Versuchsbericht 2011

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Versuchsergebnisse zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung

Dieser Versuchsbericht sowie Anlage, Betreuung und Auswertung der Versuchsflächen wird finanziert durch das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

Inhalt

Abbildungsverzeichnis....2

Tabellenverzeichnis....6

1 Einleitung....9

2 Versuchsübersicht....10

3 Dauerversuchsstandorte....12

3.1 Versuch 643 – Auswirkung einer gestaffelten N-Düngung ausgewählter N-Düngungssysteme und einer Bioenergie-Fruchtfolge auf Erträge und N-Dynamik im Boden; Standort Hohenzethen....12

3.1.1 Versuchsdurchführung....12

3.1.2 Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse (643)....15

3.1.3 Zusammenfassung Versuch 643....22

3.2 Versuch 644 Einfluss einer gestaffelten N-Düngung und einer konservierenden Fruchtfolge auf die N-Dynamik im Boden; Standort Thülsfelde....23

3.2.1 Versuchsdurchführung....23

3.2.2 Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse (644)....27

3.2.3 Darstellung der N-Bilanzsalden....30

3.2.4 Zusammenfassung Versuch 644....31

4 Versuche zum Grundwasserschutzorientierten Energiepflanzenanbau....32

4.1 Versuch 641 – welche Auswirkungen haben eine grundwasserschutzorientierte N-Düngung und der Zweitfruchtanbau im Energiepflanzenanbau aus Biogasausbeute, Erträge und N-Dynamik im Boden?....32

4.1.1 Versuchsdurchführung....32

4.1.2 Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse (641)....35

4.1.3 Einfluss auf die Rest-Nmin-Gehalte im Boden....40

4.1.4 Darstellung der N-Bilanzsalden....43

4.1.5 Zusammenfassung Versuch 641....45

4.2 Versuch 888- welche Auswirkungen hat Silomais als Zweitfrucht nach Getreide-GPS auf die N-Dynamik im Boden?....46

4.2.1 Versuchsdurchführung....46

4.2.2 Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse (888)....48

4.2.3 Zusammenfassung Versuch 888....53

5 Ergänzende Nmin-Untersuchungen....54

5.1 Übersicht....54

5.2 Ergebnisse 55
5.2.1 Spät-Nmin-Beprobung im Silomais zu vier verschiedenen Terminen 55
5.2.2 Versuch 490 und 687 – Welchen Einfluss hat die Höhe der Gärrest-Düngung in Zuckerrüben zur Energiegewinnung auf die N-Dynamik im Boden? 61
5.2.3 Versuch 765 – Welchen Einfluss hat der Aussaatzeitpunkt von verschiedenen Energiefrüchten auf die N-Dynamik im Boden? 61
5.2.4 Versuch 871 – Welchen Einfluss haben der Anbau und die N-Düngung der durchwachsenen Silphie auf die N-Dynamik des Bodens? 75
5.2.5 Versuch 874 – Welchen Einfluss hat die Drilltechnik bei Silomais auf die N-Dynamik des Bodens? 77
5.2.6 Versuch 875 – Welchen Einfluss hat die Gülleunterfußdüngung bei Silomais auf die N-Dynamik des Bodens? 79
5.2.7 Versuch 887 – Welchen Einfluss haben Untersaaten bei Silomais auf die N-Dynamik im Boden? 82
6 Anhang 86
6.1 Wetterdaten 86
6.2 Versuchsdaten 89
6.2.1 Bilanzdaten Versuch 641 89
6.2.2 Ertrag und Nmin-Bilanz Versuch 643 90
6.2.3 Ertrag und Bilanz Versuch 644 91
6.2.4 Versuch 888 94
6.2.5 Ergänzende Nmin-Untersuchungen 96

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsstandorte 2011 10
Abbildung 2: Versuchsstandort Hohenzethen 12
Abbildung 3: Relativerträge Braugerste 2011, Versuch 643 Hohenzethen 16
Abbildung 4: Eiweißgehalt Braugerste 2011, Versuch 643 Hohenzethen 17
Abbildung 5: N-Optimum in Abhängigkeit der N-Düngung, 2011 18
Abbildung 6: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte 19
Abbildung 7: Nmin-Gehalte im Boden zur Sickerwasserspende, Versuch 643, Hohenzethen 2011 19
Abbildung 8: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte 20

Abbildung 9: Nmin-Gehalte im Boden zur Sickerwasserspende, Versuch 643, Hohenzethen 2011 20

Abbildung 10: N-Saldo Braugerste, beide Fruchtfolgesysteme, Versuch 643, Hohenzethen 2011.21

Abbildung 11: Lage des Versuchsstandortes Thülsfelde (LK Cloppenburg).....23

Abbildung 12: Silomais Trockenmasseertrag und Optima in Abhängigkeit von der Reihenweite (Engsaat: 37,5 cm und Normalsaat: 75 cm), Versuch 644, Thülsfelde.....27

Abbildung 13: Silomais Trockenmasseertrag bei Sollwertdüngung (organisch-mineralisch) in Abhängigkeit von der Reihenweite (Engsaat 37,5 cm / Normalsaat 75 cm), Versuch 644, Thülsfelde 2008/2011).....28

Abbildung 14: Nmin-Gehalte im Boden im Jahresverlauf bei Engsaat und Sollwertdüngung, Thülsfelde, 2008/2011 29

Abbildung 15: Nmin-Gehalte im Boden im Jahresverlauf bei Normalsaat und Sollwertdüngung, Thülsfelde, 2008/2011 29

Abbildung 16: Nmin-Gehalte nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von Reihenweite (Engsaat 37,5 cm und Normalsaat 75 cm) Versuch 644, Thülsfelde 2008/2011 30

Abbildung 17: Bilanzsalden Versuch 644, Thülsfelde 30

Abbildung 18: Bilanzsalden Versuch 644, Thülsfelde 2009-2011 31

Abbildung 19: Ernte von Sudangras 34

Abbildung 20: Trockenmasseabfuhr Silomais mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zum Ackergras, Versuch 641, Wehnen, 2009-2011 38

Abbildung 21: Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Silomais als Haupt- bzw. Zweitfrucht, versuch 641, Wehnen, 2009-2011 38

Abbildung 22: Trockenmasseabfuhr Sudangras mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zum Ackergras, Versuch 641, Wehnen, 2009-2011 39

Abbildung 23: Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Sudangras als Haupt- bzw. Zweitfrucht, Versuch 641, Wehnen, 2009-2011.....39

Abbildung 24: Gärrest-N-MDÄ in Abhängigkeit von Fruchtart , Anbauweise und –Jahr, Versuch 641, Wehnen ∅ 2009-2011 40

Abbildung 25: Nmin-nach der Ernte von Silomais bzw. Sudangras, Versuch 641, Wehnen ∅ 2008-2011 41

Abbildung 26: Nmin zum Zeitpinkt der Sickerwasserspende, nach der Ernte von Silomais bzw. Sudangras im Ein bzw. Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen ∅ 2008-2011 42

Abbildung 27: Bilanzsaldo beim Anbau von Silomais im Ein- und Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen 2009-2011 44

Abbildung 28: Bilanzsaldo beim Anbau von Sudangras im Ein- und Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen, 2009-2011 45

Abbildung 29: Ertragskurven und Optima von Silomais als Zweitfrucht, Versuch 888, 2011 49

Abbildung 30: Ertragskurven und N-Optima von Silomais im Ein- und Zweitfruchtanbau, Versuch 888 und 431, Rockstedt, 2011 50

Abbildung 31: Ertragskurven und N-Optima von Silomais im Ein- und Zweitfruchtanbau, Versuch 888 und 431, Poppenburg, 2011 51

Abbildung 32: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais als Zweitfrucht, Versuch 888, Poppenburg, 2011 52

Abbildung 33: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais als Zweitfrucht, Versuch 888, Rockstedt und Werlte, 2011 52

Abbildung 34: Nmin-Gehalt im Boden zur Sickerwasserspende (Silomais als Zweitfrucht), Versuch 888, Rockstedt und Werlte, 2011 53

Abbildung 35: Spät-Nmin im Silomais, Wehnen 58

Abbildung 36: Klimadaten Wehnen, 2011 58

Abbildung 37: Spät-Nmin im Silomais, Poppenburg 58

Abbildung 38: Klimadaten, Poppenburg, 2011 58

Abbildung 39: Spät-Nmin im Silomais, Rockstedt 58

Abbildung 40: Klimadaten Rockstedt, 2011 58

Abbildung 41: Durchschnittliche Nmin-Werte der einzelnen Düngestufen, sortiert nach Standort .59

Abbildung 42: Treffsicherheit der späten Nmin-Probenahme 59

Abbildung 43: Ertragsleistungen der Hauptfrüchte nach Grünroggen bei unterschiedlichen Aussaatterminen im Vergleich zum Hauptfruchtanbau Mais, bzw. Zeitfruchtanbau nach GPS Nutzung am Standort Werlte 63

Abbildung 44: Ertragsleistungen der Hauptfrüchte nach Grünroggen bei unterschiedlichen Aussaatterminen im Vergleich zum Hauptfruchtanbau Mais, bzw. Zeitfruchtanbau nach GPS Nutzung am Standort Poppenburg 66

Abbildung 45: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben am Standort Hamerstorf bezogen auf BZE und α-Amino-N-Gehalt, 2011 68

Abbildung 46: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben am Standort Hamerstorf bezogen auf TS-gehalt und TS-Ertrag, 2011 68

Abbildung 47: MDÄ für 15m³ Gärrest, für 30m³ nicht ermittelbar, da mineralische Stufen nur bis 100 kg N/ha gehen 69

Abbildung 48: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben am Standort Hamerstorf bezogen auf BZE und alpha-Amino-N 2011 69

Abbildung 49: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben am Standort Werlte bezogen auf BZE und alpha-Amino-N 2011 70

Abbildung 50: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben am Standort Werlte bezogen auf TS-Gehalt und TS-Ertrag 2011 70

Abbildung 51: Ergebnis Stickstoffdüngung zu Zuckerrüben am Standort Hamerstorf 2011 (Düngungsstufen: 0, 80, 120, 160, 200 kg N/ha) 71

Abbildung 52: Nmin-Werte nach der Zuckerrübenernte in Hamerstorf, 2011 72

Abbildung 53: Rest- Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Zuckerrüben als Energiepflanze in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 490, Standort Werlte und Großenrode/Höckelsheim, 2011 73

Abbildung 54: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende, Versuch 765, Werlte 2011 74

Abbildung 55: Trockenmasseerträge der Durchwachsenen Silphie, 2011 75

Abbildung 56: Nmin-Gehalte im Boden, nach der Ernte der durchwachsenen Silphie, versuch 871, 2011 76

Abbildung 57: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite, Versuch 874, Werlte; 2011 77

Abbildung 58: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite, Versuch 874, Werlte; 2008-2011 78

Abbildung 59: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite, Versuch 874, Poppenburg; 2009-2011 79

Abbildung 60: Relative Trockenmasse-Erträge in % zur Variante „UFD min – Gülle breit“, Silomais, Wehnen, 2011 79

Abbildung 61: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 875, Wehnen, 2011 80

Abbildung 62: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 875, Werlte, 2011 81

Abbildung 63: Relative Trockenmasse-Erträge in % zur Variante „UFD min – Gülle breit“, Silomais, Werlte, 2011 81

Abbildung 64: Untersaat im Mais, deutsches Weidelgras (links) und Rotschwingel (rechts) 84

Abbildung 65: Trockenmasseerträge von Silomais mit und ohne Untersaaten, 2011 84

Abbildung 66: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais mit und ohne Untersaaten, Standort Dasselsbruch, 2011 85

Abbildung 67: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais mit und ohne Untersaaten, Standort Wehnen, 2011 85

Abbildung 68: Wetterdaten Wehnen, 2011 86

Abbildung 69: Wetterdaten Hohenzethen, 2011 86

Abbildung 70: Wetterdaten Thülsfelde, 2011 87

Abbildung 71: Witterungsverlauf im Mittel der LWK-Wetterstationen, 2011 87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die durchgeführten Versuche 2011 10

Tabelle 2: Boden- und Klimakennwerte Hohenzethen 13

Tabelle 3: Fruchtfolge Hohenzethen 13

Tabelle 4: N-Düngungsvarianten Hohenzethen, 2011 14

Tabelle 5: Boden- und Klimakennwerte des Standortes Thülsfelde 24

Tabelle 6: Fruchtfolge, Versuch 644, Standort Thülsfelde 25

Tabelle 7: Düngungsschema Silomais, Versuch 644, Standort Thülsfelde 26

Tabelle 8: Aussaattermine, Versuch 641, Wehnen, 2008-2011 32

Tabelle 9: Boden- und Klimakennwerte, Wehnen 33

Tabelle 10: Faktor Fruchtart, Versuch 641, Wehnen 33

Tabelle 11: Faktor N-Düngung, Silomais und Sudangras, Versuch 641 34

Tabelle 12: Erntetermine Versuch 641, Wehnen, 2008-2011....35
Tabelle 13: Trockenmasseerträge, Versuch 641, Wehnen, 2008-2011....36
Tabelle 14: Energieerträge, Versuch 641, Wehnen, 2008-2011....37
Tabelle 15: N-Bilanzsalden Versuch 641, Wehnen ∅ 2008-2011....43
Tabelle 16: Boden- und Klimakennwerte Versuch 888, 2011....46
Tabelle 17: Faktor N-Düngung, Versuch 888, 2011....47
Tabelle 18: Anbaudaten, Versuch 888, 2011....49
Tabelle 19: Ergänzende Nmin-Untersuchungen....55
Tabelle 20: N-Düngung zu Silomais an den Standorten Poppenburg, Rockstedt und Wehnen....56
Tabelle 21: Einfluss der N-Düngung auf den Silomaisertrag an den Standorten Poppenburg, Rockstedt und Wehnen....57
Tabelle 22: Optimale N-Düngung und empfohlene N-Düngung nach der späten Nmin-Beprobung....60
Tabelle 23: Standort Werlte....62
Tabelle 24: Übersucht Nmin-Gehalte im Boden, Versuch 765, Werlte, 2011....64
Tabelle 25: Standort Poppenburg....65
Tabelle 26: Übersicht Nmin-Gehalte im Boden, Versuch 765, Poppenburg....67
Tabelle 27: Aussaattermine Versuch 765, 2011....73
Tabelle 28: Nmin-Gehalte im Boden, Versuch 765, Werlte, 2011....74
Tabelle 29: Varianten, Versuch 887....82
Tabelle 30: Aussaat- und Erntezeitpunkte, Versuch 887....82
Tabelle 31: Klimakennwerte der LWK-Wetterstationen....88
Tabelle 32: Stickstoff-Bilanz, Versuch 641....89
Tabelle 33: Ertrag und Nmin-Bilanz Versuch 643....90
Tabelle 34: Ertrag und Bilanz Versuch 644....91
Tabelle 35: Nmin Versuch 644....92
Tabelle 36: Ertrag und Bilanz Versuch 888....94
Tabelle 37: Versuch 431 - Silomais....96
Tabelle 38: Versuch 490 und 687 – Zuckerrübe zur Energiegewinnung....97

Tabelle 39: Versuch 765, Aussaatzeitpunkt bei verschiedenen Energiefrüchten 98

Tabelle 40: Versuch 871, Anbau der Durchwachsenen Silphie.....99

Tabelle 41: Versuch 874, Drilltechnik bei Silomais.....99

Tabelle 42: Versuch 875, Unterfußdüngung zu Silomais 100

Tabelle 43: Versuch 887, Untersaaten zu Silomais.....101

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der Wasserschutzversuche 2011 sowie der ergänzenden Nmin-Untersuchungen im Herbst und zu Beginn der Sickerwasserperiode (soweit 2011 möglich) in bestehenden Versuchen der LWK Niedersachsen mit gewässerschutzrelevanten Fragestellungen dar.

Seit 1995 führt die LWK an den Standorten Thülsfelde im Landkreis Cloppenburg und Hohenzethen im Landkreis Uelzen Wasserschutzversuche in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) mit begleitenden Sickerwasser- und Lysimeteruntersuchungen durch. Nur an diesen Standorten kann der direkte Zusammenhang zwischen Stickstoffzufuhr, Stickstoffdynamik im Boden und Nitratgehalt im Sickerwasser untersucht und Schlussfolgerungen gezogen werden.

Daneben werden Fragestellungen, die sich aus neuen Entwicklungen der Landbewirtschaftung in Trinkwassergewinnungsgebieten ergeben, in das laufende Untersuchungsprogramm - u. a. Nmin Messungen bei Untersaaten im Silomaisanbau oder Anbau von Zweitfrüchten im Energiepflanzenbau - aufgenommen, um die Beratungsgrundlagen für den grundwasserschonenden Anbau weiterzuentwickeln.

Mehrjährige Ergebnisse liefern abgesicherte Daten, um die langfristigen Auswirkungen von grundwasserschutzorientierten Bewirtschaftungsmaßnahmen dokumentieren. Damit lassen sich die entwickelten Beratungsempfehlungen belegen und in der landwirtschaftlichen Praxis dokumentieren und etablieren.

Mit Auswertung der dreijährigen Ergebnisse zu verschiedenen Fruchtfolgen und des Zweitfruchtanbaus für die Energiegewinnung werden in diesem Bericht die Schlussfolgerungen für die grundwasserschutzorientierte Bewirtschaftung dargestellt und die Versuchsfrage abgeschlossen.

Zu einzelnen Fragestellungen werden nach Vorlage mehrjähriger Ergebnisse gesonderte Auswertungen erstellt und in Kurzform (Merkblatt) veröffentlicht (www.lwk-niedersachsen.de).

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

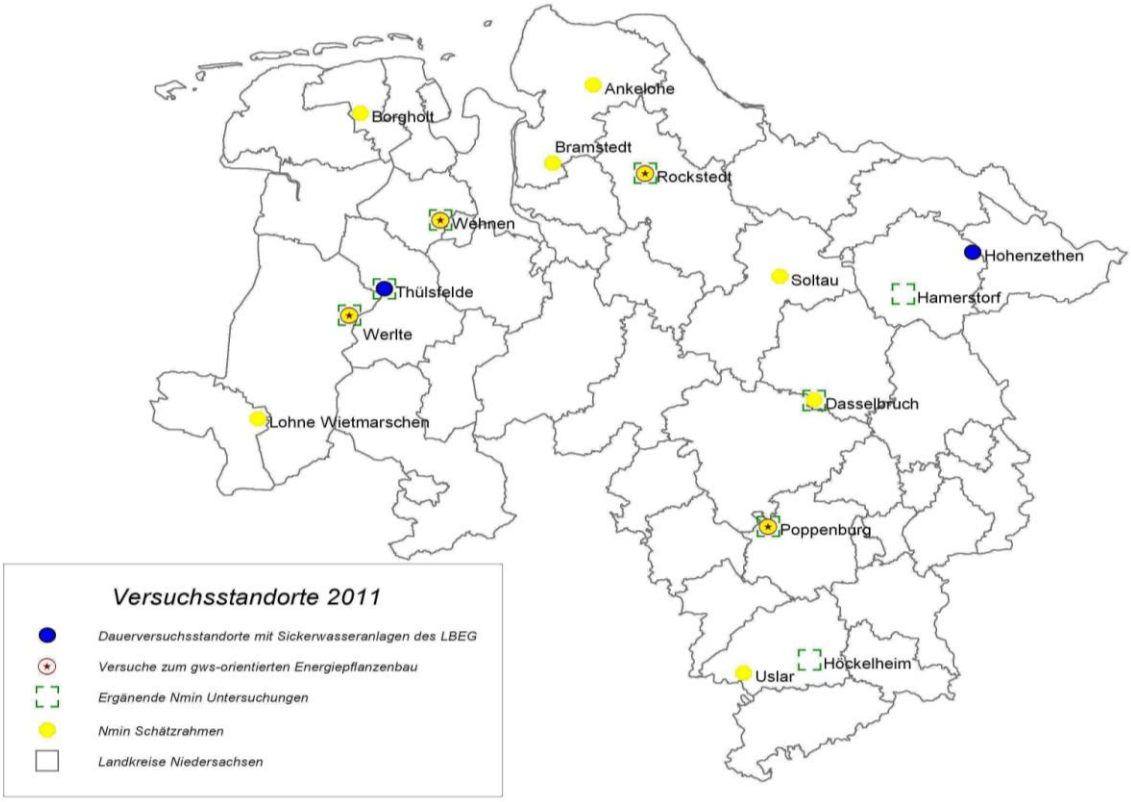


Abbildung 1: Versuchsstandorte 2011

Tabelle 1: Übersicht über die durchgeführten Versuche 2011

Versuch-Nr. LWK	Fruchtart	Standort	Versuchsbezeichnung
Versuche finanziert aus der Wasserentnahmegebühr			
• **Dauerversuchsstandorte mit Sickerwasseranlagen des LBEG**			
643	Braugerste	Hohenzethen (LK Uelzen)	Welchen Einfluss haben die gestaffelte N-Düngung mit dem Cultan-Düngeverfahren und die Düngung mit Gärresten auf die Erträge, die Produkt-qualitäten und Stickstoffdynamik im Bo-den?
644a	Silomais (Engsaat)	Thülsfelde (LK Cloppenburg)	Welchen Einfluss haben eine gestaffelte N-Düngung und eine grundwasser-schutzorientierte Fruchtfolge auf die langjährige N-Dynamik im Boden, N-Gehalte im Sickerwasser, die Erträge und die Produktqualitäten?
644b	Silomais		
644c	Silomais (Engsaat)		

Versuch-Nr. LWK	Fruchtart	Standort	Versuchsbezeichnung
• **Versuche zum grundwasserschutzorientierten Energiepflanzenanbau**			
641	Roggen GPS Silomais, Sudangras, Ackergras	Wehnen (LK Ammerland)	Welche Auswirkungen haben eine grundwasserschutzorientierte N-Düngung und der Zweitfruchtanbau im Energiepflanzenanbau auf Gasausbeute, Erträge und N-Dynamik im Boden?
888	Roggen GPS + Silomais	Poppenburg (LK Hildesheim)	Welche Auswirkungen hat Silomais als Zweitfrucht nach Roggen GPS auf die N-Dynamik im Boden?
		Rockstedt (LK Rotenburg)	
		Werlte (LK Emsland)	
Komplementärfinanzierung Nmin Untersuchungen			
431	Silomais	Poppenburg (LK Hildesheim)	Spät-Nmin-Beprobung im Silomais zu vier verschiedenen Terminen (Beginn ca. Ende Mai; 0-60 cm)
		Rockstedt (LK Rotenburg)	
		Wehnen (LK Ammerland)	
490	Zuckerrübe	Hamerstorf (LK Uelzen)	Stickstoffdüngungsvarianten in Zuckerrüben zur Energiegewinnung
		Rockstedt (LK Rotenburg)	
		Großenrode (LK Northeim)	
		Werlte (LK Emsland)	
687	Zuckerrübe	Hamerstorf (LK Uelzen)	N-Düngung in Zuckerrüben zur Energiegewinnung
765	Zweitfrucht nach Grünroggen	Werlte (LK Emsland)	Welchen Einfluss hat der Aussaatzeitpunkt von verschiedenen Energiefrüchten auf die N-Dynamik im Boden?
871	Durchwachsene Silphie	Dasselsbruch (Landkreis Celle)	Welchen Einfluss haben der Anbau und die N-Düngung der durchwachsenen Silphie auf die N-Dynamik im Boden?
		Werlte (LK Emsland)	
874	Silomais	Poppenburg (LK Hildesheim)	Welchen Einfluss hat die Drilltechnik bei Silomais auf die N-Dynamik im Boden?
		Werlte (LK Emsland)	
875	Silomais	Wehnen (LK Ammerland)	Welchen Einfluss hat Gülleunterfußdüngung zu Silomais auf die N-Dynamik im Boden?
		Werlte (LK Emsland)	
887	Silomais mit Untersaat	Dasselsbruch (LK Celle)	Welchen Einfluss haben Untersaaten bei Silomais auf die N-Dynamik im Boden?
		Wehnen (LK Ammerland)	

3 Dauerversuchsstandorte

3.1 Versuch 643 – Auswirkung einer gestaffelten N-Düngung ausgewählter N-Düngungssysteme und einer Bioenergie-Fruchtfolge auf Erträge und N-Dynamik im Boden; Standort Hohenzethen

Der Grundwasserschutzversuch in Hohenzethen (LK Uelzen, WSG Wibbese) läuft 2011 im 16. Versuchsjahr. Geprüft werden der Einfluss einer gestaffelten N-Düngung und der Einfluss einer Bioenergiefruchtfolge auf 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. Begleitet wird der Versuch durch Sickerwasser-untersuchungen verschiedenen Versuchsvarianten durch das LBEG Hannover, um Nitratausträge durch das Sickerwasser zu erfassen.

