soweit möglich zu binden, um Austräge in das Grundwasser zu vermeiden. Eine vorsichtige N-Düngung zur Zwischenfrucht kann jedoch sinnvoll sein, um diese besser zu etablieren und somit zu einer insgesamt höheren Stickstoffaufnahme im Herbst führen.

Der Versuch befasst sich mit der Frage, wie viel Stickstoff im Herbst –ohne bzw. bei unterschiedlich hoher Stickstoffdüngung - durch die Zwischenfrüchte gebunden werden kann und in wieweit der Stickstoff aus der eingearbeiteten Zwischenfrucht der folgenden Hauptfrucht in der darauf folgenden der Vegetationsperiode zur Verfügung steht, um bei der Düngeplanung für die nachfolgende Hauptfrucht die N-Nachlieferung der Zwischenfrucht besser berücksichtigen zu können. Die entsprechende Berücksichtigung der N-Nachlieferung aus der Zwischenfrucht ist zur Vermeidung langfristiger Stickstoffverluste notwendig, da der Stickstoff aus der Zwischenfrucht den Kulturpflanzen häufig zeitlich versetzt zur Verfügung steht (THORUP-KRISTENSEN, 1994).

Zusätzlich zu den Untersuchungen zur Stickstoffaufnahme der Haupt – und Zwischenfrucht und den Auswirkungen auf die N Dynamik im Boden wurden in diesem Versuch in einigen Varianten durch eine Saugkerzenanlage des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie die Nitrat-Austräge in das Sickerwasser untersucht.

3.3.1. Versuchsdurchführung (645)

Versuchsaufbau

Der Versuch wurde zunächst für vier Jahre in zwei Blöcken angelegt, auf denen Winterroggen mit einer sich anschließenden Zwischenfrucht und Silomais im Wechsel angebaut werden. Als Zwischenfrucht wurde Ölrettich ausgesät. Wie auch aus Tabelle 11 hervorgeht, wurde im ersten Versuchsjahr nur Winterroggen mit Ölrettich als nachfolgender Zwischenfrucht angebaut. Da die Auswirkungen der Zwischenfrucht auf den darauffolgenden Silomais erfasst werden sollen, wurde der Versuch in Block zwei ein Jahr zeitversetzt angelegt.

Klimakennwerte

Eine Übersicht über die Klimakennwerte der Versuchsfläche in Wehnen ist in Tabelle 10 dargestellt. Die genaueren Klimadaten befinden sich im Anhang (Abbildung 91).

Tabelle 10: Klimakennwerte Wehnen 2012 (645)

Durchschnittstemperatur 2012 [°C]	Niederschläge 2012 [mm]	Sommerniederschläge 2012 [mm]
9,5	651	358

Fruchtfolge

Die Fruchtfolge, mit einem sich abwechselnden Anbau von Winterroggen mit Ölrettich als nachfolgender Zwischenfrucht und Silomais, ist in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Fruchtfolge, Zwischenfruchtversuch (645)

Jahr	Block 1	Block 2
2012	Winterroggen + Zwischenfrucht Ölrettich	Silomais ohne Düngestaffel
2013	Silomais	Winterroggen + Zwischenfrucht Ölrettich
2014	Winterroggen + Zwischenfrucht Ölrettich	Silomais
2015	Silomais	Winterroggen + Zwischenfrucht Ölrettich

Düngung

Tabelle 12 zeigt die jeweiligen Varianten der Stickstoffdüngung zur Zwischenfrucht. Der Winterroggen wurde einheitlich nach N-Sollwert gedüngt.

Tabelle 12: Varianten Zwischenfrucht (645)

Zwischenfrucht	Düngung
Keine Zwischenfrucht	-
Ölrettich	Ungedüngt
Ölrettich	60 kg N (Mineraldünger)
Ölrettich	Maximal mögliche org. N-Gabe (40 kg Ammonium-N bzw. max. 80 kg Gesamt-N gem. DüV)



Abbildung 29: Topfversuch Ölrettich mit drei N-Düngungsstufen

Ernte

Die Ernte erfolgte in allen Parzellen als Kernbeerntung unter Beachtung der Richtlinien des Bundessortenamtes für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen

Untersuchungen und Auswertungen

Die TKM- und TS-Bestimmungen wurden nach der Richtlinie des Bundessortenamtes vom Versuchsansteller durchgeführt. Erntegutanalysen (NIRS-Verfahren und chemische Untersuchungen) erfolgten durch die LUFA Nord-West entsprechend geltenden Untersuchungsstandards. Gleiches galt für die Bodenuntersuchungen auf die Grundnährstoffe P, K und Mg, den pH-Wert, die N_{\min} -Untersuchungen und die Gärrestuntersuchungen.

N_{\min} -Beprobung

In diesem Versuch wurde in Block 1 nach der Winterroggenernte eine N_{\min} -Probe gezogen. Am 05.12.2012 wurden zu Beginn der Sickerwasserspende in den einzelnen Varianten der Zwischenfrucht (siehe Tabelle 12) nochmals die N_{\min} -Werte ermittelt. In Block 2 (Silomais) wurden die N_{\min} -Werte nach der Ernte und zur Sickerwasserspende gemessen, da in diesem Jahr noch keine Düngestaffelung zu Silomais angelegt worden war.

3.3.2. Ergebnisse (645)

Die N_{\min} -Werte aus Block 1 zeigen, dass die Zwischenfrucht den Reststickstoffgehalt im Boden deutlich reduzieren konnte (Abbildung 30). Die N_{\min} -Werte unterscheiden sich in den Varianten mit Örettich als Zwischenfrucht in diesem Versuch nicht voneinander. Die Ergebnisse aus Block zwei zeigten, dass die N_{\min} -Werte nach Silomais auch nach Sollwertdüngung am Versuchsstandort Wehnen sehr hoch waren.

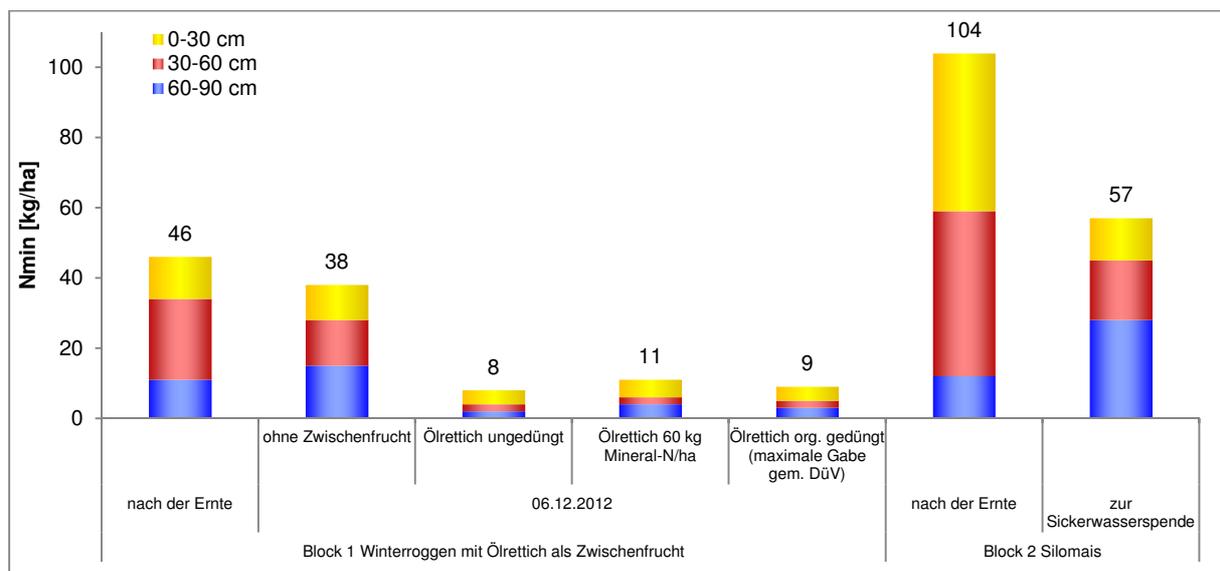


Abbildung 30: N_{\min} -Werte, Herbst, Block 1 und Block 2, Wehnen, 2012 (645)

3.3.3. Zusammenfassung (645)

Eine möglichst genaue Einschätzung der Höhe der N-Aufnahme der Zwischenfrucht und der N-Nachlieferung zur nachfolgenden Hauptfrucht sind besonders für den Wasserschutz von großer Bedeutung, um nicht nur kurzfristig die Reststickstoffgehalte im Herbst zu reduzieren, sondern auch um langfristig N-Überschüsse auf der Fläche zu vermeiden.

Inwieweit sich die N-Düngung zur Zwischenfrucht in der folgenden N-Düngestaffel zu Silomais wiederfindet, bleibt abzuwarten.

4. Versuche zum Grundwasserschutzorientierten Energiepflanzenanbau

Da vor allem der Maisanbau im Rahmen der Bioenergieerzeugung in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen hat, wird auch der Grundwasserschutz im Maisanbau immer wichtiger. Trotz deutlich negativer N-Bilanzsalden kann Mais unter gewissen Umständen sehr hohe Reststickstoffgehalte im Boden hinterlassen. Besonders im Bereich des ökonomischen Optimums haben geringe Änderungen in der Düngermenge sowohl im positiven, als auch im negativen Bereich deutlich stärkere Auswirkungen auf den Reststickstoffgehalt im Boden und die Nitratkonzentration im Sickerwasser, als die Änderung der Düngermenge vermuten lassen würde (siehe Abbildung 31).

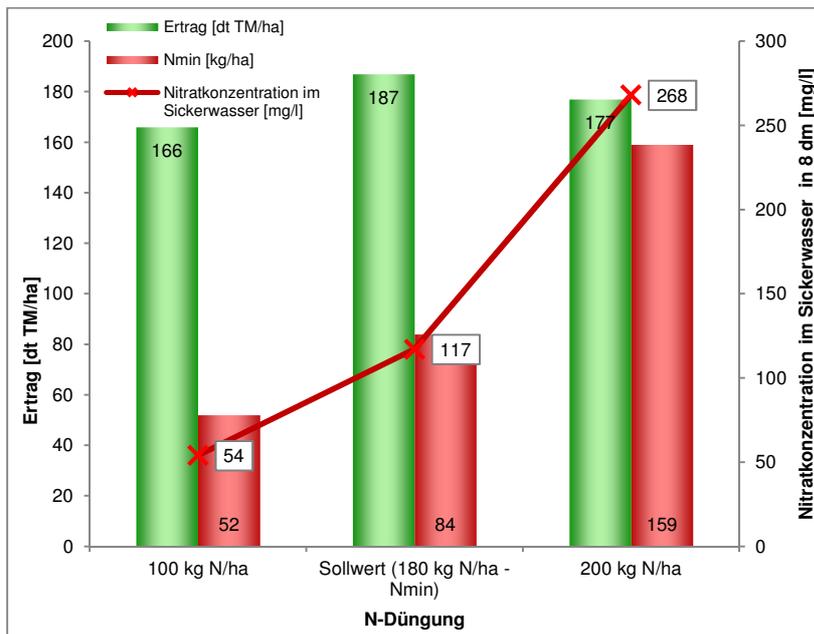


Abbildung 31: Einfluss der Höhe der N-Düngung auf den Silomais-ertrag, den N_{min}-Gehalt im Boden nach der Ernte und die Nitratkonzentration im Sickerwasser, Thülsfelde (1999-2011)

Dies zeigen nicht nur die Ergebnisse des Dauerverversuchs aus Thülsfelde, sondern wurde auch bei Betrachtung der Reststickstoffgehalte im Herbst nach N-Düngungsversuchen immer wieder bestätigt. Eine Düngung oberhalb des Sollwertes steigerte den Ertrag nicht und führte zu einer starken Erhöhung der Nitratreinträge in das Grundwasser.

Verschiedene Maßnahmen, wie zum Beispiel Untersaaten oder ein Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung im Herbst, können helfen, vor allem sehr hohe N_{min}-Werte im Herbst abzumildern. Die ersten einjährigen Ergebnissen aus dem Versuch Nr. 648 zum kritischen Rohproteingehalt von Silomais lassen hoffen, dass auch die Auswahl entsprechender Sorten dazu beitragen kann, den Reststickstoffgehalt im Boden zu senken.

Die einzelnen Maßnahmen werden in Bezug ihrer Auswirkungen auf die N-Dynamik im Boden und den Ertrag weiter untersucht.

4.1. Versuch 431 - N-Düngung zu Silomais

4.1.1. Versuchsdurchführung (431)

Im Versuch 431 wurden verschiedene Varianten der N-Düngung zu Silomais verglichen. Der Versuch wurde als Ergänzung zu dem Versuchen zum kritischen Rohproteingehalt als Überprüfung der bedarfsgerechten Düngung (648) und zu Versuch Nr. 888 zum Anbau von Silomais als Zweitfrucht angelegt. In diesem Versuch wurde parallel zu Versuch Nr. 648 die Sorte Ricradinio angebaut.

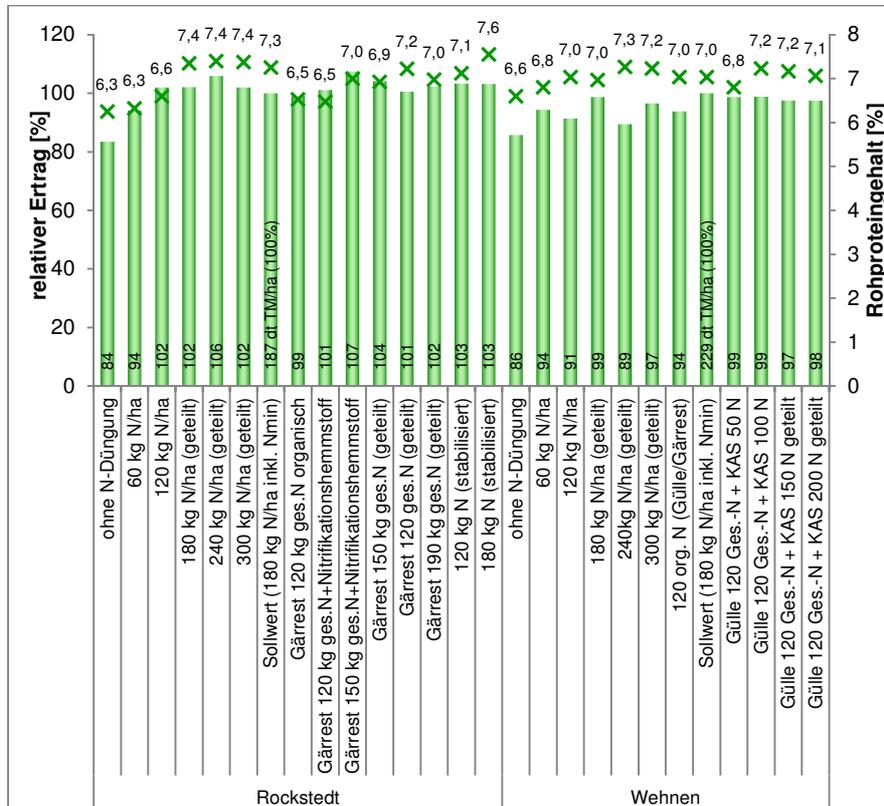
Tabelle 13: Übersicht, Varianten (431)

Standort	Rockstedt	Wehnen
Variante	Düngung	
1	Keine N-Düngung	Keine N-Düngung
2	60 kg N/ha • 1 Gabe KAS	60 kg N/ha • 1 Gabe KAS
3	120 kg N/ha • 1 Gabe KAS	120 kg N/ha • 1 Gabe KAS
4	180 kg N/ha • 2 Gaben KAS (120/60)	180 kg N/ha • 2 Gaben KAS (120/60)
5	240 kg N/ha • 2 Gaben KAS (120/120)	240 kg N/ha • 2 Gaben KAS (120/120)
6	300 kg N/ha • 2 Gaben KAS (120/180)	300 kg N/ha • 2 Gaben KAS (120/180)
7	Sollwert • 180 kg N/ha inkl. N_{min}	Sollwert • 180 kg N/ha inkl. N_{min}
8	120 kg gesamt N_{org} (Gärrest)	120 kg gesamt N_{org} (Gülle/Gärrest) + 50 kg KAS
9	120 kg gesamt N_{org} (Gärrest) + Nitrifikationshemmer	120 kg gesamt N_{org} (Gülle) + 100 kg KAS
10	150 kg gesamt N_{org} (Gärrest) + Nitrifikationshemmer	120 kg gesamt N_{org} (Gülle) + 150 kg KAS geteilt (100/50)
11	150 kg gesamt N_{org} (Gärrest) • 2 Gaben (105/45)	120 kg gesamt N_{org} (Gülle) + 150 kg KAS geteilt (100/50)
12	120 kg gesamt N_{org} (Gärrest) • 2 Gaben (84/50)	120 kg gesamt N_{org} (Gülle) + 200 kg KAS geteilt (100/100)
13	190 kg gesamt N_{org} (Gärrest) • 2 Gaben (105/30)	
14	120 kg N • 1 Gabe, stabilisiert	
15	180 kg N • 1 Gabe, stabilisiert	

In den kommenden Jahren wird dieser Versuch durch den Versuch Nr. 648 ersetzt werden.

4.1.2. Ergebnisse (431)

Abbildung 32 zeigt die Erträge und Rohproteingehalte an den beiden Standorten Rockstedt und Wehnen. Am Standort Rockstedt stieg der Rohproteingehalt in einer Variante mit stabilisierter N-Düngung auf bis zu 7,6 %.



In Rockstedt und in Wehnen wurden unabhängig davon, ob der Stickstoff als Mineraldünger oder in organischer Form (Gülle/Gärrest) ausgebracht wurde in den Varianten mit 120 kg N-Düngung/ha die gleichen Erträge erzielt (Grenzdifferenz Rockstedt: 6,9 %, Grenzdifferenz Wehnen: 4,7 %). Auch beim Rohproteingehalt konnten keine Unterschiede festgestellt werden.

Abbildung 32: Ertrag und Rohproteingehalt, Rockstedt und Wehnen, 2012 (431)

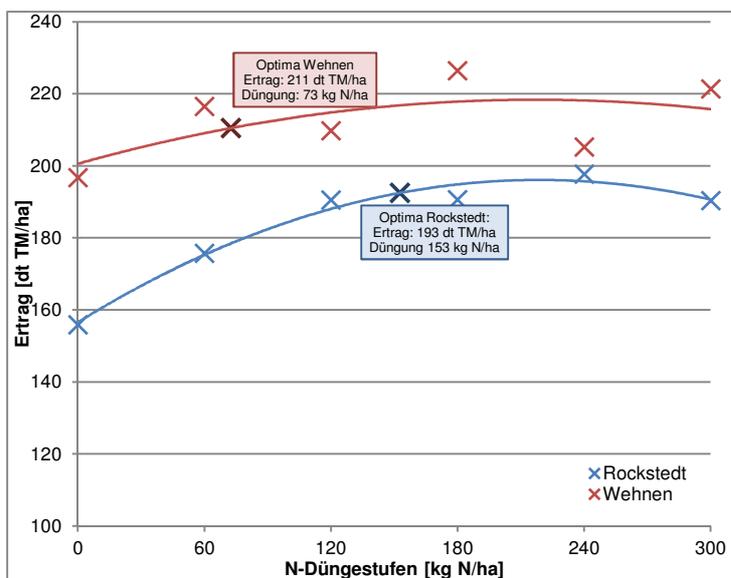


Abbildung 33: Optima Erträge und N-Düngung, Rockstedt und Wehnen, 2012 (431)

Die in Abbildung 33 dargestellten Optima wurden aus den Erträgen der Varianten 1-6 errechnet. Die Abbildung zeigt, besonders am Versuchsstandort Wehnen, die für Mais typischen, flachen Ertragskurven. Das ökonomische Optimum der N-Düngung lag in Wehnen, mit 73 kg N/ha deutlich unter der ökonomisch optimalen N-Düngung in Rockstedt (153 kg N/ha). Der optimale Ertrag war in Wehnen dennoch mit 211 dt TM/ha höher als in Rockstedt (193 dt TM/ha).

Die Ergebnisse der N_{min}-Probenahme und die N-Bilanzsalden sind nur für den Versuchsstandort Rockstedt dargestellt, da die Ergebnisse für den Versuchsstandort Wehnen nachfolgend im Er-

gebnis-Kapitel zu Versuch Nr. 648 (kritischer Rohproteingehalt als Kontrollinstrument einer bedarfsgerechten N-Düngung) ausführlich dargestellt sind.

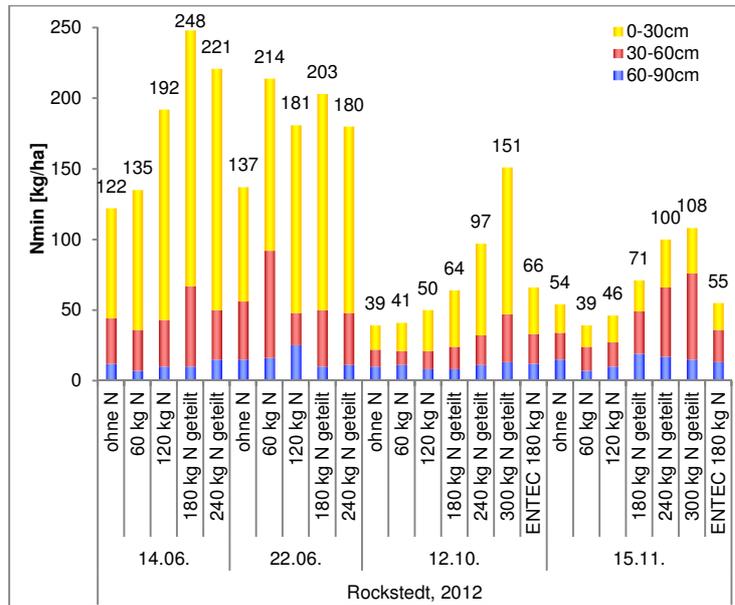


Abbildung 34: N_{min}-Werte Silomais, Rockstedt, 2012 (431)

Die N_{min}-Werte in der N-Düngestaffel wurden am Standort Rockstedt ergänzend zur den beiden N_{min}-Probenahmeterminen nach der Ernte und zur Sickerwasserspense in der 24. und 25. Kalenderwoche gemessen (Abbildung 34). Die Ergebnisse der N_{min}-Probenahmen im Herbst zeigen den für Mais typischen starken Anstieg der N_{min}-Werte bei einer Erhöhung der N-Düngung über die bedarfsgerechte N-Düngung hinaus.

Durch den Einsatz des stabilisierten N-Düngers (ENTEC) konnten die Reststickstoffgehalte im Herbst nicht gesenkt werden. Die Ergebnisse der N_{min}-Probenahmen im Juni zeigen die, für im Frühsommer gemessenen N_{min}-Werte typischen, Schwankungen in den oberen 30 cm des Bodens.

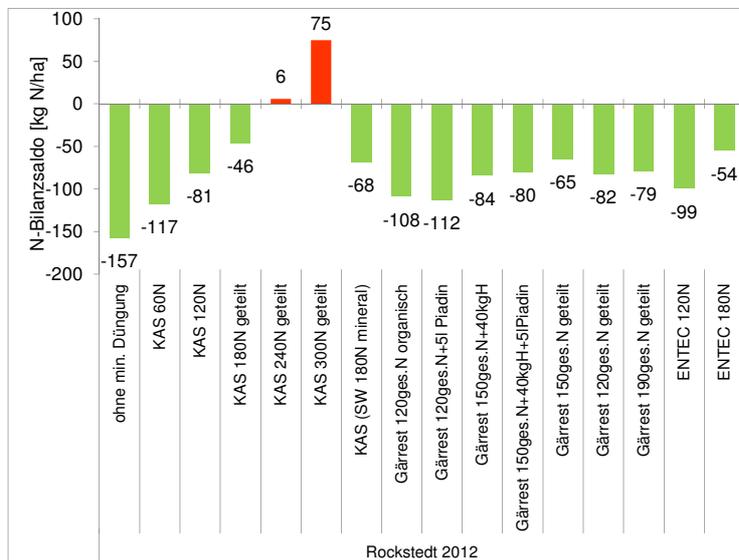


Abbildung 35: N-Bilanzsaldo Silomais, Rockstedt, 2012 (431)

Die N-Bilanzsalden zeigen in der Düngestaffel (ohne mineralische Düngung bis 300 kg N/ha) einen für Mais typischen Verlauf. Durch den Einsatz des Nitrifikationshemmers Piadin konnte die N-Bilanz nicht weiter abgesenkt werden. Die N-Bilanzen nach einer einmaligen Gabe des stabilisierten N-Düngers ENTEC lagen leicht unter den N-Bilanzsalden nach der vergleichbaren Menge Mineraldünger.

4.2. Versuch 646 – Bodenbearbeitung nach Mais und ergänzende N_{\min} Untersuchungen nach der Ernte

Beim Nacherntemanagement von Mais müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden. Die Überwinterung des Maiszünslers in den verbleibenden Maisstoppeln stellt beispielsweise einen wesentlichen phytosanitären Aspekt dar. Je nachdem durch welche Maßnahmen die Überwinterung verhindert werden soll, kommt es durch die Intensität der Bearbeitung zu einer erneuten Durchlüftung des Bodens und somit auch zu einer erhöhten N-Mineralisation. Um die Auswirkungen der Bodenbearbeitung (grubbern) und einer Zwischenfrucht (Grünroggen) auf die N-Dynamik im Herbst zu Beginn der Sickerwasserperiode im Boden genauer zu erfassen, wurde 2012 erstmalig ein Feldversuch angelegt. (Weitere Informationen zur Bekämpfung des Maiszünslers finden Sie unter www.lwk-niedersachsen.de mit dem Webcode 01022964).

Da für eine erfolgreiche, mechanische Zünslerbekämpfung verschiedene Maßnahmen möglich sind, wurde nach weiteren Möglichkeiten zu ergänzenden N_{\min} -Probenahmen gesucht, um die Auswirkungen der Bodenbearbeitung an verschiedenen Standorten einschätzen zu können. So wurden, ergänzend zum Versuch, nach einem Pflanzenschutzversuch (Bremerförde) und nach einer Maschinenvorführung auf einer Praxisfläche im Landkreis Emsland N_{\min} -Proben gezogen. Im Emsland wurden auch die Auswirkungen verschiedener Möglichkeiten der Stoppelbearbeitung, wie zum Beispiel durch einen Hammerschlegler oder durch eine Vierkantwalze auf die N-Dynamik erfasst.

4.2.1. Versuchsdurchführung (646)

Die einzelnen Varianten des Versuchs sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Übersicht Varianten Bodenbearbeitung nach Silomais (646), Wehnen und Borgholt

Variante	Bodenbearbeitung	Zwischenfrucht
1	Ohne Bodenbearbeitung	ohne Grünroggen als Zwischenfrucht
2		Mit Grünroggen als Zwischenfrucht
3	Mit Bodenbearbeitung (Grubbern)	ohne Grünroggen als Zwischenfrucht
4		Mit Grünroggen als Zwischenfrucht

Nach der Ernte wurde eine N_{\min} -Probe gezogen, um den Reststickstoffgehalt vor der Bodenbearbeitung zu ermitteln. Vier Wochen nach der Ernte wurden in den einzelnen Varianten N_{\min} -Proben gezogen und anschließend noch einmal zur Sickerwasserspende.

4.2.2. Ergebnisse (646)

Abbildung 36 zeigt die Ergebnisse der N_{\min} -Probenahmen. Am Versuchsstandort Borgholt waren vier Wochen nach der Bodenbearbeitung nur geringe Unterschiede zwischen den N_{\min} -Werten zu erkennen. In den beiden Varianten ohne Grünroggen hatte dort die Bodenbearbeitung weder vier Wochen nach der Ernte noch zur Sickerwasserspende Auswirkungen auf den Reststickstoffgehalt im Boden. In Wehnen waren dagegen zur Sickerwasserspende

die N_{\min} -Werte nach der Bodenbearbeitung im Vergleich zu den unbearbeiteten Varianten unabhängig davon, ob Grünroggen ausgesät worden war oder nicht, angestiegen.