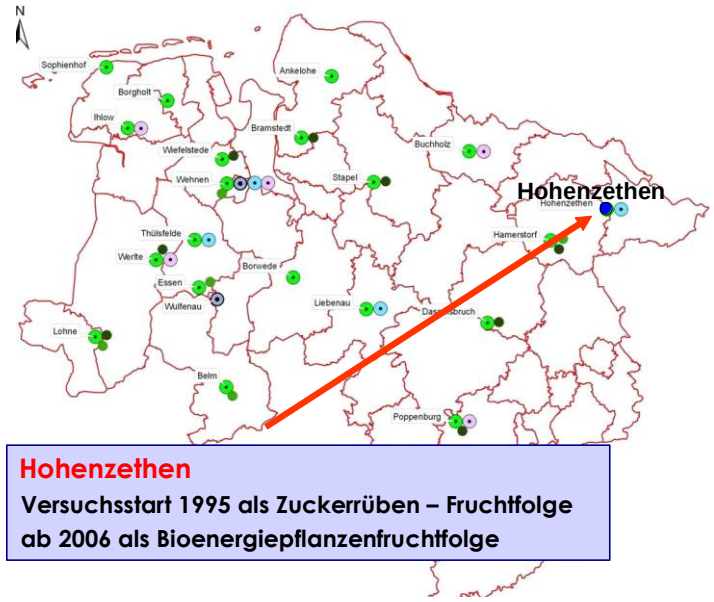


Abbildung 2: Versuchsstandort Hohenzethen

3.1.1 Versuchsdurchführung

3.1.1.1 Versuchsaufbau

Der Versuch ist von Beginn an 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, Nmin-Werte im Frühjahr, nach der Ernte und im Herbst ab dem Zeitraum der Grundwasserneubildung nach jeweils 60 mm Niederschlag erfasst.

3.1.1.2 Boden- und Klimakennwerte

Hohenzethen gehört als leichter Sandstandort im nordöstlichen Niedersachsen zu den Regionen mit hoher Beregnungsbedürftigkeit. Dieses trifft vorrangig für die Hackfrüchte zu, inzwischen aber auch für Mais, der durch den expandierenden Biogas-anbau auch auf sehr leichten Standorten angebaut wird.

Die Wetterdaten für 2011 zeigt die Abbildung 69 im Anhang.

Tabelle 2: Boden- und Klimakennwerte Hohenzethen

Standorte	**Hohenzethen**
Höhe über NN (m)	60
Bodentyp	Braunerde
geologische Herkunft	Diluvium
Bodenart	S
Ackerzahl	25
mittl. Temperatur °C	8,6
langj. Niederschlagssumme (mm)	615 mm
Grundwasserstand	2 – 4 m
Sommerniederschläge April – Sept.	330 mm*
Beregnung	100 mm (5x 20mm)

*Beregnungsstandort

3.1.1.3 Fruchtfolge

Tabelle 3: Fruchtfolge Hohenzethen

Jahr	**Fruchtfolge Standort Hohenzethen**	
	konventionell	**konservierend / Bioenergie**
1995	Zuckerrübe	Zuckerrübe + Zwischenfrucht
1996	Braugerste	Braugerste + Zwischenfrucht Senf
1997	Kartoffel	Kartoffel
1998 ff.	Winterroggen	Brache
Änderung der Fruchtfolge ab 2008 in Bioenergiepflanzenfruchtfolge		
2008	Zuckerrüben	Zuckerrüben
2009	Kartoffel	Kartoffel + Zwischenfrucht Senf
2010	Silomais	Silomais + Grasuntersaat
2011	**Braugerste**	**Braugerste + Zwischenfrucht**
2012	*Winterroggen*	*Winterroggen + Zwischenfrucht*
2013	*Zuckerrüben*	*Zuckerrüben*

2006 wurde die bisher für die Region klassische Hackfrucht-Getreide-Fruchtfolge durch eine Biogasfruchtfolge ersetzt, um diese hinsichtlich ihrer grundwasserspezifischen Relevanz zu prüfen. Die Zuckerrübe wurde durch Silomais ersetzt. Die Nitratkonservierung in der Bioenergiepflanzen-Fruchtfolge erfolgte nach wie vor über Zwischenfrüchte bzw. Untersaaten.

3.1.1.4 Düngung

In Anlehnung an die N-Düngung im Wasserschutzversuch Thülsfelde (Nr. 644) wurde die Düngung in Hohenzethen ab 2010 in eine feste N-Düngungsstaffel abgeändert. Die Variante 4 entspricht unter Berücksichtigung des Frühjahrs-Nmin-Wertes dem für die Kultur üblichen Sollwert. Daneben wird in den beiden weiteren Varianten die Gärrestdüngung mit mineralischer Ergänzungsdüngung und zusätzlich ein stabilisierter Dünger (Entec 26) untersucht. Bei der Gärrestdüngung ist der anrechenbare Stickstoff (70 % des Gesamt-N) angegeben (Tabelle 3).

Als Bewuchs über Winter wurde im Silomais in der Biogasfruchtfolge Ende Juni 2010 eine Untersaat aus Welschem Weidelgras ausgesät, die sich sehr unterschiedlich im Bestand etablierte. Während die Untersaat in den Beregnungsschneisen sehr gut anwuchs, blieb sie in den Maisreihen deutlich zurück.

Tabelle 4: N-Düngungsvarianten Hohenzethen, 2011

Düngungsvarianten		Nmin 0-90 cm (14.03.11)		N-Verteilung [1]		N-Düngung (ohne Nmin)
				1. Dgg.	2. Dgg.	
		konventionell	Bioenergie	28.03.11	29.04.11	
		[kg/ha]	[kg/ha]	[kg N/ha]	[kg N/ha]	[kg N/ha]
1	ohne N-Düngung	19	12	0	-	**0**
2	40 kg Mineral-N	17	13	40	-	**40**
3	80 kg Mineral-N	15	15	80	-	**80**
4	120 kg Mineral-N	13	17	80	40	**120**
5	160 kg Mineral-N	14	12	80	80	**160**
6	200 kg Mineral-N	14	19	120	80	**200**
7	SW Entec 26	10	18	120	-	**120**
8	SW Gärrest	15	18	80 [2]	40	**120**
	MW Nmin	15	16			

1) 1. Düngung mit AHL; 2. Düngung mit KAS; Entec am 28.03.11; Gärrest am 24.03.11

2) 100 kg/ha anrechenbarer Gärrest-N (70 %) = 143 kg Gesamt-N/ha

Die bedarfsgerechte Grunddüngung (P, K, und Mg) erfolgte zur Bodenbearbeitung. Die Gärrestmenge wird nach der aktuellen Gärrestanalyse bestimmt. Bei einer N-Düngung von 120 kg N aus dem Gärrest, wurde bei einer Anrechenbarkeit von 70 % eine Gesamt-N-Mengen von 143 kg N/ha ausgebracht.

3.1.1.5 Pflanzenschutz

Die Pflanzenschutzmaßnahmen wurden durch den Betriebsleiter nach den Grundsätzen des integrierten Pflanzenschutzes durchgeführt.

3.1.1.6 Ernte

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

3.1.1.7 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 den geltenden Untersuchungsstandards. Gleiches galt für die Bodenuntersuchungen auf die Grundnährstoffe P, K, Mg und pH-Wert, die Nmin-Untersuchungen und die Gärrestuntersuchungen.

3.1.1.8 Nmin-Beprobung

Die Nmin-Untersuchungen erfolgten in allen 8 Varianten zu folgenden Zeitpunkten: zur Aussaat (Feststellung des N-Vorrates zur Berechnung des Gesamt-N-Angebotes), nach der Ernte (Rest-Nmin) und ab Beginn der Grundwasserneubildung jeweils nach 60 mm Niederschlag über die Herbst- und Wintermonate (Beprobungstiefe von 0 – 90 cm). Ab 2012 wurde zusätzlich in der Variante 4 (SW) in beiden Fruchtfolgen - konventionell und Bioenergie – monatlich während der Hauptvegetation eine Nmin-Probe zur Beobachtung des N-Vorrates genommen.

3.1.2 Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse (643)

3.1.2.1 Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf den Ertrag

Nach der Vorfrucht Silomais wurde nach einer termingerechten Grundbodenbearbeitung am 25.03. unter optimalen Witterungsbedingungen Sommergerste (250 Kö/m²) ausgesät. Die in der Bioenergie-Fruchtfolge unterschiedlich entwickelte Untersaat (stärkeres Wachstum in den Beregnungsschneisen durch besseren Bodenanschluss, schwach entwickeltes Wachstum in gut beschatteten Maisreihen), wurde mit dem Pflug eingearbeitet. Der Gärrest wurde ebenfalls vor der Aussaat bei der Grundbodenbearbeitung eingearbeitet. In der mineralischen N-Steigerung erfolgte die N-Düngung kurz nach der Aussaat, die Anschlussdüngung in den Varianten 4, 5 und 7 ca. 4 Wochen später. Die einmalige N-Gabe mit Entec 26 erfolgte gleichzeitig zur ersten N-Düngung kurz nach der Aussaat.

Aufgrund der ausdauernden Trockenheit im April und Mai wurde die Sommergerste bereits am 29.04. mit 25 mm beregnet. Weitere Beregnungsgaben erfolgten am 10.05., 24.05. und 07.06., ebenfalls mit jeweils 25 mm. Die Ernte am 03.08. erfolgte bei trockener Witterung und unter guten Erntebedingungen.

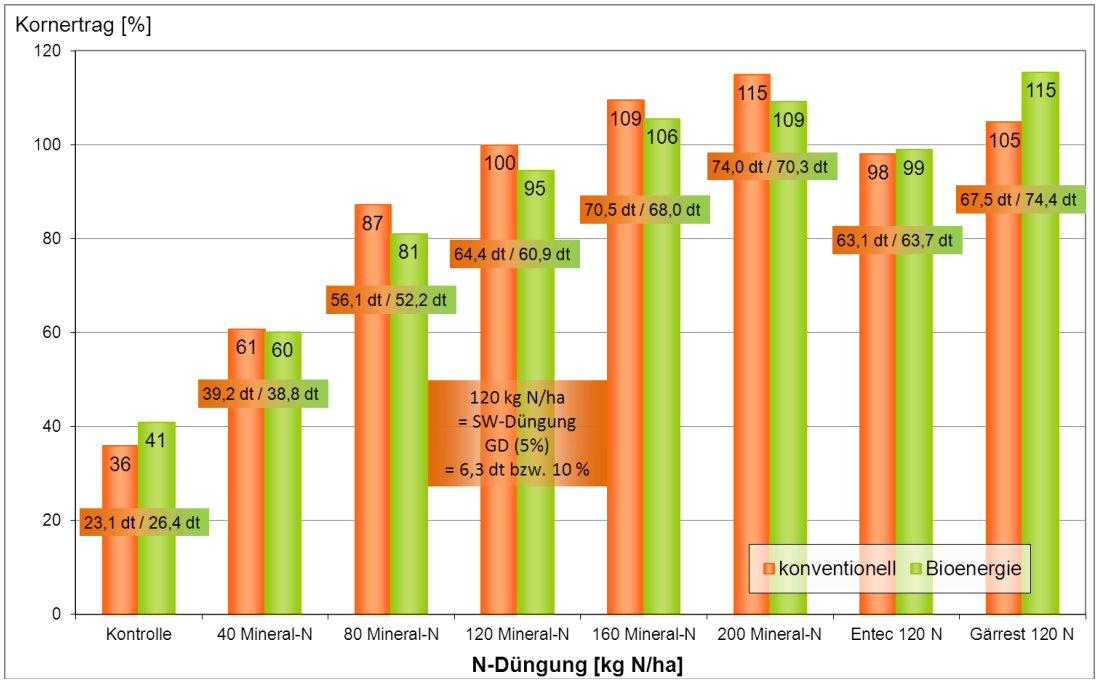


Abbildung 3: Relativerträge Braugerste 2011, Versuch 643 Hohenzethen

In beiden Fruchtfolgen wurde durch die N-Steigerung bis 200 kg N/ha ein Ertragsmaximum bis 115 % bei konventioneller Bewirtschaftung bzw. 109 % in der Bioenergiefruchtfolge erreicht. Bis zu einer N-Düngungshöhe von 160 kg/ha waren die Ertragssteigerungen in beiden Fruchtfolgen statistisch signifikant, der Ertragsunterschied zur N-Düngung von 200 kg N/ha nicht mehr. Allerdings sollte berücksichtigt werden, dass die relativ hohe Grenzdifferenz von 10 % auf eine hohe Variabilität im Versuch hindeutet.

Eine N-Düngung von 120 kg N/ha, wie in Var. 4 appliziert, entspricht der SW-Düngeempfehlung für Braugerste. Der in dieser Variante erreichte Ertrag von 64,4 dt/ha in der konventionellen Fruchtfolge mit 120 kg Mineral-N entsprach auf diesem sandigen Standort mit Beregnung einem durchschnittlich guten Ertrag. In der Bioenergiefruchtfolge wurde bei dieser Düngergabe ein um 5 % niedriger Ertrag - 60,9 dt/ha - erreicht, der sich nicht signifikant von der konventionellen Fruchtfolge unterscheidet.

Eine einmalige N-Düngergabe von 120 kg N/ha mit dem stabilisierten Dünger Entec (Var. 7) lag in beiden Fruchtfolgen ertraglich dicht an der praxisüblichen SW-Düngung. 98 % Relativertrag wurden in der konventionellen Fruchtfolge erzielt, 99 % in der Bioenergiefruchtfolge. Somit ist auch hier statistisch kein Unterschied nachzuweisen.

Die Gärrestdüngung (Var. 8) erreichte in beiden Fruchtfolgen ein Ertragsniveau, dass einer N-Düngung von 200 kg N/ha vergleichbar war, und damit auch über der SW-Düngung. In der Bioenergiefruchtfolge wurde sogar ein noch höherer und statistisch signifikanter Ertrag erreicht, was möglicherweise auf eine bessere Ausnutzung des organischen Stickstoffs hinweisen könnte. Ein Mineraldüngeraquivalent ließ sich im Versuchsjahr hieraus nicht berechnen, da eine Kombination aus organischer Düngung plus mineralischer Ergänzung erfolgte.

Eine Übersicht über die erzielten Eiweißgehalte in den Versuchsvarianten zeigt Abbildung 4.

Da der Eiweißgehalt bei der Braugerste das monetäre Bewertungskriterium ist, wurde in der Abbildung 4 der Bereich der unteren und oberen Qualitätsgrenze farblich kenntlich gemacht.

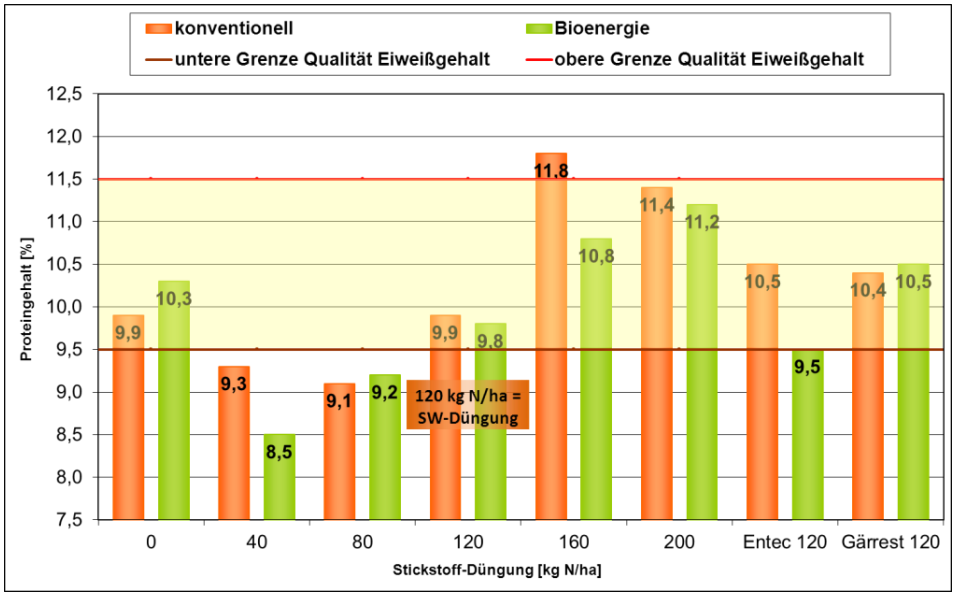


Abbildung 4: Eiweißgehalt Braugerste 2011, Versuch 643 Hohenzethen

Im unteren Bereich innerhalb dieser Grenzen lagen die Varianten 1 (ohne N) und Variante 4 (120 kg N/ha =SW) sowie die Gärrestvarianten (Var. 8). An der oberen Grenze lagen die Varianten 5 und 6 mit hoher Düngermenge 160 bzw. 200 kg N/ha. Mit der Orientierung der N-Düngung am Qualitätsmerkmal `Eiweißgehalt` war eine Düngung im Bereich von rd. 120 kg N/ha hier ausreichend, optimale Wasserversorgung durch Beregnung vorausgesetzt.

Auch die Gärrestvarianten zeigten gute Eiweißgehalte. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die N-Nachlieferung aus dem organischen Anteil des Gärrestes schwer zu kalkulieren ist, und die Auswirkungen auf den Eiweißgehalt damit stärkeren Schwankungen unterliegen können. Bei 70 % N-Anrechnung des Gärrestes zur Düngung bleibt der restliche organische N-Anteil im Boden und steht erst zu einem späteren, möglicherweise ungünstigerem Zeitpunkt für die Braugerste zur Verfügung. Grundsätzlich wird zur Braugerste keine Düngung mit organischen Düngern empfohlen.

Die Entec-Varianten reagierten in den Fruchtfolgen mit unterschiedlichen Proteingehalten. Auch die hohen Düngergaben (160 bzw. 200 kg N/ha) zeigten, dass mit zunehmender N-Düngung der Eiweißgehalt stieg, die Auswirkungen auf den Marktwert damit aber ungünstiger bzw. risikoreicher werden.

Für diesen Versuch 2012 wurde ebenfalls das N-Optimum zur Braugerste berechnet. Die Abbildung 5 zeigt das N-Optimum des Kornertrages in Bezug auf den gewünschten und marktfähigen Eiweißgehalt.

Das in Abhängigkeit von Produktpreis und Düngerpreis berechnete N-Optimum für den Braugerstenertrag lag in einem Bereich von 160 – 200 kg N/ha. In der konventionellen Fruchtfolge war das N-Optimum bei einer Düngung von 170 – 180 kg N erreicht, bei der Bioenergiefruchtfolge lag das N-Optimum tendenziell eher bei 200 kg N.

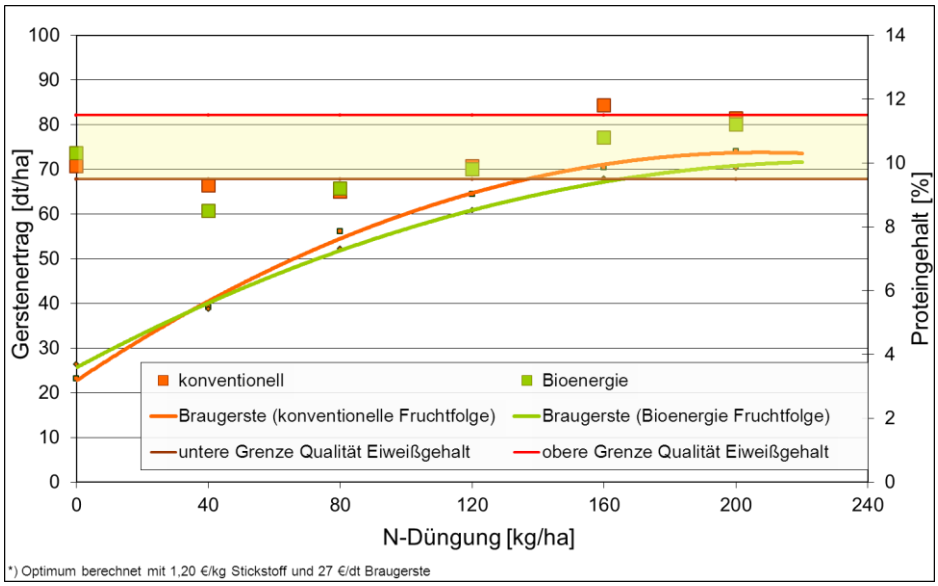


Abbildung 5: N-Optimum in Abhängigkeit der N-Düngung, 2011

Wurde der Eiweißgehalt berücksichtigt, so lag dieser bei einer berechneten optimalen Düngung von 160 kg N/ha in einem Bereich zwischen 11,0 und 11,5 % und erreichte damit die obere Qualitätsgrenze. Mit der Orientierung des Ertrages am Qualitätsmerkmal `Eiweißgehalt` war eine optimale N-Düngung im Bereich von rd. 120 kg N/ha hier ausreichend.

Damit wird der Einfluss von Stickstoff auf den Eiweißgehalt nochmal deutlich gemacht. Zwar stieg mit zunehmender N-Düngung auch der Ertrag an, aber in der Praxis erfolgt die N-Düngung zur Braugerste in der Regel eher suboptimal mit Düngermenge von max. 110 bis 120 kg N/ha. Wichtig dafür ist eine ausreichend stabile Wasserversorgung während der Wachstumsphase, die auf diesem Standort nur durch die Beregnung abgesichert werden kann.

3.1.2.2 Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Nmin-Werte im Herbst

Aufgrund der verhaltenen N-Düngung der Braugerste in beiden Fruchtfolgen lagen die Nmin-Werte nach der Ernte (Beprobungstermin 12.08.2011) auf fast gleichem Niveau (Abbildung 6), im Bereich zwischen 24 und 34 kg Nmin/ha. Der Nmin-Wert von 34 kg N/ha trat nur in den Varianten 6 (200 kg N/ha) und 8 (Gärrest) auf, was bei höheren Schwankungen der Nmin-Werte möglicherweise auf eine zu hohe bzw. nicht ausgenutzte organische Düngung hindeuten würde.

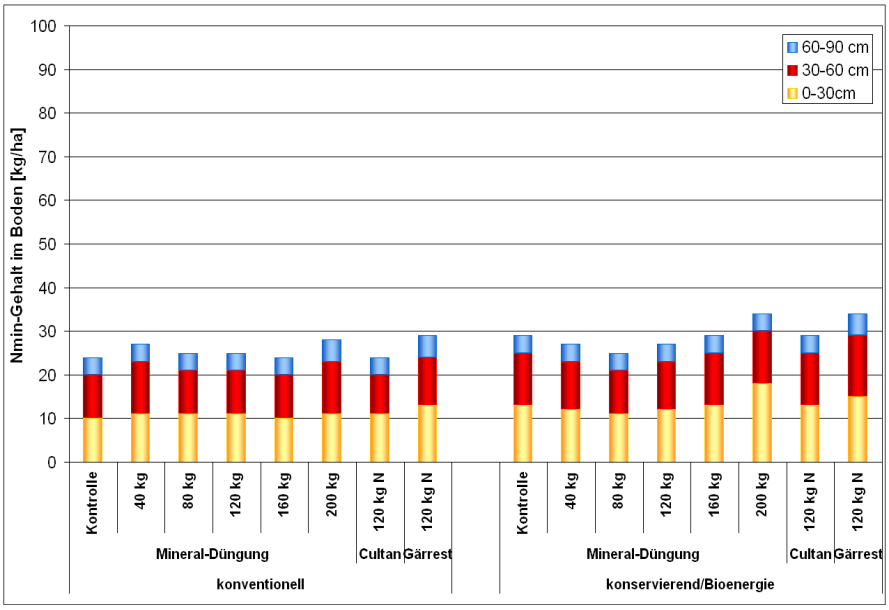


Abbildung 6: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte

Ein weiterer Beprobungstermin war am 17.09.2011 nach dem durch das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) für diesen Standort vorgeschlagenen Beprobungsintervall von 60mm Niederschlag (Abbildung 7). Die Nmin-Werte lagen auch zu diesem Termin im Bereich zwischen 29 und 40 kg N/ha. Der letzte Beprobungstermin in diesem Jahr erfolgte am 09.12.2011 mit Beginn der Sicker-wasserperiode (insgesamt 120 mm Niederschlag ab Erntezeitpunkt). Auch zu diesem Termin blieben die Nmin-Werte in einem Bereich zwischen 29 bis 44 kg N/ha.

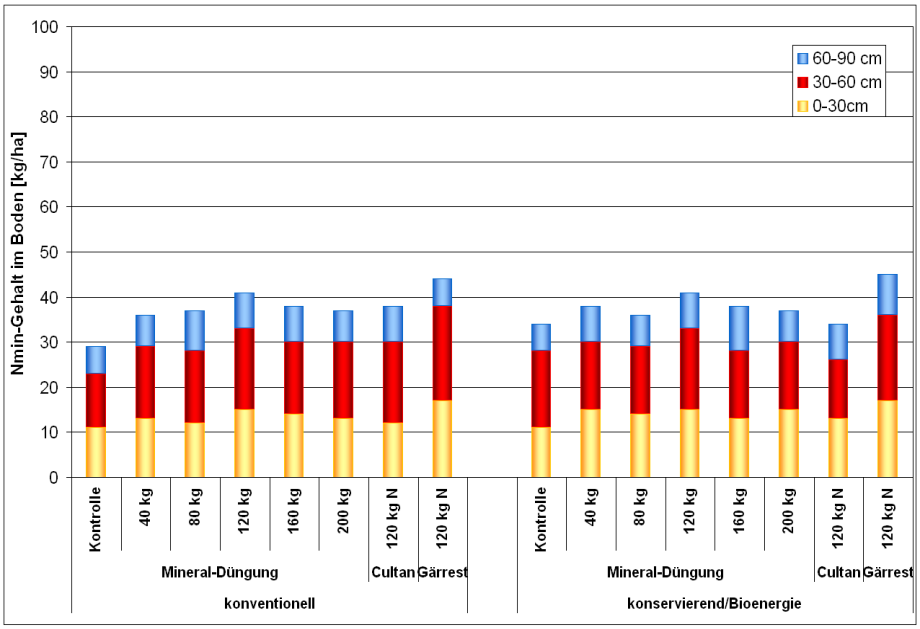


Abbildung 7: Nmin-Gehalte im Boden zur Sickerwasserspende, Versuch 643, Hohenzethen 2011

Eine Abhängigkeit von der Düngungshöhe deutete sich nur bis zur Düngung von 120 kg N/ha SW an, konnte aber durch die insgesamt niedrigen Werte und der geringen Schwankungsbreite nicht eindeutig abgeleitet werden.

Ob in diesem Zeitraum mit dem anfallenden Sicker-

wasser bereits Nitrat verlagert wurde, muss durch die Untersuchungen des Sickerwassers im Lysimeter auf der benachbarten Dauerbeobachtungsfläche des LBEG nachgewiesen werden.

3.1.2.3 Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Nmin-Werte im Frühjahr

Aufgrund der verhaltenen N-Düngung der Braugerste in beiden Fruchtfolgen lagen die Nmin-Werte nach der Ernte (Beprobungstermin 12.08.2011) auf fast gleichem Niveau (Abbildung 5), im Bereich zwischen 24 und 34 kg Nmin/ha. Der Nmin-Wert von 34 kg N/ha trat nur in den Varianten 6 (200 kg N/ha) und 8 (Gärrest) auf, was bei höheren Schwankungen der Nmin-Werte möglicherweise auf eine zu hohe bzw. nicht ausgenutzte organische Düngung hindeuten würde.

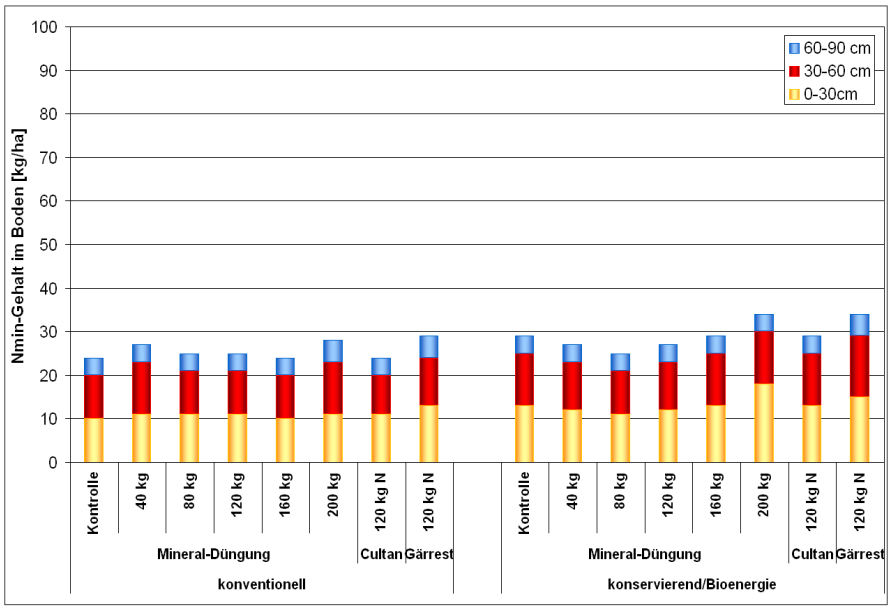


Abbildung 8: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte

Ein weiterer Beprobungstermin war am 17.09.2011 nach dem durch das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) für diesen Standort vorgeschlagenen Beprobungsintervall von 60mm Niederschlag (Abbildung 6). Die Nmin-Werte lagen auch zu diesem Termin im Bereich zwischen 29 und 40 kg N/ha. Der letzte Beprobungstermin in diesem Jahr erfolgte am 09.12.2011 mit Beginn der Sicker-wasserperiode (insgesamt 120 mm Niederschlag ab Erntezeitpunkt). Auch zu diesem Termin blieben die Nmin-Werte in einem Bereich zwischen 29 bis 44 kg N/ha.

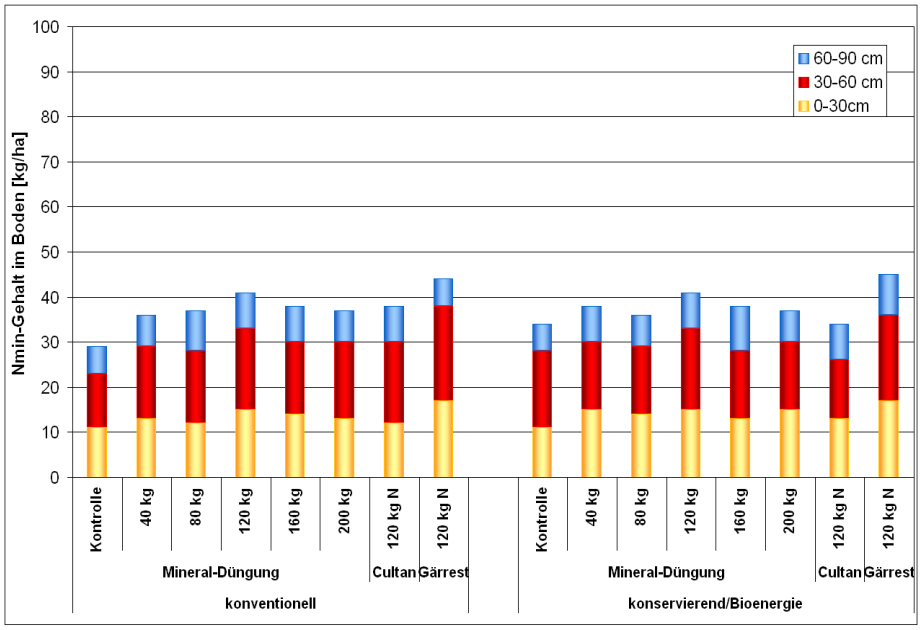


Abbildung 9: Nmin-Gehalte im Boden zur Sickerwasserspende, Versuch 643, Hohenzethen 2011

Eine Abhängigkeit von der Düngungshöhe deutete sich nur bis zur Düngung von 120 kg N/ha SW an, konnte aber durch die insgesamt

niedrigen Werte und der geringen Schwankungsbreite nicht eindeutig abgeleitet werden.

Ob in diesem Zeitraum mit dem anfallenden Sickerwasser bereits Nitrat verlagert wurde, muss durch die Untersuchungen des Sickerwassers im Lysimeter auf der benachbarten Dauerbeobachtungsfläche des LBEG nachgewiesen werden.

3.1.2.4 Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Stickstoffsalden

Die N-Salden zeigten dagegen eine deutliche Abhängigkeit von der N-Düngung. Ab einem Düngungsniveau von 100 - 120 kg N/ha bildeten sich positive Salden ab. Bei den durchschnittlich guten Erträgen der Braugerste 2011 wurden vergleichsweise gute Bilanzsalden erzielt. Unter der Berücksichtigung, dass von der empfohlenen Düngung (120 kg N/ha) in der Regel der Nmin-Wert im Frühjahr noch abgezogen wird (für diesen Standort im Mittel der Jahre ca. 20 kg N/ha), blieb die N-Bilanz rechnerisch ausgeglichen. Zunehmende N-Salden traten immer durch nicht ausgenutzten Stickstoff in den hoch gedüngten Varianten auf.

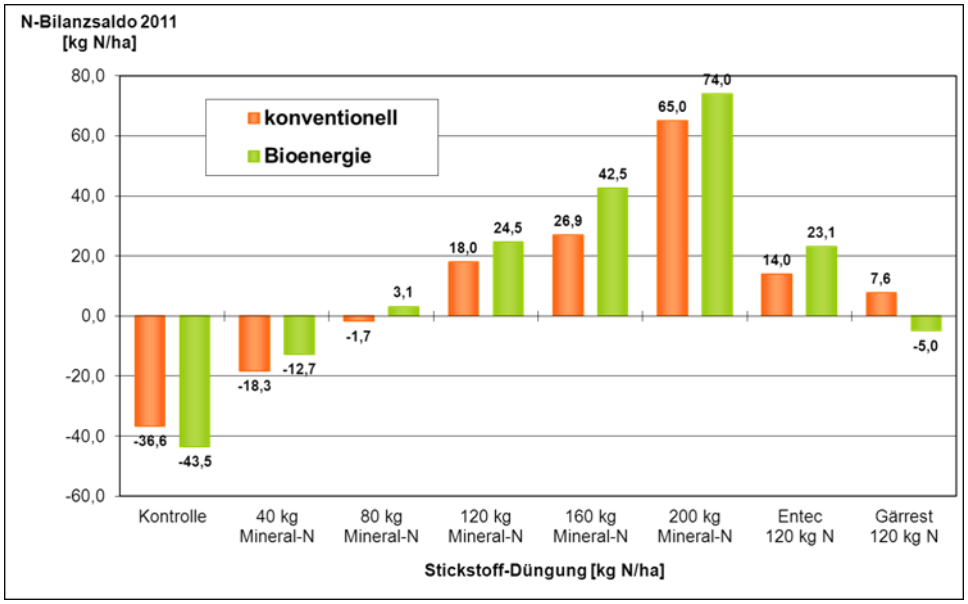


Abbildung 10: N-Saldo Braugerste, beide Fruchtfolgesysteme, Versuch 643, Hohenzethen 2011

Die N-Salden bei Entec-Düngung lagen mit 14,0 kg N/ha bei konventioneller und 23,1 kg N/ha in der Bioenergiefruchtfolge in gleicher Größenordnung wie bei Sollwertdüngung. Dieses spricht für die Möglichkeit, die N-Düngung zu Braugerste mit einer einmaligen Düngungsmaßnahme zu etablieren. Unter der Berücksichtigung, dass auch zu einem späteren Zeitpunkt im Frühjahr durch Auftreten von Sickerwasser eine weitere Tiefenverlagerung von Stickstoff erfolgen kann, kann diese wirtschaftlich teurere Düngungsmaßnahme mit stabilisiertem Dünger zielgerichtet eingesetzt werden. Bleiben Frühjahrstiefenverlagerung durch das Ende der Sickerwasserperiode aus, wird diese Maßnahme eher unrentabel

3.1.3 Zusammenfassung Versuch 643

In diesem Versuchsjahr 2011 wurde der Anbau vom Sommer-Braugerste in den beiden etablierten Fruchtfolgen konventionell und Bioenergie hinsichtlich Erträgen, Qualitäten und N-Dynamik im Boden untersucht.

Die Braugerste brachte im Versuch gute durchschnittliche Erträge und Eiweißgehalte. Die Eiweißgehalte lagen, eine pflanzenbedarfsgerechte Düngung in Höhe des empfohlenen Sollwertes von 120 kg N/ha vorausgesetzt, in dem für die Verwertung als Braugerste erforderlichen Qualitätsbereich zwischen 9,5 und 11,5 % Eiweißgehalt.

Auch wenn eine Düngung mit organischen Düngern nicht empfohlen wird, konnte in diesem Jahr durch diese organische Düngungsmaßnahme mit mineralischer Ergänzung ebenfalls ein guter Ertrag mit guten Eiweißqualitäten erzielt werden. Dieses könnte, auf diesem Standort, für eine gute Nachmineralisation des organischen Düngeranteils während der Vegetation sprechen, da der Boden selbst wenig Nachlieferungspotential besitzt. Voraussetzung dafür ist allerdings eine ausreichende Wasserversorgung, um die gleichmäßige N-Versorgung des Sommergerstenbestandes abzusichern. Auf leichten sommertrockenen Böden scheitert die Nachmineralisation vor allem an der Bodentrockenheit, so dass die Verfügbarkeit des organischen Anteils dann schwer kalkulierbar wird.

Die Nmin-Gehalte nach der Ernte lagen aufgrund der guten Ertragssituation und Ausnutzung des Stickstoffs sehr niedrig. Bei der geringen Schwankungsbreite der Nmin-Werte zeichnete sich keine eindeutige Abhängigkeit mit zunehmender Düngung ab. Im Zeitraum der Beprobungsintervalle bis zum Beginn der Sickerwasserbildung (Anfang Dezember, Nmin-Untersuchung jeweils nach 60 mm Niederschlag) ergab sich nur eine leichte Zunahme. Hieraus lassen sich direkte Auswirkungen auf den Nitrataustrag nicht ableiten. Ergebnisse dazu, die das Nitratgeschehen zu diesem Zeitpunkt besser abbilden, können mittels der Sickerwasseranalysen auf der benachbarten Lysimeterstation vom LBEG dargestellt werden. Die Ergebnisse dazu werden vom LBEG in einem gesonderten Bericht dargestellt.

Die Bilanzsalden waren, auch hier die bedarfsgerechte Düngung mit Abzug des Nmin-Wertes im Frühjahr vorausgesetzt, ausgeglichen. Dieses gelingt aber nur unter der Berücksichtigung einer gleichmäßigen Wasserversorgung. Diese Aussage konnte in diesem Jahr auch für die Düngung mit Gärresten getroffen werden. Allerdings bleibt hier das Risiko der nicht kalkulierbaren N-Nachmineralisation, weshalb aus pflanzenbaulicher Sicht von einer organischen Düngung zu Braugerste abgeraten wird.

Eine einmalige Verabreichung des Stickstoffs nach der Saat mittels eines stabilisierten Düngers wäre möglich, da sich keine Ertragsverluste ergaben und die Eiweißgehalte im qualitätsrelevanten Bereich lagen. Diese Maßnahme ist dann von Bedeutung, wenn zur Zeit der erforderlichen Düngung weiterhin Sickerwasser auftritt und eine übliche Düngung mit nicht stabilisierten Düngern

weitere N-Verluste durch Tiefenverlagerung zur Folge hätte. Erfolgt keine Tiefenverlagerung, so müßte der „teurere“ stabilisierte Dünger durch einen Ertragsvorteil zu einer einmaligen Düngergabe mit einem nicht stabilisierten Dünger ausgeglichen werden

3.2 Versuch 644 Einfluss einer gestaffelten N-Düngung und einer konservierenden Fruchtfolge auf die N-Dynamik im Boden; Standort Thülsfelde

3.2.1 Versuchsdurchführung

3.2.1.1 Versuchsaufbau

Der Einfluss einer gestaffelten N-Düngung und der Einfluss einer konservierenden Fruchtfolge auf die N-Dynamik im Boden und die Nitratbelastung im Grundwasser werden am Standort Thülsfelde anhand von statischen Versuchen untersucht. Zur Klärung der Versuchsfrage werden jährlich drei Versuche (644a, 644b, 644c) auf diesem leichteren Standort angelegt. Im Teilstück 644a werden begleitend Sickerwasseruntersuchungen durch das LBEG durchgeführt.

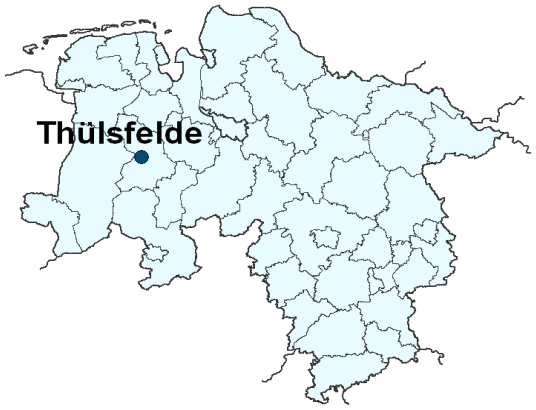


Abbildung 11: Lage des Versuchsstandortes Thülsfelde (LK Cloppenburg)

Alle Versuchsglieder sind vierfach randomisiert angelegt. Die Versuchsanlagen sind so dimensioniert, dass die Grundbodenbearbeitung und die Pflanzenschutzmaßnahmen vom Landwirt mit eigenen Geräten betriebsüblich und regionalspezifisch durchgeführt werden können.

3.2.1.2 Boden- und Klimakennwerte

Tabelle 5: Boden- und Klimakennwerte des Standortes Thülsfelde

Standort	**Thülsfelde**
Höhe über NN (m)	6 m
Bodentyp	Pseudogley-Podsol
Bodenart	S
Ackerzahl	25
	Wetterstation Thülsfelde
mittl. Temperatur (Ø 2000-2011)	9,4 °C
langj. Niederschlagssumme (Ø 2000-2011)	698 mm
mittl. Temperatur 2011	9,6 °C
Niederschlagssumme (2011)	745 mm
Sommerniederschläge 2011 April – Sept. (Durchschnittl. Sommerniederschläge 2000-2011 April – Sept.)	430 mm

3.2.1.3 Fruchtfolgen

Die Fruchtfolgen der Teilstücke a, b und c sind in Tabelle 6 aufgeführt. Wurden bis 2007 die Früchte Silomais-Winterroggen-Wintergerste im Rahmen der konventionellen Fruchtfolge angebaut, so wurde aufgrund regionalspezifischer Gegebenheiten seit dem Jahr 2008 der Silomaisanteil in den Rotationen auf 66 % erhöht.

Tabelle 6: Fruchtfolge, Versuch 644, Standort Thülsfelde

Jahr	Fruchtart		
	644a	**644b**	**644c**
	Fruchtfolge Saugkerzenanlage	**Konventionelle (Konv.) Fruchtfolge**	**Grundwasserschutz-orientierte (GW-) Fruchtfolge**
2008	Silomais (Engsaat, 37,5 cm)	Silomais (Normalsaat, 75 cm)	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 + Zwischenfrucht Winterrübsen	Silomais (Normalsaat, 75 cm)	Winterroggen ausgewintert; Sommergerste gedrillt + Zwischenfrucht Senf
20013	Winterroggen + Zwischenfrucht Senf	Winterroggen	Sommergerste

Die mineralische N-Düngung wird in gestaffelten Gaben gegeben. Die jeweiligen N-Mengen sind in Tabelle 7 aufgeführt. Die Sollwertvariante kann im Rahmen der Wasserschutzberatung als Referenzvariante herangezogen werden. Bei den Güllegaben ist der anrechenbare Stickstoff angegeben

3.2.1.4 Düngung

Tabelle 7: Düngungsschema Silomais, Versuch 644, Standort Thülsfelde

Vari ri- ante	Düngungsvarianten		Nmin	Verteilung			Summe (Sollwert inkl. Nmin)
				Vegetationsbeginn		Spätgabe	
				vor Aussaat	EC 0	EC 15	
			0-60 cm	Org-N kg/ha	Mineral-N kg/ha	Mineral-N kg/ha	kg/ha
1	ohne N-Düngung			-	0	0	0
2	50 kg Mineral-N			-	50	0	50
3	100 kg Mineral-N			-	100	0	100
4	150 kg Mineral-N			-	100	50	150
5	200 kg Mineral-N			-	100	100	200
6	Sollwert-Düngung	Versuch 644a	15	65**	90		170
		Versuch 644b	15	65**	90		170
		Versuch 644c	35	65**	70		170
7*	250 kg Mineral-N			-	150	100	250

*) Diese Variante nur im Teilstück Versuch 644c
**) Anrechenbarer Stickstoff (70 % vom Gesamt N)

Eine bedarfsgerechte Phosphat-, Kalium-, Magnesium- und Kalkdüngung wird unter Beachtung der jährlichen Bodenuntersuchung vorgenommen. Darüber hinaus wird die Güllegabe auf der Grundlage aktueller Gülleanalysen bemessen.

3.2.1.5 Pflanzenschutz

Der Pflanzenschutz wird betriebsüblich nach den Grundsätzen des integrierten Pflanzenschutzes durchgeführt.

3.2.1.6 Ernte

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

3.2.1.7 Untersuchungen und Auswertungen

Die TKM- und TS-Bestimmungen werden nach der Richtlinie des Bundessortenamtes vom Versuchsansteller durchgeführt. Erntegutanalysen (NIRS-Verfahren und chemische Untersuchungen) erfolgen entsprechend den geltenden Untersuchungsstandards. Gleiches gilt für die Bodenunter-

suchungen auf die Grundnährstoffe P, K, Mg und pH-Wert, die Nmin-Untersuchungen und für die Gülleuntersuchungen.

3.2.1.8 Nmin-Beprobung

Die Bodenproben zur Nmin-Untersuchung werden vorwiegend mit der Nitrat-Raupe gezogen. Die Beprobungstiefe im Herbst ist 0 bis 120 cm. Die Probendichte pro Flächeneinheit und die Analyse erfolgt nach den einschlägigen Verfahrensvorschriften des VDLUFA. Die Bezeichnung Rest-Nmin bezieht sich in diesem Bericht auf die Nmin-Werte im Boden nach der Ernte der Versuchsfrucht.

3.2.2 Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse (644)

Im Jahr 2011 wurde in Thülsfelde Silomais angebaut. Der Anbau erfolgte dabei in der konventionellen Fruchtfolge als Normalsaat (75 cm) und in der grundwasserschutzorientierten (GW) Fruchtfolge als Engsaat (37,5 cm). Im Teilstück 644 a (Saugkerzenanlage) wurde der Silomais gleichfalls im Engsaatverfahren angebaut.