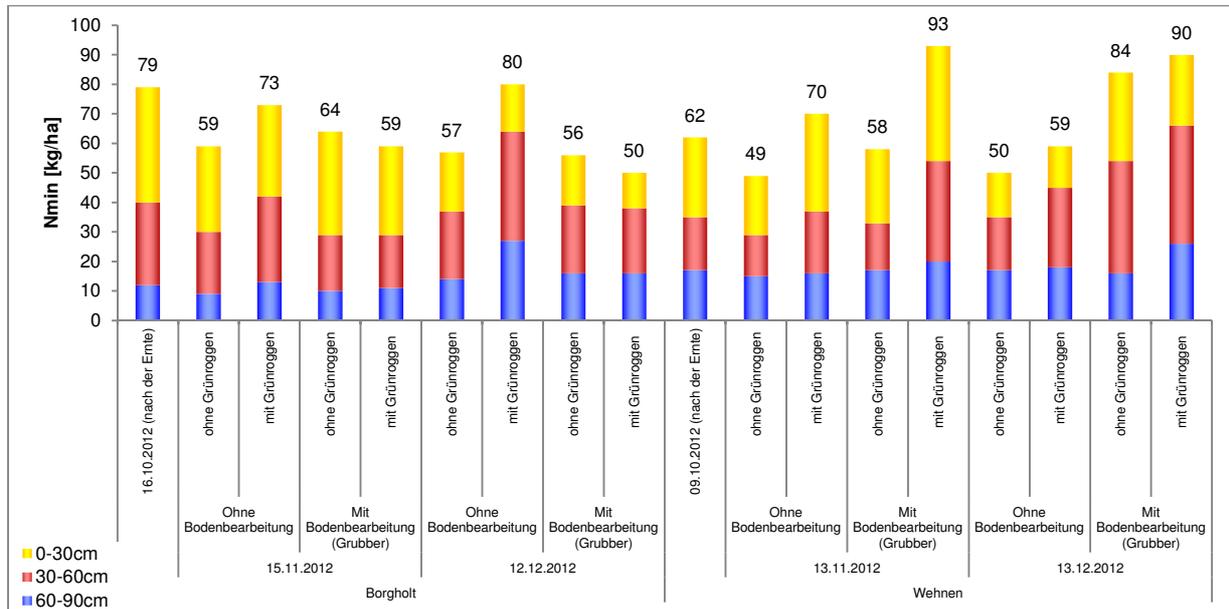


Abbildung 36: N_{\min} -Gehalte nach Silomais mit und ohne Bodenbearbeitung/mit und ohne Grünroggen als Zwischenfrucht, Wehnen, 2012 (646)

Im Pflanzenschutzversuch wurden ergänzend N_{\min} -Proben gezogen und nach folgenden Stoppelbearbeitungsmaßnahmen die Reststickstoffgehalte im Herbst erfasst:

- Keine Bodenbearbeitung
- Aktive Zerkleinerung der Maisstoppeln (Hammerschlegler)
- Passive Zerkleinerung der Maisstoppeln (Doppel-Vierkantwalze)
- Grubber
- Scheibenegge



Abbildung 37: Maisstoppel nach Zerkleinerung durch einen Hammerschlegler, Spelle, 2012 (ergänzend zu 646)

Die N_{\min} -Gehalte vier Wochen nach der Ernte und zur Sickerwasserspense waren insgesamt, im Vergleich zu den übrigen Ergebnissen, relativ niedrig. Es waren, entgegen vorangegangener Beobachtungen in einzelnen Wasserschutzgebieten - mit Bodenbearbeitung/ohne Bodenbearbeitung - kaum Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten festzustellen, die nicht innerhalb der Fehlergrenze der N_{\min} -Methode lagen.

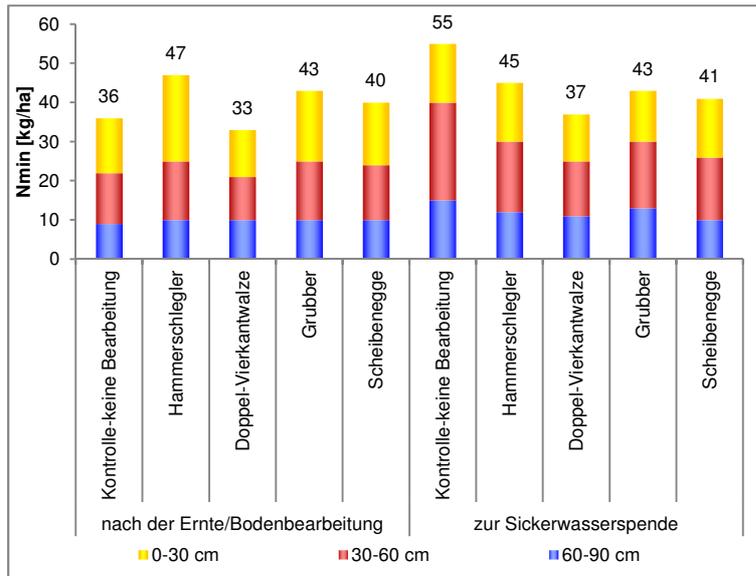


Abbildung 38: N_{\min} -Gehalte nach verschiedenen Varianten der Stoppelbearbeitung nach Silomais, Ahausen, 2012 (ergänzend zu 646)

Die ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass es durch die, für den Pflanzenschutz notwendige Stoppelzerkleinerung zum Beispiel durch Hammerschlegler oder Walzen nicht zu erhöhten Nitratbelastungen für das Grundwasser kommt.

Ergänzend wurden die N_{\min} -Werte nach einer Maschinenvorführung in Spelle (Landkreis Emsland) am 25.10.2012 ermittelt. Im Rahmen der Maschinenvorführung war es nicht möglich, auf einer unbearbeiteten Fläche N_{\min} -Proben zu ziehen. Folgende Varianten der Bodenbearbeitung wurden beprobt:

- Tiefe Bodenbearbeitung; 25 cm
- Hammerschlegler, Flache Bodenbearbeitung; 5 cm und Grünroggeneinsaat
- Hammerschlegler
- Doppel-Vierkantwalze
- Hammerschlegler, (Prototyp-Test) 02

Bei den insgesamt sehr hohen Reststickstoffgehalten in Spelle konnten im Herbst deutlichere Abstufungen zwischen den einzelnen Varianten festgestellt werden als am Standort Ahausen.

Zwei Wochen nach der Maschinenvorführung waren die N_{\min} -Werte in der Variante mit Bodenbearbeitung höher als in den Varianten nur mit Stoppelbearbeitung. Vier Wochen später konnte diese Beobachtung jedoch nicht wiederholt werden.

Bei den Probenahmen im Frühjahr, Anfang April gab es – vermutlich aufgrund der Auswaschung des Nitrats - keine Unterschiede mehr zwischen den einzelnen Varianten.

Aus dem Vergleich einjähriger Ergebnisse der beiden Standorte geht hervor, dass auf N-nachliefernden Standorten bzw. zu hoch gedüngten Flächen deutlichere Unterschiede zwischen den N_{\min} -Werten nach Stoppelbearbeitung in Kombination Bodenbearbeitung und ausschließlicher Stoppelzerkleinerung (Hammerschlegler und Doppel-Vierkantwalze) zu erkennen waren.

4.2.3. Zusammenfassung (646)

Die ersten einjährigen Ergebnisse der N_{\min} -Beprobung zeigen, dass die Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten der Bodenbearbeitung relativ gering sind. Anhand der bisherigen Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass es durch die für die Zünslerbekämpfung notwendige Stoppelzerkleinerung ohne Bodenbearbeitung nicht zu zusätzlichen Mineralisationsschüben bzw. Nitratausträgen ins Grundwasser kommt. Inwieweit sich die etwas höheren der Rest- N_{\min} -Werte nach dem Anbau von Grünroggen in den kommenden Jahren bestätigen, und deshalb im Grundwasserschutz darauf verzichtet werden sollte, bleibt abzuwarten.

Auswirkungen der Bodenbearbeitung sind von der Intensität und wahrscheinlich auch von der Höhe der Ausgangsgehalte an Stickstoff nach der Ernte abhängig. Die ersten Ergebnisse lassen darauf schließen, dass ohnehin schon hohe Reststickstoffgehalte durch die Nachmineralisation bei der Bodenbearbeitung noch erhöht werden; bei niedrigeren Reststickstoffgehalten ist dagegen vermutlich eine geringere Nachmineralisation zu erwarten. Zur Absicherung dieser Ergebnisse und um den Einfluss des Standortes besser einschätzen zu können, sind in den Folgejahren ergänzende N_{\min} -Probenahmen in bestehenden Versuchen bzw. Erhebungen auf Praxisflächen geplant.

4.3. Versuch 648 – Rohproteingehalt als Kontrollinstrument zur bedarfsgerechten N-Düngung

Der Rohproteingehalt wird derzeit als Kenngröße zur Überprüfung der bedarfsgerechten N-Düngung zu Silomais diskutiert. Bisher wurde in der Fachliteratur häufig ein Rohproteingehalt über 7 %, als Indikator für eine überhöhte N-Düngung angegeben (zum Beispiel HERMANN und TAUBE, 2005). Beobachtungen, beispielsweise in den Landessortenversuchen der vergangenen Jahre ließen allerdings vermuten, dass der Rohproteingehalt nicht allein durch die Höhe der N-Düngung beeinflusst wird (siehe Abbildung 39).

Zwar nimmt der Rohproteingehalt mit steigender N-Düngung tatsächlich zu, allerdings lassen die Ergebnisse der Landessortenversuche der Vorjahre vermuten, dass auch der Standort und die Sorte einen Einfluss auf den Rohproteingehalt haben. Um den Einfluss von Standort und Sorte auf den Rohproteingehalt zu überprüfen, wurde an drei Standorten ein Feldversuch angelegt, der den Einfluss einer gestaffelten N-Düngung auf den Rohproteingehalt bei drei verschiedenen Sorten erfasst.

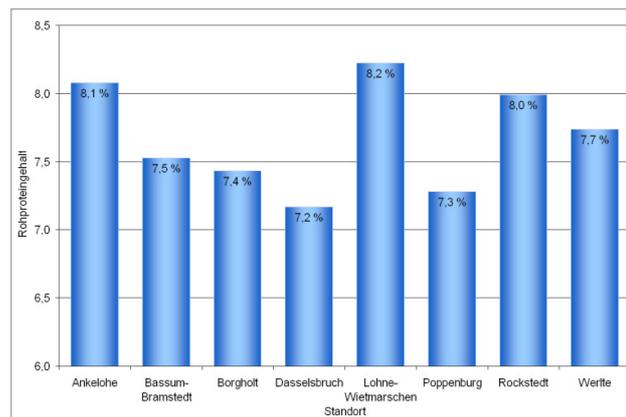


Abbildung 39: Rohproteingehalt von Silomais bei N-Sollwertdüngung in Abhängigkeit vom Standort, Ø 32 Maissorten; Landessortenversuche, 2009-2011 (ergänzend zu 648)

Die Ergebnisse dieses Versuchs wurden auch im Rahmen einer Masterarbeit an der Christian Albrechts Universität zu Kiel ausgewertet („The impact of environmental conditions, variety and N fertilization on the N content of silage maize – validation of the critical N concept“, FRIEDERIKE LÜBBEN, 2013).

4.3.1. Versuchsdurchführung (648)

Versuchsaufbau

Für diesen Versuch wurde an drei Standorten eine zweifaktorielle Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Der erste Einflussfaktor auf den Rohproteingehalt, der untersucht wurde, war die Sorte, der zweite Einflussfaktor war die N-Düngung. Anhand der Ergebnisse der Landessortenversuche 2009-2011 wurden eine Sorte mit niedrigem (Ricardinio), eine Sorte mit mittlerem (Farmflex) und eine Sorte mit hohem (Marleen) Rohproteingehalt ausgewählt. Die N-Düngung wurde in sechs Höhen gestaffelt als Mineraldünger ausgebracht. Zusätzlich wurde eine Variante mit organischer Düngung angelegt.

Boden- und Klimakennwerte

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse gibt Tabelle 15 eine Übersicht über die Standorteigenschaften der Versuchsstandorte des Versuchs Nr. 648.

Tabelle 15: Standorteigenschaften Versuchsstandorte kritischer Rohproteingehalt (648)

Standort	Bodenart	Ackerzahl	Vorfrucht	Frühjahrs N _{min}	
				Datum	∑ N _{min}
Poppenburg	Lehm	85	Zuckerrübe	17.04.2012	85
Wehnen	Sand	25	Wintergerste	17.04.2012	51

Tabelle 16: Klimakennwerte Versuchsstandorte kritischer Rohproteingehalt (648)

Standort	Temperatur [°C]	Niederschläge [mm]	Sommerniederschläge April-September [mm]
Poppenburg	8,9	529	287
Wehnen	9,5	651	358

Düngung

Die einzelnen Varianten der N-Düngung sind in Tabelle 17 dargestellt. Zusätzlich zu der N-Düngestaffel mit Mineraldünger wurde eine Variante mit 120 kg org. N angelegt.

Tabelle 17: Düngung, kritischer Rohproteingehalt (648)

Düngung	N [kg/ha]
Keine N-Düngung	0
KAS, eine Gabe	60
KAS, eine Gabe	120
KAS, 2 Gaben	180 (120,60)
KAS, 2 Gaben	240 (120,120)
KAS, 2 Gaben	300 (120,180)
120 kg N _{org} , (eine Gabe, Rindergülle)	120

Ernte

Die Ernte erfolgte in allen Parzellen als Kernbeerntung unter Beachtung der Richtlinien des Bundessortenamtes für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen

Untersuchungen und Auswertungen

Die TM- und TS-Bestimmungen wurden nach der Richtlinie des Bundessortenamtes vom Versuchsansteller durchgeführt. Erntegutanalysen (NIRS-Verfahren und chemische Untersuchungen) erfolgten durch die LUFA Nord-West entsprechend geltenden Untersuchungsstandards. Gleiches galt für die Bodenuntersuchungen auf die Grundnährstoffe P, K und Mg, den pH-Wert, die N_{min}-Untersuchungen und die Gülleuntersuchungen.

N_{min}-Beprobung

An jedem Versuchsstandort wurde eine Frühjahrs-N_{min}-Probe durchgeführt. Nach der Ernte und zur Sickerwasserspende wurden, mit einer Beprobungstiefe von 90 cm, in jeder Variante N_{min}-Proben gezogen.

4.3.2. Ergebnisse (648)

Am Versuchsstandort Bassum wurde der Mais durch Trockenheit im Sommer stark geschädigt. Der Versuch konnte daher an diesem Standort nur begrenzt ausgewertet werden. Die Ergebnisse des Versuchsstandortes Bassum-Bramstedt sind deshalb nicht dargestellt.

Abbildung 40 zeigt die Erträge (dt TM/ha) und die jeweiligen Rohproteingehalte. Der kritische Rohproteingehalt von 7 % ist ebenfalls abgebildet. Die Abbildung zeigt, dass die Sorte einen deutlichen Einfluss auf den Rohproteingehalt hatte.

Am Standort Poppenburg stieg der Rohproteingehalt zwar mit steigender N-Düngung, bei der Sorte mit niedrigem Rohproteingehalt (Ricardinio) wurde allerdings trotz sehr hoher N-Düngung kein Rohproteingehalt über 7 % erreicht. Auch bei den beiden anderen Sorten stieg der Rohproteingehalt erwartungsgemäß mit steigender N-Düngung, aber schon bei einer Düngung von 120 kg N/ha lag bei der Sorte Farmflex der Rohproteingehalt über 7 %. Bei der Sorte mit hohem Rohproteingehalt (Marleen) lag der Rohproteingehalt am Standort Wehnen schon in der ungedüngten Variante über 7 %.

Am Standort Wehnen stieg auch bei der Sorte mit niedrigem Rohproteingehalt der Rohproteingehalt an, allerdings zu langsam um eine überhöhte N-Düngung zuverlässig abzubilden. Bei den beiden Sorten Farmflex und Marleen stieg der Rohproteingehalt ebenfalls mit der N-Düngung an, lag allerdings sowohl bei Ricardinio als auch bei Marleen schon in der ungedüngten Variante über 7 %.

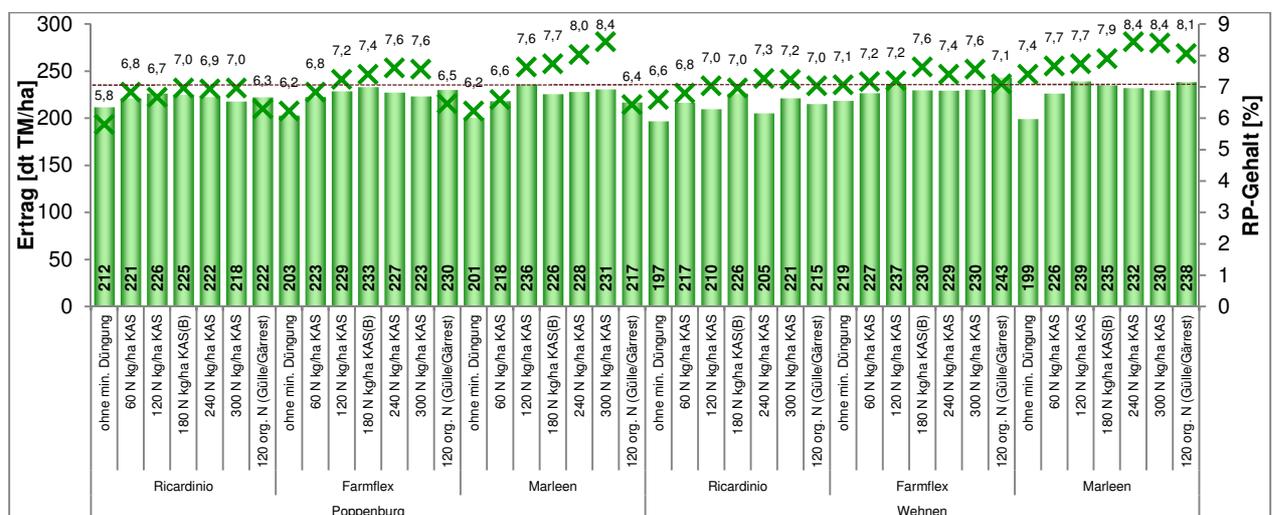


Abbildung 40: Erträge und Rohproteingehalte von Silomais, Poppenburg und Wehnen, 2012 (648)

Abbildung 41 und Abbildung 42 zeigen die Ertragskurven an den Standorten Poppenburg und Wehnen.

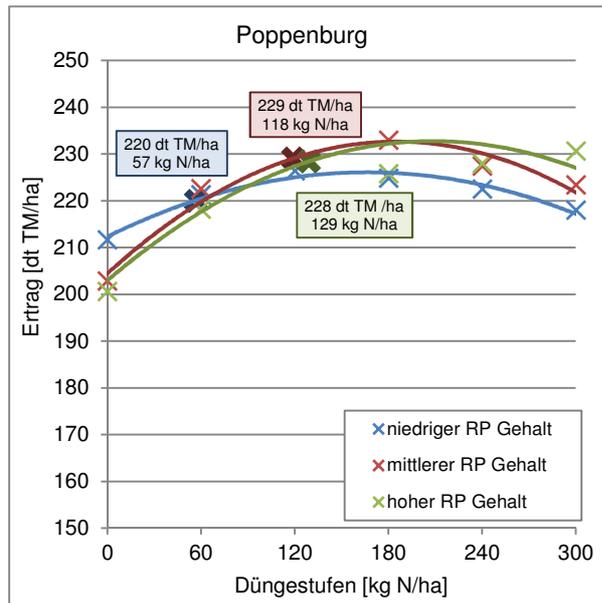


Abbildung 41: Erträge und N-Düngung, Poppenburg, 2012 (648)

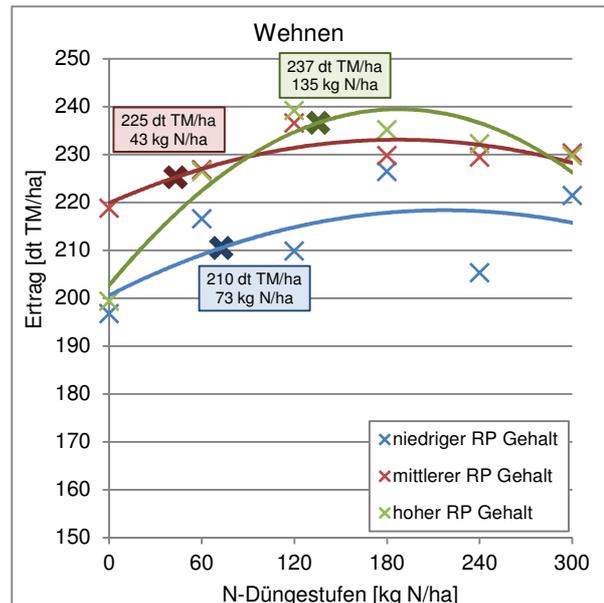


Abbildung 42: Erträge und N-Düngung, Wehnen, 2012 (648)

In Poppenburg fällt auf, dass für die Sorten mit mittlerem und hohem Rohproteingehalt sowohl das Ertrags- als auch das Düngesoptimum sehr dicht beieinander lagen. Bei einem Vergleich der Abbildung 41 und Abbildung 42 wird auch der Standorteinfluss auf die Düngerwirkung und den Ertrag deutlich. Es bleibt abzuwarten, inwieweit sich die N-Optima entsprechend der Sorte an anderen Standorten in den folgenden Jahren unterscheiden.

Abbildung 43 und Abbildung 44 zeigen die N-Bilanzen an den Versuchsstandorten Poppenburg und Wehnen

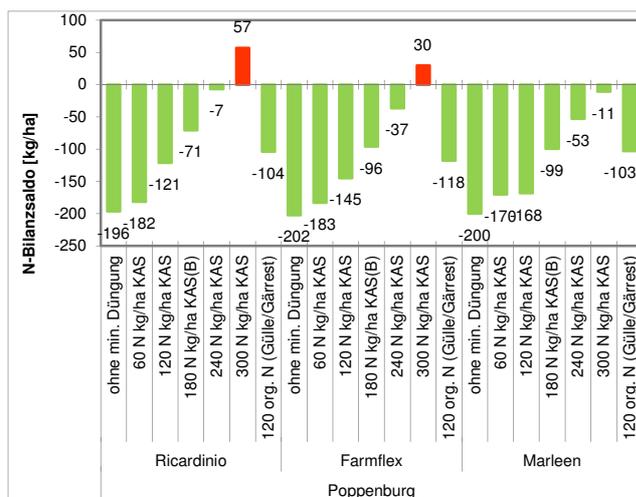


Abbildung 43: N-Bilanzsaldo Silomais, Poppenburg, 2012 (648)

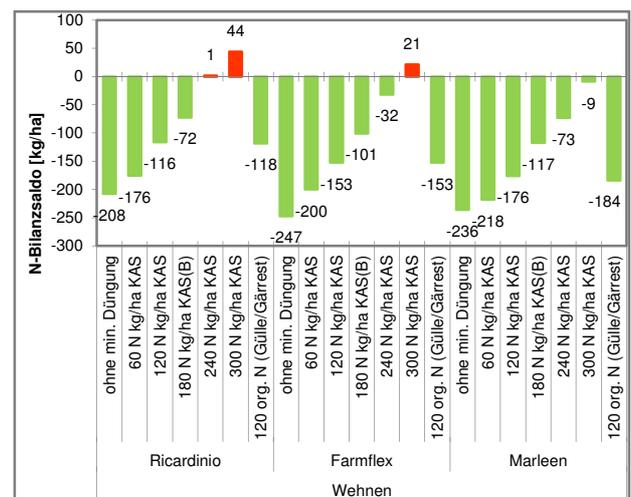


Abbildung 44: N-Bilanzsaldo Silomais, Wehnen, 2012 (648)

Die N-Bilanzen deuten darauf hin, dass Maissorten mit höheren Rohproteingehalt dem Boden mehr Stickstoff entziehen als Sorten mit geringeren Rohproteingehalt. Während bei sehr hoher N-

Düngung (300 kg N/ha) bei den Sorten Ricardinio und Farmflex (niedriger und mittlerer Rohproteingehalt) positive N-Bilanzen auftraten, war dies bei der Sorte mit hohem Rohproteingehalt (Marleen) nicht der Fall. Diese Beobachtung wird durch die N_{\min} -Werte im Herbst bestätigt (siehe Abbildung 45 und Abbildung 46). Trotz der negativen N-Bilanzen waren die Reststickstoffgehalte, besonders am Versuchsstandort Wehnen selbst für Maisanbau auf stark stickstoffnachliefernden Standorten ungewöhnlich hoch.

Abbildung 45 und Abbildung 46 zeigen, dass die N_{\min} -Werte mit einer Steigerung der N-Düngung ebenfalls anstiegen. Die einzelnen N-Düngestufen sind in den N_{\min} -Werten deutlich wiedererkennbar. Da die N_{\min} -Werte 2012 auch in den ungedüngten Varianten außerordentlich hoch waren, werden in den kommenden Jahren zusätzlich das C/N-Verhältnis des Bodens und der Humusgehalt untersucht werden, da hohe Humusgehalte bei niedrigen C/N-Verhältnissen sein eine mögliche Erklärung für die hohen Reststickstoffgehalte sein könnten.

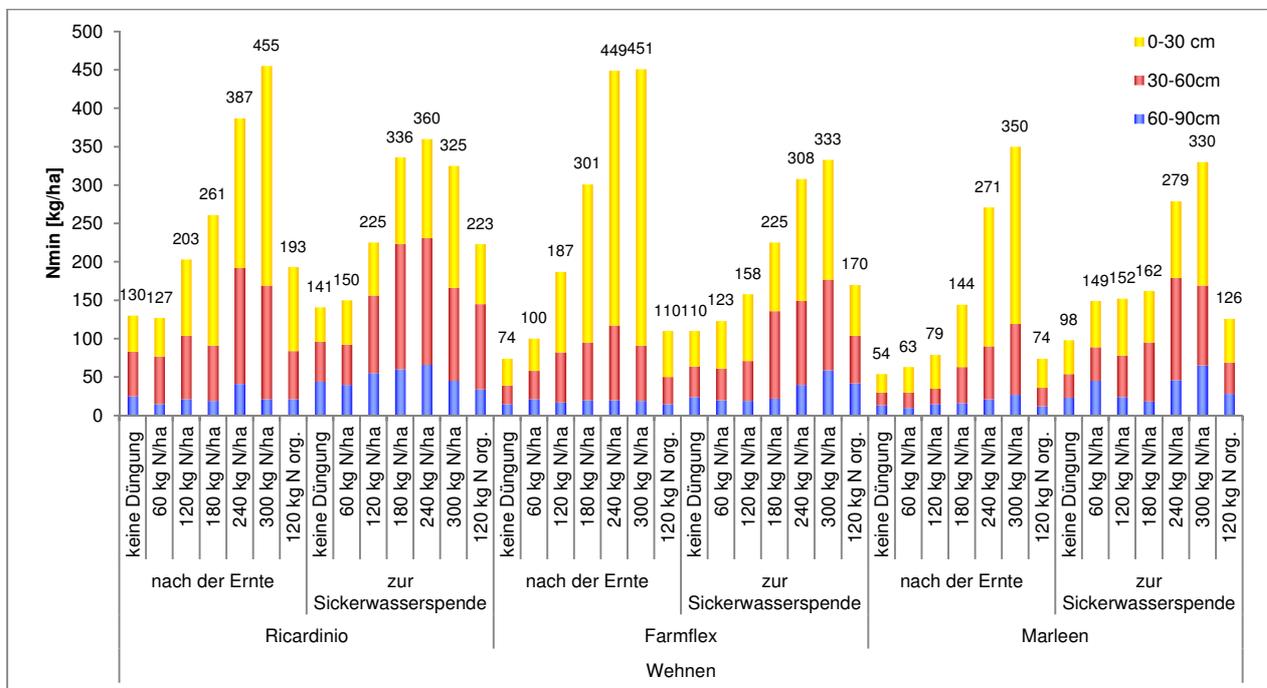


Abbildung 45: N_{\min} -Werte nach N-Düngesteigerung mit verschiedenen Silomaisorten, Wehnen, 2012 (648)

An beiden Versuchsstandorten lagen die Reststickstoffgehalte nach der Sorte mit dem hohen Rohproteingehalt (Marleen) unter den Reststickstoffgehalten der beiden anderen Sorten. Bei dieser Sorte waren auch schon geringere N-Bilanzen festgestellt worden. Bei einer N-Düngung von 180 kg N/ha unterschieden sich die N_{\min} -Werte der Sorten Ricardinio und Marleen am Versuchsstandort Wehnen nach der Ernte um rund 100 kg/ha. Auch in Poppenburg konnten deutliche, sortenbedingte Unterschiede zwischen den Reststickstoffgehalten im Herbst festgestellt werden.

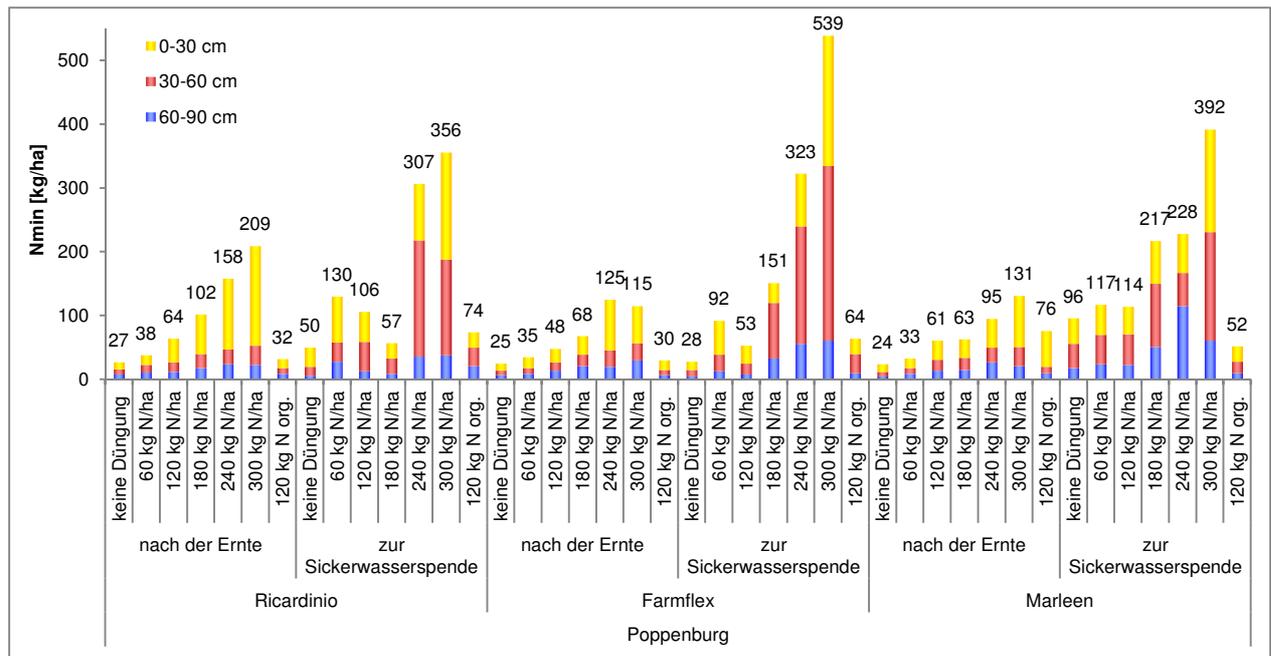


Abbildung 46: N_{min} -Werte nach N-Düngesteigerung mit verschiedenen Silomaisorten, Poppenburg, 2012 (648)

4.3.3. Zusammenfassung (648)

Die Versuchsergebnisse zeigen deutlich, dass der Rohproteingehalt nicht als Indikator für eine bedarfsgerechte N-Düngung verwendet werden kann. Ein Rohproteingehalt über 7 % bedeutet nicht automatisch eine überhöhte N-Düngung. Zum Beispiel lag bei der Sorte Marleen am Versuchsstandort Wehnen der Rohproteingehalt schon in der Variante ohne N-Düngung bei 7,4 %. Auch eine sehr hohe N-Düngung konnte nicht in allen Fällen durch den Rohproteingehalt abgebildet werden. Am Versuchsstandort Poppenburg hatte die Sorte Ricardinio (niedriger Rohproteingehalt) trotz einer N-Düngung von 300 kg/ha nur einen Rohproteingehalt von 7 %.

Die ersten Ergebnisse weisen eindeutig darauf hin, dass nicht nur die Höhe der N-Düngung, sondern auch der Standort und vor allem die Sorte einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe des Rohproteingehaltes haben. Als Kontrollinstrument für eine bedarfsgerechte Düngung ist der Rohproteingehalt daher noch nicht geeignet. Zur Absicherung dieser vielversprechenden ersten Ergebnisse wird der Versuch in den nächsten Jahren fortgesetzt.

Beide Standorte fielen in diesem Jahr durch ungewöhnlich hohe Reststickstoffgehalte auf. Allerdings hinterließ die Sorte Marleen, mit hohem Rohproteingehalt um bis zu rund 100 kg reduzierte Reststickstoffgehalte im Vergleich zu der Sorte mit niedrigem Rohproteingehalt. Falls sich die deutlichen Sortenunterschiede nicht nur in Bezug auf den Rohproteingehalt sondern auch in den Herbst- N_{min} -Werten in den nächsten Jahren fortsetzen, können entsprechende Sortenempfehlungen in der Wasserschutzberatung gezielt genutzt werden, um möglichst geringe Reststickstoffgehalte im Herbst zu erzielen.

4.4. Versuch 888 – Welche Auswirkungen hat der Anbau von Silomais als Zweitfrucht nach Ganzpflanzensilage auf die N-Dynamik im Boden

Um im Rahmen der Biogaserzeugung die Biomasse und die Methangaserträge pro Flächeneinheit zu erhöhen, gewinnt der Anbau von Silomais als Zweitfrucht nach Getreide-Ganzpflanzensilage immer mehr an Bedeutung. 2010-2012 wurden an den Standorten Poppenburg, Rockstedt und Werlte im Rahmen eines Feldversuchs sowohl zu Erträgen und Qualitätsparametern als auch zu den Auswirkungen auf die N-Dynamik im Boden Daten erhoben und ausgewertet.

Um Nitratausträge im Herbst nach der Ernte durch das Sickerwasser zu vermeiden, müssen im Zweitfruchtanbau bei der Bemessung der N-Düngung die kürzere Wachstumsperiode und die N-Nachlieferung aus dem Anbau der Vorfrucht berücksichtigt werden. Silomais nimmt als nachfolgende Zweitfrucht weniger Stickstoff auf als im Hauptfruchtanbau. Die Versuchsergebnisse zeigen, inwieweit die N-Düngung im Vergleich zu Silomais als Hauptfrucht reduziert werden muss, um Grundwasserbelastungen zu vermeiden und dennoch zufriedenstellende Erträge zu erzielen.

4.4.1. Versuchsdurchführung (888)

Parallel zu den Düngungsversuchen zu Silomais als Hauptfrucht wurde der Versuch als einfaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen und einer sechsstufigen Steigerung der N-Düngung mit Mineraldünger an drei Standorten angelegt. Eine Variante mit organischer Düngung wurde ergänzt.

Versuchsaufbau

Tabelle 18 gibt eine Übersicht über die durchgeführten Varianten und die N-Düngung. Die Anbaudaten des Versuchs sind in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 18: Varianten und Düngung zu Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt, Werlte, 2012 (888)

Standort	Poppenburg		Rockstedt		Werlte	
	Variante	N-Düngung [kg N/ha]	Variante	N-Düngung [kg N/ha]	Variante	N-Düngung [kg N/ha]
	Ohne Düngung	-	Ohne Düngung	-	Ohne Düngung	-
	60 kg N/ha	60	60 kg N/ha	60	60 kg N/ha	60
	120 kg N/ha	120	120 kg N/ha	120	120 kg N/ha	120
	180 kg N/ha	180	180 kg N/ha	180	180 kg N/ha	180
	240 kg N/ha	240	240 kg N/ha	240	240 kg N/ha	240
	300 kg N/ha	300	300 kg N/ha	300	300 kg N/ha	300
	120 kg N _{org} (Gärrest)	120	120 kg N _{org} (Biogasgärrest Standard)	120	120 kg N _{org} (Biogasgärrest flüssig)	131

Die Erstfrucht (GPS-Getreide) wurde in allen Varianten nach dem jeweiligen Sollwert gedüngt.

Tabelle 19: Anbaudaten Erst- und Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt, Werlte, 2012 (888)

Standort	Erstfrucht	Zweitfrucht	
	Aussaat	Aussaat	Ernte
Poppenburg	Hafer GPS	Silomais	
	02.05.2012	26.06.2012	30.10.2012
Rockstedt	Winterroggen GPS	Silomais	
	20.09.2011	25.06.2012	23.10.2012
Werlte	Winterroggen GPS	Silomais	
	14.10.2011	29.06.2012	01.11.2012

Um am Standort Poppenburg eine Vornutzung zu gewährleisten, wurde Anfang Mai der Sommerhafer zu einem sehr späten Termin ausgesät. In Kombination mit Trockenheit führte dies zu sehr geringen GPS-Erträgen.

Boden- und Klimakennwerte

Tabelle 20: Boden und Klimakennwerte, Silomais im Zweitfruchtanbau, 2012 (888)

	Poppenburg	Rockstedt	Werlte
Bodenart	Lehm	Lehmiger Sand	Sand
Ackerzahl	85	34	40
Mittlere Temperatur 2012	8,9 °C	10,1 °C	9,7 °C
Niederschlagssumme 2012	529,4 mm	806 mm	742 mm
Sommerniederschläge 2012 (April-September)	287,2 mm	369 mm	400,4 mm

Ernte

Die Ernte erfolgte in allen Parzellen als Kernbeerntung unter Beachtung der Richtlinien des Bundessortenamtes für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen.

Untersuchungen und Auswertungen

Die TM- und TS-Bestimmungen wurden nach der Richtlinie des Bundessortenamtes vom Versuchsansteller durchgeführt. Erntegutanalysen (NIRS-Verfahren und chemische Untersuchungen) erfolgten durch die LUFA Nord-West entsprechend geltenden Untersuchungsstandards. Gleiches galt für die Bodenuntersuchungen auf die Grundnährstoffe P, K und Mg, den pH-Wert, die N_{min}-Untersuchungen und die Gärrestuntersuchungen.

N_{min}-Beprobung

In allen Varianten wurden in Rockstedt und Werlte nach der Ernte und zur Sickerwasserspende N_{min}-Proben gezogen. In Poppenburg wurden nach der Ernte die N_{min}-Werte gemessen.

4.4.2. Ergebnisse (888)

Erträge beim Anbau von Silomais als Zweitfrucht nach Getreide-GPS

Abbildung 47 zeigt die Erträge der GPS-Erstfrucht. Der Sommerhafer konnte erst sehr spät, am 02.05.2012 ausgesät werden. Die späte Aussaat und die darauffolgende Trockenheit erklären die niedrigen Erträge der Erstfrucht am Versuchsstandort Poppenburg. Die Erträge der GPS-Erstfrucht lagen dort weit unter den GPS-Erträgen an den Standorten Rockstedt und Werlte

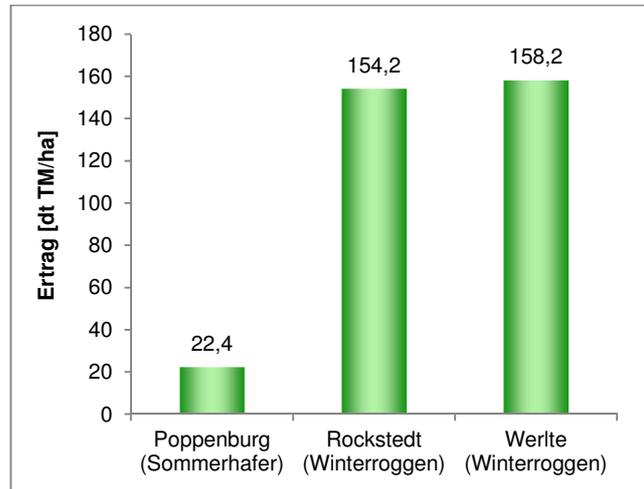


Abbildung 47: GPS-Erträge der Erstfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)

Dementsprechend lagen dort auch die Gesamterträge pro Fläche und Jahr beim Anbau von Silomais als Zweitfrucht nach Getreide-GPS unter den Erträgen des Anbaus von Silomais als Hauptfrucht. Der Ertrag beim Anbau von Silomais als Hauptfrucht lag in Poppenburg bei 226 dt TM/ha. Die Gesamterträge von Getreide-GPS und Silomais als Zweitfrucht sind in Abbildung 49 dargestellt. An den Versuchsstandorten Rockstedt und Werlte waren die Witterungsbedingungen für Aussaat und Jugendentwicklung sowohl für Getreide-GPS als auch für den darauffolgenden Silomais deutlich günstiger. In Werlte und Rockstedt konnten die Gesamterträge auf der Fläche im Vergleich zum Anbau von Silomais als Hauptfrucht deutlich gesteigert werden. Dort lagen die durchschnittlichen Erträge von Silomais als Hauptfrucht bei 191 (Rockstedt) und 225 (Werlte) dt TM/ha.

Die erzielten Erträge der Hafer-GPS Erstfrucht sind für einen üblichen Zweitfruchtanbau untypisch. In einem speziellen Zweitfruchtversuch wurden bei Winterroggen als GPS mit 159,1 dt TM/ha gute Erträge erzielt; allerdings konnte der anschließende Zweitfrucht-Mais nur einen relativ geringen Ertrag von 68 dt TM/ha erzielen, weil die Bodenwasservorräte erschöpft waren. In der Summe wurde dadurch nur knapp der Gesamtertrag des Mais in der Hauptfruchtstellung erreicht. Die geringen Erträge der Hafer-GPS beanspruchten die Bodenwasservorräte wesentlich geringer, so dass der Zweitfrucht-Mais im N-Steigerungsversuch entsprechend höhere Erträge erzielte.

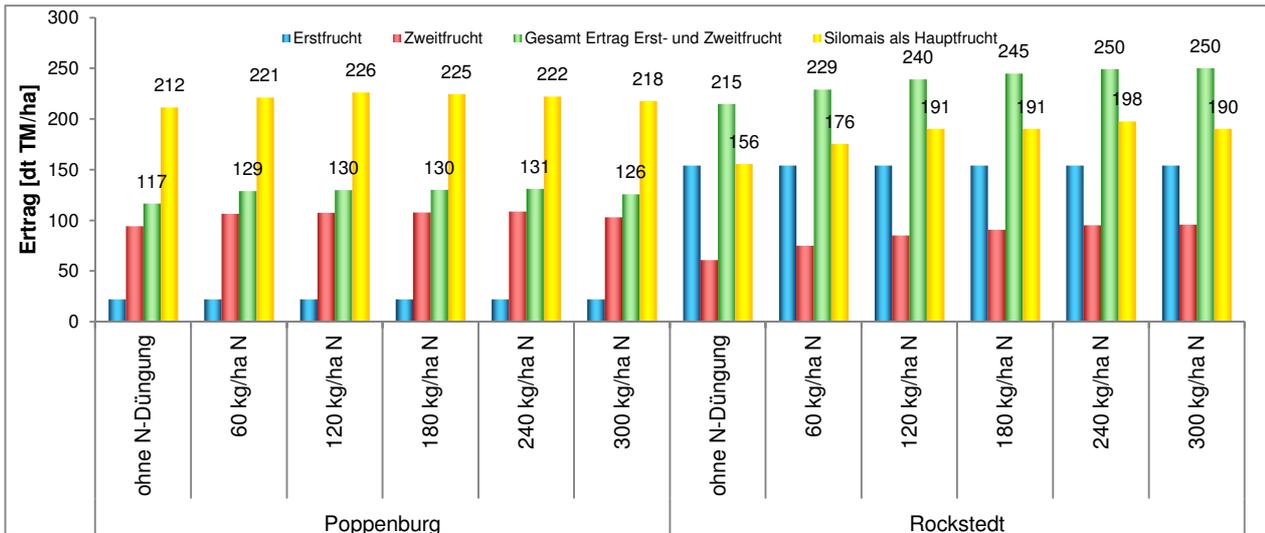


Abbildung 48: Erträge von Silomais als Erst- und Zweitfrucht, Poppenburg und Rockstedt, 2012 (888)

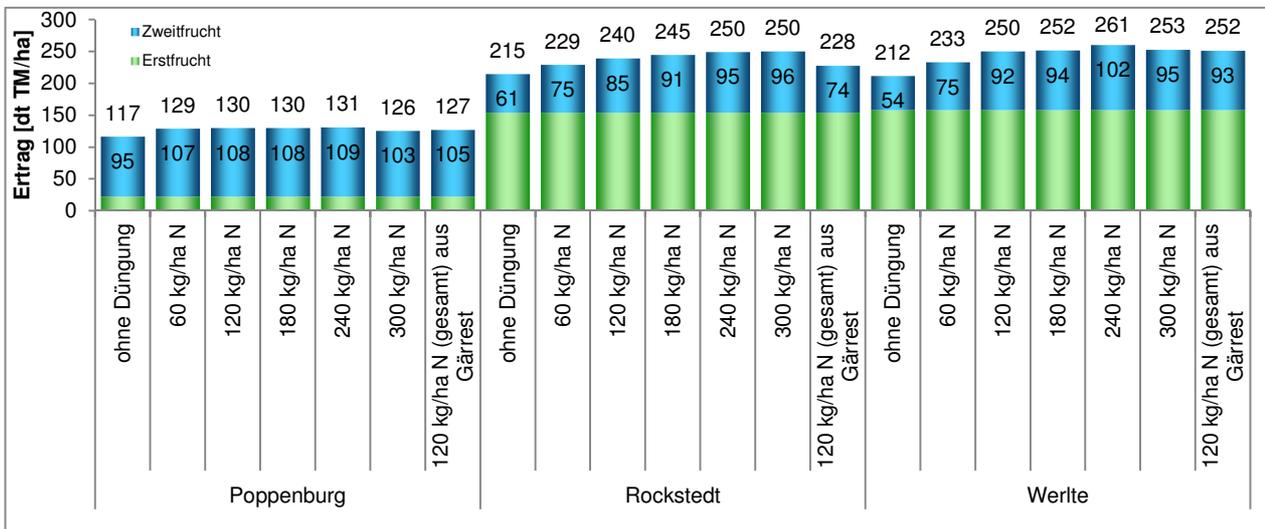


Abbildung 49: Gesamtbiomasseerträge von Getreide-GPS mit anschließendem Anbau von Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)

Abbildung 50 zeigt die relativen Erträge von Silomais als Zweitfrucht an den drei Versuchsstandorten.

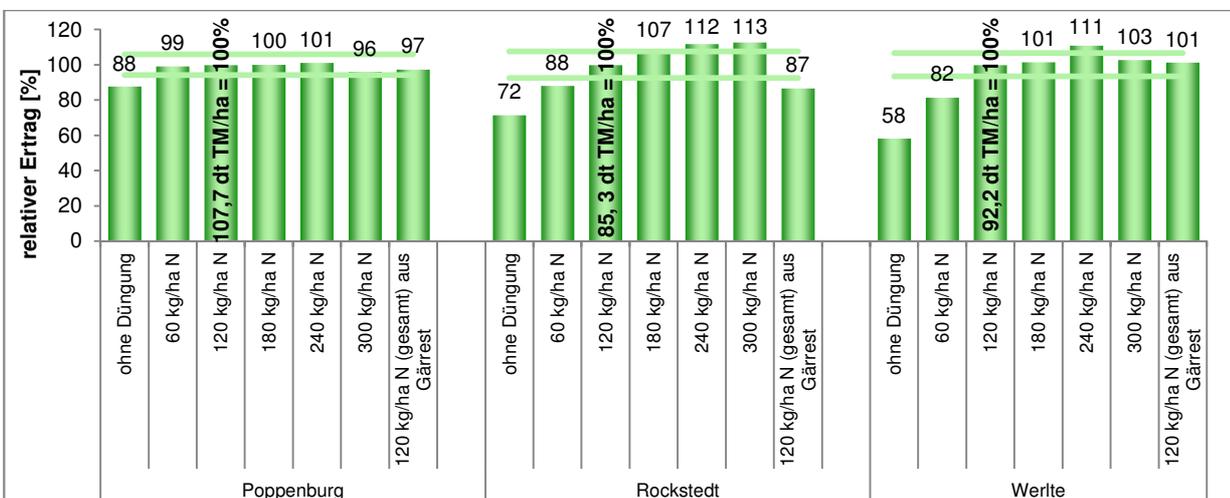


Abbildung 50: Relative Erträge von Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)

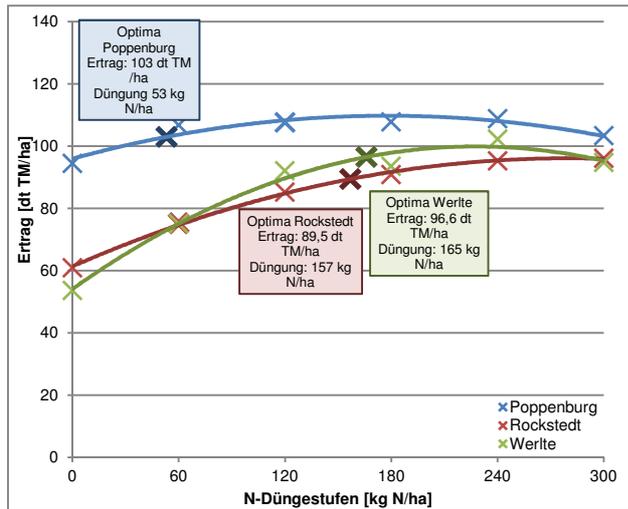


Abbildung 51: Erträge und N-Düngung zu Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)

Wie auch schon im Vorjahr lagen die Erträge von Silomais als Zweitfrucht in Rockstedt und Werlte unter den Erträgen des Versuchsstandortes Poppenburg (siehe Abbildung 51). Wie schon in Abbildung 50 dargestellt, konnten am Versuchsstandort Poppenburg keine Ertragsunterschiede zwischen den Erträgen der gedüngten Varianten festgestellt werden. Dadurch war das ökonomische Optimum zu Silomais an diesem Standort schon bei einer sehr geringen Düngermenge erreicht.

Abbildung 52 und Abbildung 53 zeigen den Ertragsunterschied zwischen Silomais als Hauptfrucht und Silomais als Zweitfrucht an den Versuchsstandorten Poppenburg und Rockstedt, wobei einschränkend zu sagen ist, dass die Versuche auf unterschiedlichen Flächen angelegt waren. Der Ertragsunterschied lag sowohl in Poppenburg als auch in Rockstedt bei ca. 100 dt TM/ha. Die Ertragskurven verliefen an beiden Standorten annähernd parallel. In Werlte wurde Silomais nur als Zweitfrucht angebaut. Daher stehen keine Vergleichserträge von Silomais als Hauptfrucht für den Steigerungsversuch im Hauptfruchtanbau zur Verfügung.

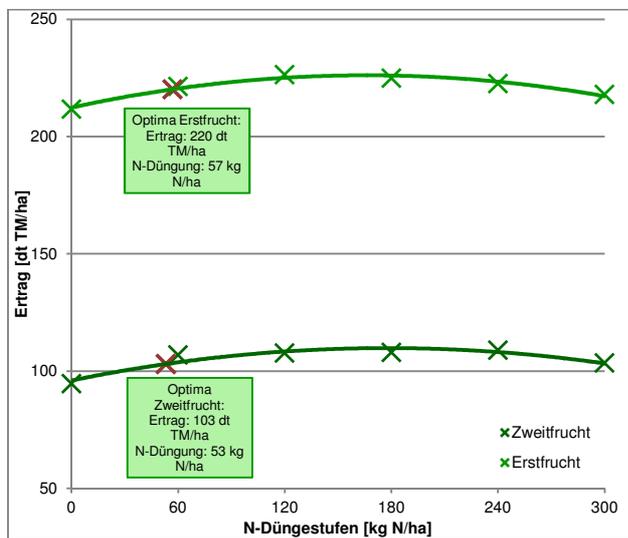


Abbildung 52: Erträge und N-Düngung, Vergleich Silomais als Erst- und Zweitfrucht, Poppenburg, 2012 (888/648)

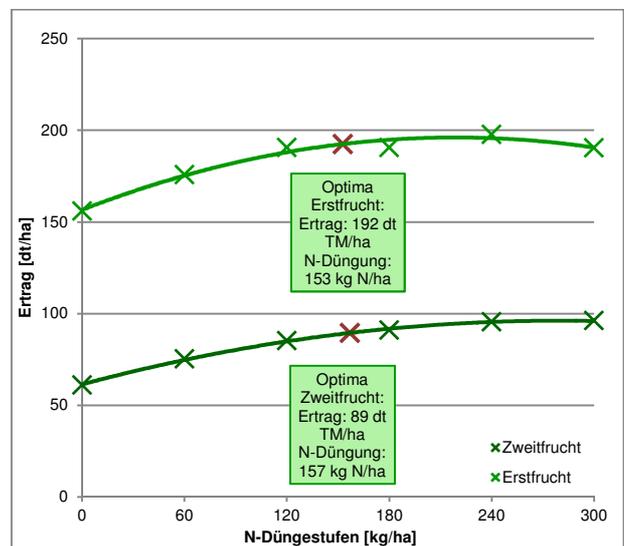


Abbildung 53: Erträge und N-Düngung, Vergleich Silomais als Erst- und Zweitfrucht, Rockstedt, 2012 (888/648)

Auch die Ertragskurve von Silomais als Hauptfrucht lag, ebenso, wie die Ertragskurve für Silomais als Zweitfrucht, am Versuchsstandort Poppenburg relativ hoch und verlief sehr flach. Wie schon in Abbildung 50 dargestellt, konnten am Versuchsstandort Poppenburg keine Ertragsunterschiede zwischen den Erträgen der gedüngten Varianten festgestellt werden. Dadurch war das ökonomische Optimum zu Silomais an diesem Standort schon bei einer sehr

geringen Düngermenge erreicht. Das ökonomische Optimum der Hauptfrucht lag bei 57 kg N/ha und das ökonomische Optimum für Silomais als Zweitfrucht lag mit 53 kg N/ha nur knapp darunter. Ursache beim Zweitfruchtanbau könnte auch die geringe Entzugsleistung der Vorfrucht Hafer sein. Am Standort Rockstedt lag 2012 der Ertrag für Silomais als Hauptfrucht auf einem relativ niedrigen Niveau. Dies erklärt teilweise, dass sich die ökonomischen Optima für die N-Düngermenge nur um 4 kg N/ha unterschieden.

N-Bilanzsalden und N_{\min} -Werte

Die N-Bilanzsalden steigen, durch den geringeren Ertrag, der während der verkürzten Wachstumsperiode realisiert werden kann, im Vergleich zu Anbau von Silomais als Hauptfrucht deutlich an. Schon bei geringeren N-Düngermengen lagen die N Bilanzsalden, für Silomais eher untypisch, im positiven Bereich.

Die N-Bilanzsalden weisen deutlich den verringerten N-Bedarf von Silomais als Zweitfrucht aus. Es wird erkennbar, wie wichtig eine Reduzierung der N-Düngung beim Anbau von Silomais als Zweitfrucht ist, um Nitrateinträge in das Grundwasser zu vermeiden, wenn man an die hohen Reststickstoffgehalte nach Silomais als Hauptfrucht, bei deutlich niedrigeren N-Bilanzsalden denkt.

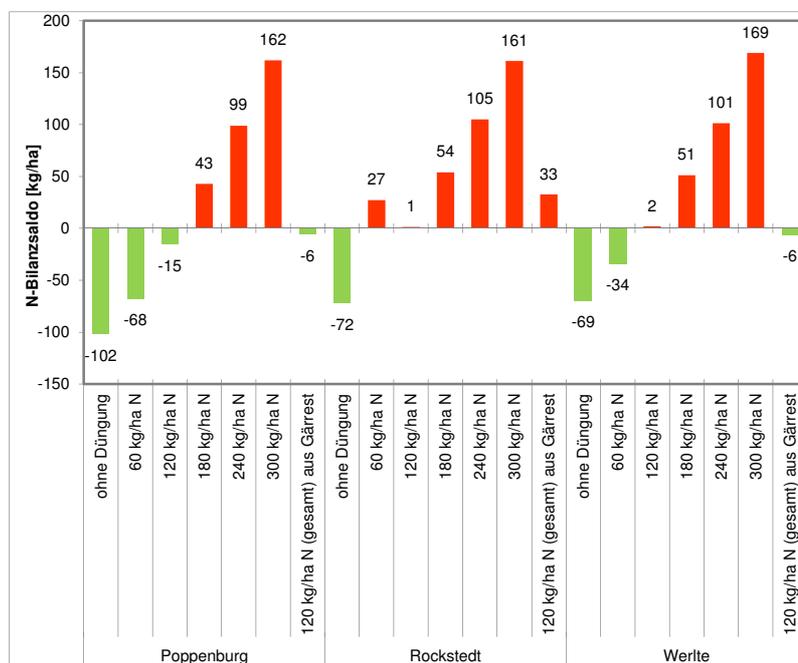


Abbildung 54: N-Bilanzsaldo von Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)

Auch bei Silomais als Zweitfrucht konnte 2012 der für Mais typische, deutliche Anstieg der Reststickstoffgehalte im Boden ab einer bestimmten Höhe der N-Düngung festgestellt werden (siehe Abbildung 55 bis Abbildung 57).

An den Versuchsstandorten Rockstedt und Werlte wurden nach der Ernte und zur Sickerwasserspender N_{\min} -Proben gezogen. In Poppenburg, dem Standort mit dem höchsten Ertrag von Silomais als Erst- bzw. Zweitfrucht, lagen die N_{\min} -Werte nach der Ernte bei allen N-Düngungsstufen unterhalb von 240 kg N/ha auf einem ähnlichen, niedrigen Niveau. Hier konnten nur nach der Ernte N_{\min} -Proben gezogen werden.