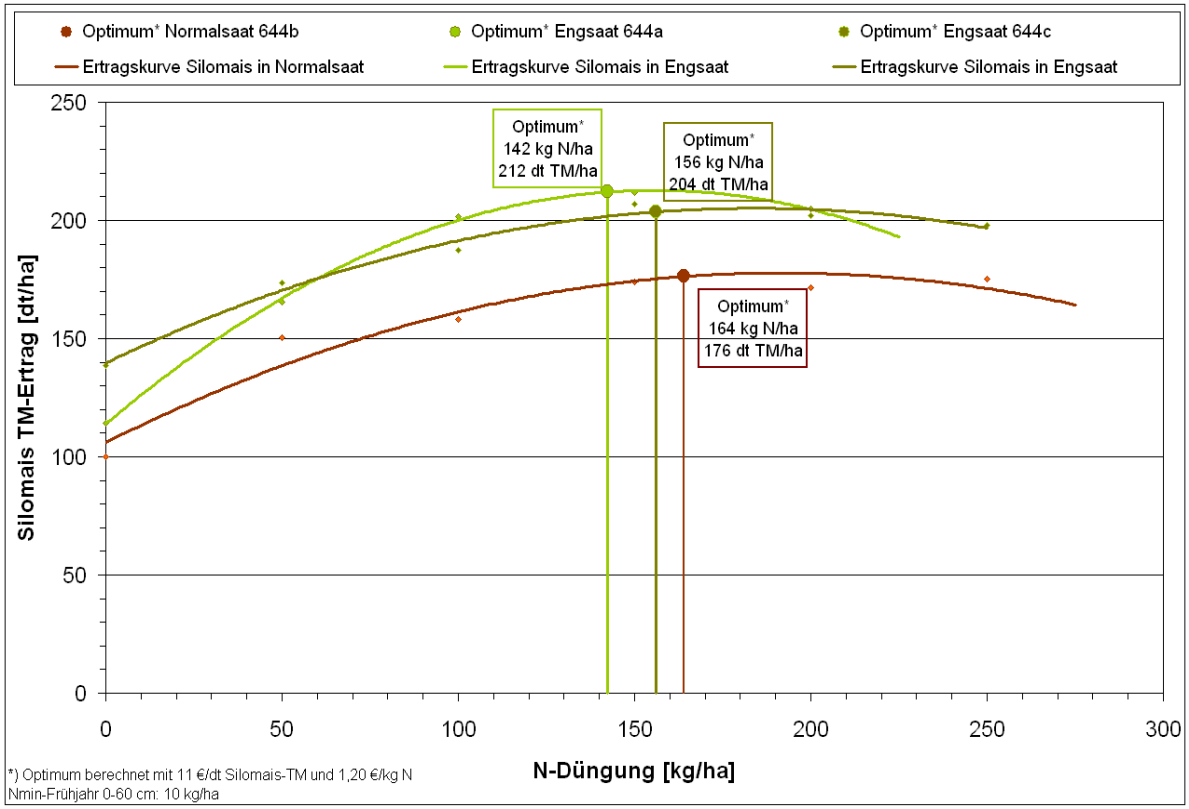


Abbildung 12: Silomais Trockenmasseertrag und Optima in Abhängigkeit von der Reihenweite (Engsaat: 37,5 cm und Normalsaat: 75 cm), Versuch 644, Thülsfelde

Während 2008 die Engsaat und die Normalssaat annähernd die gleichen Erträge brachten, wurden in den Engsaatvarianten im vergangenen Jahr deutlich höhere Erträge erzielt. Die Trockenmasseerträge der Engsaatvarianten lagen um ca. 20-35 dt TM/ha über den Erträgen der Normalsaatvariante. Die N-Optima der Engsaatvarianten lagen geringfügig unterhalb des N-Optimums der Normalsaatvariante (164 kg N/ha), wobei der empfohlene N-Sollwert in der Normalsaatvariante

bestätigt wurde. Infolge der höheren TM-Erträge bei geringerer N-Düngung wiesen die Engsaatvarianten eine höhere N-Effizienz gegenüber der Normalsaatvariante auf

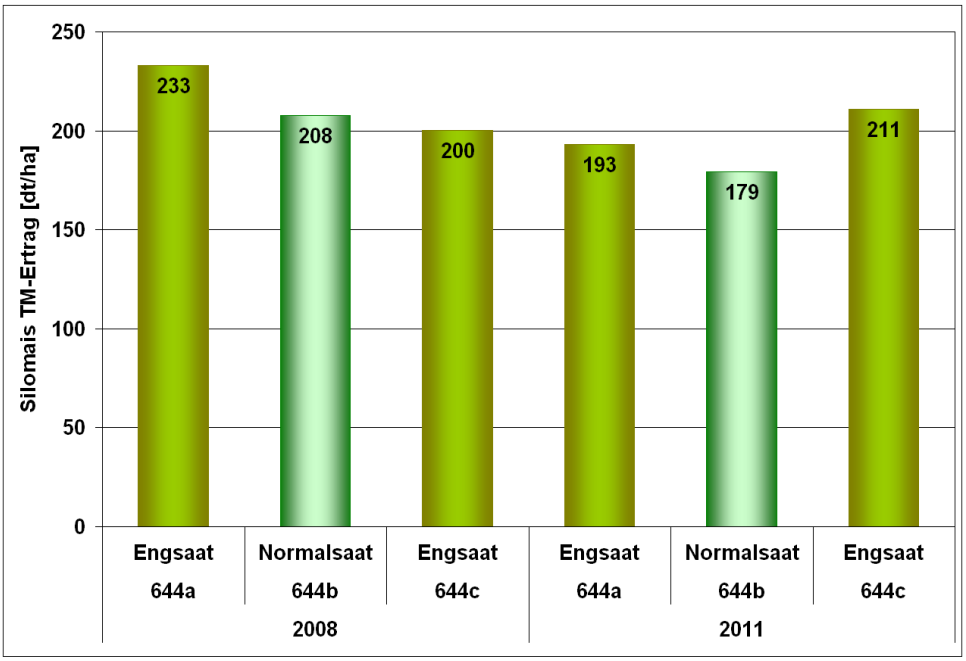


Abbildung 13: Silomais Trockenmasseertrag bei Sollwertdüngung (organisch-mineralisch) in Abhängigkeit von der Reihenweite (Engsaat 37,5 cm / Normalsaat 75 cm), Versuch 644, Thülsfelde 2008/2011)

Die höhere N-Effizienz spiegelte sich jedoch nicht in den Nmin-Werten im Boden wieder. So waren sowohl in der Normalsaat- als auch in der Engsaatvariante gleichgerichtete Nmin-Gehalte zu verzeichnen. Ab August lagen die Nmin-Werte im Boden im Bereich von 20-40 kg. Zum Jahresende stiegen die Werte leicht an.

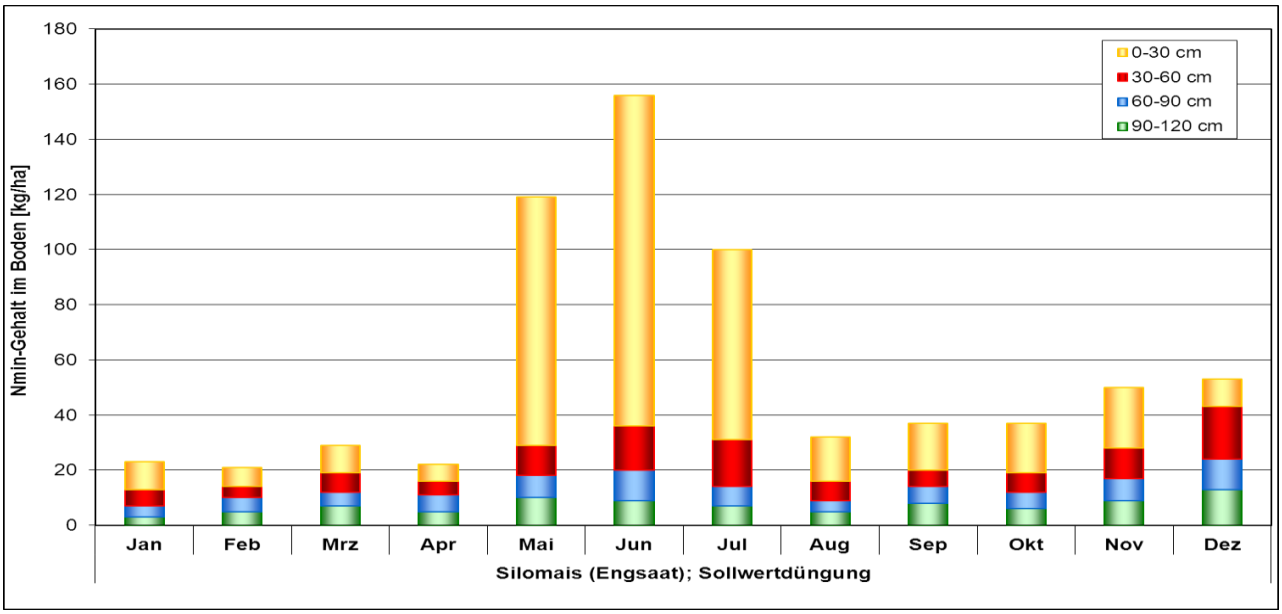


Abbildung 14: Nmin-Gehalte im Boden im Jahresverlauf bei Engsaat und Sollwertdüngung, Thülsfelde, 2008/2011

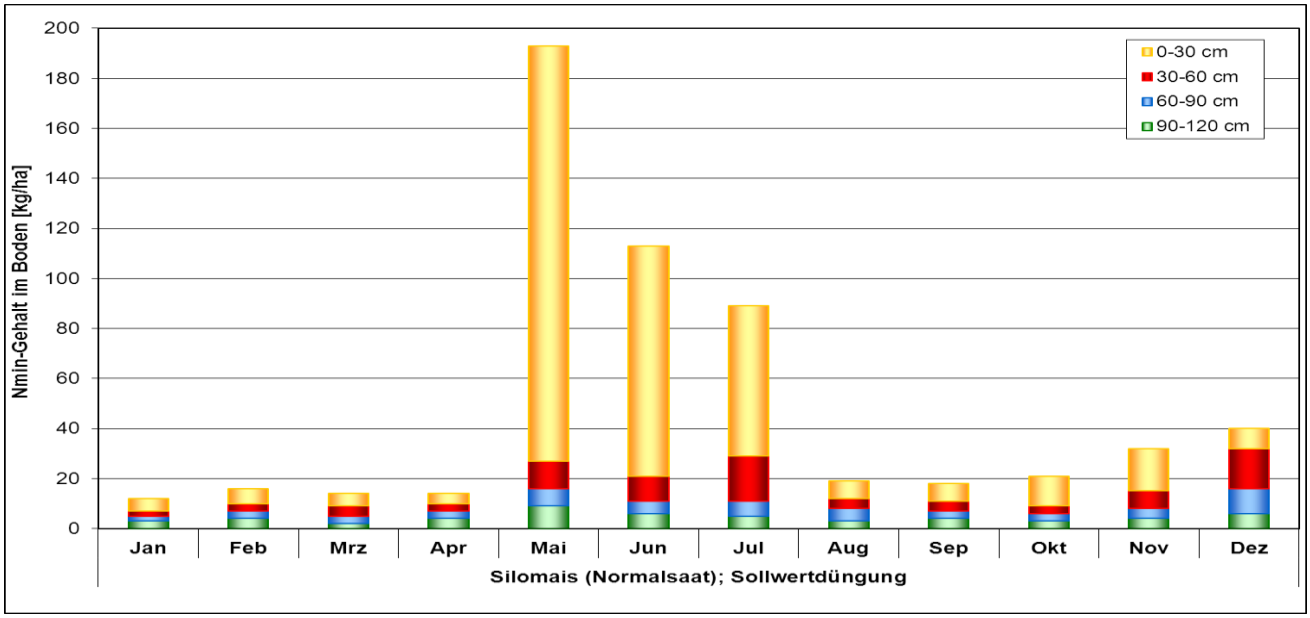


Abbildung 15: Nmin-Gehalte im Boden im Jahresverlauf bei Normalsaat und Sollwertdüngung, Thülsfelde, 2008/2011

(200 kg N/ha) zu hohen Rest-Nmin-Gehalten im Boden. Im Bereich der Sollwertdüngung lagen die Rest-Nmin-Gehalte im moderaten Bereich von unter 50 kg Nmin/ha.

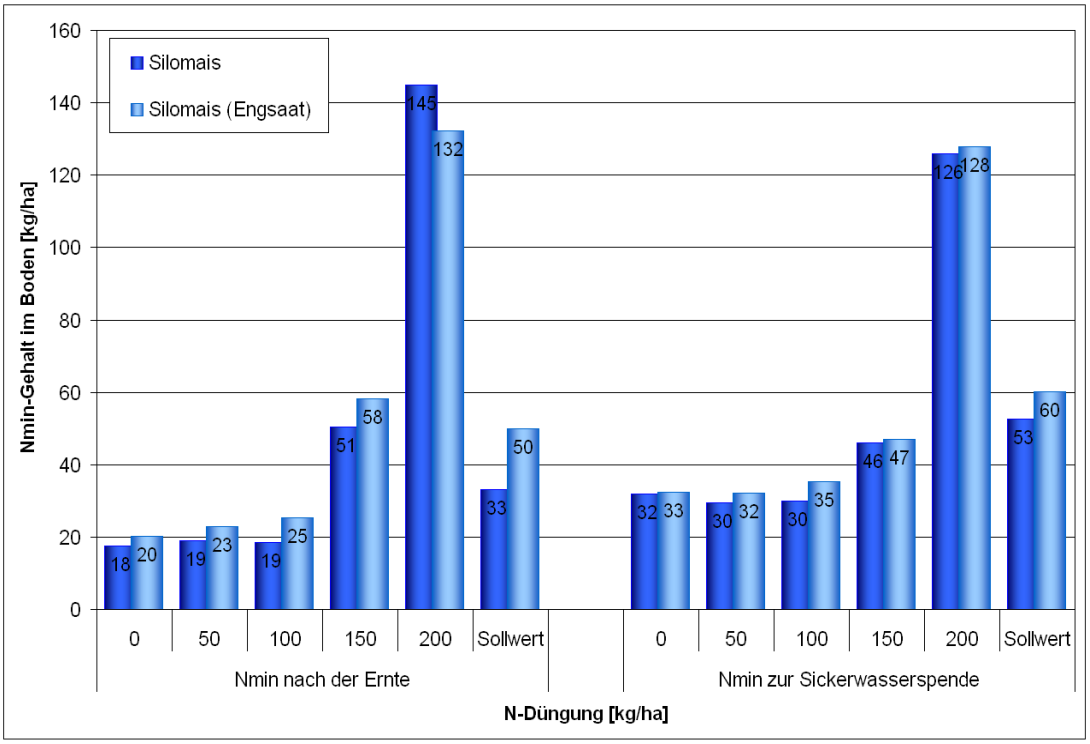


Abbildung 16: Nmin-Gehalte nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von Reihenweite (Engsaat 37,5 cm und Normalsaat 75 cm) Versuch 644, Thülsfelde 2008/2011

3.2.3 Darstellung der N-Bilanzsalden

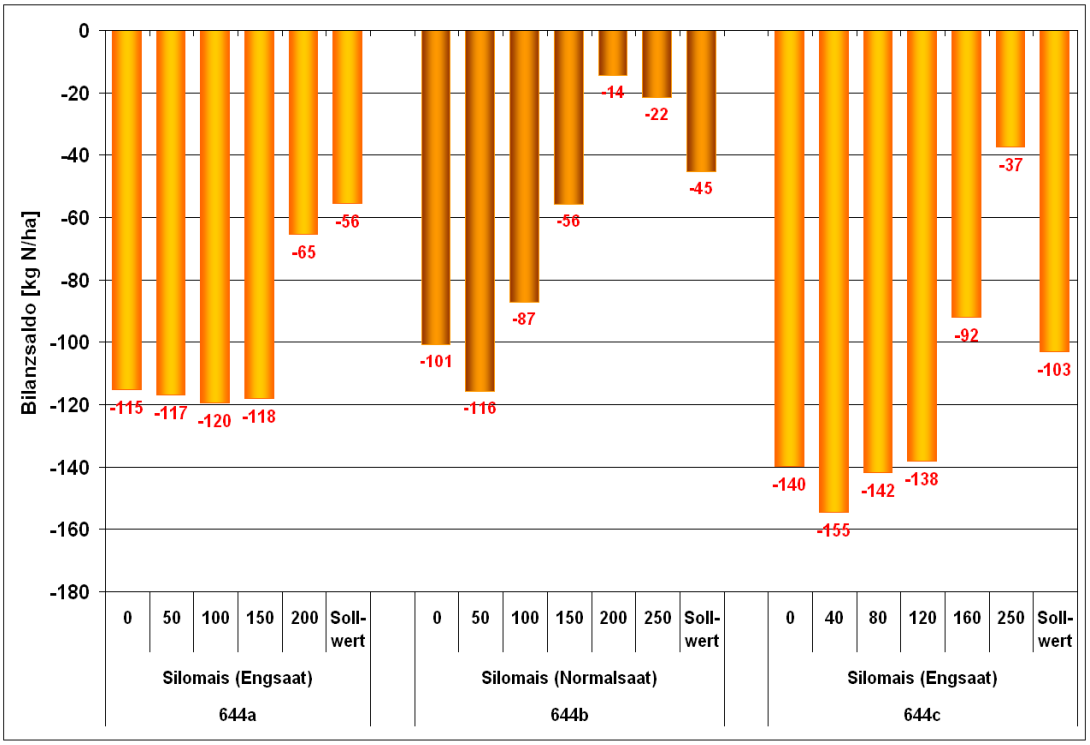


Abbildung 17: Bilanzsalden Versuch 644, Thülsfelde

Neben den Nmin-Gehalten im Boden werden die N-Salden zur Beschreibung einer grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung genutzt. Die dargestellten N-Salden wurden auf der Grund-

lage einfacher N-Zufuhr- und N-Abfuhrbilanzen berechnet. Analog zu früheren Versuchen zeichnete sich der Mais durch deutlich negative N-Salden aus. Die Höhe der N-Salden wurde maßgeblich durch die N-Abfuhr und damit durch den Silomaisertrag bestimmt. So führte der Anbau von Silomais im Engsaatverfahren infolge der höheren Erträge zu negativeren N-Salden, als der Silomaisanbau im Normalsaatverfahren.

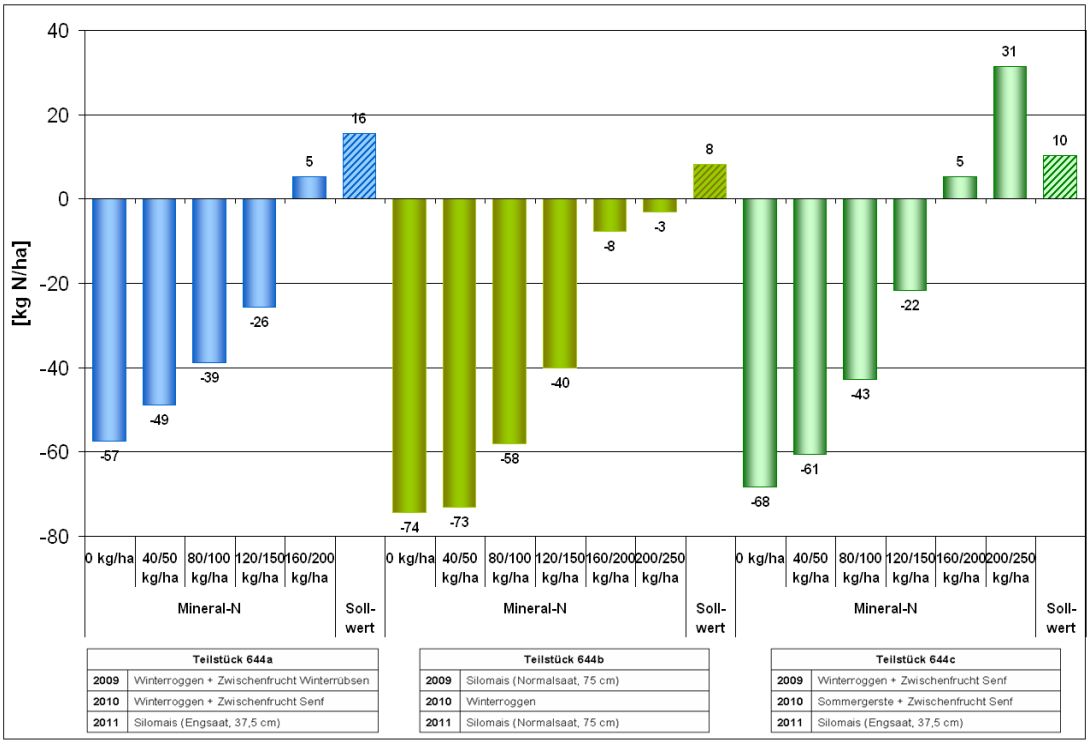


Abbildung 18: Bilanzsalden Versuch 644, Thülsfelde 2009-2011

3.2.4 Zusammenfassung Versuch 644

Im Jahr 2011 führte der Silomaisanbau im Engsaatverfahren (37,5 cm Reihenweite) gegenüber dem Silomaisanbau im Normalsaatverfahren (75 cm Reihenweite) zu höheren TM-Erträgen und zu einer höheren N-Effizienz. Infolge der höheren Erträge wiesen die Engsaatvarianten deutlich negativere N-Salden auf. Die Reihenweite hatte keinen Einfluss auf die Rest-Nmin-Gehalte im Boden.

4 Versuche zum Grundwasserschutzorientierten Energiepflanzenanbau

4.1 Versuch 641 – welche Auswirkungen haben eine grundwasserschutzorientierte N-Düngung und der Zweitfruchtanbau im Energiepflanzenanbau aus Biogasausbeute, Erträge und N-Dynamik im Boden?

4.1.1 Versuchsdurchführung

In den Jahren 2008 bis 2011 untersuchte die Landwirtschaftskammer Niedersachsen in einem Feldversuch die grundwasserschutzorientierte N-Düngung und den Zweitfruchtanbau bei den Energiepflanzen Silomais und Sudangras.

4.1.1.1 Versuchsaufbau

Im Versuch 641 wird der Anbau von Sudangras und Ackergras als Alternative zum Silomais hinsichtlich der Auswirkung auf die N-Dynamik im Boden als auch auf die Methangaserträge überprüft. Zudem wird auch der Zweitfruchtanbau von Silomais und Sudangras nach Roggen-Ganzpflanzensilage (Roggen-GPS) als Erstfrucht untersucht. Die Feldversuche sind auf einem schwach humosen Sandboden als zweifaktorielle Spaltanlage am Versuchsstandort Wehnen angelegt.

Tabelle 8: Aussaattermine, Versuch 641, Wehnen, 2008-2011

Fruchtart	2008	2009	2010	2011
Roggen-GPS	-	13.10.08	9.10.09	19.10.10
Ackergras	• Herbst 07 • Herbst 2009 Nachsaat			
Silomais	30.04.	27.04.09	29.04.10	20.04.11
Silomais nach GPS	-	24.06.09	18.06.10	10.06.11
Sudangras	30.04.	06.05.09	05.05.10	27.04.11
Sudangras nach GPS	-	24.06.09	18.06.10	10.06.11

4.1.1.2 Boden- und Klimakennwerte

Tabelle 9: Boden- und Klimakennwerte, Wehnen

Standort	Wehnen			
Höhe über NN (m)	7			
Bodentyp	Pseudogley-Podsol			
Bodenart	S			
Ackerzahl	30			
	Wetterstation Wehnen			
	2008	**2009**	**2010**	**2011**
mittl. Temperatur	10,0°C	9,8°C	8,0°C	9,8°C
langj. Niederschlagssumme	739 mm	631 mm	696 mm	713 mm
Sommerniederschläge April – Sept.	380 mm	318 mm	433 mm	400 mm

4.1.1.3 Fruchtfolge

Neben der N-Düngung wird der Einfluss der Fruchtart auf Gasausbeute, Ertrag und N-Dynamik überprüft. Als Alternative zum Silomaisanbau wird der Anbau von Ackergras bzw. Sudangras untersucht. In Tabelle 10 sind die untersuchten Fruchtarten aufgeführt.

Tabelle 10: Faktor Fruchtart, Versuch 641, Wehnen

Variante	Fruchtart
1	Ackergras
2	Silomais
3	Sudangras
4	Silomais nach Roggen GPS
5	Sudangras nach Roggen GPS

4.1.1.4 Düngung

Die mineralische N-Düngung wird in gestaffelten Gaben gegeben. Die jeweiligen N-Mengen sind in Tabelle 11 aufgeführt. Bei den Gärrestvarianten ist der Gesamt-Stickstoff angegeben. Beim Ackergras gibt es nur eine Düngungsvariante (jahresabhängig nach Absprache mit dem Fachbereich Grünland/Futterbau). Der Roggen-GPS als Erstfrucht wurde in allen Varianten nach Sollwert (140 kg N/ha) gedüngt.

Tabelle 11: Faktor N-Düngung, Silomais und Sudangras, Versuch 641

Variante	N-Düngung
Ackergras	kg N/ha; Staffelung
1	Ohne N-Düngung
2	75 kg N-Düngung
3	150 kg Mineral-N
4	225 kg Mineral-N
5	300 kg Mineral-N
6	120 kg Gärrest-N (Gesamt-N)
7	120 kg Gärrest-N (Gesamt-N) + 100 kg Mineral-N

Eine bedarfsgerechte Phosphat-, Kalium-, Magnesium- und Kalkdüngung wird unter Beachtung der jährlichen Bodenuntersuchung vorgenommen

4.1.1.5 Pflanzenschutz

Der Pflanzenschutz wird betriebsüblich nach den Grundsätzen des integrierten Pflanzenschutzes durchgeführt.