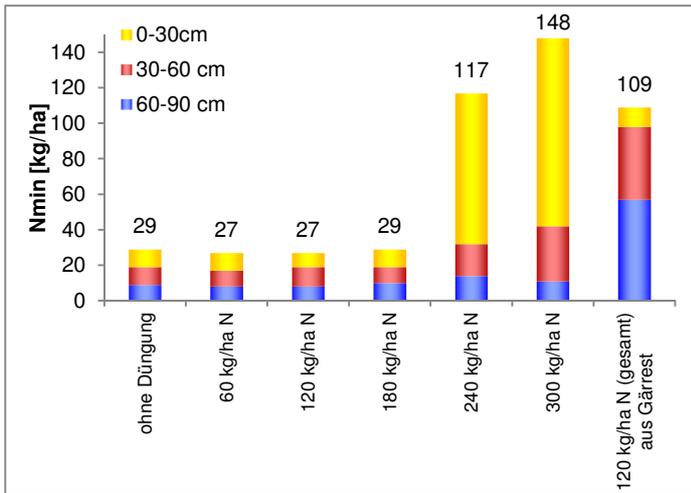


Abbildung 55: N_{min} -Werte nach der Ernte von Silomais als Zweitfrucht und gestaffelter N-Düngung, Poppenburg, 2012 (888)

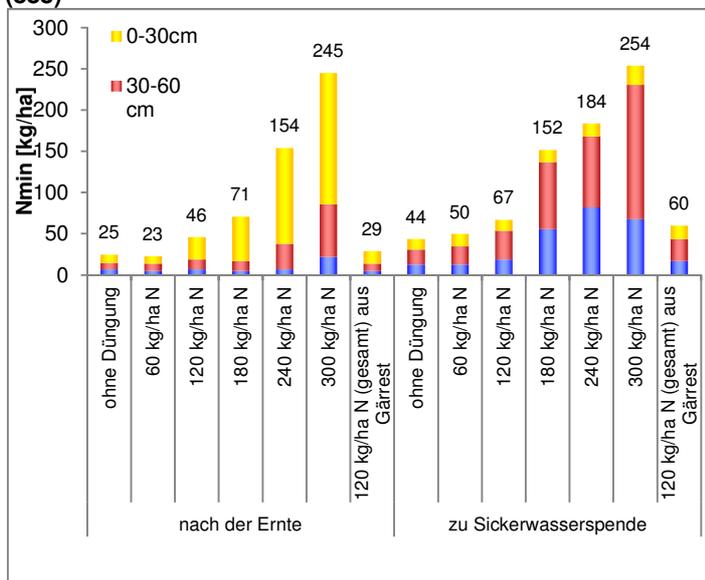


Abbildung 56: N_{min} -Werte nach Silomais als Zweitfrucht und gestaffelter N-Düngung, Rockstedt, 2012 (888)

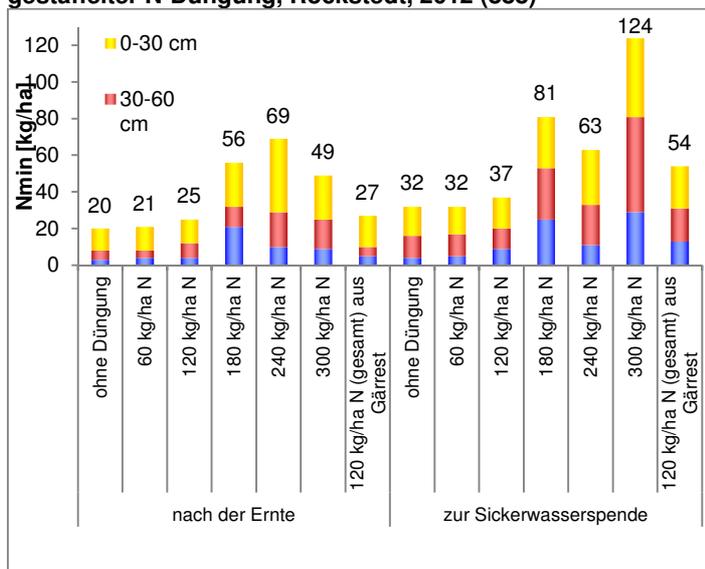


Abbildung 57: N_{min} -Werte nach Silomais als Zweitfrucht und gestaffelter N-Düngung, Werlte, 2012 (888)

In **Poppenburg** hatte die Sickerwasserspende 2012 noch nicht eingesetzt. Die N_{min} -Werte zeigen dort den für Silomais typischen starken Anstieg, sobald das N-Düngungsniveau (Abbildung 55) deutlich über 180 kg N/ha steigt. Im Zusammenhang mit den Erträgen zeigt sich, dass an diesem Standort eine zu hohe N-Düngung sehr hohe Reststickstoffgehalte zur Folge hatte

Am Versuchsstandort **Rockstedt** lagen die N_{min} -Werte zwar insgesamt auf einem leicht höheren Niveau, als in Poppenburg, die Abstufungen zwischen den einzelnen Düngestufen waren jedoch ebenfalls, insbesondere in den hoch gedüngten Varianten klar zu erkennen (Abbildung 56). Zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende war ein Großteil des Reststickstoffs bereits in tiefere Bodenschichten verlagert worden.

Am Versuchsstandort **Werlte** waren die Reststickstoffgehalte insgesamt niedriger, als in Rockstedt und die Abstufungen zwischen den Varianten weniger stark ausgeprägt. Bei einer N-Düngung von mehr als 120 kg N/ha nahmen auch an diesem Standort die N_{min} -Werte stark zu. Bis zum Termin – Beginn Sickerwasserperiode – wurde in den sehr hoch gedüngten Varianten vermutlich noch Stickstoff mineralisiert.

Rohproteingehalt

Um noch einmal den, in diesem Versuch sehr deutlichen Standorteinfluss auf den Rohproteingehalt zu zeigen, sind in Abbildung 58 die absoluten Erträge und der entsprechende Rohproteingehalt von Silomais als Zweitfrucht dargestellt. An allen drei Standorten wurde die Sorte mit dem niedrigeren Rohproteingehalt aus Versuch Nr. 648 angebaut.

Dieser Vergleich mit den Ergebnissen aus Versuch 648 (Abbildung 40) zeigt, dass der Rohproteingehalt auch beim Anbau von Silomais als Zweitfrucht der Rohproteingehalt zwar mit zunehmender N-Düngung anstieg, die Höhe des Rohproteingehaltes jedoch auch vom Standort beeinflusst wurde.

Die Rohproteingehalte von Silomais als Zweitfrucht lagen über den Rohproteingehalten der Sorte Ricardinio beim Anbau als Hauptfrucht.

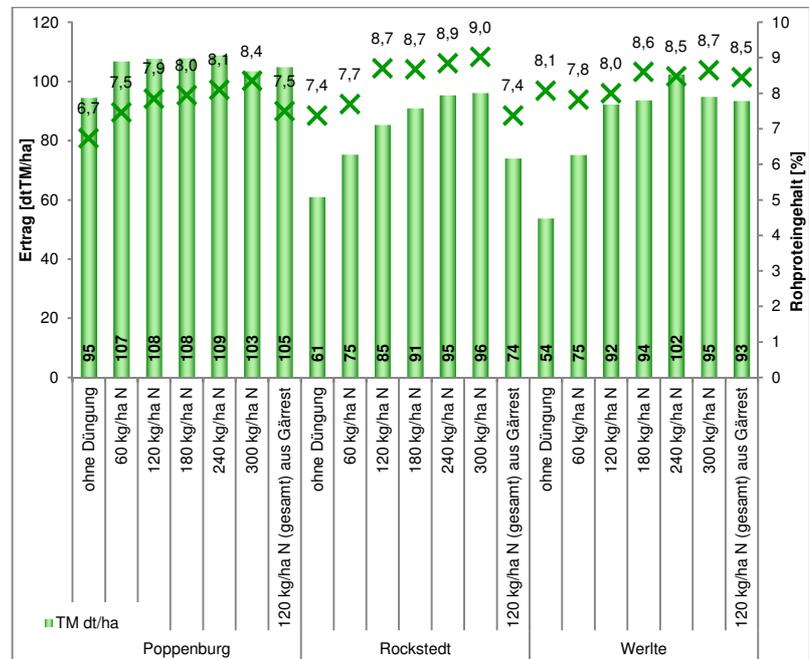


Abbildung 58: Absolute Erträge und Rohproteingehalte von Silomais als Zweitfrucht, Poppenburg, Rockstedt und Werlte, 2012 (888)

Hierbei ist zu erwähnen, dass der Mais im Zweitfruchtanbau sich zum Zeitpunkt der Ernte oftmals erst in der Milchreife befindet, während der Silomais als Hauptfrucht in der generativen Entwicklung weiter fortgeschritten ist.

4.4.3. Zusammenfassung (888)

Der Versuch zeigt sehr deutlich, dass bei Anbau von Silomais als Zweitfrucht die N-Düngung im Vergleich zum Anbau als Hauptfrucht reduziert werden muss, um hohe Reststickstoffgehalte im Herbst zu vermeiden.

Auf ertragsstarken Standorten mit ausreichender Wasserversorgung, wie zum Beispiel Poppenburg, kann Silomais auch im Zweitfruchtanbau den Bodenstickstoff gut nutzen.

Wie auch beim Anbau von Mais als Hauptfrucht zeigen die Ergebnisse der N_{\min} -Probenahmen, dass ab dem Überschreiten einer gewissen N-Düngermenge die Reststickstoffgehalte sehr stark ansteigen, wie zum Beispiel am Versuchsstandort Rockstedt. Hier hatte 2012 eine Steigerung der N-Düngung von 120 kg N/ha auf 180 kg N/ha zu einem Anstieg der N_{\min} -Werte um ungefähr 100 kg geführt.

Unter den entsprechenden Witterungsbedingungen kann Silomais mit zufriedenstellenden Erträgen und somit auch ausreichenden N-Entzügen aus dem Boden angebaut werden.

Nicht nur für den Ertrag, sondern auch für die Grundwasserqualität stellen Trockenperioden im Sommer aufgrund der verkürzten Wachstumsperiode ein beträchtliches Risiko dar. Wenn sich die Zweitfrucht nur ungenügend etabliert, wie es beispielsweise in diesem Versuch im Jahr 2010 an den Standorten Rockstedt und Poppenburg der Fall war, sind nicht nur flächenbezogene Ertragseinbußen die Folge, der geringere Stickstoffentzug schlägt sich auch deutlich in den Reststickstoffgehalten im Herbst nieder und ist daher auch unter Gesichtspunkten des Grundwasserschutzes unbedingt zu vermeiden. Besonders bei im Rahmen des Klimawandels zunehmender Trockenheit im Frühsommer ist der Anbau von Silomais als Zweitfrucht daher standortspezifisch zu beurteilen und es ist zu berücksichtigen, dass sowohl Ertragseinbußen als auch Grundwasserbelastungen die Folge sein können.

5. Ergänzende N_{min}-Untersuchungen

In bestehenden Versuchen mit produktionstechnischer Fragestellung wurden ergänzend N_{min}-Proben gezogen, um (zusätzlich) die Auswirkungen der getesteten Verfahren auf die N-Dynamik im Boden und Verminderung der Austräge in das Grundwasser abschätzen zu können.

Tabelle 2 auf Seite 4 zeigt eine Übersicht über die Versuche, in denen ergänzende N_{min}-Proben gezogen wurden. Dazu gehören z. B. die begleitende späte N_{min}-Probenahme in Silomais oder die Auswirkungen von Boden-/Stoppelbearbeitung auf die N_{min}-Gehalte im Herbst.

5.1. Spät-N_{min}-Beprobung in Silomais (Versuch 431)

Die Methode der späten N_{min}-Probenahme wird vor allem auf stärker N-nachliefernden Standorten angewandt und soll helfen, die Nachlieferung aus dem Boden präziser einzuschätzen. Damit können N-Düngemittel eingespart bzw. N-Austräge und Grundwasserbelastungen vermieden werden. Bei dieser Stickstoffdüngungsmethode wird im zeitigen Frühjahr verhalten Stickstoff gedüngt und Ende Mai/Anfang Juni anhand einer N_{min}-Probe ermittelt, ob bzw. in welcher Höhe Stickstoff zur Abdeckung des N-Bedarfs nachgedüngt werden muss.

Je nach Witterungsverlauf und Probenahmezeitpunkt können die ermittelten N_{min}-Werte unabhängig vom N-Düngebedarf stark schwanken. 2012 wurden späte N_{min}-Proben begleitend in einem bestehenden Versuch (431) mit gestaffelter N-Düngung gezogen, um weitergehende Aussagen zur N-Nachlieferung bzw. zum aktuellen N-Düngebedarf im Juni treffen zu können.

An zwei Terminen wurden am Standort Rockstedt N_{min} Werte ermittelt. Die erste Probe wurde am 14.06.2012 und die zweite am 22.06.2012 gezogen. Die erste N-Düngung erfolgte am 27.04.2012. In den Varianten mit einer N-Düngung von 180 und 240 kg N/ha wurde die N-Düngung in zwei Gaben aufgeteilt (120/60 und 120/120). Die zweite N-Düngung war ca. 10 Tage vor der ersten N_{min}-Probenahme am 05.06.2012.

Abbildung 59 zeigt die N_{min} Ergebnisse. Vor allem in der obersten Bodenschicht (0-30 cm) konnten deutliche Schwankungen, nicht nur zwischen den einzelnen Varianten, sondern auch zwischen den beiden Probenahmeterminen beobachtet werden.

Bemerkenswert ist die Höhe der N-Nachlieferung von 122 kg N/ha bzw. 137 kg N/ha in der Nullparzelle. Mit zunehmender Düngungshöhe steigen die N_{min} Gehalte im Boden an.

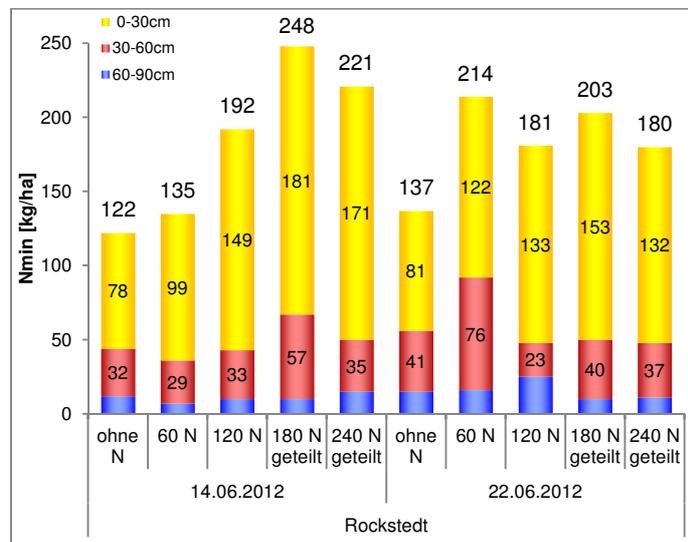


Abbildung 59: N_{min}-Werte in Silomais Mitte-/Ende-Juni, Rockstedt, 2012 (ergänzend zu 431)

Hingegen wird in der Variante mit einer deutlich über dem N-Bedarf liegenden N-Düngung die Höhe der N-Düngung nicht wiedergefunden. Die Unterschiede zwischen den beiden Probenahmeterminen sind noch einmal in Abbildung 60 dargestellt.

Für die Anwendung der späten N_{min}-Probenahme sind diese Schwankungen besonders problematisch, da der ermittelte N-Düngebedarf bei unterschiedlichen Probenahmeterminen stark variieren kann. Wie auch schon im Vorjahr konnte keine eindeutige Tendenz zu einer Zu- oder Abnahme der N_{min}-Werte zu einem späteren Probenahmezeitpunkt festgestellt werden.

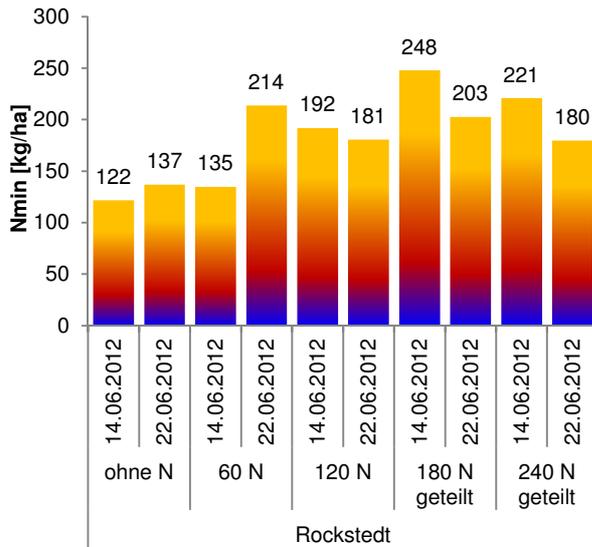


Abbildung 60: N_{min}-Werte in Silomais, nach Probenahmetermi-
n; Rockstedt, 2012 (ergänzend zu 431)

Die deutlichsten Unterschiede zwischen den beiden Probenahmetermi-
nen traten in der Variante mit einer N-Düngung von 60 kg N/ha auf. Abbildung 59 zeigt, dass hier auch in einer Tiefe von 30-60 cm die N_{min}-Werte von 29 kg/ha auf 76 kg/ha an-
stiegen. Bei den hohen N-Düngergaben von 180 und 240 kg N/ha sanken die N_{min}-
Werte jedoch zwischen der ersten und der zweiten N_{min}-Probenahme. Dies könnte auf eine Immobilisierung des Stickstoffs durch den Boden bei einem überhohen N Ange-
bot hin deuten.

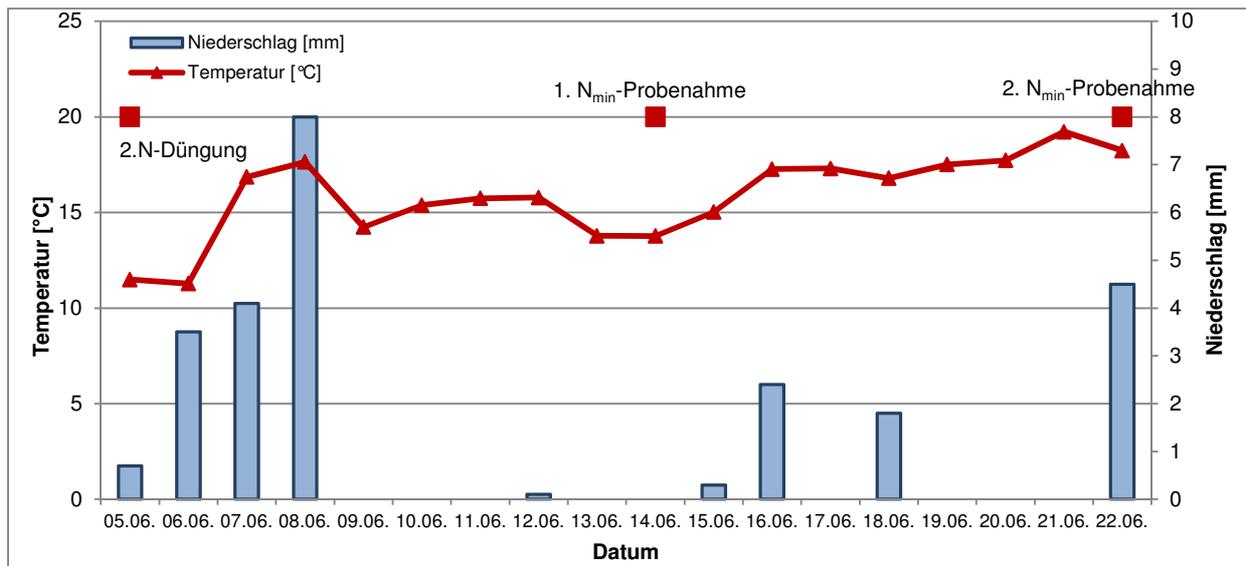


Abbildung 61: Witterungsverlauf von der zweiten N-Düngergabe bis zur zweiten späten N_{min}-Probe, Rockstedt, 2012

In den kommenden Jahren werden begleitend an verschiedenen Standorten in bestehenden Versuchen späte N_{min}-Proben gezogen, um die Ergebnisse und Schwankungen zwischen den Terminen besser einschätzen zu können. Außerdem wird die Methode in einem Feld-
versuch in vierfacher Wiederholung mit anderen N-Düngestrategien verglichen.

5.2. Welchen Einfluss hat die Höhe der Gärrest-Düngung in Zuckerrüben zur Energiegewinnung auf die N-Dynamik im Boden? (Versuch 490)

Die Zuckerrübe ist eine wichtige Frucht, um die Maisfruchtfolge aufzulockern und dennoch den Substratbedarf der Biogasanlagen decken zu können. Sie ist gut für die Vergärung in der Biogasanlage geeignet und zeichnet sich durch eine hohe Energieausbeute aus. Die Rübetrockenmasse besteht zum Großteil aus leicht fermentierbaren Kohlenhydraten, der Saccharose. Diese wird schnell in Energie umgesetzt, so dass die Zuckerrübe in der Biogasanlage nur eine Verweildauer von ca. 10 - 15 Tagen hat. Wird sie dem übrigen Substrat beigemischt, so verbessert sich dessen Vergärbarkeit.

Die Eignung von Gärresten zur Düngung von Zuckerrüben für die Zuckerproduktion sowie als Biogassubstrat im Vergleich zur mineralischen Düngung wird in der Versuchsreihe 490 untersucht.

Ergebnisse

Die Düngung mit Gärresten kann eine eher unkontrollierte Nachlieferung von organischem Stickstoff zur Folge haben. Eine Versuchsfrage war somit die Auswirkung einer Gärrestdüngung auf die innere Qualität der Zuckerrüben. Die Versuche haben gezeigt, dass sie nicht zu einem Anstieg des Alpha-Amino-N-Gehaltes in den Zuckerrüben über das akzeptable Maß für die Zuckergewinnung ($> 18-20 \text{ mmol}/1000 \text{ g}$ Rübe) hinaus führt. Bisher wurde für die Zuckerproduktion als Ertragsparameter der BZE (Bereinigter Zuckerertrag) herangezogen. Da die Rübenbezahlung in Niedersachsen sich aber mittlerweile hieran nicht mehr orientiert, werden die Ergebnisse nun anhand des Zuckerertrages dargestellt. Im Bereich Verwendung als Biogassubstrat ist das Produktionsziel ein maximaler Trockenmasseertrag (TM-Ertrag). Kann dieser nicht exakt ermittelt werden, da keine TM-Analysen vorliegen, kann auch der Zuckerertrag als Parameter herangezogen werden, da TM-Ertrag und Zuckerertrag eng miteinander korrelieren.

Die anrechenbaren N-Mengen in den Versuchen beziehen sich auf die exakten Nährstoffgehalte der Gärreste, hiervon wurden 70 % als verfügbar angenommen.

An den Standorten Hamerstorf (siehe Abbildung 62), einem Sandstandort in der Nähe von Uelzen, und Rockstedt (siehe Abbildung 64), einem Sandstandort in der Nähe von Bremervörde, brachte die Gärrestdüngung 2012 den größten ertraglichen Effekt. In Hamerstorf ließ sich bezogen auf den Zuckerertrag ein MDÄ von 91,6 % bei 15 m^3 Gärrest und von 80 % bei 30 m^3 Gärrest ableiten (siehe Abbildung 63).

490 Gärrestdüngung Hamerstorf

Sorte: Julius

Aussaat: 17.04.2012

Vorfrucht: Kartoffeln

Bodenuntersuchung:

pH
5,6

P
4,0

K
7,0

Mg
3,0

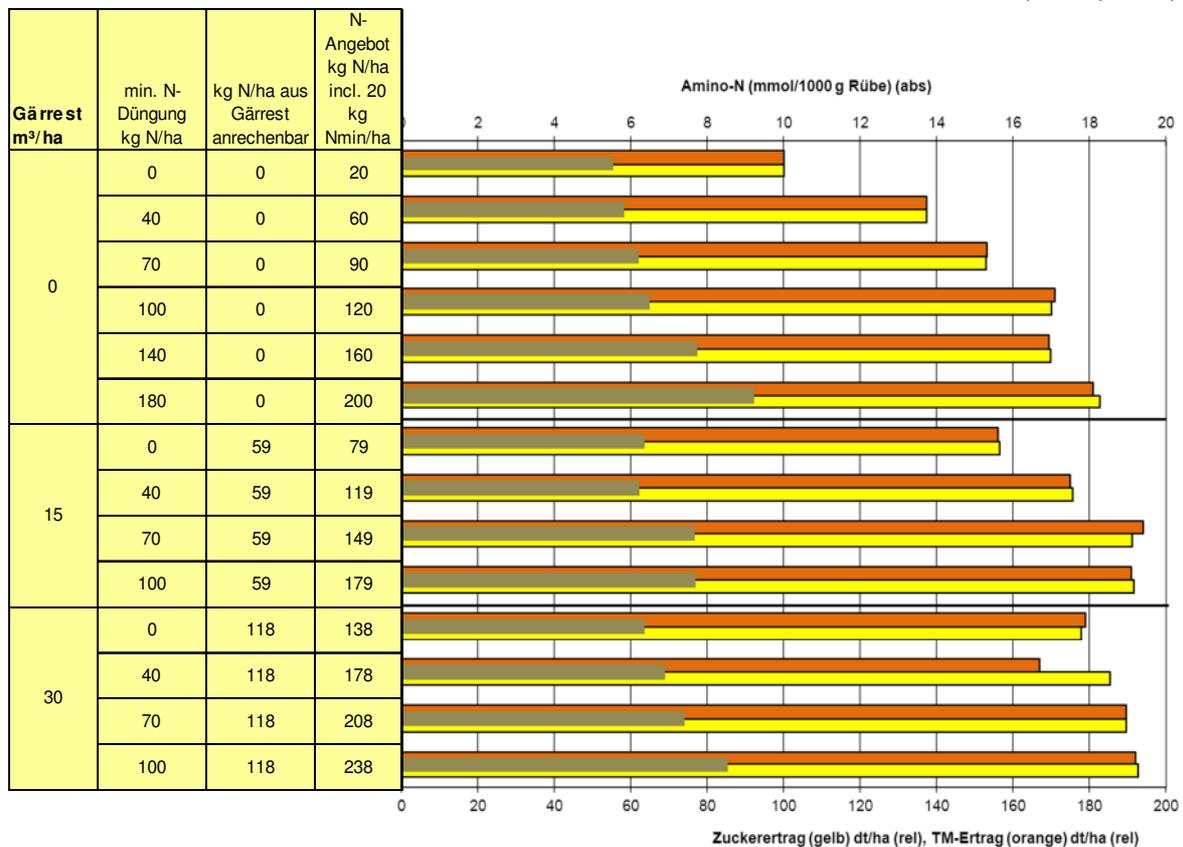


Abbildung 62: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben bezogen auf Zuckerertrag, TM-Ertrag und α-Amino-N-Gehalt, 2012 (100 %: Zuckerertrag = 94,4 dt/ha, TM-Ertrag = 122,6 dt/ha), Hamerstorf, 2012 (490)

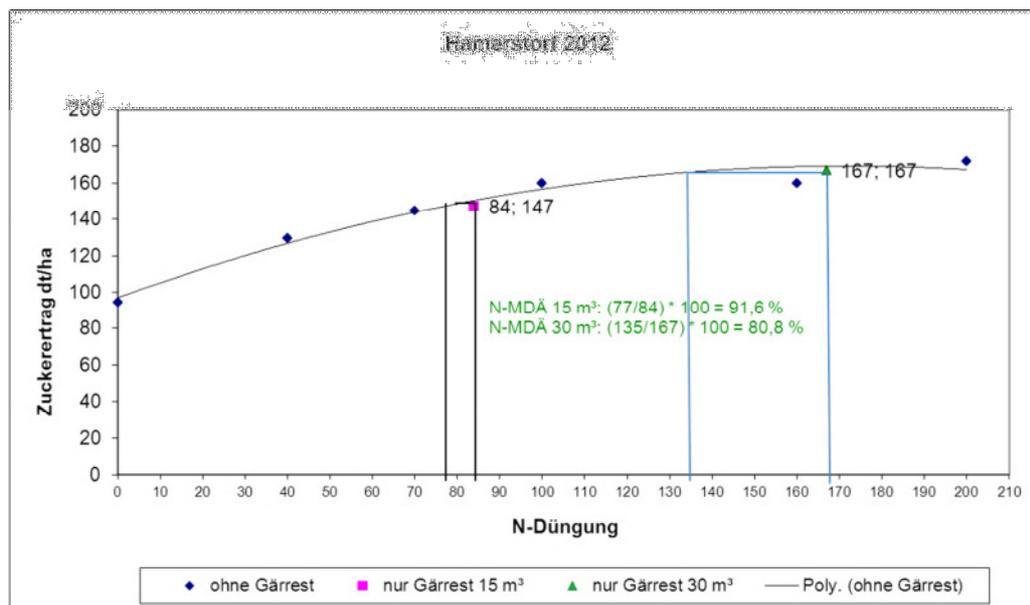


Abbildung 63: Mineraldüngeräquivalent (MDÄ) für 15 m³ und 30 m³ Gärrest, Hamerstorf 2012 (490)

490 Gärrestdüngung Rockstedt 2012

Sorte: Sabrina Aussaat: 5.4.2012 Vorfrucht: Mais Bodenuntersuchung: pH 5,0 P 7,0 K 6,0 Mg 2,0

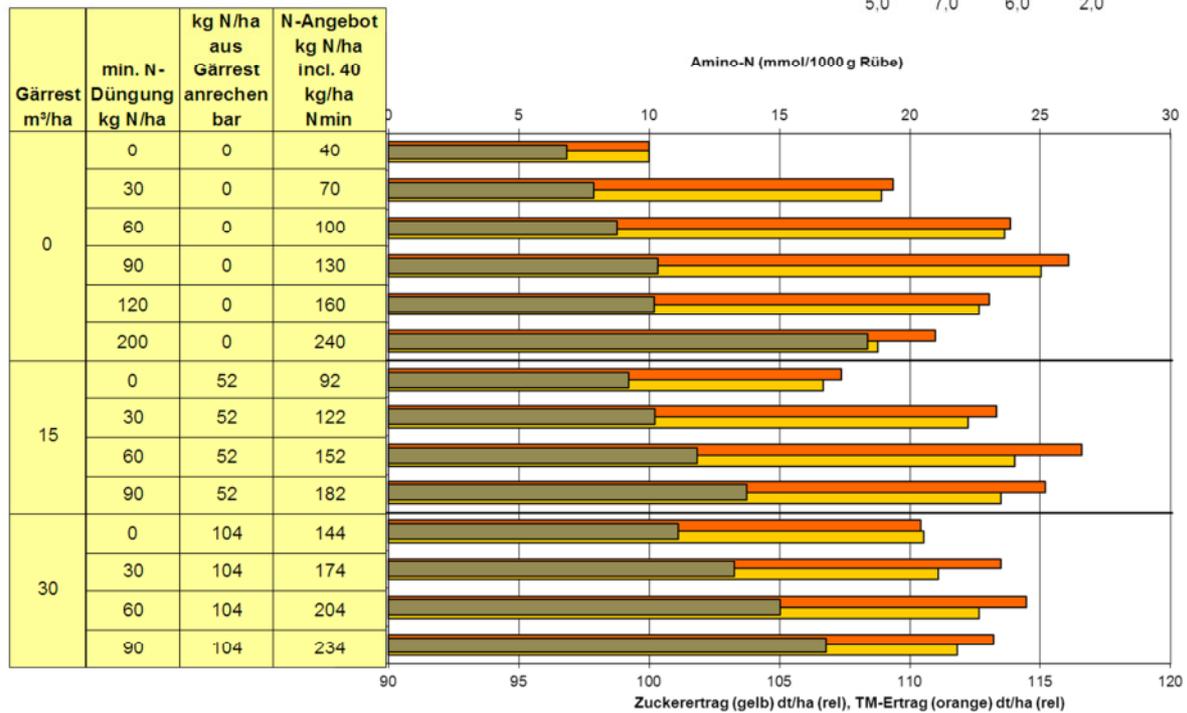


Abbildung 64: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben bezogen auf Zuckerertrag, TM-Ertrag und α -Amino-N-Gehalt, 2012 (100 %: Zuckerertrag = 162,9 dt/ha , TM-Ertrag = 179,7 dt/ha), Rockstedt, 2012 (490)

30 m³ Gärrest bringen zwar noch einen Mehrertrag, aber auch die in der Zuckerproduktion negativen Amino-N-Gehalte steigen an. Während in Hamerstorf bei 200 kg N-Angebot /ha das Ertragsoptimum noch nicht erreicht war, konnte in Rockstedt mit einem N-Angebot in Höhe von 130 kg/ha aus N_{min} und mineralischer Düngung in diesem Versuchsjahr der maximale Ertrag erzielt werden. Fehlendes Wasser kann der begrenzende Faktor gewesen sein, denn in Rockstedt kann im Unterschied zu Hamerstorf nicht beregnet werden.

Auf dem Versuchsstandort Höckelheim (siehe Abbildung 65) in Großenrode bei Northeim (toniger Schluff, Bodenzahl 85) konnte nahezu keine Ertragssteigerung durch die rein mineralische N-Düngung erzielt werden, die Gärrestdüngung brachte hier, wie bereits im Vorjahr, keinen maßgeblichen Ertragszuwachs. Eine mögliche Erklärung könnte eine Festlegung des organischen Stickstoffs im Boden sein. Eine TM-Bestimmung fand an diesem Standort nicht statt.

490 Gärrestdüngung Großenrode 2012

Sorte: SY Belana Aussaat: 27.03.2012 Vorfrucht: WW Bodenuntersuchung: pH 6,6 P 4,0 K 9,0 Mg 7,0

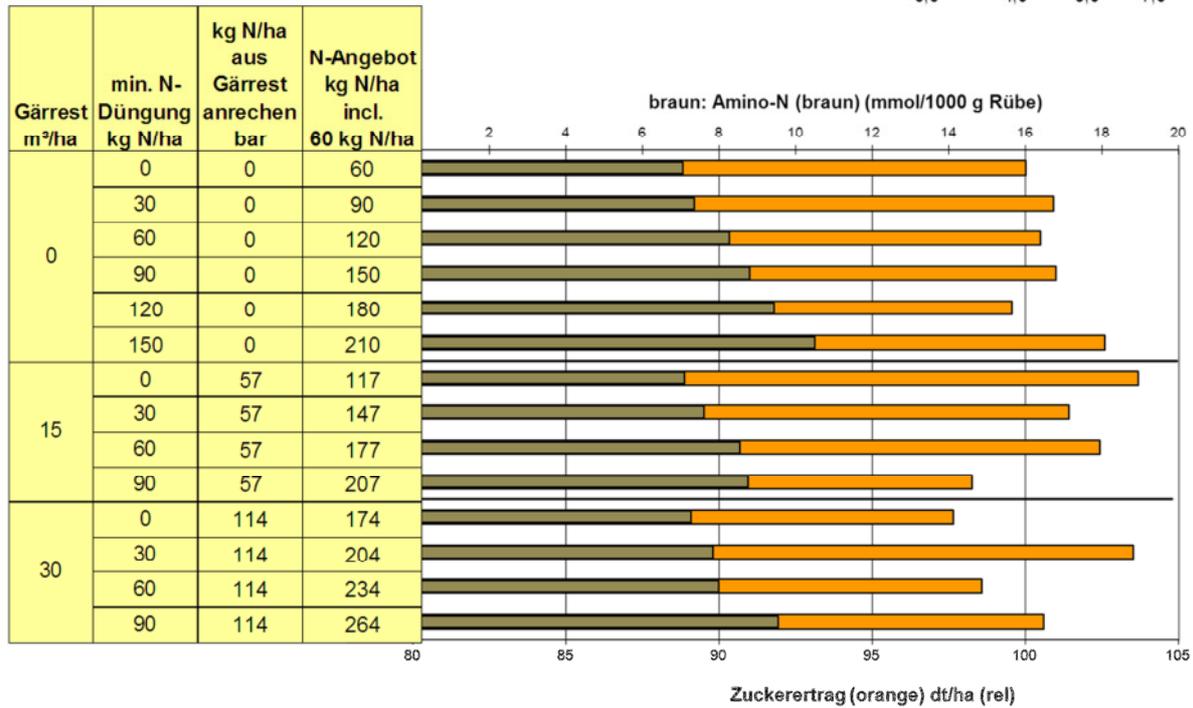


Abbildung 65: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben bezogen auf Zuckerertrag und alpha-Amino-N 2012 (100 %: Zuckerertrag = 160,6 dt/ha, TM-Ertrag nicht ermittelt), Höckelheim, 2012 (490)

Als Ergebnis in Werlte (siehe Abbildung 66), einem Standort im Emsland mit langjähriger organischer Düngung, ist festzustellen, dass sich der optimale TM-Ertrag durch eine mineralische N-Gabe in Höhe von 80 kg/ha, bzw. einer Gärrestgabe in Höhe von 15 m³ verbunden mit 40 kg mineralisch erzielen ließ. 30 oder gar 40 m³ Gärrest führen zu keiner weiteren Ertragssteigerung und sind somit zu viel gewesen. Das zeigt sich auch in den Herbst-N_{min}-Werten, die bei den hoch gedüngten Varianten bei 45 bzw. 50 kg N/ha liegen. Höhere N-Gaben führen zu keiner signifikanten Steigerung des Trockenmasseertrages und sind sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht nicht nötig.

490 Gärrestdüngung Werlte 2012

Sorte: Sabrina Aussaat: 02.04.2012 Vorfrucht: Mais
 Bodenuntersuchung: pH P K Mg
 5,3 14,0 8,0 7,0
 Nmin: 30 kg N/ha (13/6/11)

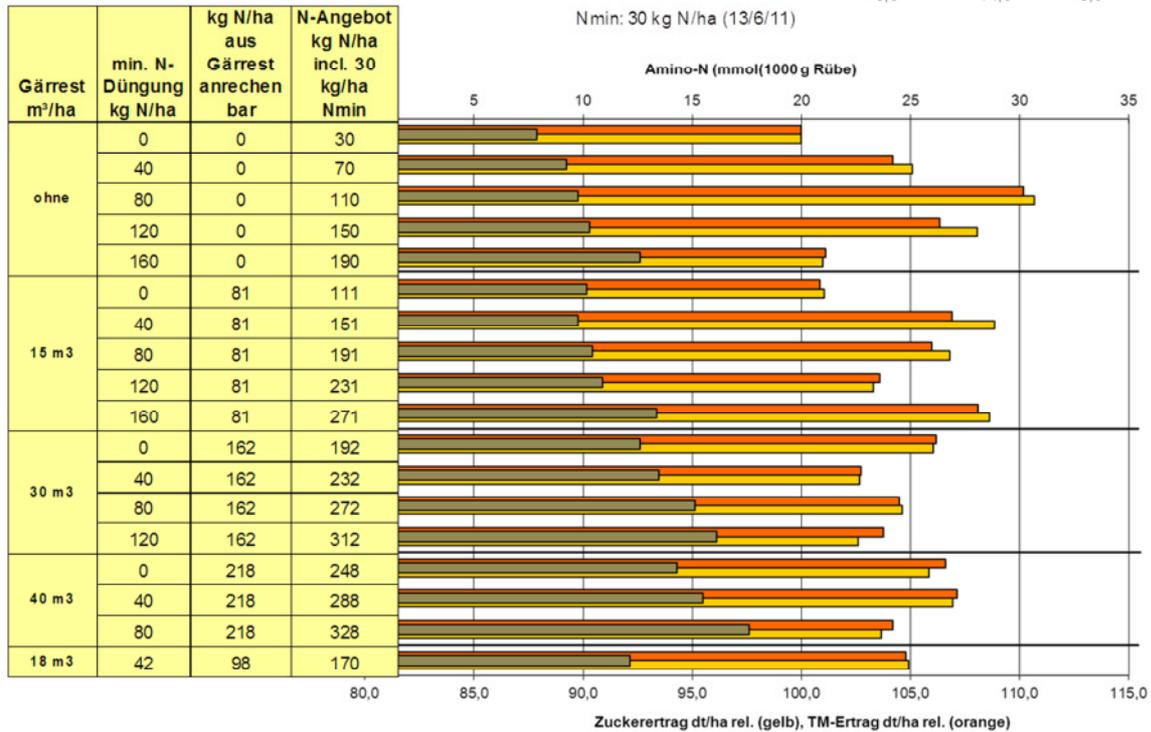


Abbildung 66: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben bezogen auf TM-Ertrag, Zuckerertrag und alpha-Amino-N 2012 (100 %: Zuckerertrag = 170,6 dt/ha , TM-Ertrag = 222,6 dt/ha), Werlte, 2012 (490)

Das Ertragsniveau in Werlte war 2012 wie bereits 2011 an sich schon sehr hoch, allein in der ungedüngten Parzelle wurde bereits ein respektablem Trockenmasse-Ertrag (TM-Ertrag) in Höhe von 222 dt/ha erzielt (Vorjahr: 219 dt/ha). Anhand der alpha-Amino-N-Werte kann man aber sehen, dass der Stickstoff von den Pflanzen aufgenommen wurde.

N_{min}-Werte

Bei den N_{min}-Werten spiegelt sich der Trend aus dem vorherigen Versuchsjahr wieder. Nach der Ernte der Zuckerrübe wurden wiederum in der Regel sehr niedrige N_{min}-Werte im Boden gemessen. Der zweite N_{min}-Probenahmetermin „Beginn Sickerwasserperiode“ entfiel 2012. Aufgrund der Witterungs- und Standortverhältnisse wurde bereits Winterweizen vor Beginn der vertikalen Wasserbewegung angebaut. Z. T. wurde erst im Frühjahr Sickerwasser gebildet. Die N_{min}-Werte lagen am Standort Hamerstorf (siehe Abbildung 67) im Schnitt bei 24 kg N/ha und damit ca. 10 kg N/ha höher als im Vorjahr (10-14 kg N/ha), in Rockstedt sind sie ca. 10 kg N/ha niedriger. Hier erzielt lediglich die mit 30 m³ Gärrest und 90 kg Mineral-N gedüngte Variante einen Rest-N_{min}-Wert in Höhe von 25 kg.

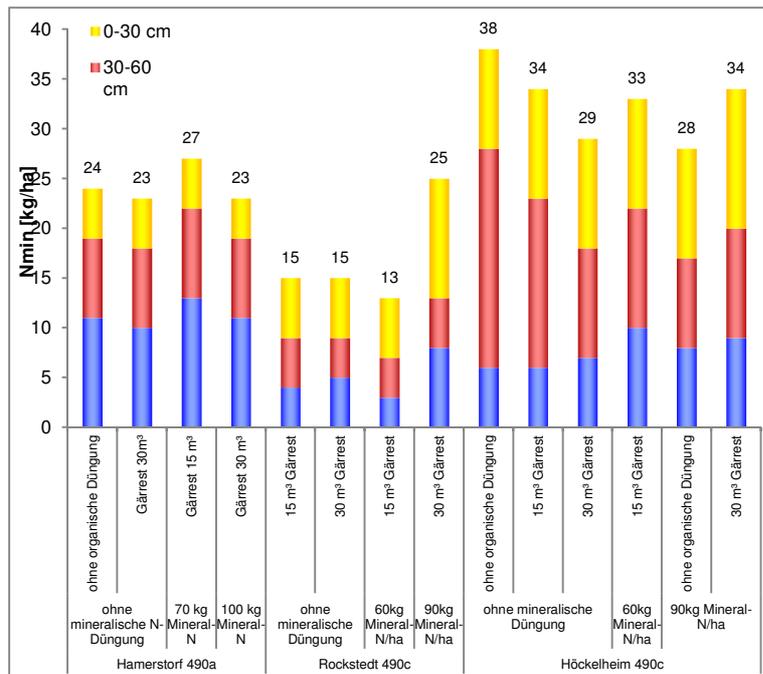


Abbildung 67: Rest-N_{min}-Gehalte im Boden nach der Ernte von Zuckerrüben in Abhängigkeit von der N-Düngung, Hamerstorf, Rockstedt und Höckelheim, 2012 (490)

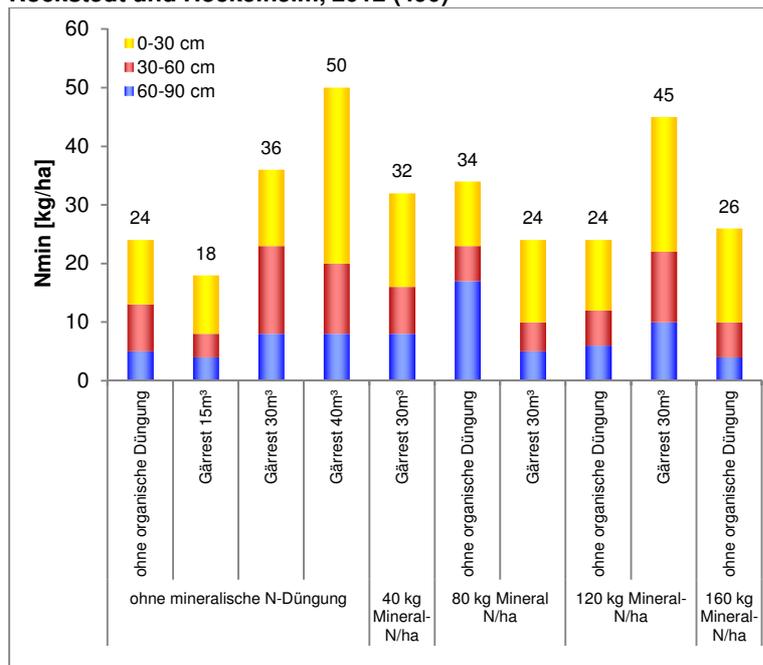


Abbildung 68: Rest-N_{min}-Gehalte im Boden nach der Ernte von Zuckerrüben in Abhängigkeit von der N-Düngung, Werlte, 2012 (490)

Am Standort Höckelheim lagen die N_{min}-Werte nach der Zuckerrübenenernte im Bereich von 28-38 kg N_{min}/ha. Hier fällt auf, dass sich noch ca. ¾ des Stickstoffs in den oberen beiden Bodenschichten befinden. Der Stickstoff konnte hier, aufgrund der späten Nachlieferung von den Pflanzen nicht in Ertrag umgesetzt werden

Bei dem Standort Werlte (siehe Abbildung 68) handelt es sich im Gegensatz zu Rockstedt, Hamerstorf und Höckelheim um einen langjährig organisch gedüngten Boden. Aber auch hier sind die N_{min}-Werte nicht höher als in Großenrode. Im Mittel der untersuchten Varianten liegt der N_{min}-Gehalt im Boden nach der Ernte bei ca. 31 kg N/ha, in der Variante mit der 40 m³-Gärrest Gabe liegt er mit 50 kg N/ha deutlich höher.

5.3. Einfluss von Anbau und Düngung der Durchwachsenen Silphie auf die N-Dynamik im Boden (Versuch 871)

Die Durchwachsene Silphie ist eine Energiepflanze mit großer Öffentlichkeitswirkung und Medienpräsenz trotz ihrer vergleichsweise geringen Anbaufläche. Im Jahr 2012 wurde sie in Niedersachsen auf knapp 100 ha angebaut. Durch ihre Trockenheitstoleranz und den, bis auf das Pflanzjahr, extensiven Anbau ist sie besonders für Grenzstandorte geeignet.

Die Durchwachsene Silphie wird wegen ihrer positiven Umweltwirkung - geringe Reststickstoffgehalte im Herbst – und von Imkern wegen ihrer langen Blüte geschätzt. Durch ihre ansprechende optische Erscheinung trägt sie dazu bei, die Akzeptanz des Energiepflanzenanbaus in der Bevölkerung zu erhöhen.



Abbildung 69: Durchwachsene Silphie

An den Versuchsstandorten Dasselsbruch, Poppenburg und Werlte wurde 2009 ein Versuch zum Anbau der Durchwachsenen Silphie angelegt. Abbildung 70 zeigt eine Übersicht über die gemittelten Erträge der letzten drei Jahre. Die Erträge konnten nicht mehr, wie im Jahr 2011, gesteigert werden. Da die Bestände an den Versuchsstandorten Dasselsbruch und Werlte im Jahr 2012 stark ins Lager gegangen waren, konnten die Versuchspartellen dort nicht einzeln beerntet werden. Abbildung 71 zeigt die Einzelerträge am Versuchsstandort Poppenburg in den drei Varianten:

- Sollwertdüngung (160 kg N/ha)
- Sollwertdüngung – 25 %
- Sollwertdüngung + 25 %

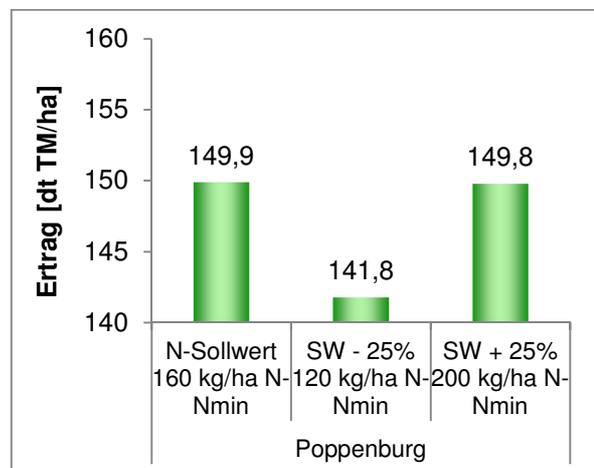
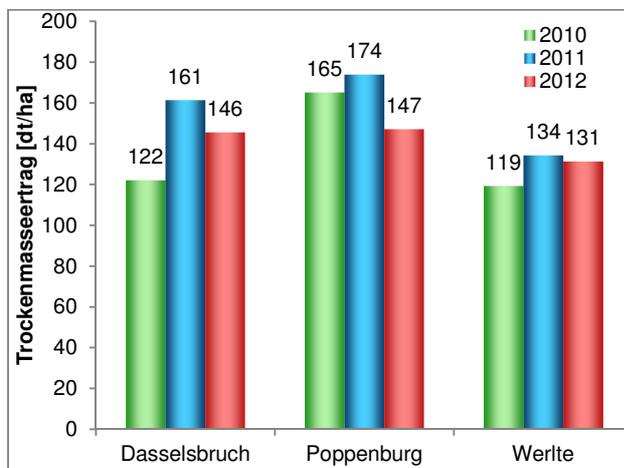


Abbildung 70: Erträge Durchwachsene Silphie, Dasselsbruch, Poppenburg und Werlte; 2010, 2011 und 2012 (871)

Abbildung 71: Erträge Durchwachsene Silphie, Poppenburg, 2012 (871)

Die N_{min} -Werte im Herbst lagen sowohl nach der Ernte als auch zur Sickerwasserspende insgesamt auf einem niedrigen Niveau und bestätigten die Ergebnisse der N_{min} -Probenahmen in den vergangenen Jahren. An keinem Standort wurden Reststickstoffgehalte über 26 kg N_{min} /ha ermittelt. Zwischen den drei Düngevarianten konnten kaum Unterschiede festgestellt werden, die nicht innerhalb der Fehlergrenze der N_{min} -Methode lagen (siehe Abbildung 72).

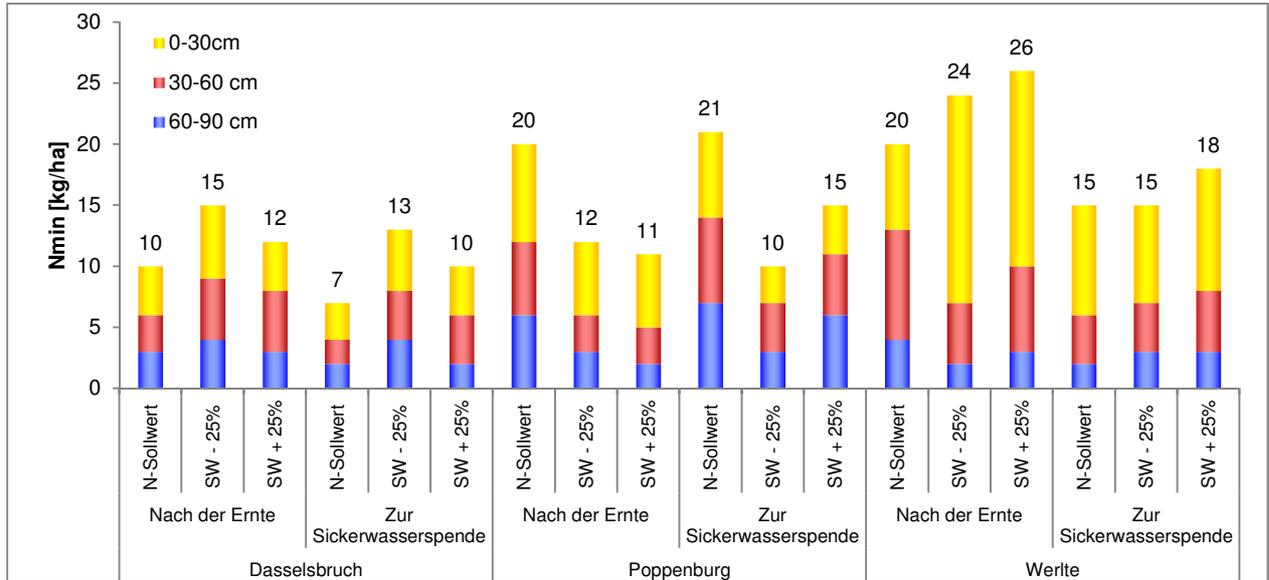


Abbildung 72: N_{min} -Werte nach dem Anbau der durchwachsenen Silphie, Dasselsbruch, Poppenburg und Werlte, 2012 (871)

Weitere Informationen zum Anbau der Durchwachsenen Silphie finden Sie unter www.lwk-niedersachsen.de (Webcode: 01022494)

5.4. Auswirkungen von Untersaaten in Silomais auf die N-Dynamik im Boden (Versuch 887)

Der Versuch Nr. 887 untersucht die Auswirkungen von Grasuntersaaten auf den Maisertrag und die N-Dynamik im Boden. Der Versuch wird seit dem Jahr 2011 an den Standorten Wehnen und Dasselsbruch durchgeführt.

Durch den späten Erntezeitpunkt bei Mais sind Untersaaten in maisbetonten Fruchtfolgen meist besser geeignet, den Stickstoff zu konservieren als Zwischenfrüchte. Durch Untersaaten können nicht nur die Nitratausträge in das Grundwasser verringert werden, weitere positive Auswirkungen sind Erosionsschutz, eine Verbesserung der Humusbilanz und eine verbesserte Befahrbarkeit der Flächen zur Maisernte. Gut entwickelte Untersaaten reduzieren außerdem die Evaporation im Vergleich zu unbedecktem Boden.

Allerdings muss beachtet werden, dass bei Grasuntersaaten in Mais die Auswahl der zur Verfügung stehenden Herbizide beispielsweise gegen Hirsen stark eingeschränkt ist, da diese auch für die weitere Entwicklung der Untersaaten von entscheidender Bedeutung sind. (Weitere Informationen zu angepassten Herbizidstrategien in Mais mit Untersaaten finden Sie unter www.lwk-niedersachsen.de mit dem Webcode 01017714).

Wie sowohl der aktuelle Versuch, als auch frühere Ergebnisse zeigen, sind, um einerseits das Ertragspotenzial des Maises auszuschöpfen und gleichzeitig die Reststickstoffgehalte im Herbst erfolgreich zu verringern, der Aussaatzeitpunkt und die Auswahl der Untersaat von entscheidender Bedeutung (siehe Abbildung 73 und Abbildung 78). Vor allem extrem hohe Herbst-N_{min}-Werte konnten in der Vergangenheit durch winterharte Untersaaten erfolgreich verringert werden.

Die Standorteigenschaften der beiden Versuchsstandorte 2012 sind in Tabelle 21 dargestellt.

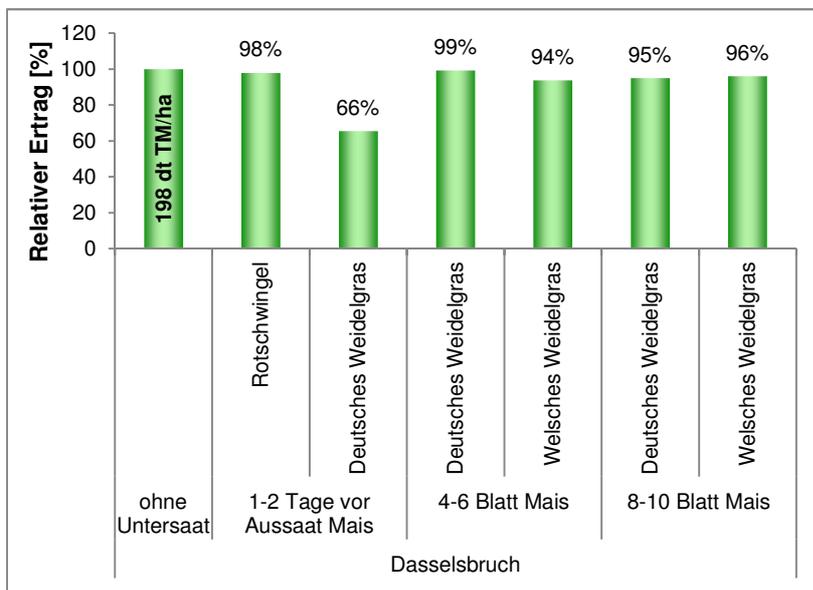
Tabelle 21: Standorteigenschaften, Dasselsbruch und Wehnen, 2012 (887)

	Wehnen	Dasselsbruch
Vorfrucht	Silomais	Silomais
Aussaat Mais	11.05.2012	11.05.2012
Bodenart	Sand	Sand
Ackerzahl	35	25
Temperatur [°C]	9,5	9,3
Niederschläge [mm]	651	529
Sommerniederschläge [mm]	358	361

Tabelle 22 gibt eine Übersicht über die durchgeführten Varianten. Es wurden drei Untersaaten (Deutsches Weidelgras, Welsches Weidelgras und Rotschwengel) und drei Aussaattermine (vor der Maisaussaat und zu verschiedenen Entwicklungsstadien des Maises) verglichen.