4.1.1.6 Ernte

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

Abbildung 19: Ernte von Sudangras

Tabelle 12: Erntetermine Versuch 641, Wehnen, 2008-2011

Fruchtart	2008	2009	2010	2011
Roggen-GPS	-	23.06.09	14.06.10	07.06.11
Ackergras	5 Schnitte	6 Schnitte	6 Schnitt	7 Schnitte
Silomais	29.09.08	11.09.09	06.10.10	30.09.11
Silomais nach GPS	-	19.10.09	27.10.10	27.10.11
Sudangras	2.10.08	05.10.09	02.09.10	30.09.11
Sudangras nach GPS	-	19.10.09	27.10.10	27.10.11

4.1.1.7 Untersuchungen und Auswertungen

Die TS-Bestimmungen werden nach der Richtlinie des Bundessortenamtes vom Versuchsansteller durchgeführt. Erntegutanalysen (NIRS-Verfahren und chemische Untersuchungen) erfolgen entsprechend den geltenden Untersuchungsstandards des VDLUFA. Gleiches gilt für die Bodenuntersuchungen auf die Grundnährstoffe P, K, Mg und pH-Wert, die Nmin-Untersuchungen und für die Gärrestuntersuchungen.

4.1.1.8 Nmin-Beprobung

Die Bodenproben zur Nmin-Untersuchung werden vorwiegend mit der Nitrat-Raupe gezogen. Die Beprobungstiefe nach der Ernte ist in der Regel 0 bis 90 cm. Die Probendichte pro Flächeneinheit und die Analyse erfolgte nach den einschlägigen Verfahrensvorschriften des VDLUFA. Die Bezeichnung Rest-Nmin bezieht sich in diesem Bericht auf die Nmin-Werte im Boden nach der Ernte der Versuchsfrucht. Die Nmin-Probenahme erfolgt im Frühjahr, nach der Ernte (Erst- und Zweitfrucht) und zur Sickerwasserspende.

4.1.2 Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse (641)

Im Jahr 2011 konnte der Energiepflanzenversuch am Standort Wehnen wie geplant durchgeführt werden. Damit ist das letzte Versuchsjahr für diesen Versuch abgelaufen und der Versuch damit abgeschlossen. Nachfolgend werden die Ergebnisse aus dem Versuch im Mittel der Versuchsjahre 2008-2011 dargestellt.

In der Tabelle 13 und der Tabelle 14 sind die Trockenmasseerträge und die Energieerträge der verschiedenen Varianten und Kulturen im Untersuchungszeitraum aufgeführt.

Tabelle 13: Trockenmasseerträge, Versuch 641, Wehnen, 2008-2011

Erntejahr	Variante	N-Düngung Gesamt	Ackergras	Silomais	Sudangras	Roggen-GPS vor Silomais	Silomais als Zweitfrucht	Roggen-GPS vor Sudangras	Sudangras als Zweitfrucht
		[kg/ha]	[dt TM/ha]	[dt TM/ha]	[dt TM/ha]	[dt TM/ha]	[dt TM/ha]	[dt TM/ha]	[dt TM/ha]
2008	Optimal N-Düngung	280	114						
	Sollwert	0		118	98				
	75 Mineral-N	75		149	124				
	150 Mineral-N	150		199	125				
	225 Mineral-N	225		194	126				
	300 Mineral-N	300		209	127				
	120 Gärrest-N	120		168	118				
	120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N	220		189	126				
2009	Optimal N-Düngung	350	155						
	Sollwert	120				49		49	
	ohne Mineral-N	0		130	105		69		52
	75 Mineral-N	75		153	142		98		77
	150 Mineral-N	150		170	141		120		92
	225 Mineral-N	225		198	175		116		97
	300 Mineral-N	300		190	164		111		101
	120 Gärrest-N	120		163	145		113		88
	120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N	220		177	158		126		101
2010	Optimal N-Düngung	320	142						
	Sollwert	120				83		78	
	ohne Mineral-N	0		133	80		99		69
	75 Mineral-N	75		161	129		126		130
	150 Mineral-N	150		172	142		125		140
	225 Mineral-N	225		170	128		135		156
	300 Mineral-N	300		174	135		118		130
	120 Gärrest-N	120		164	124		115		136
	120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N	220		167	138		132		159
2011	Optimal N-Düngung	290	210						
	Sollwert	120				85		82	
	ohne Mineral-N	0		124	68		81		76
	75 Mineral-N	75		154	120		120		92
	150 Mineral-N	150		173	131		118		91
	225 Mineral-N	225		167	159		130		83
	300 Mineral-N	300		167	146		128		102
	120 Gärrest-N	120		156	137		116		77
	120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N	220		171	140		129		98

Tabelle 14: Energieerträge, Versuch 641, Wehnen, 2008-2011

Ernte-jahr	Variante	Ackergras	Silomais	Roggen-GPS + Silomais	Sudangras	Roggen-GPS + Sudangras
		[kWh/ha]	[kWh/ha]	[kWh/ha]	[kWh/ha]	[kWh/ha]
2008	Optimale Düngung	15.044				
	0 kg N/ha		14.432		11.708	
	75 kg Mineral-N/ha		17.491		13.855	
	150 kg Mineral-N/ha		23.233		14.429	
	225 kg Mineral-N/ha		22.253		14.793	
	300 kg Mineral-N/ha		23.925		15.215	
	120 kg Gärrest-N/ha		19.137		13.570	
	120 kg Gärrest-N/ha + 100 kg Mineral-N/ha		22.059		14.546	
2009	Optimale Düngung	18.358				
	0 kg N/ha		15.686	12.517	13.448	10.849
	75 kg Mineral-N/ha		18.346	15.306	18.145	14.140
	150 kg Mineral-N/ha		21.394	18.077	18.601	16.302
	225 kg Mineral-N/ha		24.092	17.484	22.789	17.241
	300 kg Mineral-N/ha		23.856	17.499	21.675	17.898
	120 kg Gärrest-N/ha		20.003	16.424	19.217	15.189
	120 kg Gärrest-N/ha + 100 kg Mineral-N/ha		21.478	17.993	20.729	16.838
2010	Optimale Düngung	17.761				
	0 kg N/ha		15.082	22.337	10.765	18.708
	75 kg Mineral-N/ha		18.289	24.822	13.646	24.438
	150 kg Mineral-N/ha		19.996	25.175	15.937	26.201
	225 kg Mineral-N/ha		19.756	25.479	13.828	27.372
	300 kg Mineral-N/ha		20.022	24.848	14.649	24.716
	120 kg Gärrest-N/ha		18.848	23.613	13.528	24.757
	120 kg Gärrest-N/ha + 100 kg Mineral-N/ha		19.513	25.654	14.223	26.733
2011	Optimale Düngung	25.205				
	0 kg N/ha		15.356	20.828	8.535	18.312
	75 kg Mineral-N/ha		17.761	23.609	13.524	20.839
	150 kg Mineral-N/ha		19.589	24.077	15.261	19.775
	225 kg Mineral-N/ha		19.502	24.821	18.772	20.470
	300 kg Mineral-N/ha		19.775	24.483	16.625	20.691
	120 kg Gärrest-N/ha		18.559	23.408	16.192	18.734
	120 kg Gärrest-N/ha + 100 kg Mineral-N/ha		19.950	24.772	16.279	21.090

Das Anbausystem Roggen-GPS und Silomais führte gegenüber dem Silomaisanbau im Einfruchtanbau lediglich zu geringen Mehrerträgen, die sich statistisch nicht absichern ließen. Vor dem Hintergrund einer höheren N-Düngung und den höheren Arbeitserledigungskosten war der Zweitfruchtanbau nicht wirtschaftlich.

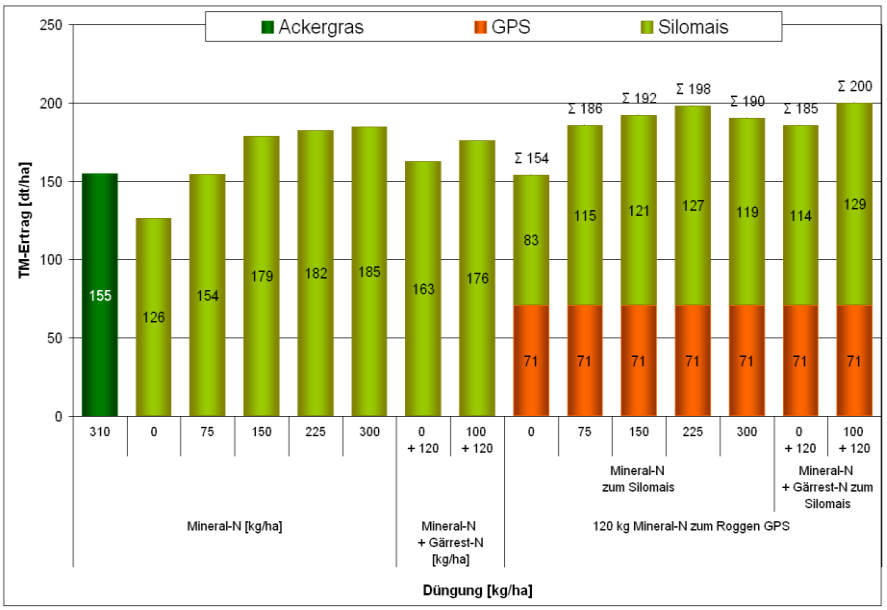


Abbildung 20: Trockenmasseabfuhr Silomais mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zum Ackergras, Versuch 641, Wehnen, 2009-2011

Im Vergleich zum Ackergras waren sowohl der Ein- als auch der Zweitfruchtanbau ertraglich überlegen. Bei der Berechnung der N-Optima bestätigen sich auch im Mittel der Jahre die Ergebnisse aus den ersten Versuchsjahren. So ist der Sollwert von Silomais als Zweitfrucht um 30 - 40 kg N/ha zu reduzieren, im Vergleich zum N-Sollwert von Mais als Hauptfrucht.

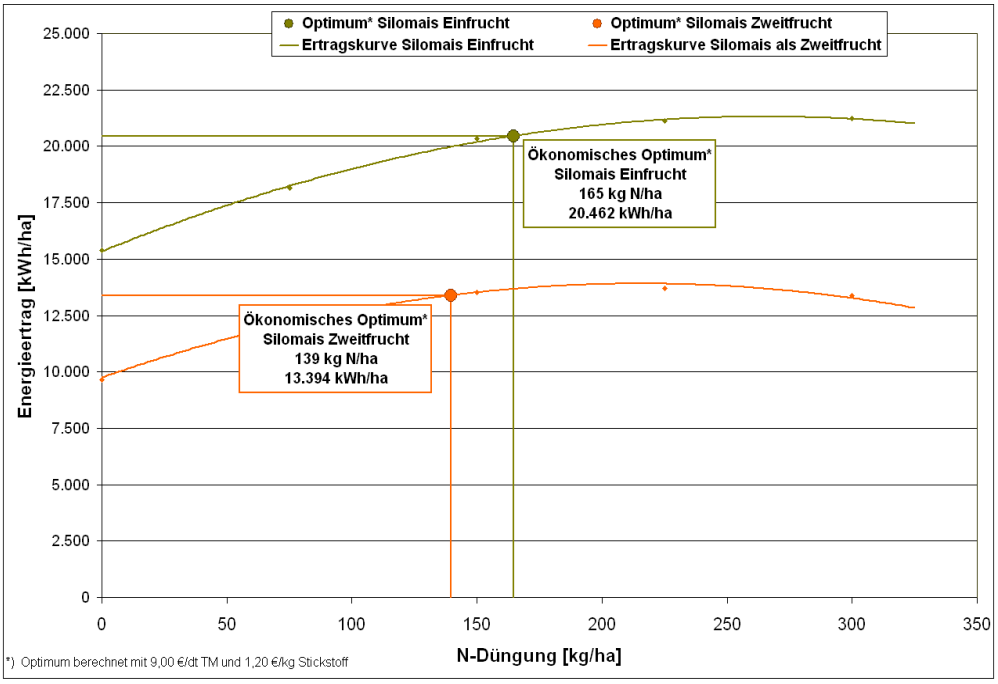


Abbildung 21: Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Silomais als Haupt- bzw. Zweitfrucht, versuch 641, Wehnen, 2009-2011

Beim Sudangras lagen die Trockenmasse-Mehrerträge im Anbausystem Roggen-GPS u. Silomais im Bereich von 36 - 50 dt/ha. Trotz dieser höheren Erträge liegen die Ertragsergebnisse deutlich unter den Silomaiserträgen im Einfruchtanbau. Das Feldgras war ertraglich dem Sudangras im Einfruchtanbau überlegen, im Zweitfruchtanbau war die Kombination Roggen-GPS und Sudangras dem Ackergras überlegen.

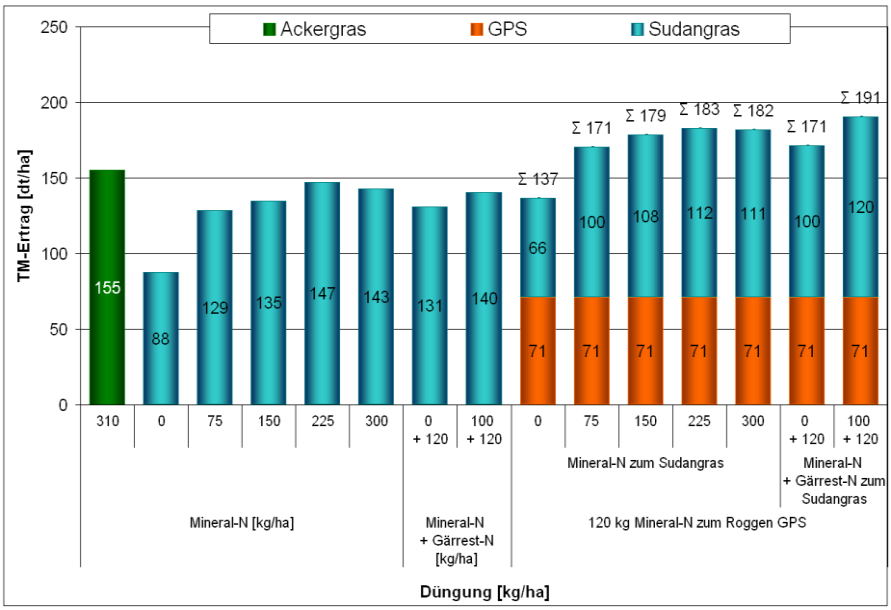


Abbildung 22: Trockenmasseabfuhr Sudangras mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zum Ackergras, Versuch 641, Wehnen, 2009-2011

Analog zum Silomais im Zweitfruchtanbau muss der N-Sollwert zu Sudangras im Zweitfruchtanbau reduziert werden. Aufgrund der vorliegenden Versuchsergebnisse erscheint eine Reduzierung um 20 – 30 kg N/ha ausreichend.

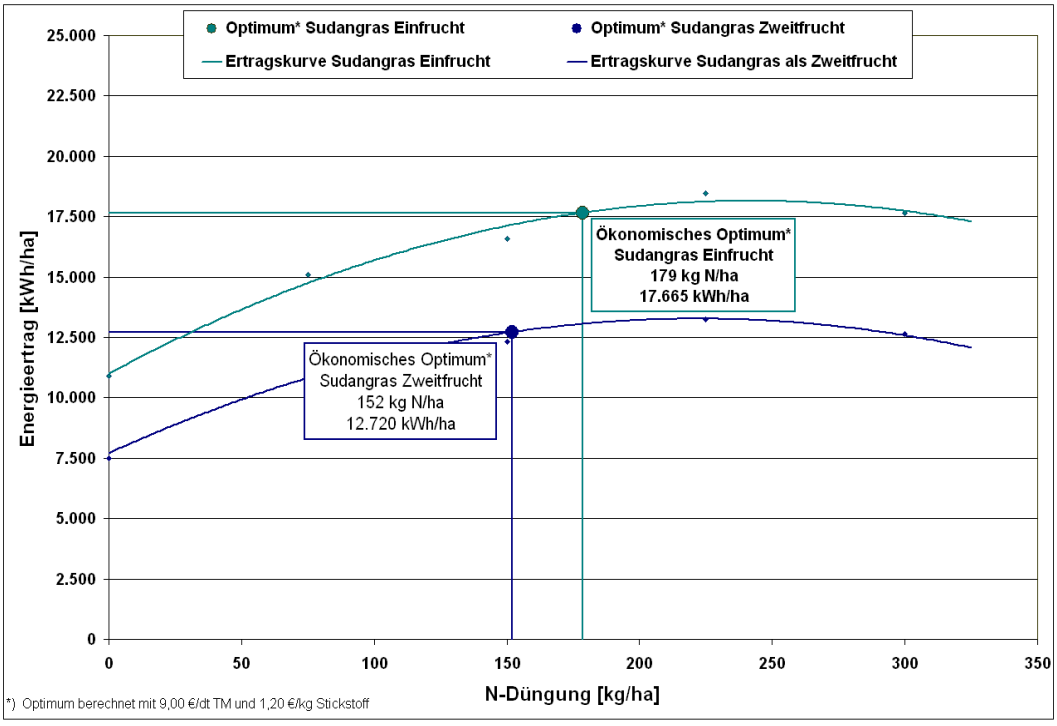


Abbildung 23: Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Sudangras als Haupt- bzw. Zweitfrucht, Versuch 641, Wehnen, 2009-2011

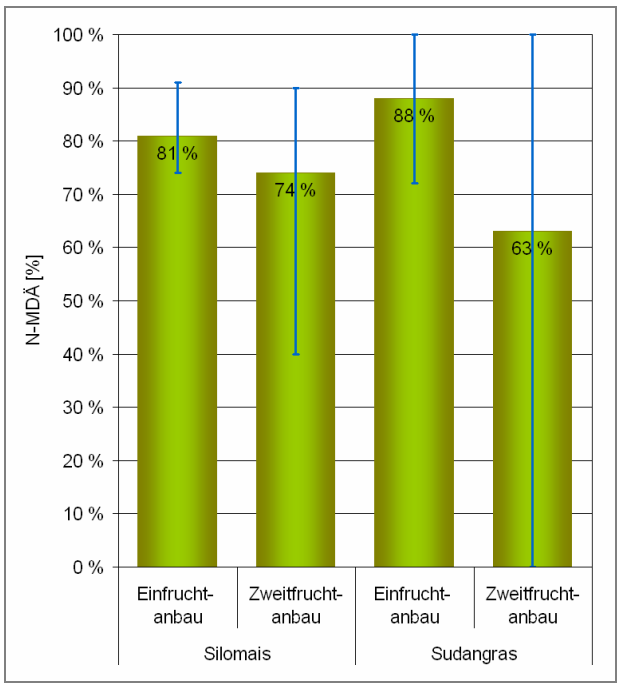


Abbildung 24: Gärrest-N-MDÄ in Abhängigkeit von Fruchtart , Anbauweise und –Jahr, Versuch 641, Wehnen ∅ 2009-2011

Die N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) beim Silomais und Sudangras als Einfrucht lagen im Bereich 70 - 100%. Beim Zweitfruchtanbau variierten die N-MDÄ deutlich stärker. Im Durchschnitt der Jahre lagen die N-MDÄ jedoch im Bereich der Empfehlungen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

4.1.3 Einfluss auf die Rest-Nmin-Gehalte im Boden

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Nmin-Gehalte im Herbst nach der Silomais- und Sudangrasernte dargestellt.

Deutlich wird aus der Abbildung 25, dass eine über dem N-Sollwert liegende N-Düngung sowohl beim Silomais als auch beim Sudangras zu erhöhten Rest-Nmin-Gehalten im Boden nach der Ernte führte. Deutlich wird auch, dass bei einer über dem Sollwert liegenden N-Düngung die Varianz (blaue Balken in Abbildung 25) der Nmin-Werte deutlich ansteigt. Lagen die Nmin-Werte bei optimaler N-Düngung im Durchschnitt in einem Bericht von +/- 10 kg/ha, liegen sie bei einer über dem Sollwert liegenden N-Düngung (225 kg N/ha) in einem deutlich höheren Bereich. Dies bedeutet, dass mit steigender N-Düngung die Gefahr hoher Rest-Nmin-Gehalte und einem damit verbundenen Austrag von Stickstoff in tiefere Bodenschichten deutlich ansteigt.

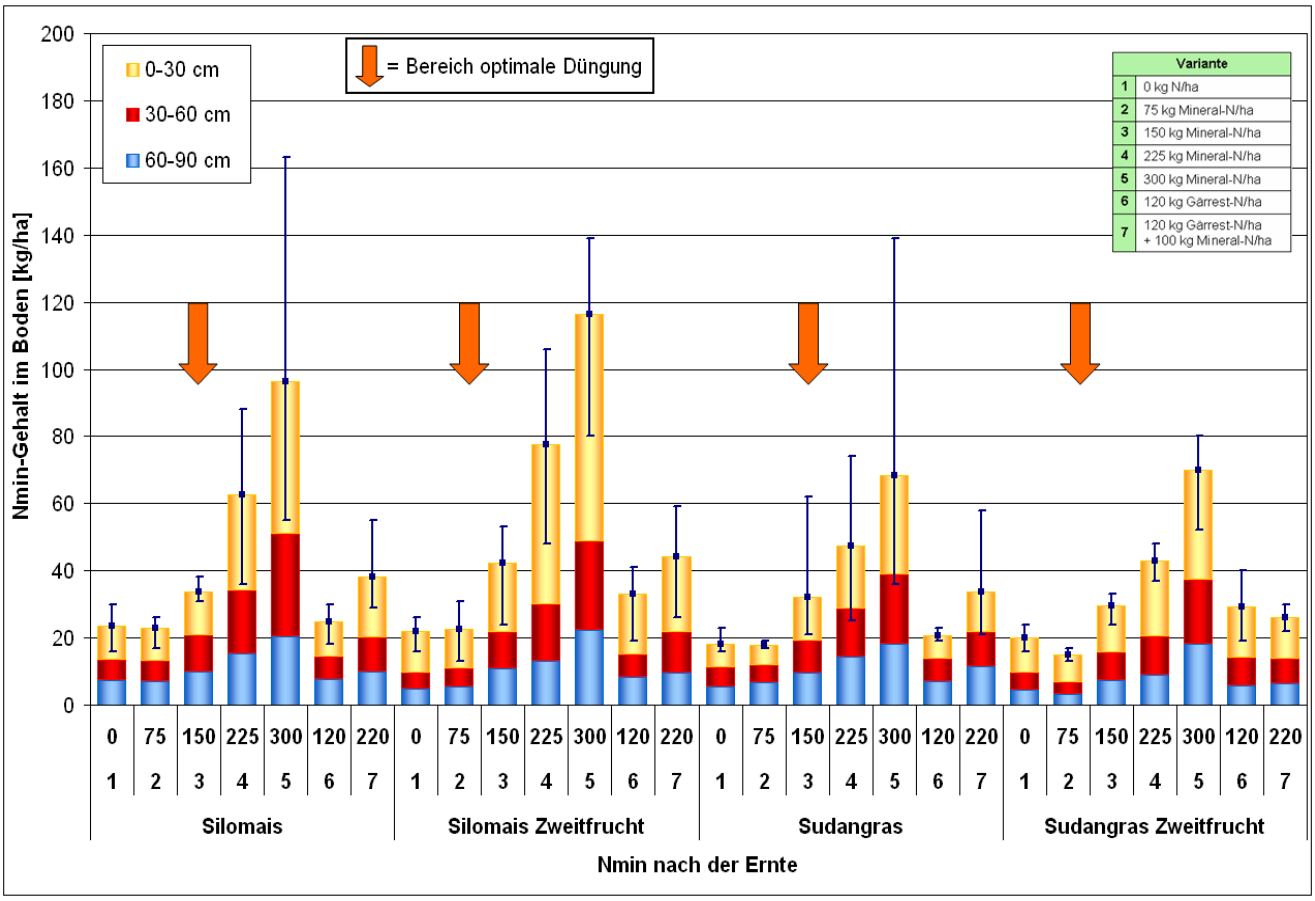


Abbildung 25: Nmin-nach der Ernte von Silomais bzw. Sudangras, Versuch 641, Wehnen ∅ 2008-2011

Die organische, bzw. organisch-mineralische Düngung führte zu keinen erhöhten Rest-Nmin-Gehalten im Boden im Vergleich zur rein mineralisch gedüngten Variante.

In der Abbildung 26 sind die Rest-Nmin-Gehalte im Boden zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende aufgeführt. Die Werte sind niedriger als nach der Ernte, somit wurde der Stickstoff bereits in tiefere Bodenschichten verlagert.