Tabelle 22: Übersicht Varianten, Untersaaten zu Silomais, Dasselsbruch und Wehnen, 2012 (887)

Standort	Aussattermin Untersaat	Untersaat
Dasselsbruch	Ohne Untersaat	
	1-2 Tage vor der Maisaussaat	Rotschwingerl
		Deutsches Weidelgras
	4-6 Blattstadium Mais	Deutsches Weidelgras
		Welsches Weidelgras
	8-10 Blattstadium Mais	Deutsches Weidelgras
Welsches Weidelgras		
Wehnen	Ohne Untersaat	
	1-2 Tage vor der Maisaussaat	Rotschwingerl
		Deutsches Weidelgras
	4-6 Blattstadium Mais	Deutsches Weidelgras
		Welsches Weidelgras
	8-10 Blattstadium Mais	Deutsches Weidelgras
Welsches Weidelgras		



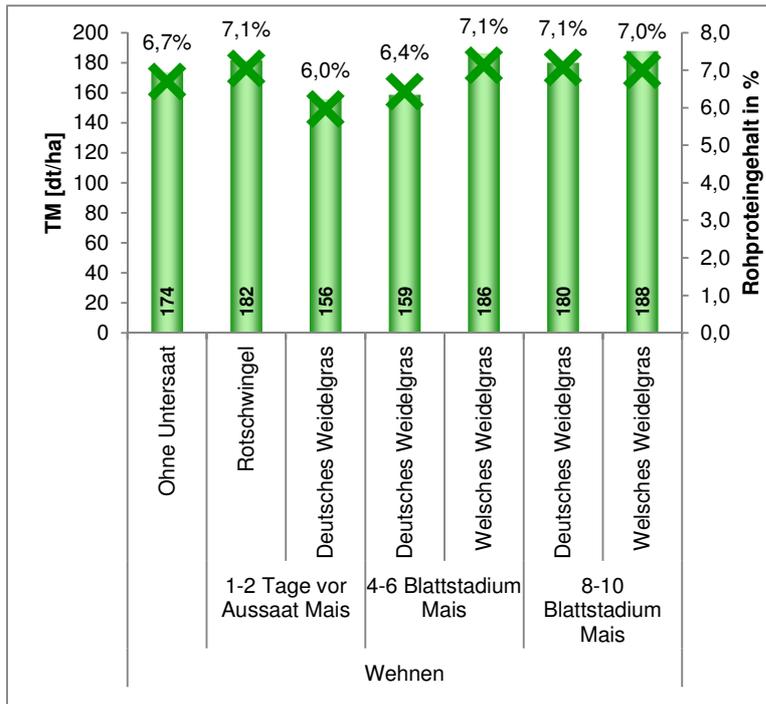
Unter Berücksichtigung der Grenzdifferenz von 7,29 % wichen am Standort Dasselsbruch, 2012 nur die Erträge der Variante „Deutsches Weidelgras, Aussaat 1-2 Tage vor der Maisaussaat“ von den übrigen Erträgen ab. Das früh ausgesäte Deutsche Weidelgras führte zu Ertragsverlusten.

Abbildung 73: Relative Erträge, Silomais mit Untersaaten, Dasselsbruch, 2012 (887)

Der Rotschwingerl, der ebenfalls 1-2 Tage vor dem Mais ausgesät wurde, hatte dagegen keinen negativen Effekt auf den Ertrag.

Die Ergebnisse aus 2012 bestätigen weitgehend die Ergebnisse vorangegangener Versuche und zeigen, dass stark wüchsige Untersaaten, wie das Deutsche Weidelgras nicht zu früh ausgesät werden sollten, um eine Konkurrenz vor allem um Licht, Nährstoffe und Wasser zur Kulturpflanze zu vermeiden. Schwächer wüchsige Untersaaten wie der Rotschwingerl können hingegen schon früher ausgesät werden, ohne sich negativ auf den Ertrag auszuwirken.

Am Versuchsstandort Wehnen sind die Erträge der Variante ohne Untersaaten nur bedingt mit den übrigen Varianten vergleichbar, da die Nährstoffverfügbarkeiten voneinander abweichen. Die verschiedenen Varianten wurden zwar alle gleich gedüngt, der Vorfruchtwert der Gräser wurde jedoch nicht ausgeglichen. Daher sind in Abbildung 74 absolute Erträge, anstatt relativer Erträge im Verhältnis zur Standardvariante ohne Untersaaten, dargestellt.



Alle Varianten wurden gleichermaßen nach Sollwert, abzüglich 60 kg N/ha gedüngt, um die Vorfruchtwirkung der Untersaat zu zeigen. Die erklärt den etwas geringeren Ertrag und niedrigeren Rohproteingehalt der Variante ohne Untersaaten. Die Nährstoffkonkurrenz durch das früh ausgesäte Deutsche Weidelgras führte nicht nur zu Ertragseinbußen, sondern auch zu einem geringeren Rohproteingehalt.

Abbildung 74: Absolute Erträge, Silomais mit Untersaaten, Wehnen, 2012 (887)

Das Deutsche Weidelgras ist im Vergleich zum Welschem Weidelgras und Rotschwingel konkurrenzstark.



Abbildung 75: Versuchsfläche in Wehnen im Frühjahr, vor der Ernte der Untersaaten und vor der Maisaussaat (887)

Die als Untersaat verwendeten Gräser entstammen keiner speziellen Untersaaten Mischung. Da das Ziel der Versuche unter anderem eine Zweitkulturnutzung war, wurden gezielt ertragreiche und erstrschnittbetonte Weidelgrassorten ausgewählt und die Versuche im Frühjahr mit 80 kg N/ha mineralisch gedüngt.

Abbildung 76 zeigt die Trockenmasseerträge der Untersaaten 2012 am Versuchsstandort Wehnen. Unabhängig vom Aussaatzeitpunkt waren die Erträge der Untersaat bei Welschem Weidelgras höher als bei Deutschem Weidelgras. Die Ernte fand noch vor Erreichen des optimalen Schnitzeitpunktes statt, um die Maisausaat nicht

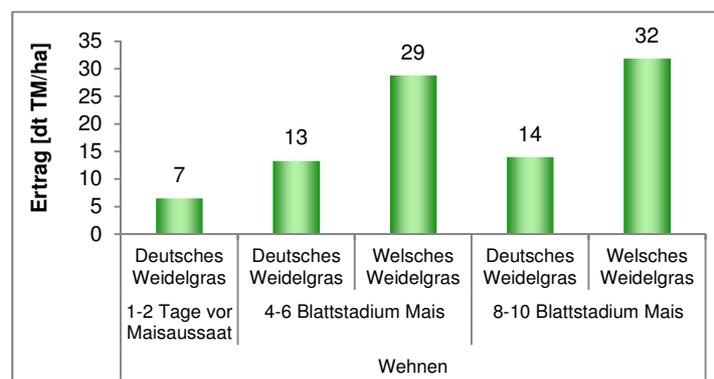


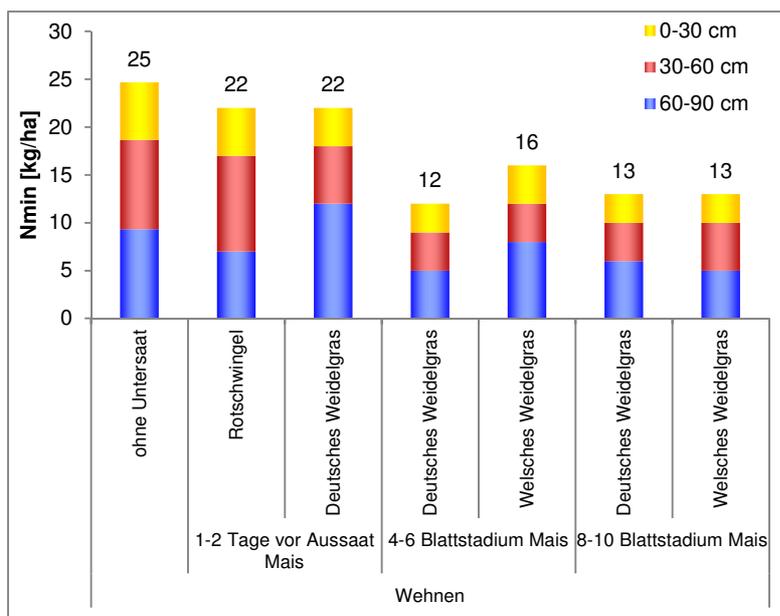
Abbildung 76: TM Erträge der Untersaaten, Wehnen, 2012, (887)

zu weit zu verzögern.

Das früh ausgesäte Deutsche Weidelgras reduzierte nicht nur den Maisertrag, auch die Untersaat lieferte geringere Erträge als die zu späteren Zeitpunkten ausgesäten Untersaaten. Die Konkurrenzsituation zwischen Mais und Untersaat hatte also auf beide Kulturpflanzen negative Auswirkungen.

Die Auswahl der Untersaat und deren Aussatzzeitpunkt sind aber nicht nur von Bedeutung, um Ertragseinbußen zu vermeiden, sondern auch für eine erfolgreiche Reduzierung der Reststickstoffgehalte im Herbst. Dies wird sowohl durch die Ergebnisse der Vorjahre, als auch durch die Ergebnisse der N_{min}-Probenahmen 2012 bestätigt.

Abbildung 77 zeigt die N_{min}-Werte im Mai, nach der Ernte der Untersaaten des Vorjahres am Standort Wehnen. Am Standort Dasselsbruch hatten die Untersaaten im Vorjahr stark unter der sommerlichen Trockenheit im August gelitten. Deshalb konnten dort 2012 im Mai keine Untersaaten geerntet und keine N_{min}-Proben gezogen werden.



Die N_{min}-Werte im Mai 2013 lagen nach der Ernte der Untersaat des Vorjahres generell auf einem niedrigen Niveau. Der höchste N_{min}-Wert wurde in der Variante ohne Untersaat gemessen. In den Varianten, in denen die Untersaat im 4-6 oder im 8-10 Blattstadium des Mais ausgesät wurde, waren die N_{min}-Werte am geringsten. Allerdings waren die Unterschiede meist nur sehr gering und innerhalb der Fehlergrenze der N_{min}-Methode.

Abbildung 77: N_{min}-Werte nach der Ernte der Untersaaten aus 2011 vor der Aussaat 2012, Wehnen, 2012 (887)

Um Nitrateinträge in das Grundwasser erfolgreich zu verringern, sollte beachtet werden, dass sich bei einer späten Aussaat die Untersaat möglicherweise nicht mehr ausreichend etablieren kann, um die Reststickstoffgehalte bis zur Sickerwasserspense wesentlich zu reduzieren (siehe Abbildung 77, Versuchsstandort Wehnen). Am Versuchsstandort Dasselsbruch konnten die N_{min}-Werte nach der Ernte durch die Untersaaten, unabhängig von Untersaat und Aussaatzeitpunkt leicht reduziert werden. Zur Sickerwasserspense glichen sich die Unterschiede auf einem niedrigeren Niveau an. Am Versuchsstandort Wehnen konnten kaum gerichtete Unterschiede zwischen den Reststickstoffgehalten festgestellt werden

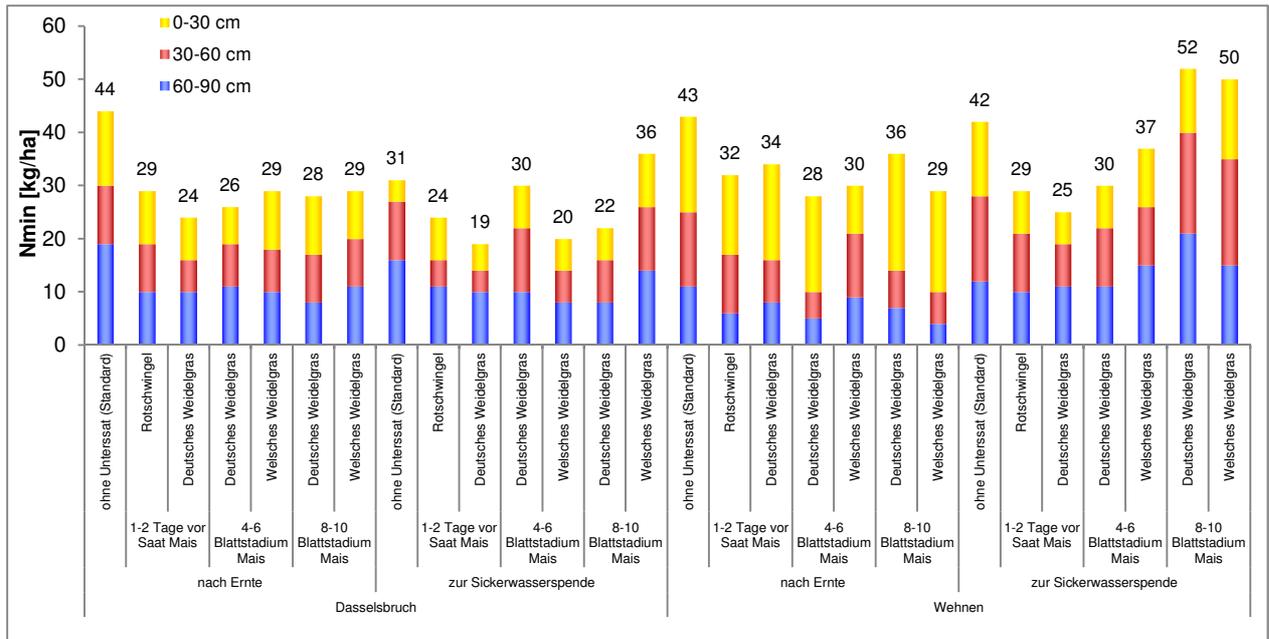


Abbildung 78: N_{min}-Werte nach der Silomaisernte und zur Sickerwasserspende, Dasselbruch und Wehnen, 2012 (887)

Ergänzend zu den beiden Versuchsstandorten Wehnen und Dasselsbruch im Versuch Nr. 887 wurden in einem Pflanzenschutzversuch, ebenfalls mit Untersaaten in Mais, am Versuchsstandort Stapel N_{min}-Proben gezogen.

Tabelle 23: Standorteigenschaften, Stapel, 2012 (ergänzend zu 887)

Stapel	
Vorfrucht:	Mais
Aussaat Mais:	24.04.12
Bodenart:	Sand
Ackerzahl:	25

In diesem Versuch wurden am Standort Stapel die Auswirkungen einer Schwingel-Mischung, einer Weidelgras-Mischung und von Leguminosen als Untersaat auf die Herbst-N_{min}-Werte verglichen.

Die Schwingel-Mischung bestand zu 90 % aus horstbildendem Rotschwingel und zu 10 % aus härlichem Schwingel. Die Weidelgras-Mischung war zu 50 % aus Welschem- und 50 % aus Deutschem-Weidelgras zusammengesetzt. In der Variante mit Leguminosen wurde eine Mischung aus Rotklee und Winterwicke verwendet. Zusätzlich wurden drei Aussaatzeitpunkte verglichen (siehe Tabelle 24). Der Mais wurde am 24.04.12 ausgesät, zwei Tage vor dem ersten Aussattermin der Untersaaten. Die N_{min}-Probenahmen fanden am 01.11.12 und am 21.11.12 statt.

Tabelle 24: Übersicht Aussattermine und Untersaaten, Stapel, 2012 (ergänzend zu 887)

Variante	Aussattermin der Untersaat	Untersaat
Variante 1	-	Keine Untersaat (Kontrolle)
Variante 2	26.04.12	Schwingel-Mischung
Variante 3	31.05.12	Schwingel-Mischung
Variante 4	31.05.12	Weidelgras-Mischung
Variante 5	20.06.12	Weidelgras Mischung
Variante 6	20.06.12	Leguminosen (Mischung aus Rotklee und Winterwicke)

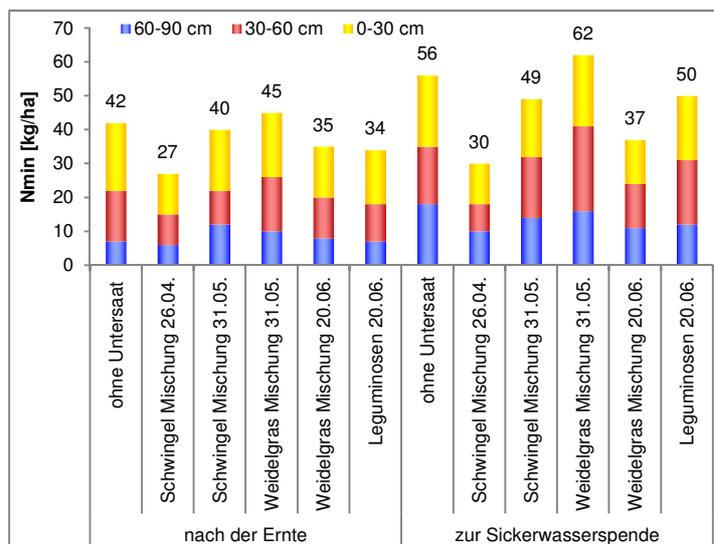


Abbildung 79: N_{min}-Werte nach Silomais mit Untersaaten, Untersaat und Aussattermin der Untersaat, Stapel, 2012 (ergänzend zu 887)

Abbildung 79 zeigt die jeweiligen Herbst-N_{min}-Werte nach Silomais mit Untersaat. Insgesamt bestätigen die ermittelten Reststickstoffgehalte die Ergebnisse des Versuchs 887. Auch hier konnte der Rest-N_{min}-Gehalt im Herbst am wirksamsten durch eine frühe Untersaat reduziert werden. Die Untersaaten, die am 31.05.12 ausgesät wurden, konnten den Rest-N_{min}-Gehalt im Herbst im Vergleich zur Kontrollvariante ohne Untersaaten nicht reduzieren.

5.5. Auswirkungen der Gülleunterfußdüngung zu Silomais auf die N-Dynamik im Boden (Versuch 901)

Der Versuch 901 untersucht die Auswirkungen von Gülleunterfußdüngung in Silomais auf den Ertrag und die N-Dynamik im Boden.

In diesem Versuch wurde die Gülle als Unterfußdünger direkt unter der Saatreihe abgelegt. Diese Ausbringungsmethode hat mehrere Vorteile gegenüber der breiten Ausbringung mit dem Schleppschlauch. Den jungen Maispflanzen stehen durch die präzise Ausbringung des Düngers wichtige Nährstoffe in unmittelbarer Wurzelnähe zur Verfügung. Zusätzlich profitiert der Mais von der Lockerung des Bodens bei der Ausbringung des Unterfußdüngers. Da die Gülle bei der Unterfußdüngung direkt in den Boden eingebracht wird, entstehen deutlich weniger Ammoniak und Lachgasemissionen. Außerdem lässt sich die Gülleunterfußdüngung sehr gut mit dem sogenannten „Strip-Till-Verfahren“ kombinieren, so dass auch die Vorteile der Mulchsaat im Maisanbau genutzt werden können.

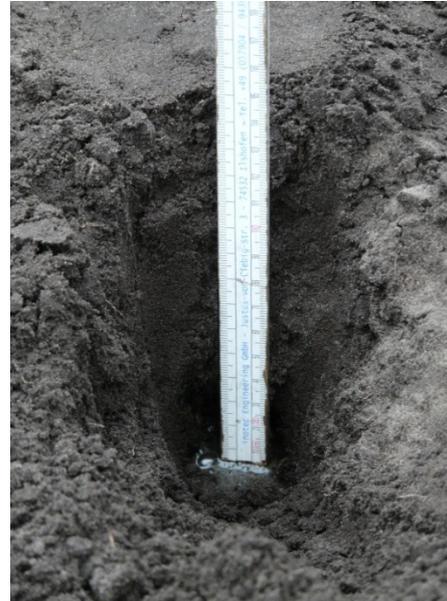


Abbildung 80: Ablagetiefe des Güllebandes im Boden, Wehnen, 2013 (901)

Seit 2010 werden die Auswirkungen von Nitrifikationshemmern untersucht, deren Einsatz auch in der Praxis zunehmend an Bedeutung gewinnt. Der Nitrifikationshemmer hemmt die Umsetzung von Ammonium-Stickstoff in auswaschungsgefährdetes Nitrat. Wahrscheinlich können so auch während Starkregenereignissen im Frühsommer Nitratreinträge in das Grundwasser verringert werden.

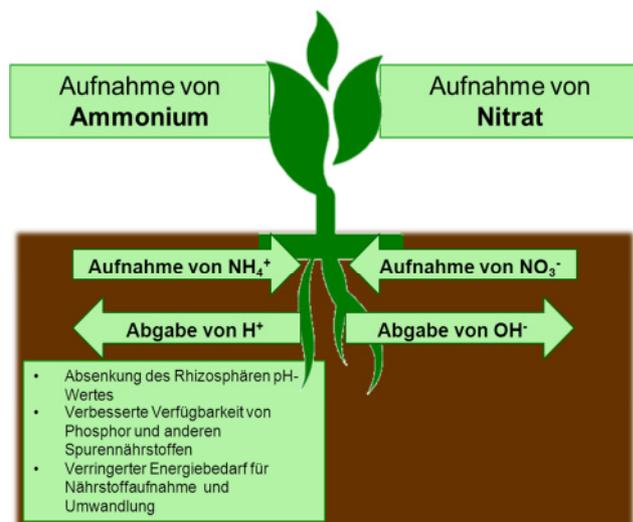


Abbildung 81: Vergleich Aufnahme von Ammonium-Stickstoff und Nitrat-Stickstoff (901)

Abbildung 81 zeigt schematisch die Unterschiede zwischen der Aufnahme von Ammonium und Nitrat, und die jeweiligen Folgen in der Rhizosphäre. Durch die vermehrte Aufnahme von Ammonium anstelle von Nitrat wird der Energieverbrauch der Pflanze für die Nährstoffaufnahme und -einlagerung verringert. Als Folge der leichten Ansäuerung des Bodens wird zusätzlich die Verfügbarkeit von Phosphor und anderen Nährstoffen, wie Eisen oder Mangan verbessert.

Der Versuch zur Gülleunterfußdüngung wurde im Jahr 2012 an den Standorten, Bassum (Landkreis Diepholz), Sandkrug (Landkreis Oldenburg) und Wehnen (Landkreis Ammerland) durchgeführt. Tabelle 25 gibt eine Übersicht über die Standorteigenschaften der Versuchstandorte.

Tabelle 25: Übersicht Standorteigenschaften, Bassum-Bramstedt, Sandkrug und Wehnen, 2012 (901)

	Bassum	Sandkrug	Wehnen
Bodenart	Lehmiger Sand	Sand	Sand
Ackerzahl	40	28	30
Aussaatdatum	20.04.2012	21.04.2012	19.04.2012
Vorfrucht	Wintergerste	Silomais	Wintertriticale

In den, in Tabelle 26 aufgelisteten Varianten des Versuchs wurden N_{min}-Proben gezogen.

Tabelle 26: Varianten mit N_{min}-Probenahme, Bassum-Bramstedt, Sandkrug und Wehnen, 2012 (901)

Variante	
1	Breite Gülleausbringung (Schleppschauch) mit mineralischer Unterfußdüngung (Standardvariante)
2	Keine Düngung (Kontrolle)
3	(66 %) Gülleunterfußdüngung und mineralische Unterfußdüngung, mit Nitrifikationshemmer
4	(66 %) Gülleunterfußdüngung und mineralische Unterfußdüngung, ohne Nitrifikationshemmer

In Sandkrug wurden zum Vergleich in den Varianten mit Gülleunterfußdüngung mit und ohne Nitrifikationshemmer nicht nur nach der Ernte und zur Sickerwasserspende, sondern auch im Sommer (17. Juli) N_{min}-Proben gezogen (siehe Abbildung 82 und Abbildung 83).

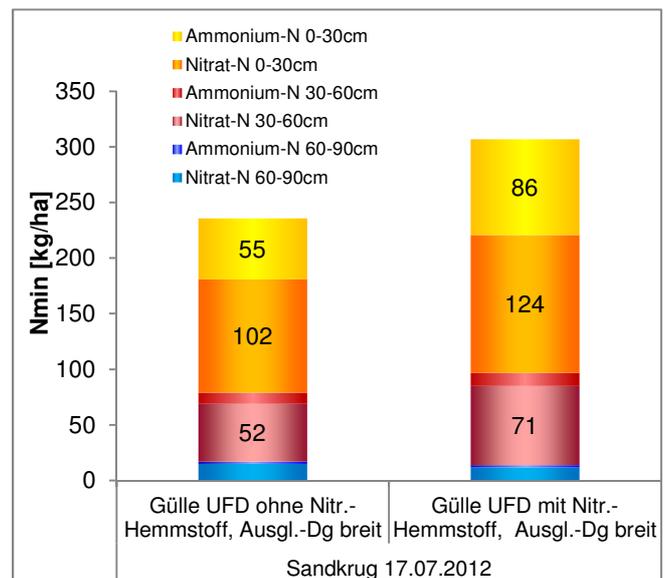
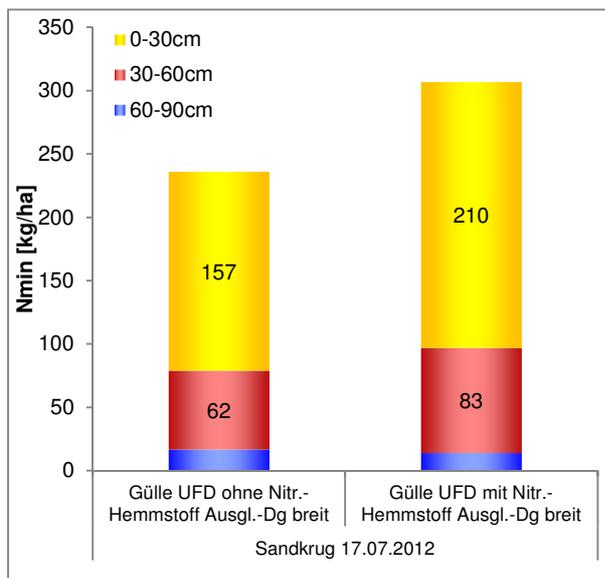


Abbildung 82: N_{min}-Werte am 17.07. bei Gülleunterfußdüngung mit und ohne Nitrifikationshemmer, Sandkrug, 2012 (901)

Abbildung 83: N_{min}-Werte 17.07., Nitrat-N und Ammonium-N, Sandkrug, 2012 (901)

Die Abbildungen zeigen, dass die N_{min}-Werte in der obersten Bodenschicht (0-30 cm) in der Variante mit Nitrifikationshemmer deutlich höher waren als ohne Nitrifikationshemmer. Die getrennte Betrachtung von Ammonium-N und Nitrat-N (Abbildung 83) zeigt, dass der Pflanze besonders in den oberen 30 cm des Bodens deutlich mehr Stickstoff in Ammonium-Form zur Verfügung stand.

Um die Ergebnisse der N_{min}-Probenahmen besser beurteilen zu können, sind in Tabelle 27 die ausgebrachten Nährstoffmengen aufgelistet.

Tabelle 27: ausgebrachte Nährstoffmengen/Variante, Bassum-Bramstedt, Sandkrug und Wehnen, 2012 (901)

		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Sandkrug	Gülle breit, UFD min. Standard	151	124	224
	Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	151	101	224
	Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	151	101	224
	66 % Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	108	89	221
	66 % Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	108	89	221
Wehnen	Gülle breit, UFD min. Standard	154	112	102
	Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	154	112	102
	Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	154	112	102
	66% Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	109	82	200
	66% Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	109	82	200
Bassum	Gülle breit, UFD min. Standard	194	230	120
	Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	194	207	120
	Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	194	207	120
	66% Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	133	14	77
	66% Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	133	14	77

Am Standort Sandkrug (Abbildung 84) konnten die N_{min}-Werte nach der Ernte durch eine Reduzierung der N-Düngung in Kombination mit einem Nitrifikationshemmer erfolgreich gesenkt werden. Zur Sickerwasserspende konnten keine Unterschiede zwischen den Reststickstoffgehalten der einzelnen Varianten festgestellt werden. Auch in der ungedüngten Variante waren die N_{min}-Gehalte nicht niedriger als in den gedüngten Varianten.

Am Versuchsstandort Wehnen gab es nach der Ernte keine Unterschiede zwischen den N_{min}-Werten der einzelnen Varianten (Abbildung 85).

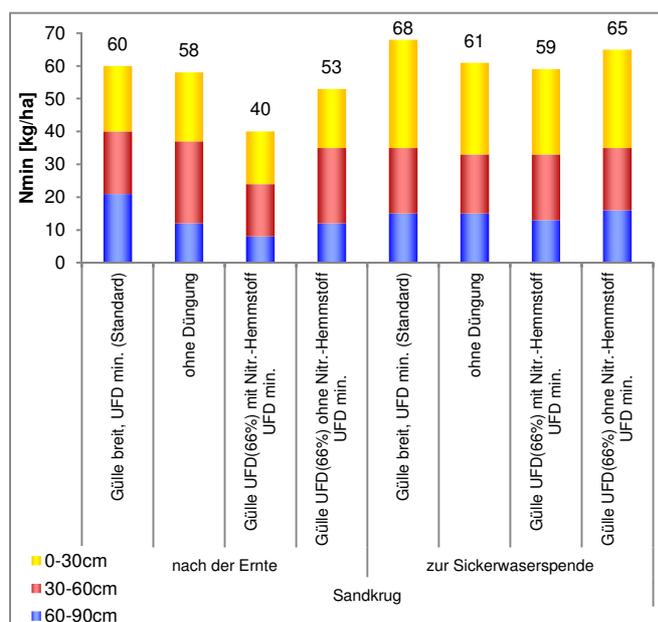


Abbildung 84: N_{min}-Werte nach verschiedenen Varianten der Unterfußdüngung, nach der Ernte und zur Sickerwasserspende Sandkrug, 2012 (901)

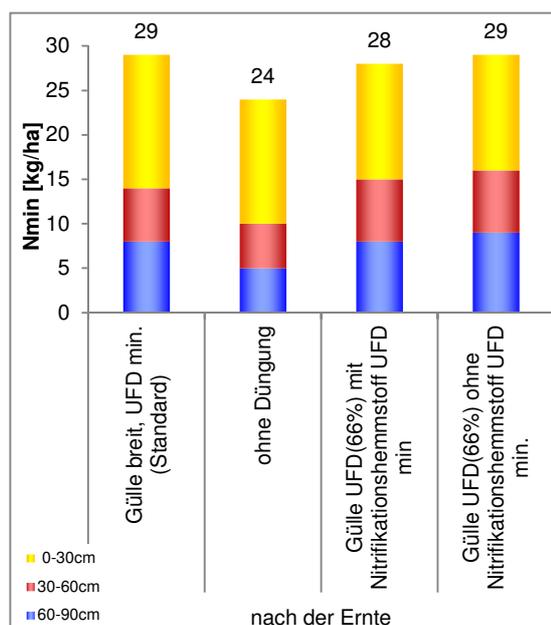


Abbildung 85: N_{min}-Werte nach verschiedenen Varianten der Unterfußdüngung Wehnen, 2012 (901)

Am Versuchsstandort Bramstedt konnte der Ertrag durch Gülleunterfußdüngung in Kombination mit dem Nitrifikationshemmer im Vergleich zur Standardvariante gesteigert werden. In der ungedüngten Variante lag der Ertrag unter dem der Standardvariante. In den übrigen Varianten konnte der Ertrag durch Gülleunterfußdüngung im Vergleich zur breiten Gülleausbringung nicht gesteigert werden. In Wehnen war der Ertrag in der ungedüngten Variante geringer als in der Standardvariante. Zwischen den Erträgen der gedüngten Varianten gab es unabhängig von Ausbringungsform und Menge der Gülle keine ertraglichen Unterschiede. In Sandkrug konnte der Ertrag durch Gülleunterfußdüngung mit und ohne Nitrifikationshemmer im Vergleich zur breit ausgebrachten Gülle gesteigert werden.