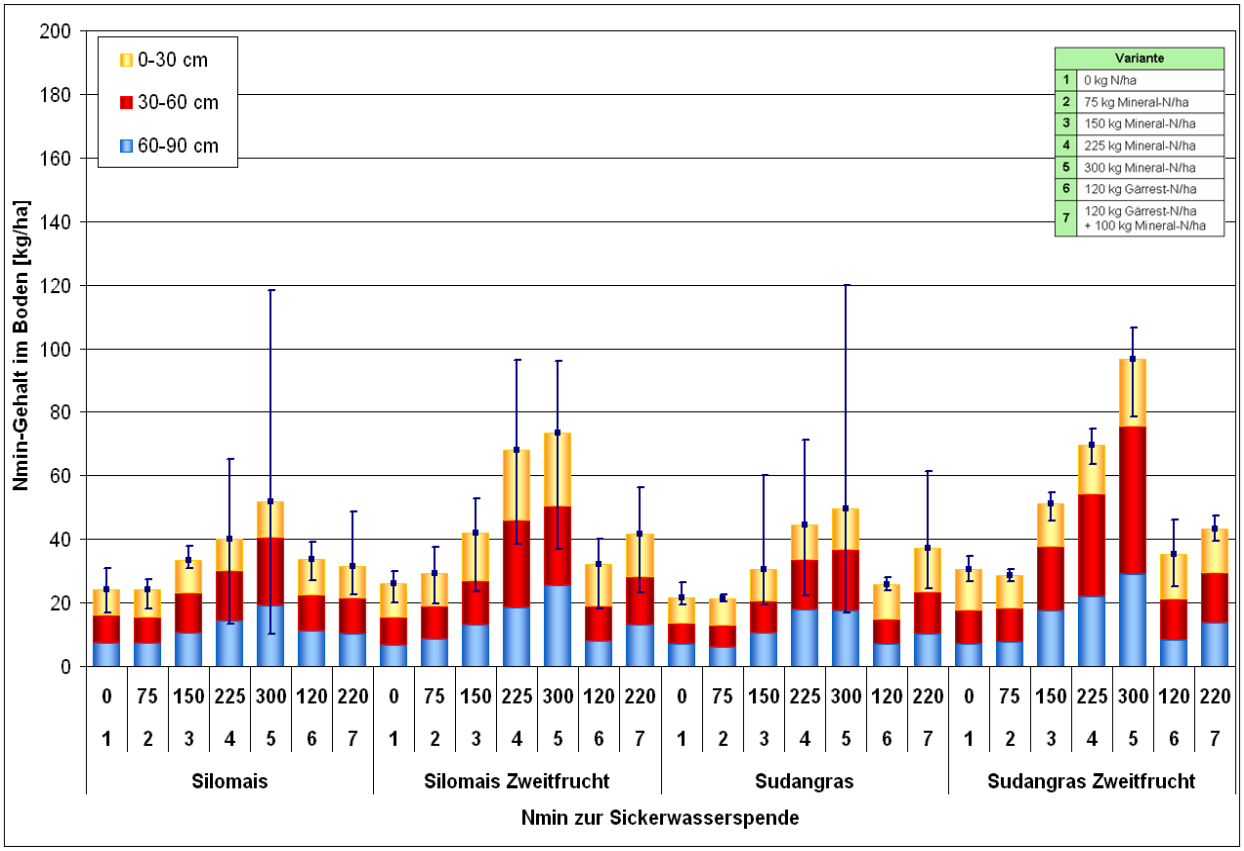


Abbildung 26: Nmin zum Zeitpinkt der Sickerwasserspende, nach der Ernte von Silomais bzw. Sudangras im Ein bzw. Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen ∅ 2008-2011

4.1.4 Darstellung der N-Bilanzsalden

Tabelle 15: N-Bilanzsalden Versuch 641, Wehnen ∅ 2008-2011

Frucht	Variante	N-Zufuhr* [kg/ha]	N-Abfuhr [kg/ha]	Bilanz [kg/ha]
Ackergras	Optimale Düngung	310	415	-105
Silomais	0 kg N/ha	0	130	-130
	75 kg Mineral-N/ha	75	167	-92
	150 kg Mineral-N/ha	150	213	-63
	225 kg Mineral-N/ha	225	223	2
	300 kg Mineral-N/ha	300	225	76
	120 kg Gärrest-N/ha	102	178	-76
	120 kg Gärrest-N/ha + 100 kg Mineral-N/ha	202	211	-9
Roggen-GPS + Silomais	0 kg N/ha	0	180	-180
	75 kg Mineral-N/ha	195	216	-21
	150 kg Mineral-N/ha	270	242	28
	225 kg Mineral-N/ha	345	240	105
	300 kg Mineral-N/ha	420	233	187
	120 kg Gärrest-N/ha	222	219	3
	120 kg Gärrest-N/ha + 100 kg Mineral-N/ha	322	243	79
Sudangras	0 kg N/ha	0	107	-107
	75 kg Mineral-N/ha	75	132	-57
	150 kg Mineral-N/ha	150	173	-23
	225 kg Mineral-N/ha	225	184	41
	300 kg Mineral-N/ha	300	194	106
	120 kg Gärrest-N/ha	102	134	-32
	120 kg Gärrest-N/ha + 100 kg Mineral-N/ha	202	169	34
Roggen-GPS + Sudangras	0 kg N/ha	0	170	-170
	75 kg Mineral-N/ha	195	193	2
	150 kg Mineral-N/ha	270	229	41
	225 kg Mineral-N/ha	345	233	112
	300 kg Mineral-N/ha	420	241	179
	120 kg Gärrest-N/ha	222	207	15
	120 kg Gärrest-N/ha + 100 kg Mineral-N/ha	322	238	84

*) Gärrest-N nach Abzug der Ausbringungsverluste (15%)

Die N-Bilanzsalden zeigen für die Fruchtarten mit hoher TM-Abfuhr typische Werte. Im Bereich der optimalen Düngung wurden beim Silomais sowohl im Einfruchtanbau als auch im Zweitfruchtanbau negative Bilanzsalden ermittelt (siehe Abbildung 27).

Auch beim Sudangras liegen die Salden bei optimaler Düngung im Ein- als auch im Zweitfruchtanbau im negativen Bereich (siehe Abbildung 28) In der Abbildung 27 sind die Rest-Nmin-Gehalte im Boden zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende aufgeführt. Die Werte sind niedriger als nach der Ernte, somit wurde der Stickstoff bereits in tiefere Bodenschichten verlagert (siehe Abbildung 28).

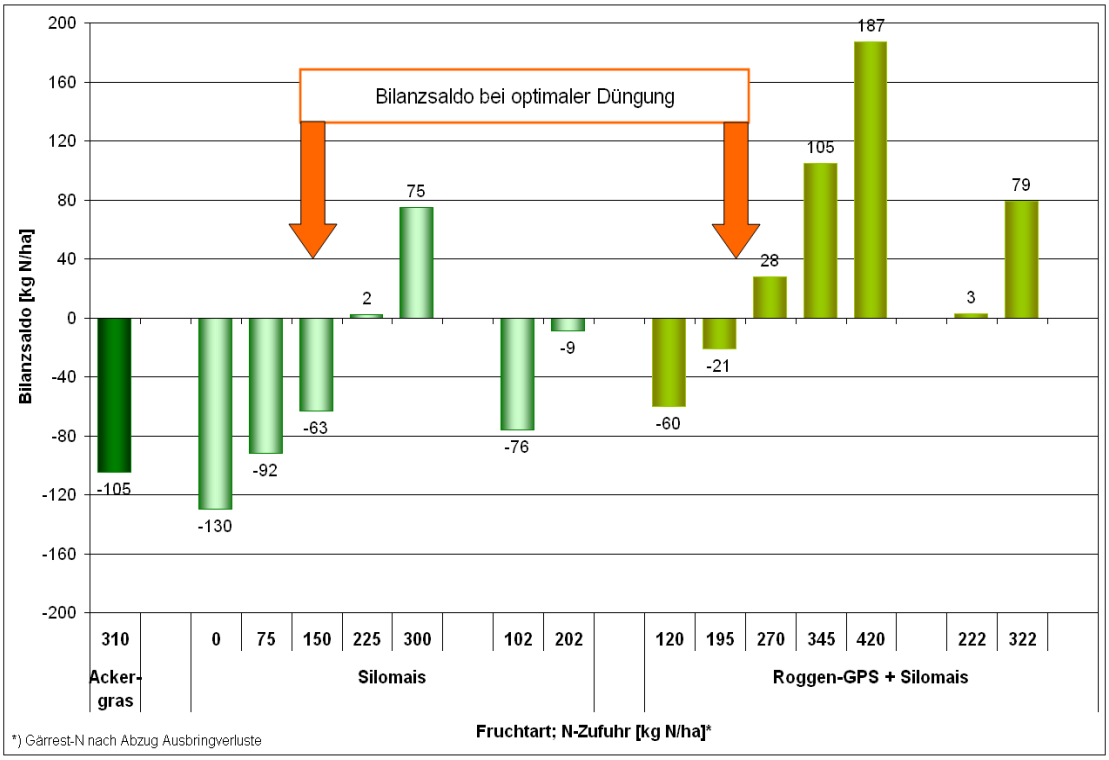


Abbildung 27: Bilanzsaldo beim Anbau von Silomais im Ein- und Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen 2009-2011

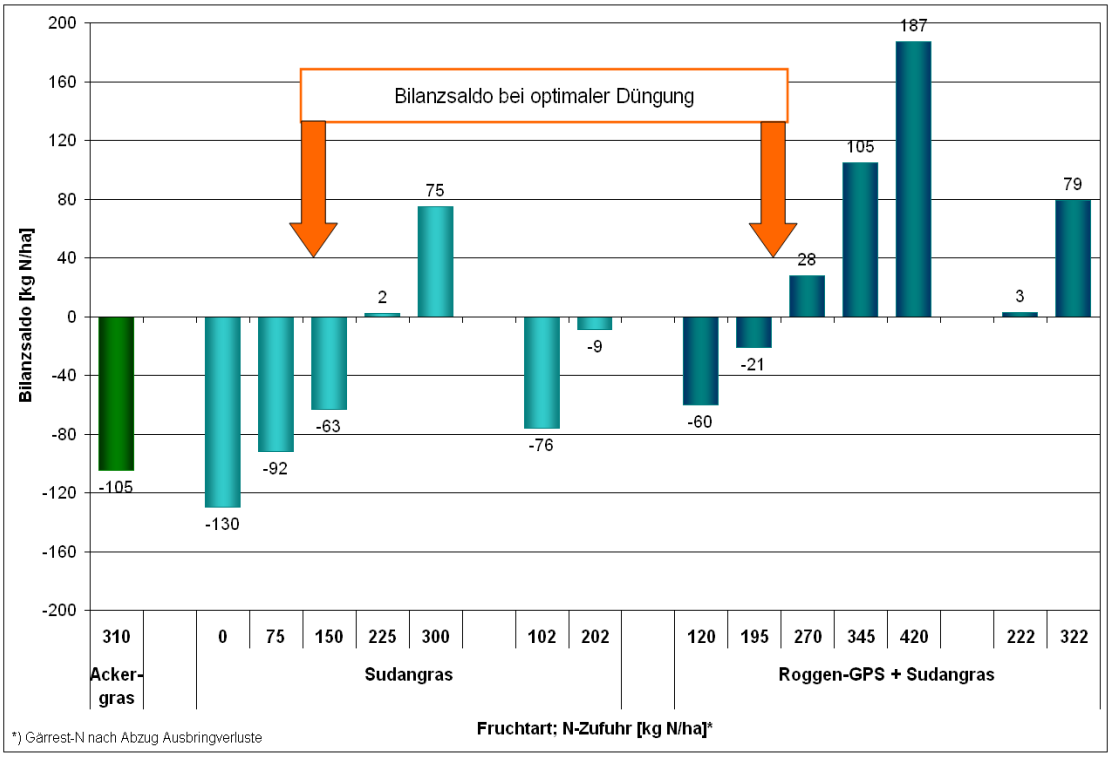


Abbildung 28: Bilanzsaldo beim Anbau von Sudangras im Ein- und Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen, 2009-2011

4.1.5 Zusammenfassung Versuch 641

Der Anbau von Silomais im Einfruchtanbau führte zu höheren Erträgen als der Anbau des Zweitfruchtsystems GPS und Silomais. Sudangras erwies sich als eine deutlich ertragsschwächere Frucht. Im Zweitfruchtanbau ist die optimale N-Düngung zu Silomais um 30 – 40 kg N/ha zu reduzieren. Bei Sudangras ist die N-Düngung um 20 – 30 kg N/ha im Zweitfruchtanbau zu verringern. Eine optimale N-Düngung führte nicht zu erhöhten Rest-Nmin-Gehalten im Boden. Erst bei einer über dem N-Optimum liegenden N-Düngung stiegen die Reststickstoffgehalte im Boden stark an.

4.2 Versuch 888- welche Auswirkungen hat Silomais als Zweitfrucht nach Getreide-GPS auf die N-Dynamik im Boden?

4.2.1 Versuchsdurchführung

4.2.1.1 Versuchsaufbau

Im Jahr 2010 wurden zusätzlich zum Versuch 641 an drei Standorten Feldversuche zum Zweitfruchtanbau von Silomais nach Getreide-GPS angelegt.

Die Versuchsstandorte sowie die Boden- und Klimawerte sind in Tabelle 17 aufgeführt. Als Getreide-GPS wurden Winterweizen, Winterroggen und Wintergerste angebaut.

4.2.1.2 Boden- und Klimakennwerte

Die Boden- und Klimawerte aus dem Jahr 2011 der Standorte sind in Tabelle 16 aufgeführt.

Tabelle 16: Boden- und Klimakennwerte Versuch 888, 2011

Standort / Wetterstation	Poppenburg	Rockstedt	Werlte
Bodenart	Lehm	lehmiger Sand	Sand
Ackerzahl	85	34	40
mittl. Temperatur 2011	9,5°C	10,5°C	10,2°C
Niederschlagssumme 2011	536 mm	835 mm	690 mm
Sommerniederschläge 2011 April – Sept.	329 mm	414 mm	407 mm

4.2.1.3 Düngung

Die Erstfrucht (Getreide-GPS) wurde in allen Varianten nach N-Sollwert gedüngt. Die mineralische N-Düngung zum Silomais wird in gestaffelten N-Gaben gegeben. Die jeweiligen N-Mengen sind in Tabelle 17 aufgeführt. Bei der Gärrestvariante ist der Gesamt-Stickstoff angegeben

Tabelle 17: Faktor N-Düngung, Versuch 888, 2011

Standort	Variante	N-Düngung		
Poppenburg	**Erstfrucht Hafer-GPS:** 100 kg N/ha – Nmin			
	Variante	**N-Düngung Silomais**		
		Nmin 0-60 cm [kg/ha]	**Mineral-N [kg/ha]**	**Gärrest-Gesamt-N [kg/ha]**
	1	-	0	
	2		60	
	3		120	
	4		180	
	5		240	
	6		300	
	7			120 Gärrest
Rockstedt	**Erstfrucht Roggen-GPS:** 140 kg N/ha – Nmin			
	Variante	**N-Düngung Silomais**		
		Nmin 0-60 cm [kg/ha]	**Mineral-N [kg/ha]**	**Gärrest-Gesamt-N [kg/ha]**
	1	75 (27.06.2011)	0	
	2		60	
	3		120	
	4		180	
	5		240	
	6			
	7			
Werlte	**Erstfrucht Gersten-GPS:** 170 kg N/ha – Nmin			
	Variante	**N-Düngung Silomais**		
		Nmin 0-60 cm [kg/ha]	**Mineral-N [kg/ha]**	**Gärrest-Gesamt-N [kg/ha]**
	1	41 (28.06.2011)	0	
	2		60	
	3		120	
	4		180	
	5		240	
	6		300	
	7			120

Eine bedarfsgerechte Phosphat-, Kalium-, Magnesium- und Kalkdüngung wird unter Beachtung der jährlichen Bodenuntersuchung vorgenommen. Darüber hinaus wird die Gärrestgabe auf der Grundlage aktueller Gärrestanalysen bemessen.

4.2.1.4 Pflanzenschutz

Der Pflanzenschutz wird betriebsüblich nach den Grundsätzen des integrierten Pflanzenschutzes durchgeführt

4.2.1.5 Ernte

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

4.2.1.6 Untersuchungen und Auswertungen

Die TS-Bestimmungen werden nach der Richtlinie des Bundessortenamtes vom Versuchsansteller durchgeführt. Erntegutanalysen (NIRS-Verfahren und chemische Untersuchungen) erfolgen entsprechend den geltenden Untersuchungsstandards des VDLUFA. Gleiches gilt für die Bodenuntersuchungen auf die Grundnährstoffe P, K, Mg und pH-Wert, die Nmin-Untersuchungen und die Gärrestuntersuchungen

4.2.1.7 Nmin-Beprobung

Die Bodenproben zur Nmin-Untersuchung werden vorwiegend mit der Nitrat-Raupe gezogen. Die Beprobungstiefe nach der Ernte ist in der Regel 0 bis 90 cm. Die Probendichte pro Flächeneinheit und die Analyse erfolgte nach den einschlägigen Verfahrensvorschriften des VDLUFA. Die Bezeichnung Rest-Nmin bezieht sich in diesem Bericht auf die Nmin-Werte im Boden nach der Ernte der Versuchsfrucht. Die Nmin-Probenahme erfolgt im Frühjahr, nach der Ernte (Erst- und Zweitfrucht) und zur Sickerwasserspende.

4.2.2 Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse (888)

In Tabelle 18 sind die jeweiligen Aussaat- und Erntetermine aufgeführt. Die Aussaat des Silomaises erfolgte am Standort Poppenburg in der 24. Kalenderwoche, an den beiden anderen Standorten in der 26. Kalenderwoche. Damit erfolgte die Aussaat in diesem Versuch später als im Vergleich zum Versuch 641 in Wehnen (Aussaat der Zweitfrucht erfolgte dort in der 23. Kalenderwoche).

Tabelle 18: Anbaudaten, Versuch 888, 2011

Standort	Erstfrucht		Zweitfrucht	
	Aussaat	Ernte	Aussaat	Ernte
Poppenburg	Hafer-GPS		Silomais	
	18.04.2011	15.06.2011	17.06.2011	20.10.2011
Rockstedt	Roggen-GPS		Silomais	
	Okt. 2011	26.06.2011	28.06.2011	21.10.2011
Werlte	Triticale-GPS		Silomais	
	Okt. 2011	27.06.2011	29.06.2011	31.10.2011

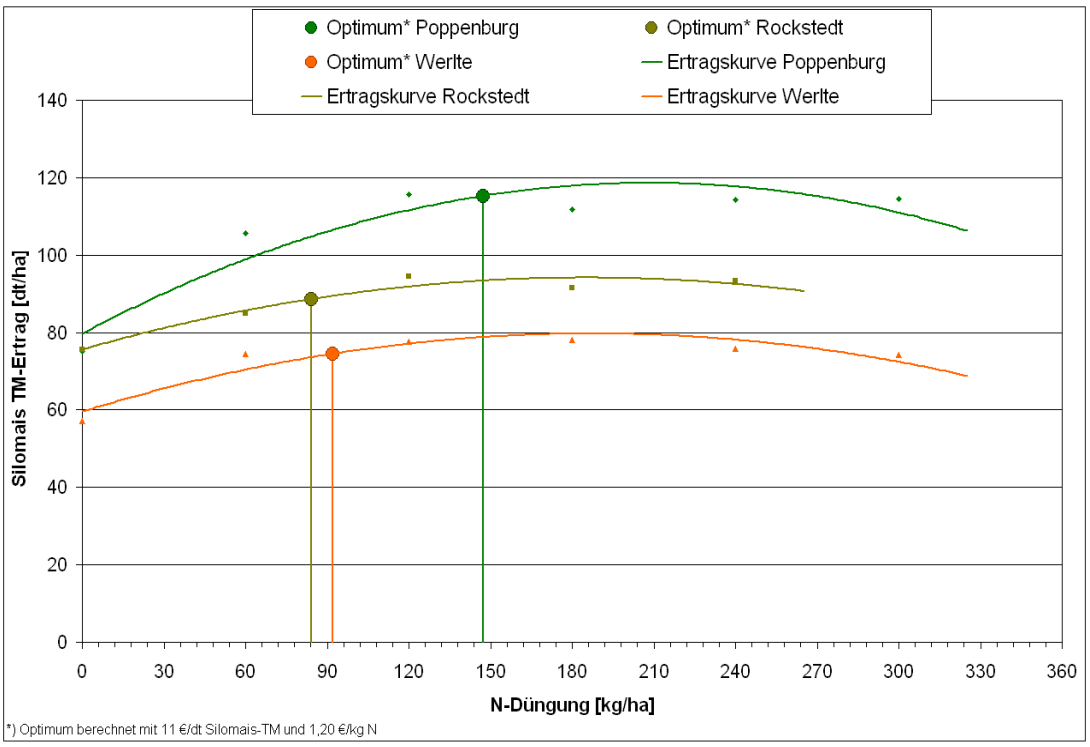


Abbildung 29: Ertragskurven und Optima von Silomais als Zweitfrucht, Versuch 888, 2011

Infolge der geringeren Standortgüte und einer späten Aussaat waren an den Standorten Rockstedt und Werlte geringere Silomaiserträge zu verzeichnen. Während am Standort Poppenburg der optimale Trockenmasse-Ertrag bei 115 dt TM/ha lag, wurden an den Standorten Rockstedt und Werlte lediglich 89 dt TM/ha bzw. 75 dt TM/ha im Bereich des N-Optimums geerntet.

Vergleicht man den Silomaisertrag als Zweitfrucht mit dem Ertrag im Einfruchtanbau werden die Ertragsverluste deutlich. Am Standort Rockstedt wurden im Einfruchtanbau ca. 100 dt TM Siloamais/ha mehr geerntet als im Zweitfruchtanbau. Die N-Optima lagen an diesem Standort im Jahr 2011 im Einfruchtanbau bei ca. 140 kg N/ha (Frühjahrs Nmin 0-60 cm: 20 kg/ha). Die optimale Düngung der Zweitfrucht lag hingegen nur bei 84 kg N/ha, was vorrangig auf das geringe Ertragsniveau infolge des späten Aussaattermins zurückzuführen war.