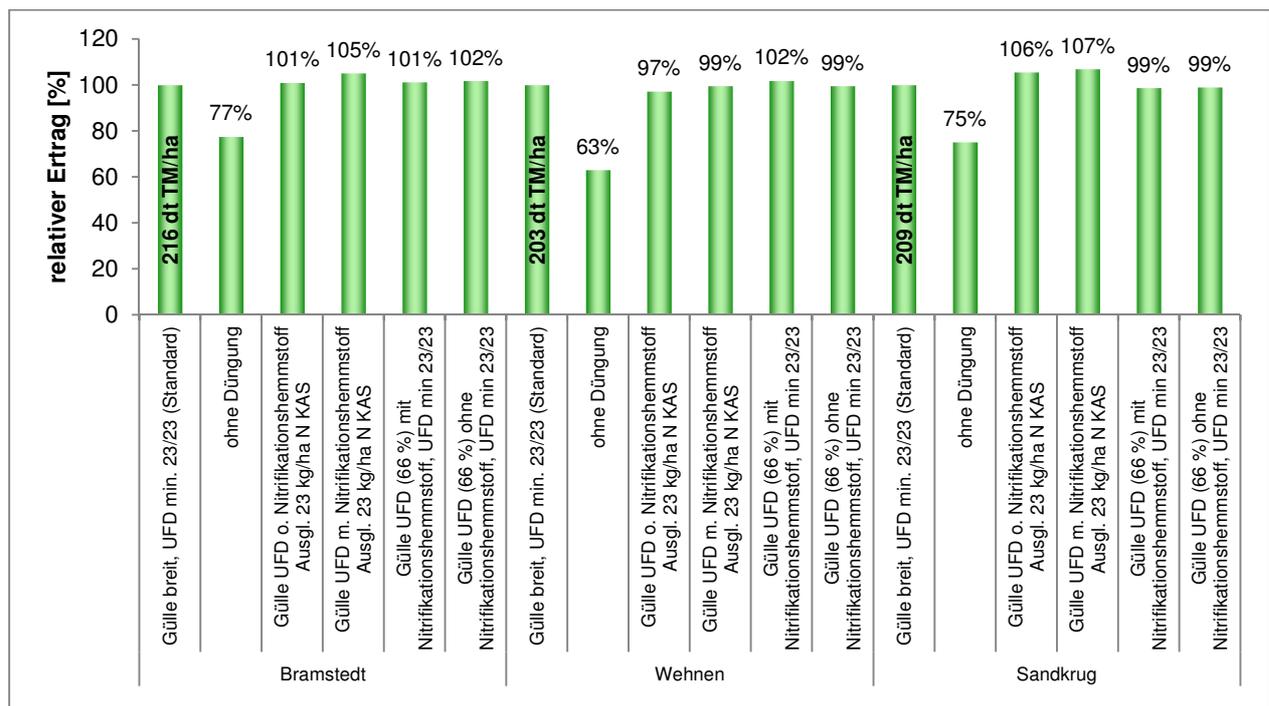


Abbildung 86: Relative Erträge nach Gülleunterfußdüngung, Bramstedt, Wehnen und Sandkrug, 2012 (901)

An allen drei Standorten unterschied sich der Ertrag in den Varianten, in denen die Güllemenge reduziert wurde (auf 66 %) und somit auch die Menge der ausgebrachten Nährstoffe geringer war, nicht signifikant von den in der Standardvariante erzielten Erträgen. Daraus lässt sich schließen, dass durch die Gülleunterfußdüngung die Nährstoffe von den Pflanzen effizienter genutzt werden konnten. Die deutliche Steigerung der Erträge durch Gülleunterfußdüngung in Kombination mit einem Nitrifikationshemmer aus dem Vorjahr konnte allerdings nicht wiederholt werden.

Die effizientere Nutzung der Gülle zeigt sich auch in einer Verringerung der N-Bilanzsalden (Abbildung 87). Die Auswirkungen der Gülleunterfußdüngung auf die N-Bilanz variierten von Standort zu Standort.

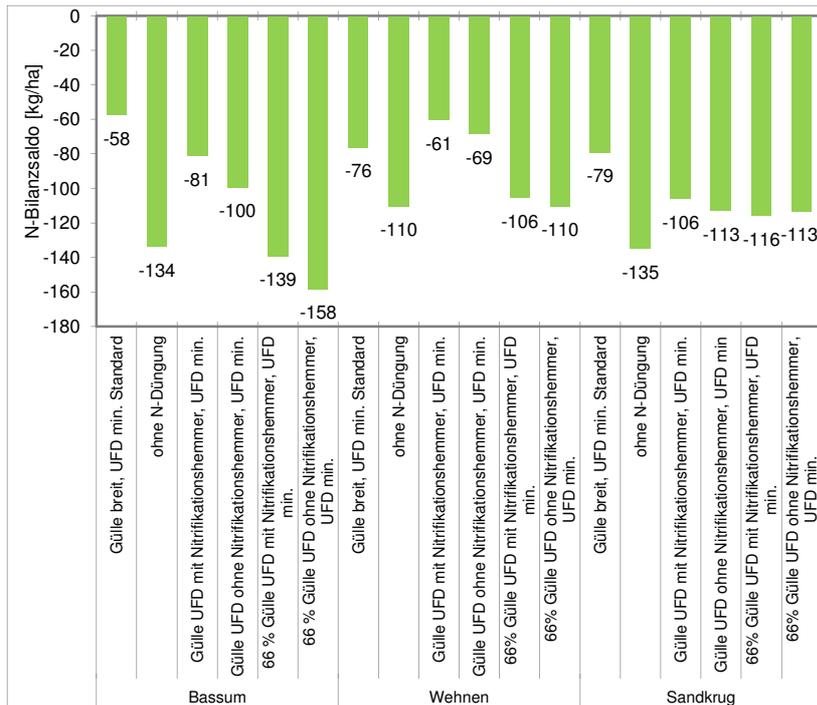


Abbildung 87: N-Bilanzsaldo nach Silomais mit Gülleunterfußdüngung, Bassum, Wehnen und Sandkrug, 2012 (901)

In Wehnen dagegen konnte, bei gleicher Güllemenge, kein Unterschied in der N-Bilanz zwischen der Standardvariante und Gülleunterfußdüngung festgestellt werden. Erst durch eine Reduzierung der Güllemenge konnte die N-Bilanz auf das Niveau der ungedüngten Variante gesenkt werden.

Obwohl in Sandkrug die N-Bilanz durch die Unterfußdüngung im Vergleich zur breiten Gülleausbringung verringert wurde, wurde hier das Niveau der ungedüngten Variante nicht erreicht.

Ein durchgängiger Effekt des Nitrifikationshemmers auf die N-Bilanz wurde 2012 nicht beobachtet.

In Bassum wurde die N-Bilanz durch die Unterfußdüngung der Gülle im Vergleich zur Standardvariante verringert. Durch die Reduzierung der Güllemenge bei der Unterfußdüngung sank die N-Bilanz bis auf das Niveau der ungedüngten Variante.

6. Anhang

6.1. Wetterdaten



Abbildung 88: Wetterstation, Thülsfelde, 2013

Die ersten drei Abbildungen zeigen die Klimadiagramme der Dauerversuchsstandorte Hohenzethen, Thülsfelde und Wehnen. Abbildung 92 zeigt die gemittelten Ergebnisse der Wetterstationen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen an den Standorten: Barnstorf, Carolinensiel, Cloppenburg, Dasselsbruch, Hamerstorf, Höckelheim, Holtorfsloh, Lindloh, Poppenburg, Rockstedt, Wehnen, Werlte und Wietzen. Danach folgen Klimadiagramme einzelner Versuchsstandorte.

Die im Diagramm dargestellten Niederschläge der Wetterstation Hohenzethen (Abbildung 89) sind inklusive Beregnung. Auf der Versuchsfläche wurden jeweils am 27.04.2012, am 20.05.2012 und am 27.05.2012 20 mm bewässert.