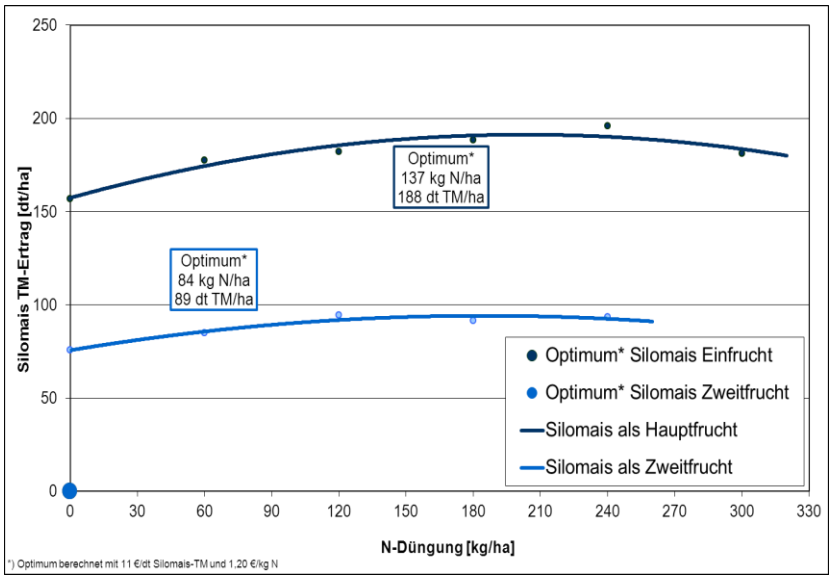


Abbildung 30: Ertragskurven und N-Optima von Silomais im Ein- und Zweitfruchtanbau, Versuch 888 und 431, Rockstedt, 2011

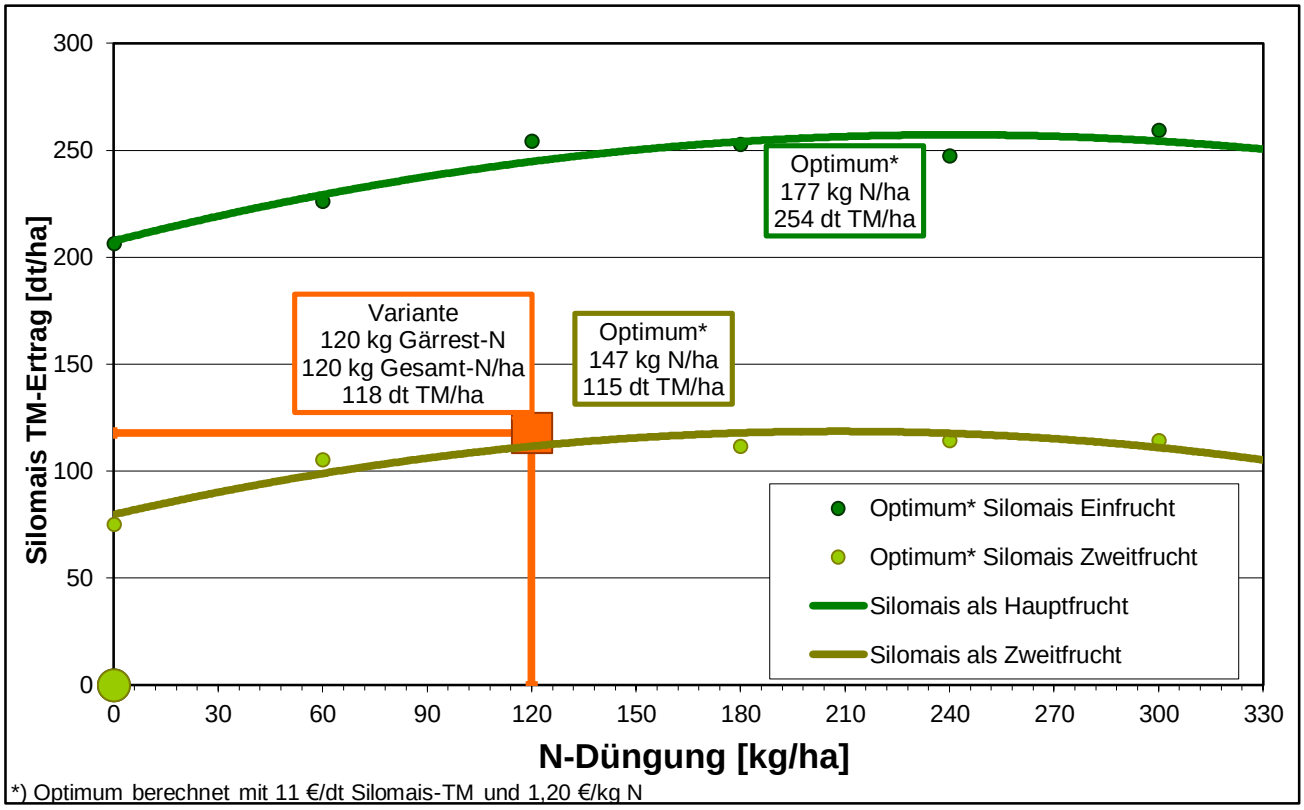


Abbildung 31: Ertragskurven und N-Optima von Silomais im Ein- und Zweitfruchtanbau, Versuch 888 und 431, Poppenburg, 2011

Die optimale N-Düngung am Standort Poppenburg lag im Jahr 2011 im Einfruchtanbau bei 177 kg N/ha (Frühjahrs Nmin 0-60 cm: 39 kg/ha). Der optimale Ertrag lag bei 254 dt TM/ha und damit wurden im Einfruchtanbau rd. 150 dt/ha Trockenmasse mehr geerntet als im Zweitfruchtanbau an diesem Standort. Bei der Zweitfrucht lag die optimale Düngung mit 147 kg N/ha erwartungsgemäß deutlich unterhalb der optimalen Düngung im Einfruchtanbau.

In Poppenburg wirkte der Gärrest-N (120 kg/ha) beim Zweitfruchtanbau zu 100%, dies zeigen auch die Ergebnisse aus Werlte.

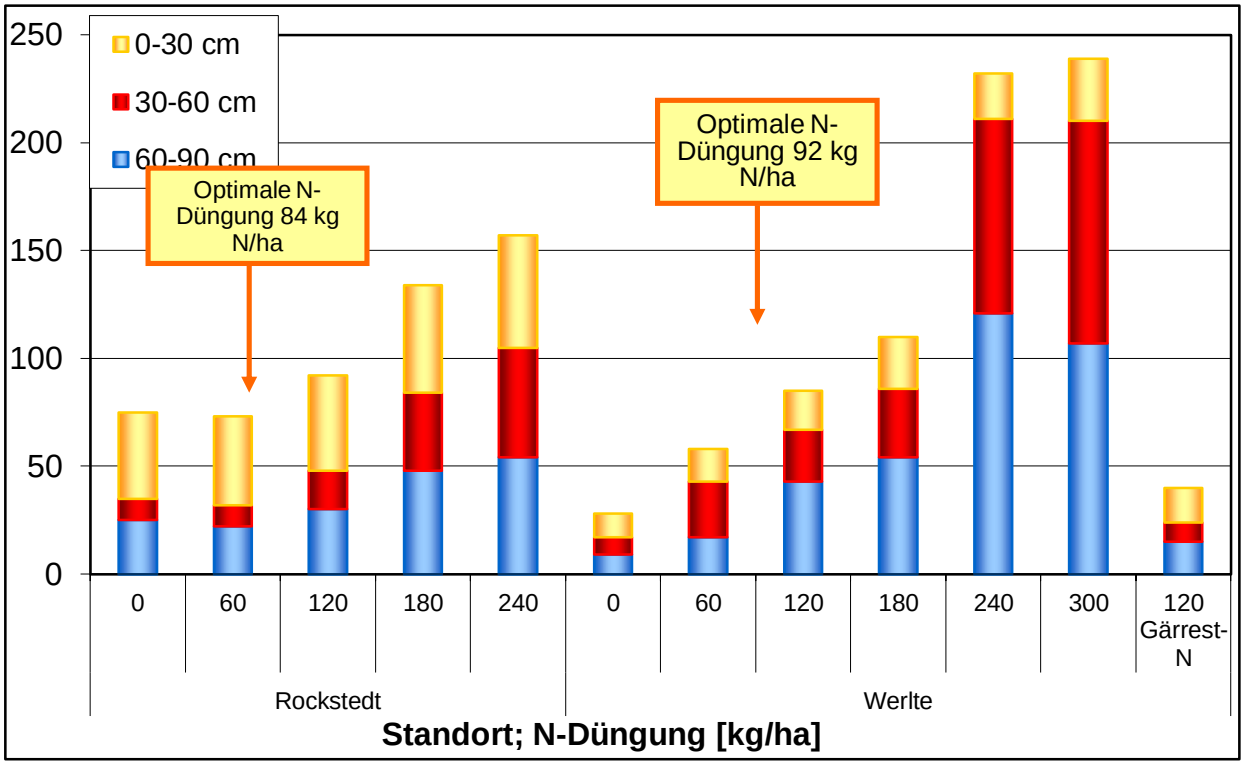


Abbildung 32: Nmin-Gehalt im Boden [kg/ha] nach der Ernte von Silomais als Zweitfrucht, Versuch 888, Rockstedt und Werlte , 2011

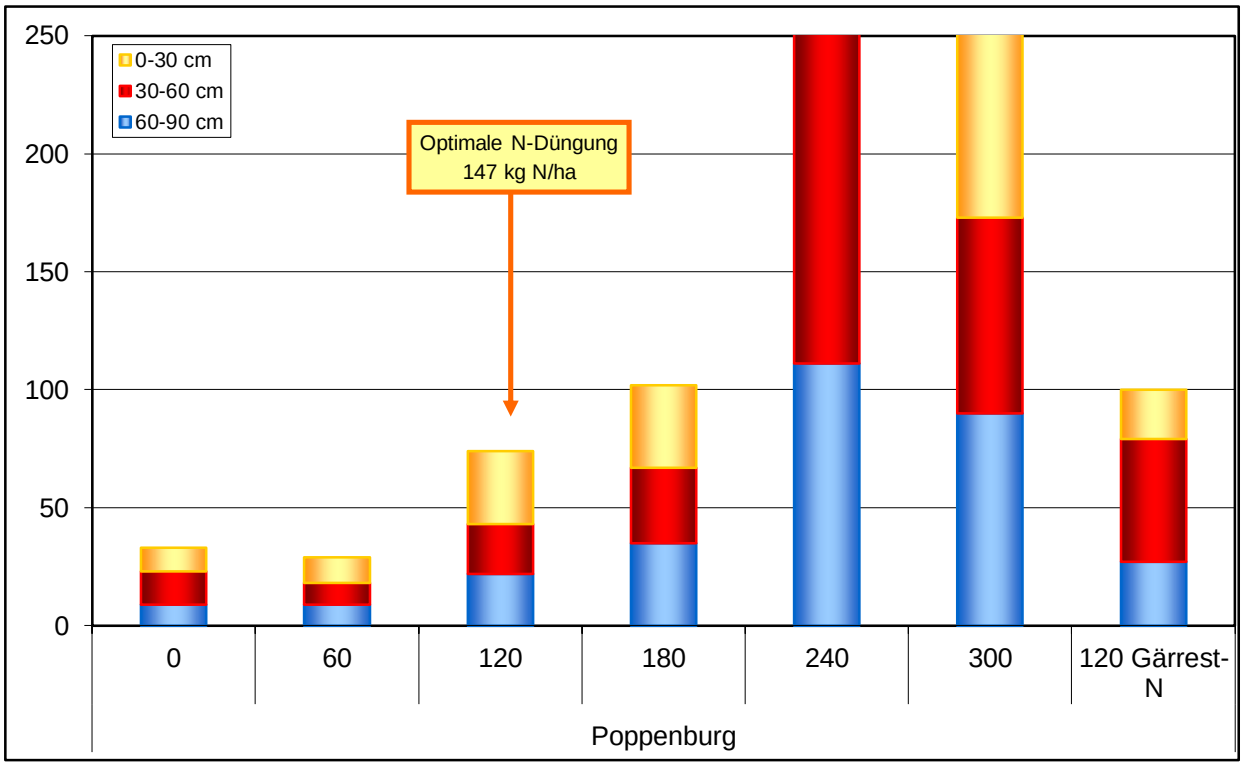


Abbildung 33: Nmin-Gehalt im Boden [kg/ha] nach der Ernte von Silomais als Zweitfrucht, nach N-Düngung, Versuch 888, Standort Poppenburg , 2011

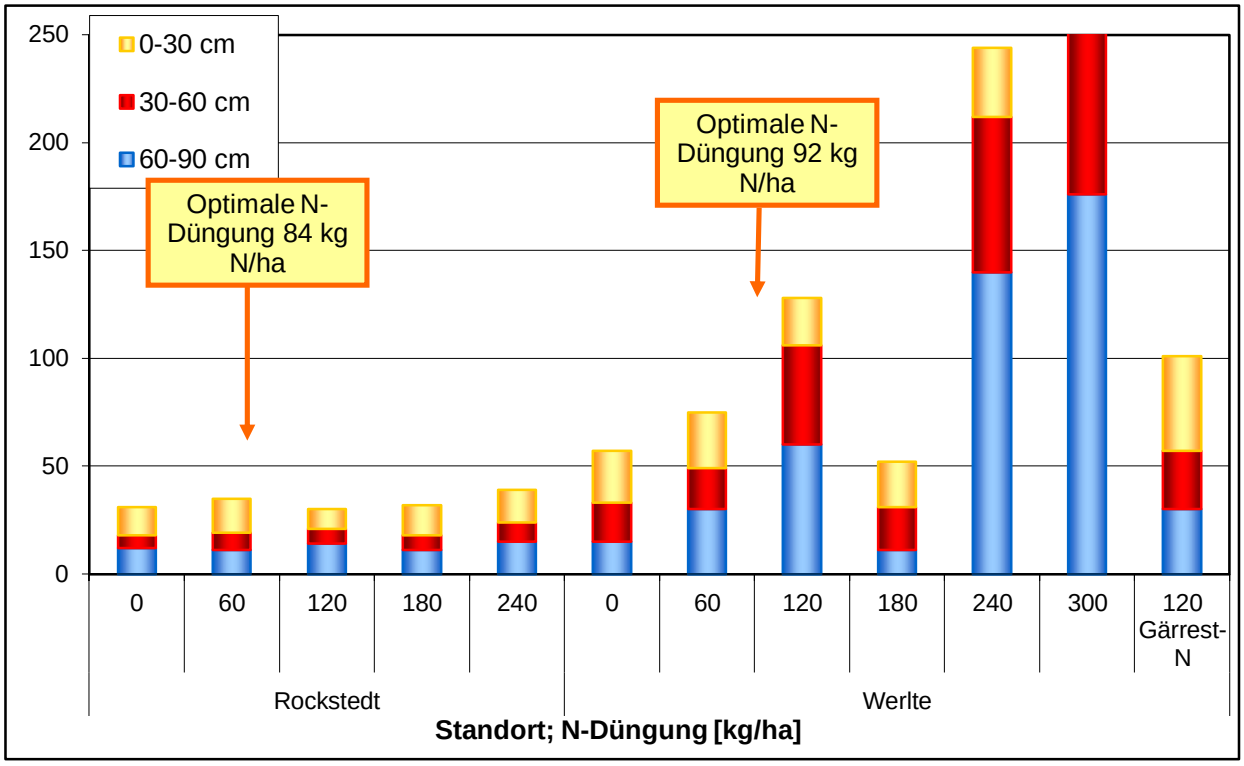


Abbildung 34: Nmin-Gehalt im Boden [kg/ha] zur Sickerwasserspende (Silomais als Zweitfrucht), Versuch 888, Rockstedt und Werlte, 2011

Bei der Betrachtung der Nmin-Ergebnisse nach der Ernte wird wiederum deutlich, wie wichtig die Reduzierung des N-Sollwertes beim Anbau von Silomais als Zweitfrucht für den Wasserschutz ist. Im Bereich der N-Sollwertdüngung werden bereits Werte im Bereich 70-80 kg Rest-Nmin/ha im Herbst gemessen. Eine über diesem Wert liegende N-Düngung führt zu einem deutlichen Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte im Herbst. Die Höhe der Rest-Stickstoff-Gehalte im Boden wird dabei auch deutlich vom Standort beeinflusst. So kann eine über dem N-Optimum liegende N-Düngung auf einem gut nachliefernden Standort, wie Werlte zu Rest-Nmin-Gehalten von über 200 kg/ha führen. An einem schlechter nachliefernden Standort, wie Rockstedt liegen die Werte bei vergleichbarer N-Düngung im Bereich von 150 kg N/ha.

Bei der Betrachtung der Nmin-Werte zur Sickerwasserspende wird deutlich, dass der Großteil des Rest-Stickstoffs im Boden zu diesem Zeitpunkt bereits in tiefere Bodenschichten verlagert wurde.

4.2.3 Zusammenfassung Versuch 888

Der Silomaisertrag im Zweitfruchtanbau wurde maßgeblich durch die Standortgüte und den Aussaatzeitpunkt bestimmt. Eine Maisaussaat Ende Juni erwies sich hinsichtlich ausreichender Silomaiserträge im Zweitfruchtanbau als verspätet. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in den dargestellten Versuchen, der GPS-Getreideanbau im Vordergrund stand und somit die Silomaisbestel-

lung nicht früher durchgeführt werden konnte. Eine über dem N-Sollwert liegende N-Düngung führte zu einem deutlichen Anstieg der Nmin-Gehalte im Boden.

5 Ergänzende Nmin-Untersuchungen

5.1 Übersicht

Seit 2008 führt die Landwirtschaftskammer Niedersachsen in bestehenden Exaktversuchen z. B. zur Produktionstechnik oder in Landessortenversuchen ergänzende Nmin-Untersuchungen durch. Die dort gewonnen Ergebnisse können unterstützend von den Wasserschutzberatern herangezogen werden und bieten praxisnahe Erkenntnisse über die Auswirkungen der Landbewirtschaftung auf die N-Dynamik im Boden, die die Landwirte mit ihren regionalen Daten abgleichen können. Im Versuchsjahr 2011 wurden ergänzende Nmin-Untersuchungen nach der Ernte bzw. soweit möglich zu Beginn der Sickerwasserperiode in folgenden Feldversuchen durchgeführt:

Die erste N min Probe im Herbst wird unmittelbar nach der Ernte der Kultur gezogen, um den unterschiedlichen Pflanzenentzug bzw. Bodenvorrat an mineralischem, auswaschungsgefährdeten Stickstoff zu ermitteln. Die zweite Probenahme erfolgt zu Beginn der Sickerwasserperiode, um ggf. nachmineralisierten Stickstoff z. B. aufgrund milder Herbstwitterung oder die beginnende vertikale Verlagerung des mineralischen Bodenstickstoffs durch Sickerwasser zu erfassen..

Für alle Versuchsstandorte wird mittels des Nmin Infodienstes des LBEG der standortspezifische Termin zur Probenahme unter Berücksichtigung des Bodenwasservorrates, der aktuellen Sickerwassermengen sowie Witterung und Nutzung des Bodens bestimmt. 2011 begann an einigen Standorten erst zu Beginn des Jahres 2012 die Sickerwasserperiode, so dass die zweite Probenahme im Herbst wegen nachfolgendem Anbau der Folgekultur (z. B. Winterweizen nach Zuckerrüben) oder wegen Bodenbearbeitung (Parzellen nicht auffindbar) nicht durchgeführt werden konnte

Tabelle 19: Ergänzende Nmin-Untersuchungen

Versuchsbezeichnung	Ver-such-Nr. LWK	Fruchtart	Standort	Zeitraum
Spät-Nmin-Beprobung im Silomais zu vier verschiedenen Terminen	431	Silomais	Poppenburg (LK Hildesheim)	2011-2012
			Rockstedt (LK Rotenburg)	
			Wehnen (LK Ammerland)	
Gärrest-Düngung in Zuckerrüben zur Energiegewinnung	490	Zuckerrübe	Hamerstorf (LK Uelzen)	2010-2012
			Rockstedt (LK Rotenburg)	
			Werlte (LK Emsland)	
			Großenrode (LK Northeim)	
N-Düngung bei unterschiedlichen Ernteterminen in Zuckerrüben zur Energiegewinnung	687	Zuckerrübe	Hamerstorf (LK Uelzen)	2010-2012
Welchen Einfluss hat der Aussaatzeitpunkt von verschiedenen Energiefrüchten auf die N-Dynamik im Boden?	765	Zweitfrucht nach Grünroggen	Poppenburg (LK Hildesheim)	2009-2011
			Werlte (LK Emsland)	
Welchen Einfluss haben der Anbau und die N-Düngung der durchwachsenen Silphie auf die N-Dynamik im Boden?	871	Durchwachsene Silphie	Dasselsbruch (Landkreis Celle)	2010-2012
			Poppenburg (LK Hildesheim)	
			Werlte (LK Emsland)	
Welchen Einfluss hat die Drilltechnik bei Silomais auf die N-Dynamik im Boden?	**874**	Silomais	Poppenburg (LK Hildesheim)	2009-2011
			Werlte (LK Emsland)	
Welchen Einfluss hat die Gülleunterfußdüngung bei Silo- und Körnermais auf die N-Dynamik im Boden?	**875**	Silomais	2011 Wehnen (LK Rotenburg)	2009-2011
			Wehnen (LK Ammerland)	
Welchen Einfluss haben Untersaaten bei Silomais auf die N-Dynamik im Boden?	**887**	Silomais mit Untersaat	Dasselsbruch (Landkreis Celle)	2010-2012
			Thülsfelde (LK Cloppenburg)	

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Spät-Nmin-Beprobung im Silomais zu vier verschiedenen Terminen

Im Rahmen der grundwasserschutzorientierten Silomaisdüngung wird die späte Nmin-Probenahme (Ende Mai/Anfang Juni) im Maisbestand als Maßnahme zur N-Düngebedarfsermittlung diskutiert.

Liegt der Frühjahrs-Nmin-Wert zusammen mit dem applizierten UFD-Stickstoff bei ca. 180 kg N/ha, ist der Mais optimal versorgt. Sollten die Messergebnisse unter 180 kg N/ha liegen, kann bis Mitte Juni mineralisch oder organisch nachgedüngt werden.

Hinsichtlich der späten Nmin-Probenahme im Mais stellt sich die Frage nach dem richtigen Nmin-Probenahmezeitpunkt. Vor diesem Hintergrund wurden in Maisversuchen mit gestaffelten N-Gaben an den Standorten Poppenburg, Rockstedt und Wehnen zu unterschiedlichen Zeitpunkten, das heißt Mitte Mai bis Anfang Juni die Nmin-Gehalte im Boden (0-60 cm) bestimmt. Bis zu einer N-Gabe von 120 kg N/ha wurde die N-Menge in einer Teilgabe zur Maisaussaat gegeben. In den Stufen 180, 240 und 300 kg N/ha wurden die N-Mengen in zwei Teilgaben appliziert. Die erste Teilgabe wurde jeweils zur Maisausaat ausgebracht. Die zweite Teilgabe folgte im 4-8 Blattstadium der Maispflanzen. Tabelle 20 zeigt die N-Stufen und die Verteilung der mineralischen N-Gaben

Tabelle 20: N-Düngung zu Silomais an den Standorten Poppenburg, Rockstedt und Wehnen

Variante	N-Menge in kg N/ha
0	-
60	60
120	120
240	240 (120/120)
300	300 (150/150)

Als Unterfußdünger wurde Triplephosphat eingesetzt, so dass kein UFD-N berücksichtigt werden muss.

Tabelle 21: Einfluss der N-Düngung auf den Silomaisertrag an den Standorten Poppenburg, Rockstedt und Wehnen

N-Düngung [kg/ha]	Ertrag [dt/ha]		
	Poppen-burg	Rock-stedt	Wehnen
0	206,6	156,8	152,9
60	226,2	177,5	174,1
120	254,4	182,1	191,2
180	252,8	188,3	198,6
240	247,5	196,0	201,9
300	259,5	181,1	194,5
Frühjahrs Nmin 0-60 cm [kg/ha]	39	20	29
Optimale N-Düngung [kg N/ha]	177	137	167
Optimales N-Angebot [kg N/ha]	216	157	196
Optimaler Ertrag [dt/ha]	254	188	198

Wie in Tabelle 21 dargestellt, unterschieden sich die Versuchsstandorte deutlich hinsichtlich ihres Ertragsniveaus. Die höchsten TM-Erträge wurden am Standort Poppenburg erzielt, was vorrangig auf die hohe Bodenfruchtbarkeit des Standortes zurückzuführen ist. Obgleich die Erträge an diesem Standort um ca. 30 % über den Erträgen der leichten Standorte Wehnen und Rockstedt lagen, unterschieden sich die N-Optima nur unwesentlich, was auf eine höhere N-Nachlieferung des Standortes Poppenburg zurückzuführen sein dürfte. Wie die Auswertung in Tabelle 21 belegt, wurde der N-Sollwert zu Silomais unter Berücksichtigung der empfohlenen Zu- und Abschläge infolge der bewirtschaftungs- und witterungsbedingten N-Nachlieferung an allen drei Standorten bestätigt.

Betrachtet man die an den drei Standorten zu den verschiedenen Terminen ermittelten Nmin-Gehalte im Boden, so fällt auf, dass die Nmin-Werte infolge der günstigen N-Mineralisationsbedingungen im Frühsommer und der applizierten N-Düngung vor der Nmin-Probenahme eine sehr hohe Variabilität aufwiesen. Analog zu früheren Untersuchungen war ein Anstieg der Streuung der Nmin-Gehalte mit steigenden N-Gaben zu verzeichnen. So variierte beispielsweise der Nmin-Gehalt am Standort Rockstedt in der N-Stufe 120 kg N/ha in Abhängigkeit vom Probenahmezeitpunkt um 100 kg N/ha. Diese hohe Variabilität der Nmin-Gehalte auf gedüngten Maisflächen verdeutlicht die eingeschränkte Aussagekraft der späten Nmin-Probenahme hinsichtlich der N-Düngebedarfsermittlung im Maisanbau.