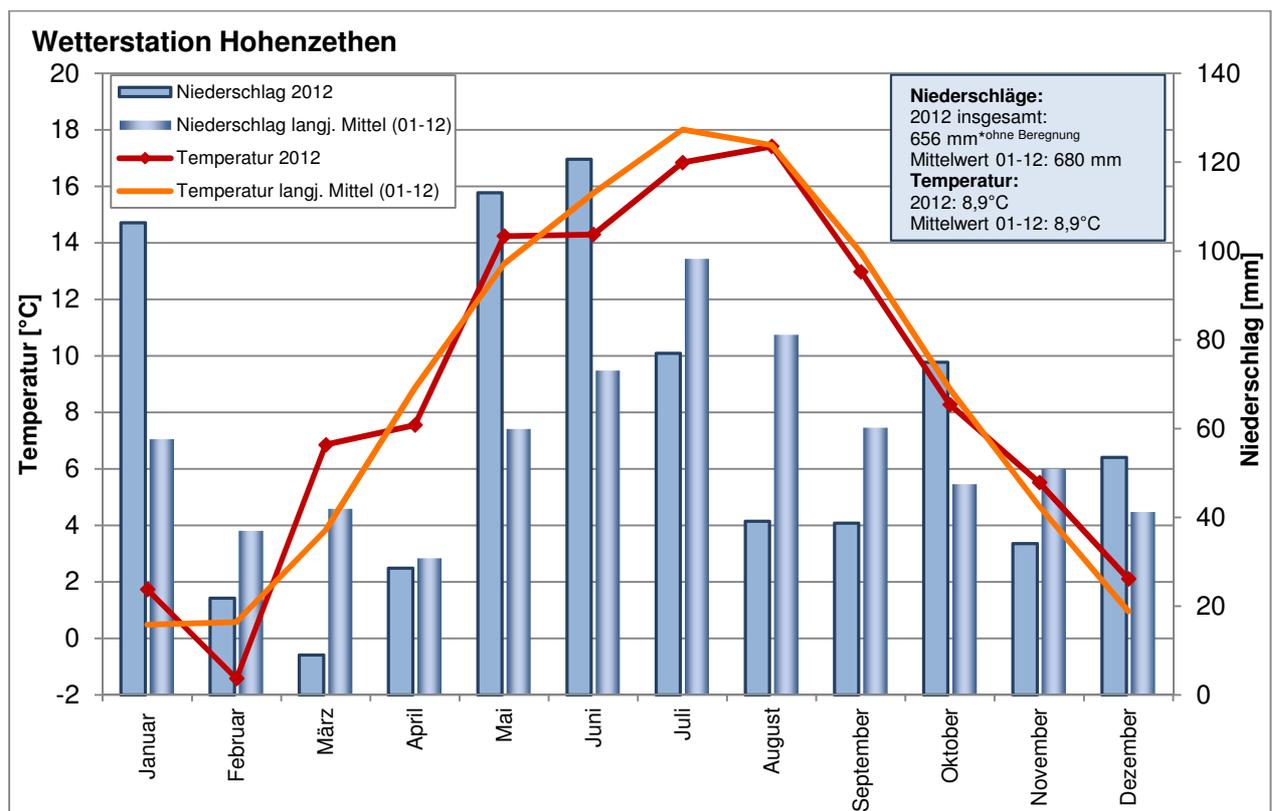


Abbildung 89: Klimadiagramm Wetterstation, Hohenzethen, 2012

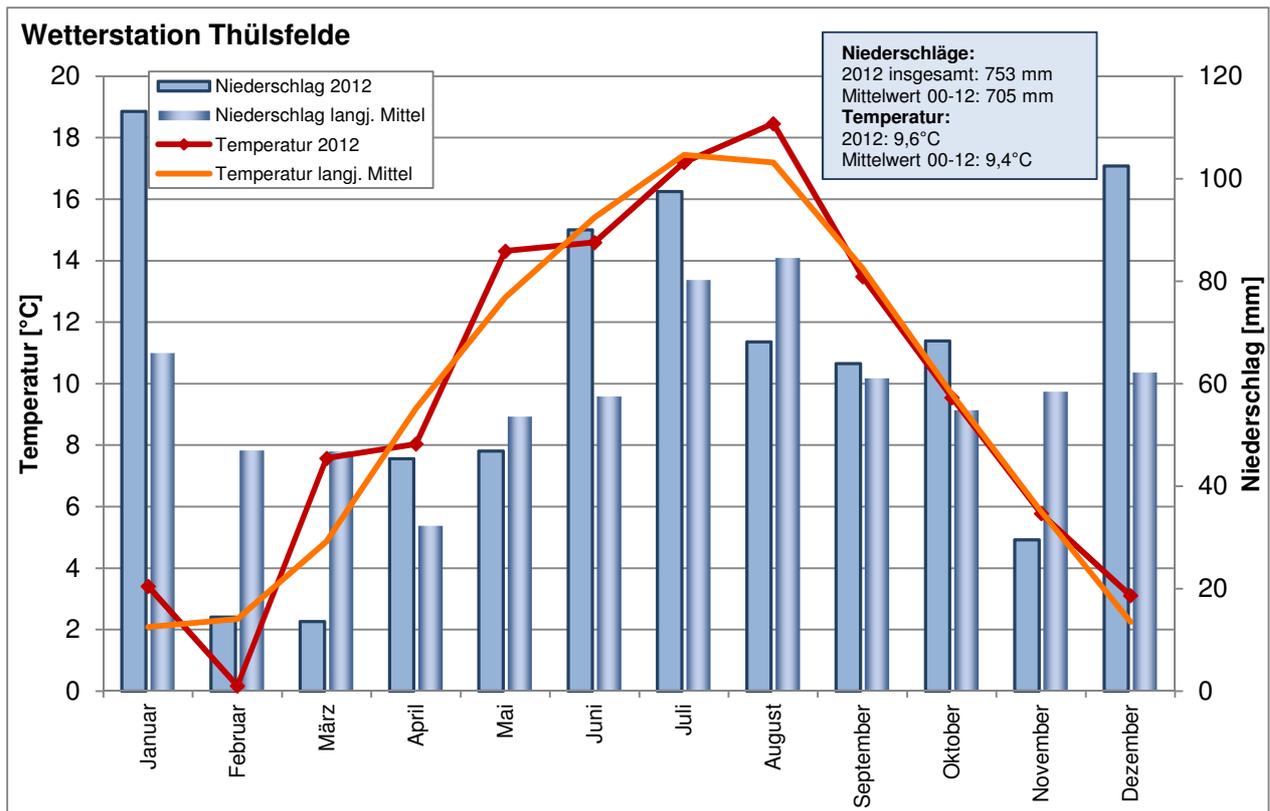


Abbildung 90: Klimadiagramm Wetterstation, Thülsfelde, 2012

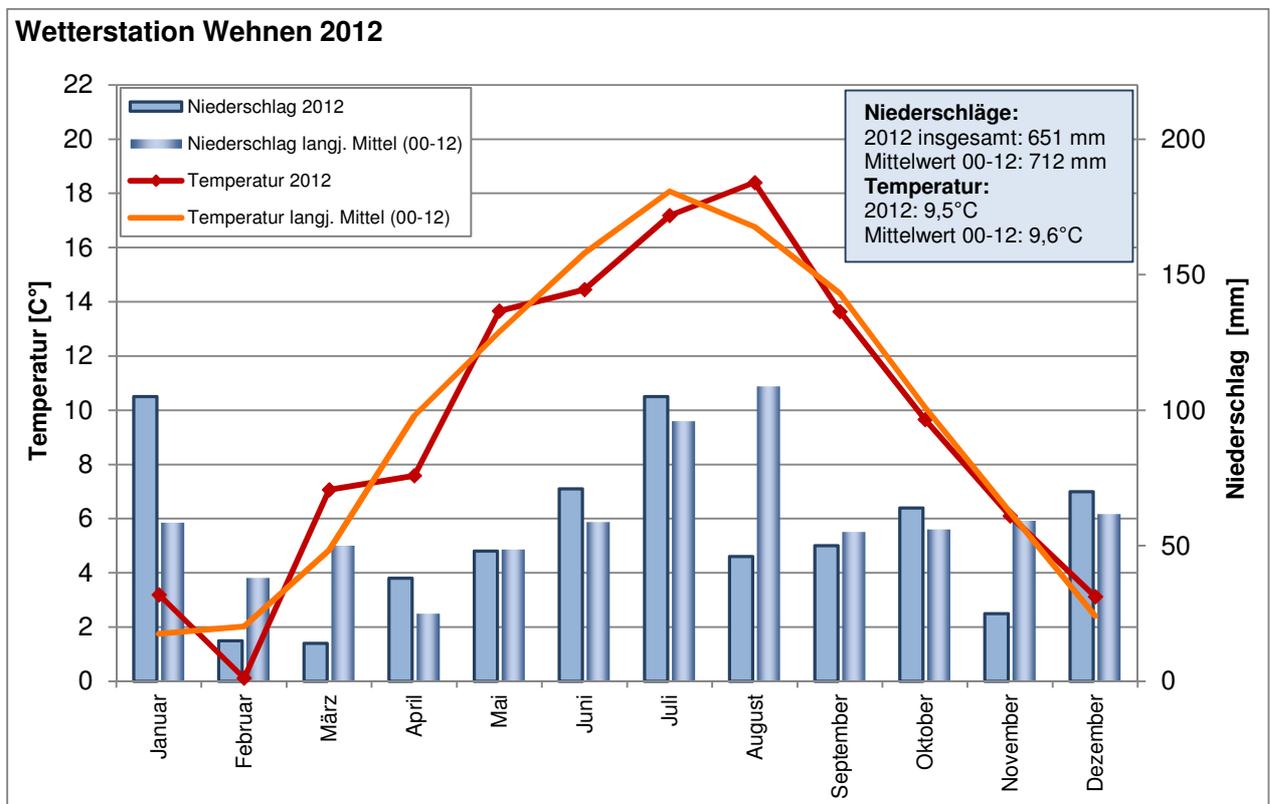


Abbildung 91: Klimadiagramm Wetterstation, Wehnen, 2012

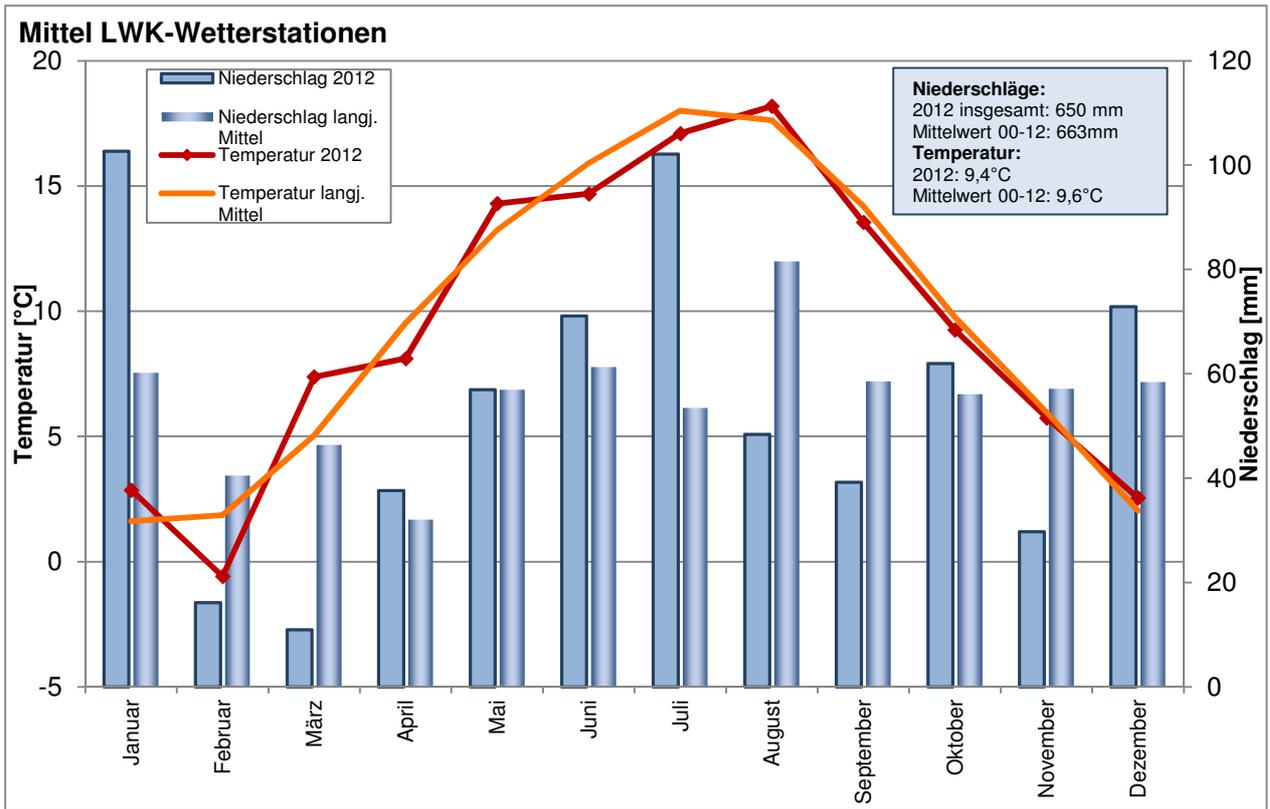


Abbildung 92: Klimadiagramm, Mittel aller LWK-Wetterstationen, 2012

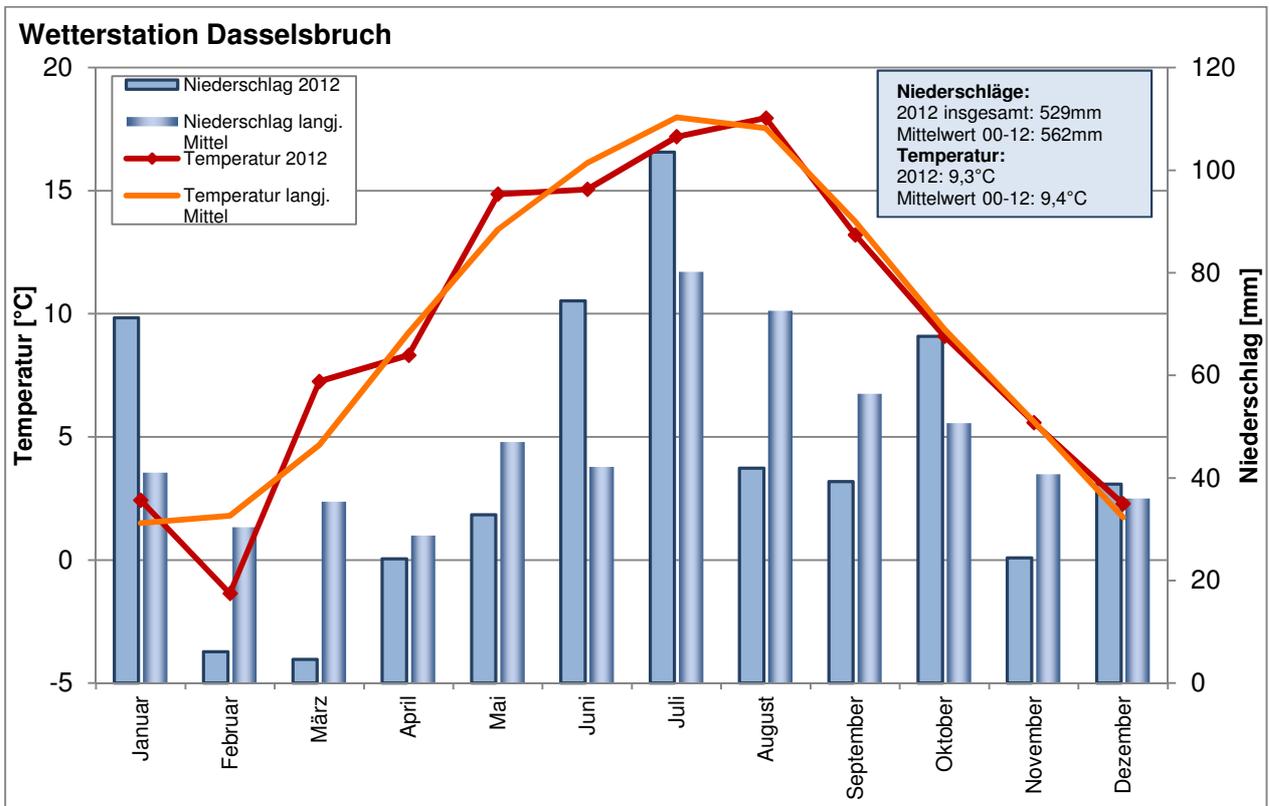


Abbildung 93: Klimadiagramm Wetterstation, Dasselsbruch, 2012

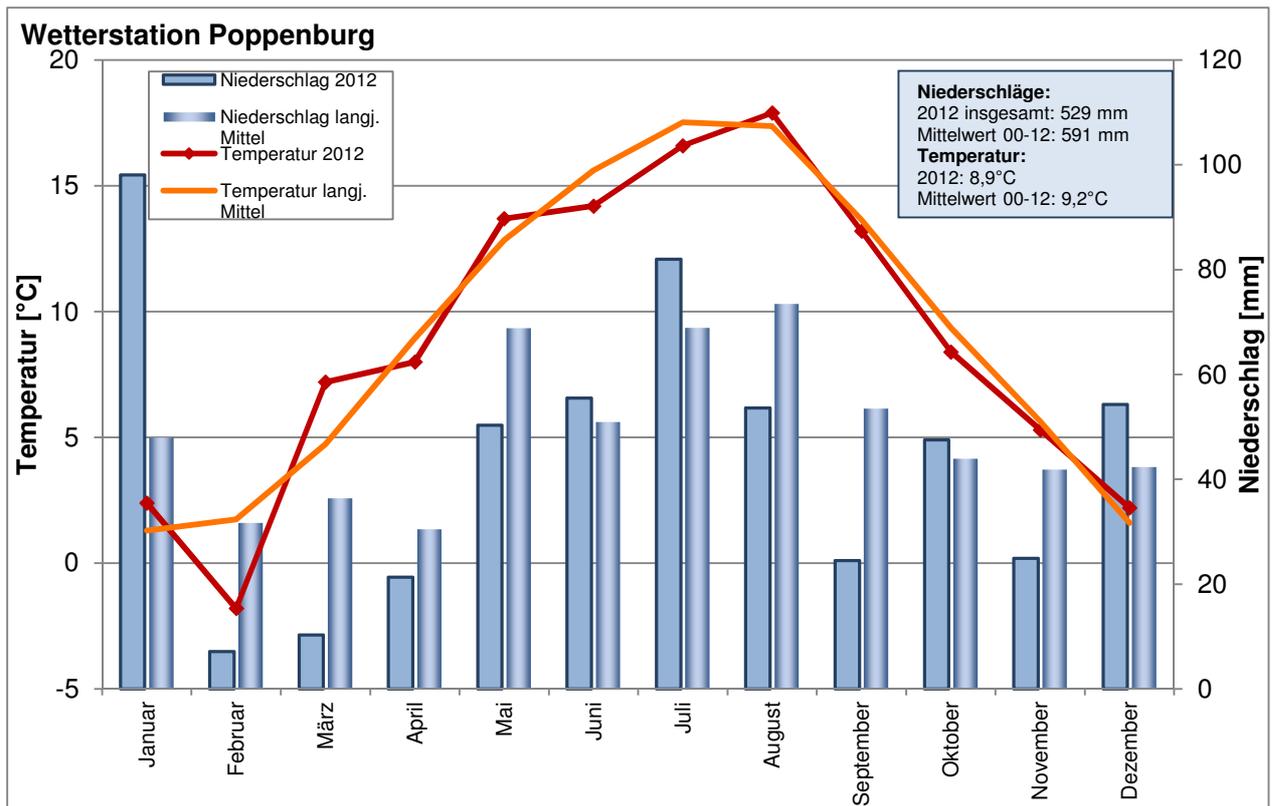


Abbildung 94: Klimadiagramm, Wetterstation Poppenburg, 2012

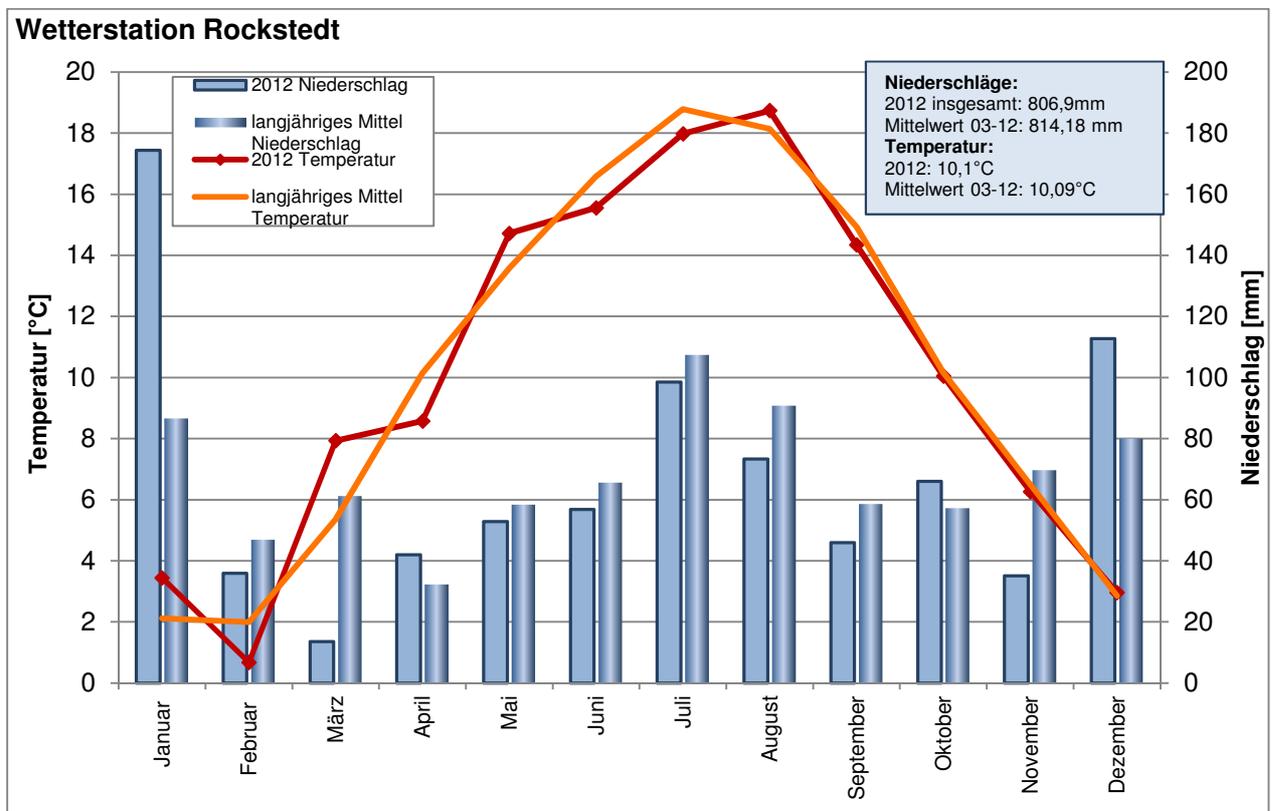


Abbildung 95: Klimadiagramm, Wetterstation Rockstedt, 2012

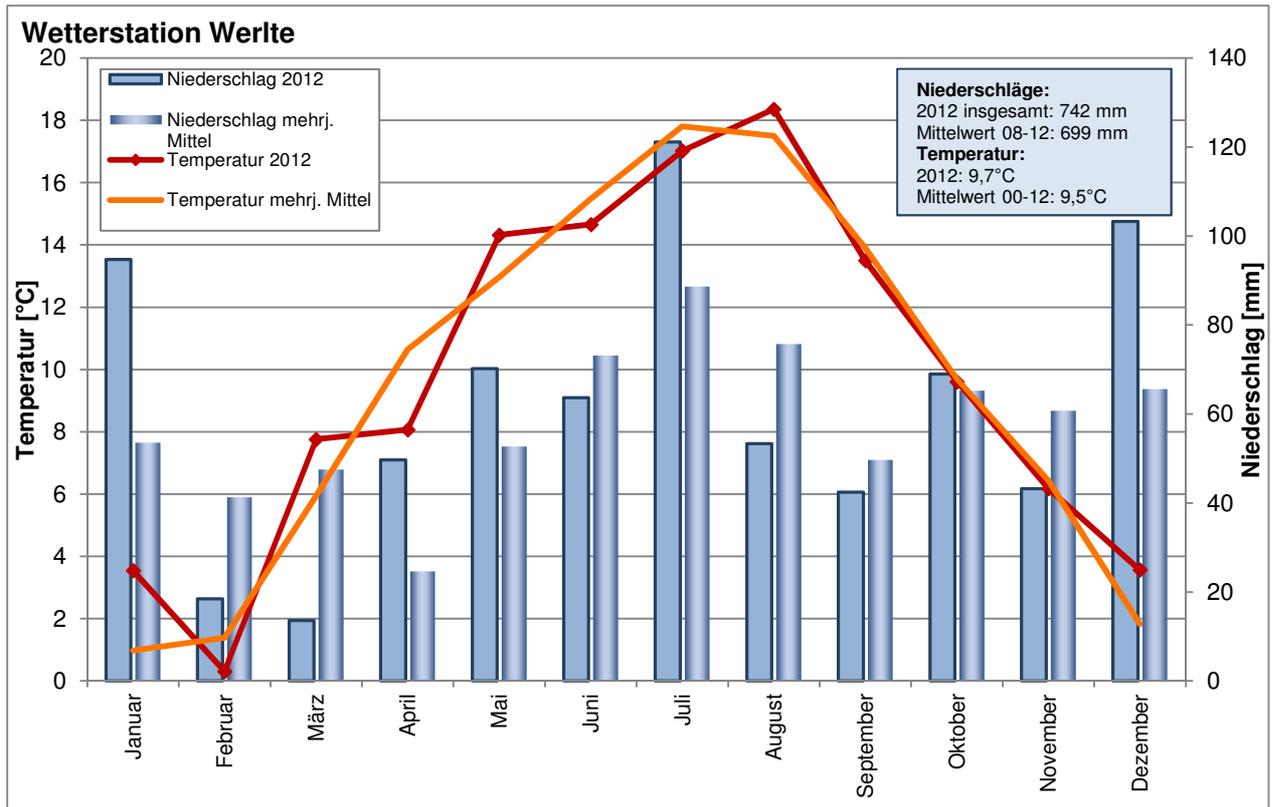


Abbildung 96: Klimadiagramm, Wetterstation Werlte, 2012

6.2. Versuchsdaten

Versuchsdaten - Versuch Nr. 643

Tabelle 28: Versuchsdaten „Auswirkung gestaffelter N-Düngung und Gärrestdüngung“, 2012 (643)

Variante	N-Düngung	Fruchtart	Fruchtfolge	Kornertrag dt/ha	Protein %	N-Abfuhr [kg/ha]	Bilanz [kg/ha]	N _{min} Frühjahr	N _{min} nach der Ernte [kg/ha]	N _{min} zur Sickerwasserspende [kg/ha]
Kontrolle	0	Winterroggen	konventionell	59,2	6,8	64	-64	14	19	9
50 kg Mineral-N	50			67,5	7,1	77	-27	15	23	12
150 kg Mineral-N	150			83,4	7,8	104	46	20	23	10
200 kg Mineral-N	200			87,1	8,7	121	79	20	30	17
250 kg Mineral-N	250			85,2	9,6	131	119	18	24	13
Entec 150 kg N	150			89,4	8,6	123	27	19	54	16
Kontrolle	0	Winterroggen + Zwischenfrucht	Bioenergie	48,8	6,9	54	-54	15	23	10
50 kg Mineral-N	50			62,4	7,2	72	-22	19	23	13
150 kg Mineral-N	150			82,8	10,0	132	18	19	32	8
200 kg Mineral-N	200			79,6	9,9	126	74	18	31	11
250 kg Mineral-N	250			81,0	9,3	121	130	17	31	8
Entec 150 kg N	150			84,8	9,5	129	21	21	47	15

Versuchsdaten – Versuch Nr. 644

Tabelle 29: Versuchsdaten „Auswirkungen gestaffelter N-Düngung und konservierender Fruchtfolge“ 2012 (644)

Standort	Versuch	Variante	Düngung [kg N/ha]			Ertrag	Protein	N-Entzug	N-Bilanz	N _{min} [kg/ha]	
			organisch	mineralisch	gesamt	[dt/ha]	[%]	[kg/ha]	[kg/ha]	nach der Ernte	zur Sickerwasserspende
Thülsfelde	644a	ohne N-Düngung	0	0	0	21,8	10,1	35	-35	22	25
		50 kg Mineral-N	0	50	50	52,5	10,3	87	-37	25	25
		100 kg Mineral-N	0	100	100	58,1	11,1	103	-23	26	29
		150 kg Mineral-N	0	150	150	62,1	11,6	115	5	31	28
		200 kg Mineral-N	0	200	200	61,1	11,6	113	47	49	33
		Sollwert Düngung	72	52	124	59,9	10,3	99	25	38	43
	644b	ohne N-Düngung	0	0	0	107,1	5,4	93	-93	22	23
		50 kg Mineral-N	0	50	50	153,7	5,7	140	-90	21	26
		100 kg Mineral-N	0	100	100	173,8	6,2	172	-72	20	30
		150 kg Mineral-N	0	150	150	190,9	6,8	208	-58	35	34
		200 kg Mineral-N	0	200	200	200,5	7	225	-25	78	71
		Sollwert Düngung	99	53	152	193,2	6,7	207	-55	37	35
		250 kg Mineral-N	0	250	250	196,7	6,9	217	33	121	81
	644c	ohne N-Düngung	0	0	0	29,6	10	47	-47	29	15
		40 kg Mineral-N	0	40	40	53,9	9	78	-38	28	14
		80 kg Mineral-N	0	80	80	79,2	9,1	115	-35	26	14
		120 kg Mineral-N	0	120	120	88,7	10,1	143	-23	36	21
		160 kg Mineral-N	0	160	160	90,8	10,8	157	3	28	23
		Sollwert Düngung	72	48	120	90,6	9,8	142	-22	39	26
		200 kg Mineral-N	0	200	200	92,7	11,7	174	26	45	32

Versuchsdaten – Versuch Nr. 645

Tabelle 30: Versuchsdaten „N-Nachlieferung der Zwischenfrucht“ 2012 (645)

Versuch	Standort	Block	Variante			N _{min} 0-90 cm [kg/ha]	
			Hauptfrucht	Zwischenfrucht	Düngung zur Zwischenfrucht [kg N/ha]	nach der Ernte	06.12.2012
645	Wehnen	Block 1	Winterroggen			46	
				keine Zwischenfrucht			38
				Ölrettich	ungedüngt		8
					60 kg Mineral-N		11
			N _{org} , maximale Gabe gem. DüV		9		
		Block 2			nach der Ernte	zur Sickerwasserspende	
	Silomais	Sollwert	104	57			

Versuchsdaten – Versuch Nr. 431

Tabelle 31: Versuchsdaten „Düngestaffelung bei Silomais“, 2012 (431)

Versuch	Standort	Variante	N-Düngung [kg/ha]		N-Zufuhr	Ertrag	Protein	N-Entzug	N-Bilanzsaldo	N _{min} 0-90 cm [kg/ha]			
			organisch	mineralisch	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[kg/ha]	[kg/ha]	14.06.2012	22.06.2012	12.10.2012	15.11.2012
431	Rockstedt	ohne min. Düngung	0	0	0	156	6,3	157	-157	122	137	39	54
		KAS 60N	0	60	60	176	6,3	177	-117	135	214	41	39
		KAS 120N	0	120	120	191	6,6	201	-81	192	181	50	46
		KAS 180N geteilt	0	180	180	191	7,4	226	-46	248	203	64	71
		KAS 240N geteilt	0	240	240	198	7,4	234	6	221	180	97	100
		KAS 300N geteilt	0	300	300	190	7,4	225	75			151	108
		KAS (SW 180N mineral)	0	150	150	187	7,3	218	-68				
		Gärrest 120ges.N organisch	84	0	84	185	6,5	192	-108				
		Gärrest 120ges.N+5l Nitrifikationshemmer	84	0	84	189	6,5	196	-112				
		Gärrest 150ges.N+40kgH	105	40	145	204	7	229	-84				
		Gärrest 150ges.N+40kgH+5l Nitrifikationshemmer	105	40	145	201	7	225	-80				
		Gärrest 150ges.N geteilt	150	0	150	195	6,9	215	-65				
		Gärrest 120ges.N geteilt	134	0	134	188	7,2	216	-82				
		Gärrest 190ges.N geteilt	135	0	135	191	7	214	-79				
		ENTEC 120N	0	120	120	193	7,1	219	-99				
		ENTEC 180N	0	180	180	193	7,6	234	-54			66	55
431	Wehnen	ohne min. Düngung	0	0	0	197	6,6	208	-208				
		60 N kg/ha KAS	0	60	60	217	6,8	236	-176				
		120 N kg/ha KAS	0	120	120	210	7	235	-115				
		180 N kg/ha KAS	0	180	180	226	7	254	-74				
		240 N kg/ha KAS	0	240	240	205	7,3	240	0				
		300 N kg/ha KAS	0	300	300	221	7,2	255	45				
		120 org. N (Gülle/Gärrest)	124	0	124	215	7	241	-117				
		KAS (SW 180 N mineralisch)	0	143	143	229	7	257	-114				
		Gülle 120 Ges.-N + KAS 50 N	124	50	174	226	6,8	246	-72				
		Gülle 120 Ges.-N + KAS 100 N	124	100	224	227	7,2	261	-37				
		Gülle 120 Ges.-N + KAS 150 N geteilt	124	150	274	224	7,2	258	16				
		Gülle 120 Ges.-N + KAS 200 N geteilt	124	200	324	224	7,1	254	70				

Versuchsdaten – Versuch Nr. 646

Tabelle 32: Versuchsdaten „Auswirkungen von Stoppel-/Bodenbearbeitung nach Mais“ (646)

Versuch	Standort	Variante	N _{min} 0-90 cm [kg/ha]			
			Datum	16.10.2012	15.11.2012	12.12.2012
646	Borgholt	nach der Ernte	79			
		ohne Bodenbearbeitung	ohne Grünroggen		59	57
			mit Grünroggen		73	80
		mit Bodenbearbeitung	ohne Grünroggen		64	56
			mit Grünroggen		59	50
		Datum		09.10.2012	13.11.2012	13.12.2012
	Wehnen	nach der Ernte	62			
		ohne Bodenbearbeitung	ohne Grünroggen		49	50
			mit Grünroggen		70	59
		mit Bodenbearbeitung	ohne Grünroggen		58	84
mit Grünroggen			93	90		
Pflanzenschutz- versuch	Datum		4 Wochen nach der Ernte	Zur Sicker-wasser-spende		
	Ahausen	keine Bodenebrabeitnung	36	55		
		Hammerschlegler	47	45		
		Doppel-Vierkantwalze	33	37		
		Grubber	43	43		
		Scheibenegge	40	41		
Datum		07.11.2012	06.12.2012	27.02.2012		
Maschinenvorführung (25.10.2012)	Spelle	Tiefe Bodenbearbeitung (25 cm)	194	153	33	
		Hammerschlegler + flache Bodenbearbeitung (5cm) mit Grünroggeneinsaat	150	125	39	
		Hammerschlegler	110	119	31	
		Doppel-Vierkantwalze	127	99	63	
		Hammerschlegler	99	139	60	

Versuchsdaten – Versuch Nr. 648

Tabelle 33: Versuchsdaten „Kritischer Rohproteingehalt“, Poppenburg, 2012 (648)

Ver- such	Stand- ort	Sorte	Variante	N-Düngung [kg/ha]			Pro- tein	Er- trag	N- Ent- zug	N- Bilanz	Nmin 0-90 cm [kg/ha]	
				minera- lisch	orga- nisch	ge- samt	[%]	[dt TM/h a]	[kg/ha]	[kg/ha]	nac h der Ern te	zur Sickerwas- serspense
648	Poppen- burg	Ricar- dino	ohne min. Düngung	0	0	0	5,8	212	196	-196	27	50
			60 N kg/ha KAS	60	0	60	6,8	221	242	-182	38	130
			120 N kg/ha KAS	120	0	120	6,7	226	241	-121	64	106
			180 N kg/ha KAS	180	0	180	7,0	225	251	-71	102	57
			240 N kg/ha KAS	240	0	240	6,9	222	247	-7	158	307
			300 N kg/ha KAS	300	0	300	7,0	218	243	57	209	356
			120 org. N (Gül- le/Gärrest)	0	120	120	6,3	222	224	-104	32	74
		Farm- flex	ohne min. Düngung	0	0	0	6,2	203	202	-202	25	28
			60 N kg/ha KAS	60	0	60	6,8	223	243	-183	35	92
			120 N kg/ha KAS	120	0	120	7,2	229	265	-145	48	53
			180 N kg/ha KAS	180	0	180	7,4	233	276	-96	68	151
			240 N kg/ha KAS	240	0	240	7,6	227	277	-37	125	323
			300 N kg/ha KAS	300	0	300	7,6	223	270	30	115	539
			120 org. N (Gül- le/Gärrest)	0	120	120	6,5	230	238	-118	30	64
		Marleen	ohne min. Düngung	0	0	0	6,2	201	200	-200	24	96
			60 N kg/ha KAS	60	0	60	6,6	218	230	-170	33	117
			120 N kg/ha KAS	120	0	120	7,6	236	288	-168	61	114
			180 N kg/ha KAS	180	0	180	7,7	226	279	-99	63	217
			240 N kg/ha KAS	240	0	240	8,0	228	293	-53	95	228
			300 N kg/ha KAS	300	0	300	8,4	231	311	-11	131	392
			120 org. N (Gül- le/Gärrest)	0	120	120	6,4	217	223	-103	76	52

Tabelle 34: Versuchsdaten „Kritischer Rohproteingehalt, Wehnen, 2012 (648)

Ver- such	Stand ort	Sorte	Variante	N-Düngung [kg/ha]			Pro- tein	Ertrag	N- Entzug	N- Bilanz	N _{min} 0-90 cm [kg/ha]	
				minera- lisch	orga- nisch	ge- samt	[%]	[dtTM/ ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	nach der Ernte	zur Sicker- wasser- spende
648	Wehnen	Ricar- dino	ohne min. Düngung	0	0	0	6,6	197	208	-208	130	141
			60 N kg/ha KAS	60	0	60	6,8	217	236	-176	127	150
			120 N kg/ha KAS	120	0	120	7,0	210	236	-116	203	225
			180 N kg/ha KAS	180	0	180	7,0	226	252	-72	261	336
			240 N kg/ha KAS	240	0	240	7,3	205	239	1	387	360
			300 N kg/ha KAS	300	0	300	7,2	221	256	44	455	325
			120 org. N (Gül- le/Gärrest)	0	120	120	7,0	215	242	-118	193	223
		Farmflex	ohne min. Düngung	0	0	0	7,1	219	247	-247	74	110
			60 N kg/ha KAS	60	0	60	7,2	227	260	-200	100	123
			120 N kg/ha KAS	120	0	120	7,2	237	273	-153	187	158
			180 N kg/ha KAS	180	0	180	7,6	230	281	-101	301	225
			240 N kg/ha KAS	240	0	240	7,4	229	272	-32	449	308
			300 N kg/ha KAS	300	0	300	7,6	230	279	21	451	333
			120 org. N (Gül- le/Gärrest)	0	120	120	7,1	243	277	-153	110	170
		Marleen	ohne min. Düngung	0	0	0	7,4	199	236	-236	54	98
			60 N kg/ha KAS	60	0	60	7,7	226	278	-218	63	149
			120 N kg/ha KAS	120	0	120	7,7	239	296	-176	79	152
			180 N kg/ha KAS	180	0	180	7,9	235	297	-117	144	162
			240 N kg/ha KAS	240	0	240	8,4	232	313	-73	271	279
			300 N kg/ha KAS	300	0	300	8,4	230	309	-9	350	330
			120 org. N (Gül- le/Gärrest)	0	120	120	8,1	238	308	-184	74	126

Versuchsdaten – Versuch Nr. 888

Tabelle 35: Versuchsdaten „Silomais als Zweitfrucht“, 2012 (888)

Ver- such	Stand- ort	Variante	N-Düngung [kg/ha]			Ertrag	Pro- tein	N- Ab- fuhr	N- Bilanz	N _{min}	0-90	cm
			minera- lisch	orga- nisch	ge- samt	[dt TM/ha]	[%]	[kg/ha]	[kg/ha]	nach der Ernte	zur ckerwas- serspende	Si- cker
888	Poppenburg	ohne Düngung	0	0	0	94,5	6,7	102	-102	29		
		60 kg N/ha	60	0	60	106,8	7,5	128	-68	27		
		120 kg N/ha	120	0	120	107,7	7,9	135	-15	27		
		180 kg N/ha	180	0	180	107,9	8	137	43	29		
		240 kg N/ha	240	0	240	108,9	8,1	141	99	117		
		300 kg N/ha	300	0	300	103,4	8,4	138	162	148		
		120 kg N/ha aus Gärrest		120	120	104,9	7,5	126	-6	109		
	Rockstedt	ohne Düngung	0	0	0	61	7,4	72	-72	25	44	
		60 kg N/ha	60	0	60	75,3	7,7	93	27	23	50	
		120 kg N/ha	120	0	120	85,3	8,7	119	1	46	67	
		180 kg N/ha	180	0	180	90,9	8,7	126	54	71	152	
		240 kg N/ha	240	0	240	95,4	8,9	135	105	154	184	
		300 kg N/ha	300	0	300	96,2	9	139	161	245	254	
		120 kg N/ha aus Gärrest	0	0	0	74	7,4	87	33	29	60	
	Werlte	ohne Düngung	0	0	0	53,7	8,1	69	-69	20	32	
		60 kg N/ha	60	0	60	75,2	7,8	94	-34	21	32	
		120 kg N/ha	120	0	120	92,2	8	118	2	25	37	
		180 kg N/ha	180	0	180	93,6	8,6	129	51	56	81	
		240 kg N/ha	240	0	240	102,3	8,5	139	101	69	63	
		300 kg N/ha	300	0	300	94,8	8,7	131	169	49	124	
		120 kg N/ha aus Gärrest	0	120	120	93,4	8,5	126	-6	27	54	

Tabelle 36: Versuchsdaten „Silomais als Zweitfrucht“, 2010-2012 (888)

Standort	N-Düngung	2010			Zweitfruchtanbau	2011	2012			Hauptfruchtanbau	
		Zweitfruchtanbau					Hauptfruchtanbau	Zweitfruchtanbau			
		Getreide-GPS	Silomais	Gesamtertrag	Silomais	Getreide-GPS		Silomais	Gesamtertrag		
Poppenburg	0	Trockenschäden			75,1	206,6	22,4	94,5	116,9	211,6	
	60				105,6	226,2	22,4	106,8	129,2	221,3	
	120				115,6	254,4	22,4	107,7	130,1	226,4	
	180				111,8	252,8	22,4	107,9	130,3	224,8	
	2,0				114,3	247,5	22,4	108,9	131,3	222,5	
	300				114,5	259,5	22,4	103,4	125,8	218,0	
Rockstedt	0	Trockenschäden			75,6	156,8	154,2	61,0	215,2	155,9	
	60				84,8	177,5	154,2	75,3	229,5	175,8	
	120				94,5	182,1	154,2	85,3	239,5	190,6	
	180				91,5	188,3	154,2	90,9	245,1	190,6	
	240				93,4	196,0	154,2	95,4	249,6	197,7	
	300				-	181,1	154,2	96,2	250,4	190,4	
Werlte	0	171,8	70,0	241,8	57,2	Trockenschäden			158,2	53,7	211,9
	60	171,8	80,6	252,4	74,5				158,2	75,2	233,4
	120	171,8	87,6	259,4	77,7				158,2	92,2	250,4
	180	171,8	92,2	264,0	78,0				158,2	93,6	251,8
	240	171,8	98,1	269,9	75,8				158,2	102,3	260,5
	3,0	171,8	88,3	260,1	74,3				158,2	94,8	253,0

Versuchsdaten – Versuch Nr. 871

Tabelle 37: Versuchsdaten „Erträge Durchwachsene Silphie“, 2010-2012 (871)

Versuch	Jahr	Standort	Ø Ertrag [dt TM/ha]
871	2010	Dasselsbruch	122
		Poppenburg	165
		Werlte	119
	2011	Dasselsbruch	161
		Poppenburg	174
		Werlte	134
	2012	Dasselsbruch	146
		Poppenburg	147
		Werlte	131

Tabelle 38: Versuchsdaten „Anbau Durchwachsene Silphie“ 2012, (871)

Versuch	Standort	Variante	Ertrag	N _{min} 0-90 cm	
				nach der Ernte	zur Sickerwasserspense
			[dt TM/ha]	[kg/ha]	
887	Dasselsbruch	Sollwert	Ø146	10	7
		Sollwert -25%		15	13
		Sollwert +25%		12	10
	Poppenburg	Sollwert	150	20	21
		Sollwert -25%	142	12	10
		Sollwert +25%	150	11	15
	Werlte	Sollwert	Ø131	20	15
		Sollwert -25%		24	15
		Sollwert +25%		26	18

Versuchsdaten – Versuch Nr. 887

Tabelle 39: Versuchsdaten „Auswirkungen von Untersaaten, 2012 (887)

Versuch	Standort	Variante		Ertrag		N _{min} -Werte		
		Aussaatzeitpunkt	Untersaat	Untersaat	Silomais	nach der Ernte	zur Sickerwasserspense	
				[dt TM/ha]	[dt TM/ha]	0-90 cm	0-90 cm	
887	Dasselsbruch	ohne Untersaat			198	44	31	
		1-2 Tage vor Aussaat Mais	Rotschwengel		194	29	24	
			Deutsches Weidelgras		130	24	19	
		4-6 Blatt Mais	Deutsches Weidelgras		197	26	30	
			Welsches Weidelgras		186	29	20	
		8-10 Blatt Mais	Deutsches Weidelgras		188	28	22	
			Welsches Weidelgras		190	29	36	
		Wehnen	ohne Untersaat			174	43	42
			1-2 Tage vor Aussaat Mais	Rotschwengel		182	32	29
				Deutsches Weidelgras	7	156	34	25
	4-6 Blatt Mais		Deutsches Weidelgras	13	159	28	30	
		Welsches Weidelgras	29	186	30	37		
	8-10 Blatt Mais	Deutsches Weidelgras	14	180	36	52		
		Welsches Weidelgras	32	188	29	50		
Pflanzenschutzversuch	Stapel	ohne Untersaat				42	56	
		26.04.2012	Schwengel-Mischung			27	30	
		31.05.2012	Schwengel-Mischung			40	49	
			Weidelgras-Mischung			45	62	
		20.06.2012	Weidelgras-Mischung			35	37	
			Leguminosen			34	50	

Versuchsdaten – Versuch Nr. 901

Tabelle 40: Versuchsdaten „Auswirkungen von Gülleunterfußdüngung“, 2012 (901)

Standort	Variante	N-Düngung [kg/ha]		N-Zufuhr [kg/ha]	Ertrag [dtTS/ha]	Protein [%]	N-Abfuhr [kg/ha]	N-Bilanz [kg/ha]	N _{min} 0-90 cm [kg/ha]	
		organisch	mineralisch						nach der Ernte	zur Sickerwasser-spende
Sandkrug	Gülle breit, UFD min. Standard	171	23	194	216	7	252	-58	60	68
	ohne N-Düngung	0	0	0	167	5	134	-134	58	61
	Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	171	23	194	218	8	275	-81		
	Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	171	23	194	227	8	294	-100		
	66 % Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	110	23	133	218	8	272	-139	40	59
	66 % Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	110	23	133	219	8	291	-158	53	65
Wehnen	Gülle breit, UFD min. Standard	131	23	154	203	7	230	-76	29	
	ohne N-Düngung	0	0	0	128	5	110	-110	24	
	Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	131	23	154	197	7	215	-61		
	Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	131	23	154	202	7	223	-69		
	66% Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	86	23	109	206	7	215	-106	28	
	66% Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	86	23	109	202	7	219	-110	29	
Bassum	Gülle breit, UFD min. Standard	128	23	151	209	7	230	-79		
	ohne N-Düngung	0	0	0	157	5	135	-135		
	Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	128	23	151	220	7	257	-106		
	Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	128	23	151	223	7	264	-113		
	66% Gülle UFD mit Nitrifikationshemmer, UFD min.	85	23	108	206	7	224	-116		
	66% Gülle UFD ohne Nitrifikationshemmer, UFD min.	85	23	108	207	7	221	-113		

6.3 Literatur

ANTJE HERMANN und FRIEDHELM TAUBE; „Nitrogen Concentration at Maturity—An Indicator of Nitrogen Status in Forage Maize“; Agronomy Journal Volume Nr 1/97 pp 201-210 (2005)

FRIEDERIKE LÜBBEN; „The impact of environmental conditions, variety and N fertilization on the N-content of silage maize – Validation of the critical N concept“ Masterarbeit Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

K. THORUP-KRISTENSEN; „The effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops“ Fertilizer research Volume Nr. 37 pp 227-234 (1994)