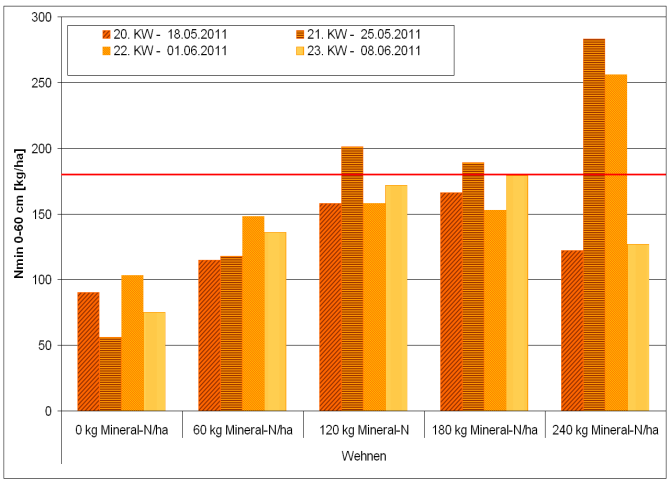


Abbildung 35: Spät-Nmin im Silomais, Wehnen

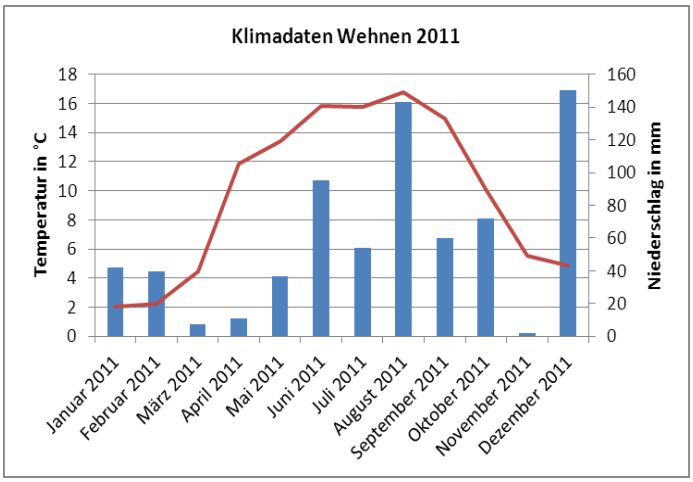


Abbildung 36: Klimadaten Wehnen, 2011

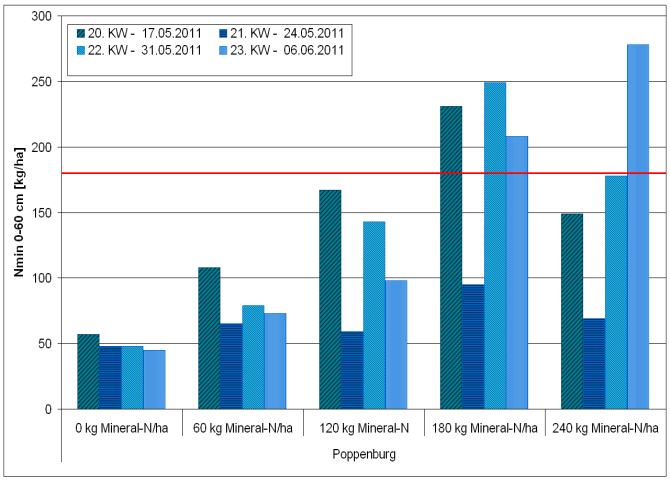


Abbildung 37: Spät-Nmin im Silomais, Poppenburg

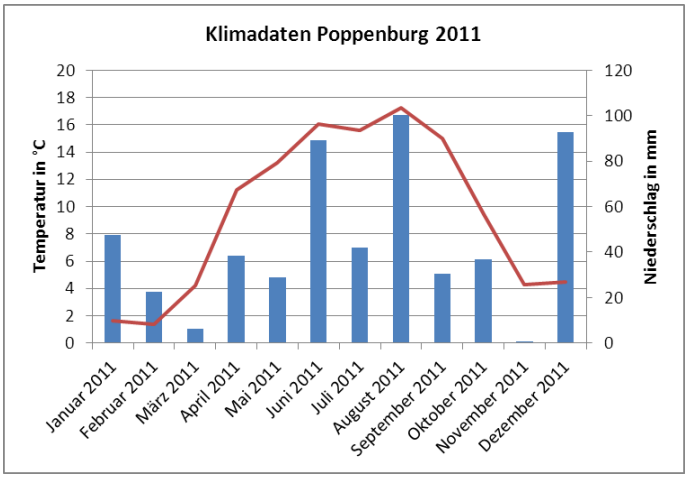


Abbildung 38: Klimadaten, Poppenburg, 2011

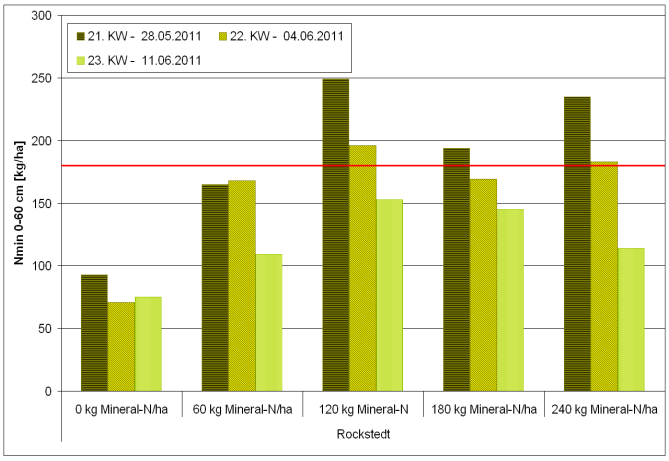


Abbildung 39: Spät-Nmin im Silomais, Rockstedt

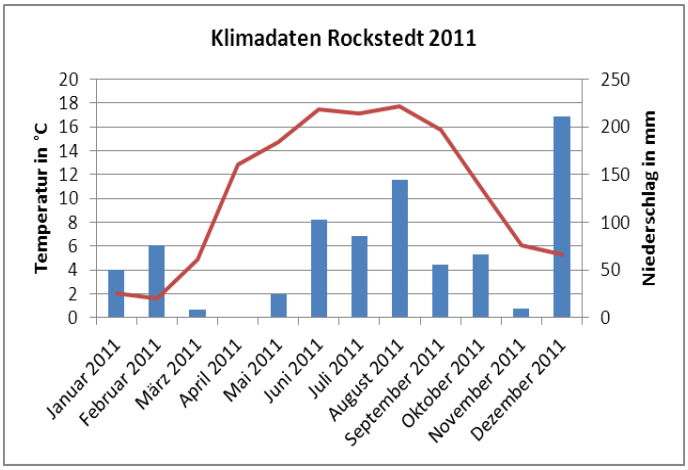


Abbildung 40: Klimadaten Rockstedt, 2011

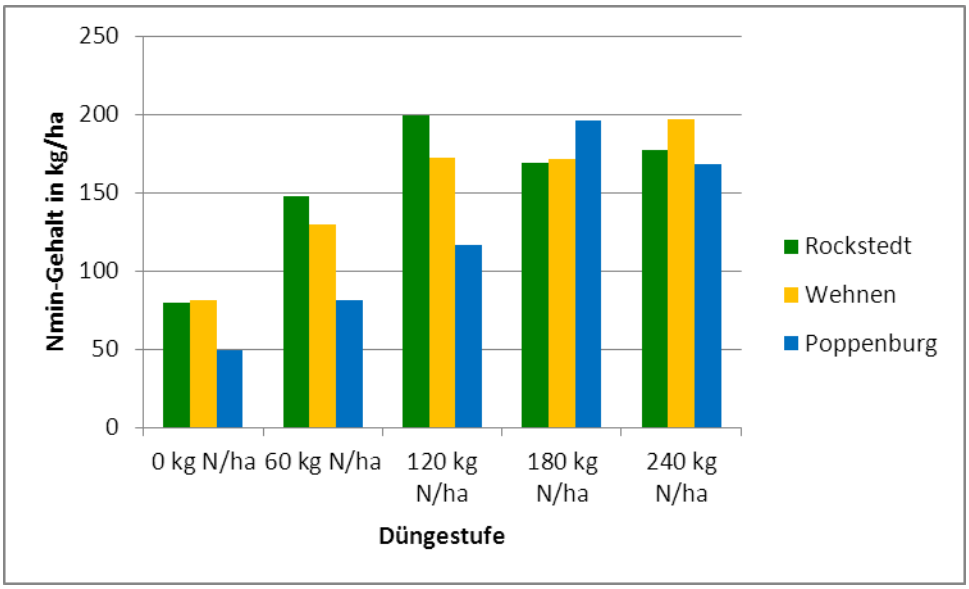


Abbildung 41: Durchschnittliche Nmin-Werte der einzelnen Düngestufen, sortiert nach Standort

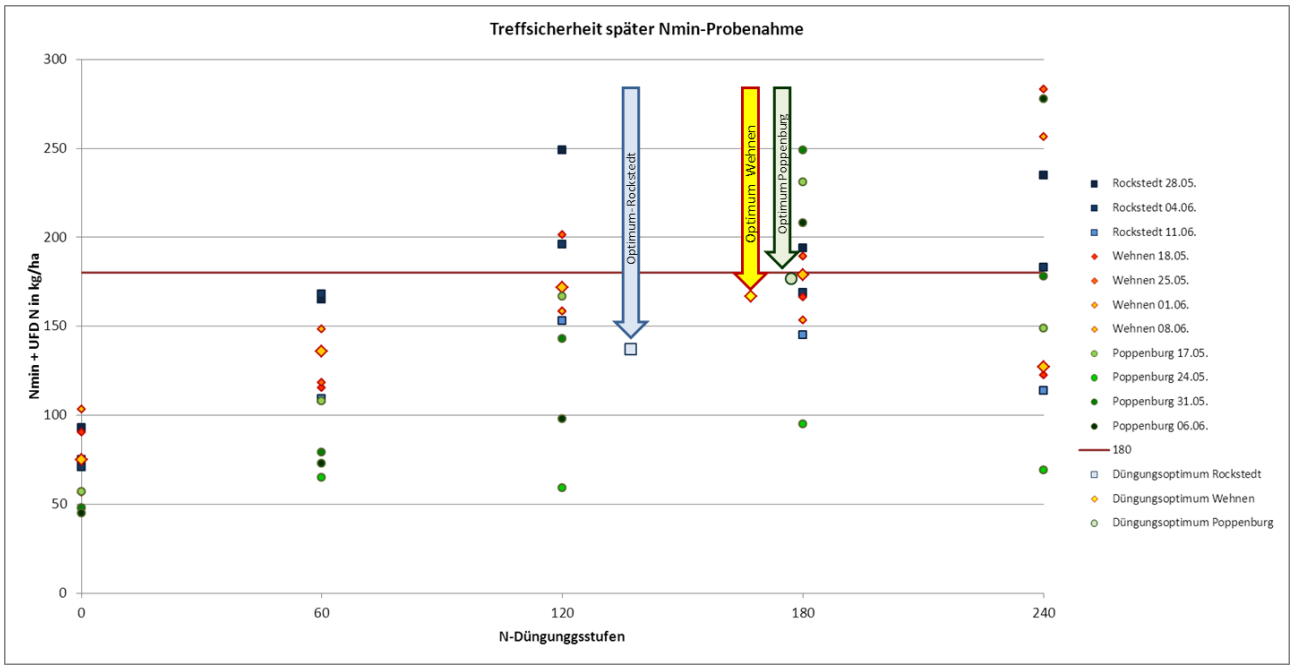


Abbildung 42: Treffsicherheit der späten Nmin-Probenahme

Abbildung 42 verdeutlicht gleichfalls diesen Zusammenhang. So ergibt sich beispielsweise aufgrund der ermittelten Nmin-Gehalte bei einer N-Düngung von 240 kg N/ha in ca. 50 % der Fälle ein N-Düngebedarf, obgleich die N-Optima bereits überschritten waren. Lediglich bei einer geringen N-Gabe von 60 kg N/ha wurde ein zusätzlicher N-Düngebedarf auf der Grundlage der ermittelten Nmin-Gehalte relativ zielsicher angezeigt, wobei die bereits applizierte N-Düngung (60 kg N/ha) und die zusätzlich empfohlene N-Mengen in der Regel nicht der optimalen N-Düngung entsprachen. In Tabelle sind in diesem Zusammenhang die optimale N-Düngung sowie die im Rahmen der zeitverzögerten Nmin-Probenahme empfohlenen N-Mengen dargestellt.

Tabelle 22: Optimale N-Düngung und empfohlene N-Düngung nach der späten Nmin-Beprobung

Standort und Datum	Optimale N-Düngung [kg N/ha]	N-Gabe zur Andüngung [kg N/ha]	Nmin-Gehalt 0-60cm [kg N/ha]	N-Nachdünge-Bedarf* [kg N/ha]	Empfohlene Gesamt-N-Düngung nach der späten Nmin-Beprobung [kg N/ha] N-Gabe zur Andüngung+ Nach-düngebedarf nach der späten Nmin-Probe
Wehnen 18.05.11	167	60	115	65	125
Wehnen 25.05.11	167	60	118	62	122
Wehnen 01.06.11	167	60	148	32	92
Wehnen 08.06.11	167	60	136	44	104
Poppenburg 17.05.11	177	60	108	72	132
Poppenburg 24.05.11	177	60	65	115	175
Poppenburg 31.05.11	177	60	79	101	161
Poppenburg 06.06.11	177	60	73	107	167
Rockstedt 28.05.11	137	60	165	15	75
Rockstedt 04.06.11	137	60	168	12	72
Rockstedt 11.06.11	137	60	109	71	131
Mittelwert	162	60	117	63	123

* Sollwert 180 kg N/ha

Insbesondere auf den leichten Standorten lag die empfohlene N-Düngung nach der späten Nmin-Beprobung oftmals deutlich unter der im Feldversuch ermittelten optimalen N-Düngung, so dass auf diesen Standorten die veränderte N-Düngestrategie in der Regel zu Mindererträgen führte. Unter Berücksichtigung anderer Versuchsergebnisse (z. B. Versuche Thülsfelde) ist zu vermuten, dass eine verringerte N-Düngung zu geringeren Rest-Nmin-Werten nach der Maisernte führt. Vor diesem Hintergrund sollte in weitergehenden Feldversuchen die Wirkung der zeitverzögerten Nmin-Probenahme auf den Silomaisertrag und die Rest-Nmin-Gehalte im Boden überprüft werden

5.2.2 Versuch 490 und 687 – Welchen Einfluss hat die Höhe der Gärrest-Düngung in Zuckerrüben zur Energiegewinnung auf die N-Dynamik im Boden?

Um die Maisfruchtfolge aufzulockern und dennoch den Substratbedarf der Biogasanlagen decken zu können, wird nach Ergänzungen und Alternativen gesucht. In diesem Zusammenhang spielt die Zuckerrübe eine entscheidende Rolle.

Die Zuckerrübe ist eine gut geeignete Kultur für die Vergärung in der Biogasanlage und zeichnet sich durch eine hohe Energieausbeute aus. Die Rübentrockenmasse 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 wird in der Versuchsreihe 490 untersucht. Im Versuch 687 wird die rein mineralische Stickstoffdüngung zur Ableitung des optimalen N-Angebotes getestet

5.2.3 Versuch 765 – Welchen Einfluss hat der Aussaatzeitpunkt von verschiedenen Energiefrüchten auf die N-Dynamik im Boden?

Die Versuche mit dem Anbau der Hauptfrüchte Mais, Hirse und Sonnenblumen nach Vornutzung nach Grünroggen wurden hinsichtlich Rest-Nitratmengen an den Standorten Werlte und Poppenburg untersucht.

Die unterschiedlichen Erntezeitpunkte des Grünroggens bzw. die Aussaatzeiten der nachfolgenden Kulturen sollen Aufschluss geben, ob dem Grünroggen oder der nachfolgenden Hauptkultur die Vegetationszeit im Mai zur Verfügung gestellt werden soll, um in der Summe die höchsten Gesamterträge zu erzielen. Dabei wurden die Hauptkulturen nach den vorgegebenen N-Sollwerten gedüngt.

Tabelle 23: Standort Werlte

Standort	Vornutzung		Hauptfrucht nach Grünroggen			
	Erstfrucht*	Ernte Erstfrucht	Zweitfrucht (Sorte)	N-Düngung** [kg N/ha] Nmin: 35 kg/ha	Aussaat Zweitfrucht	Ernte Zweitfrucht
Werlte	Grünroggen	29.4.	Mais (Ricardinio)	145	5.5.	19.10.
	Grünroggen	10.5.		145	17.5.	19.10.
	Grünroggen	20.5.		145	28.5.	19.10.
	Grünroggen	29.4.	Sonnenblume (Heliaroc)	85	5.5.	19.10.
	Grünroggen	20.5.		85	28.5.	19.10.
	Grünroggen	29.4.	Hirse (Zerberus)	125	5.5.	19.10.
	Grünroggen	20.5.		125	28.5.	19.10.

*) Düngung Erstfrucht Grünroggen nach Sollwert 140 kg N/ha – Nmin

**) Die Düngung zur Zweitfrucht erfolgte auf Basis der Sollwerte für die jeweiligen Kulturen; d.h. 180, 160, 120 kg N/ha abzügl. Nmin. (Mais, Hirse, SB). In Poppenburg wurde nach den jeweiligen Ernteterminen des Grünroggens eine Nmin Probe gezogen und entsprechend berücksichtigt

Die Ertragsleistungen zeigen, dass auf dem Standort Werlte mit der Kombination von später genutztem Grünroggen und anschließendem Maisanbau die höchsten Gesamterträge erzielt werden konnten. Damit wurden die Erträge des ausschließlichen Maisanbaus deutlich übertroffen. Im Jahr 2011 wurde klar erkennbar, dass Mais nach Vornutzung Grünroggen auch große Ertragsvorteile gegenüber Hirse und Sonnenblumen aufweist. Diese Effekte waren 2010 nicht so ausgeprägt. Die höheren Gesamterträge resultieren daraus, weil der Grünroggen die Vegetationszeit im Mai effektiver in Ertrag umsetzen konnte als es die eigentlichen Hauptfrüchte vermochten.

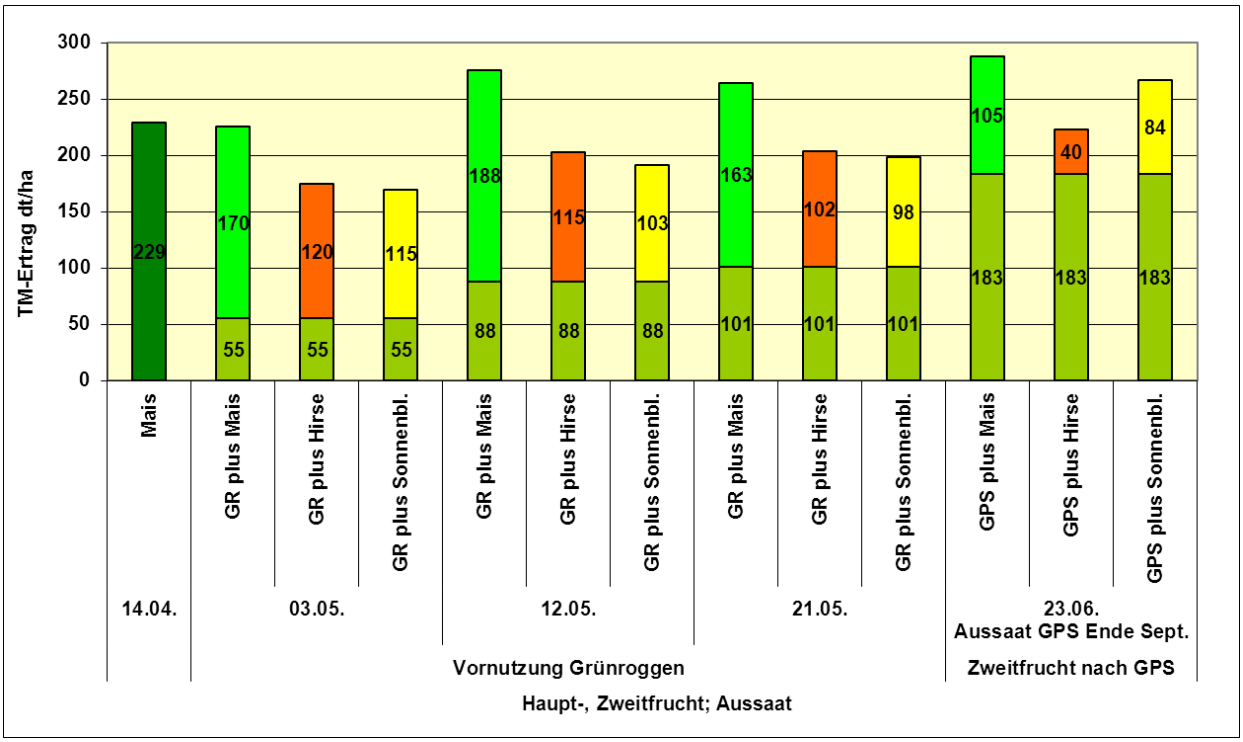


Abbildung 43: Ertragsleistungen der Hauptfrüchte nach Grünroggen bei unterschiedlichen Aussaatterminen im Vergleich zum Hauptfruchtanbau Mais, bzw. Zeitfruchtanbau nach GPS Nutzung am Standort Werlte

Die Ertragsdifferenzen zwischen dem Mais in alleiniger Hauptfruchtstellung und dem Mais nach Grünroggen liegen im Bereich von 41 bis 66 dt TM/ha. Da der Mais nach Grünroggen auf den gleichen N-Sollwert aufgedüngt wurde und der Mais im Vergleich zu Hirse und Sonnenblume höhere Rest-Nmin-Gehalte aufweist, gilt es hier weiter zu untersuchen, ob dem geringeren Ertrag nicht auch durch eine verminderte N-Düngung Rechnung getragen werden sollte.

Tabelle 24: Übersucht Nmin-Gehalte im Boden, Versuch 765, Werlte, 2011

Standort	Erstfrucht		Zweitfrucht (Sorte)	Nmin [kg/ha]		
	Erstfrucht*	Ernte Erstfrucht		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
Nmin nach der Ernte	Grünroggen	29.4.	Mais (Ricardinio)	22	14	38
	Grünroggen	10.5.		20	10	19
	Grünroggen	20.5.		15	11	16
	Grünroggen	29.4.	Sonnenblume (Heliaroc)	20	17	8
	Grünroggen	20.5.		27	14	8
	Grünroggen	29.4.	Hirse (Zerberus)	18	6	12
	Grünroggen	20.5.		18	5	9
Nmin zur Sicker-wasserspende	Grünroggen	29.4.	Mais (Ricardinio)	15	39	32
	Grünroggen	10.5.		24	20	17
	Grünroggen	20.5.		32	15	11
	Grünroggen	29.4.	Sonnenblume (Heliaroc)	18	14	26
	Grünroggen	20.5.		15	27	15
	Grünroggen	29.4.	Hirse (Zerberus)	26	20	12
	Grünroggen	20.5.		14	22	13

Tabelle 25: Standort Poppenburg

Standort	Erstfrucht		Zweitfrucht			
	Erstfrucht*	Ernte Erstfrucht	Zweitfrucht (Sorte)	N-Düngung** [kg N/ha] Nmin: 14 kg/ha	Aussaat Zweitfrucht	Ernte Zweitfrucht
Poppenburg	Grünroggen	29.4.	Mais (Ricardinio)	166	2.5.	26.09.
	Grünroggen	10.5.		166	12.5.	10.10.
	Grünroggen	20.5.		166	24.5.	20.10.
	Grünroggen	29.4	Sonnenblume (Heliaroc)	106	2.5.	23.09.
	Grünroggen	20.5.		106	24.5.	20.10.
	Grünroggen	29.4	Hirse (Zerberus)	146	2.5.	20.10.
	Grünroggen	20.5.		146	24.5.	20.10.

Am Standort Poppenburg wurden die gleichen Varianten untersucht, wobei die Düngung aufgrund des geringeren Nmin-Gehaltes vor der Aussaat um ca. 20 kg N/ha höher ausfiel.

Bei den Erträgen (Abb. 44) fällt auf, dass an diesem Standort die Vegetationszeit im Mais sowohl vom Mais im alleinigen Hauptfruchtanbau, als auch nach Vornutzung Grünroggen effektiv in Ertrag umgesetzt wurde. Die Ertragsunterschiede durch variierte Aussaat- bzw. Erntezeitpunkte sind relativ gering. Vor allem nach dem 1. Grünroggenerntetermin konnte hier der Mais sehr gute Erträge erzielen. Gleichwohl ist festzustellen, dass die Kombination aus Grünroggen und Mais generell höhere Erträge erreichte als Mais im alleinigen Hauptfruchtanbau.

Bei Betrachtung der Rest-Nmin-Werte fällt das generell höhere Niveau am Standort Poppenburg im Vergleich zu Werlte in 2011 auf. An diesem Standort müsste bei der Höhe der Stickstoffdüngung auch nach Vornutzung Grünroggen das hohe Nachlieferungsvermögen des Bodens vermehrt berücksichtigt werden. Insbesondere die Varianten späte Ernte Grünroggen Zweitfrucht Mais hinterließen z. T. sehr hohe N min Werte nach der Ernte.

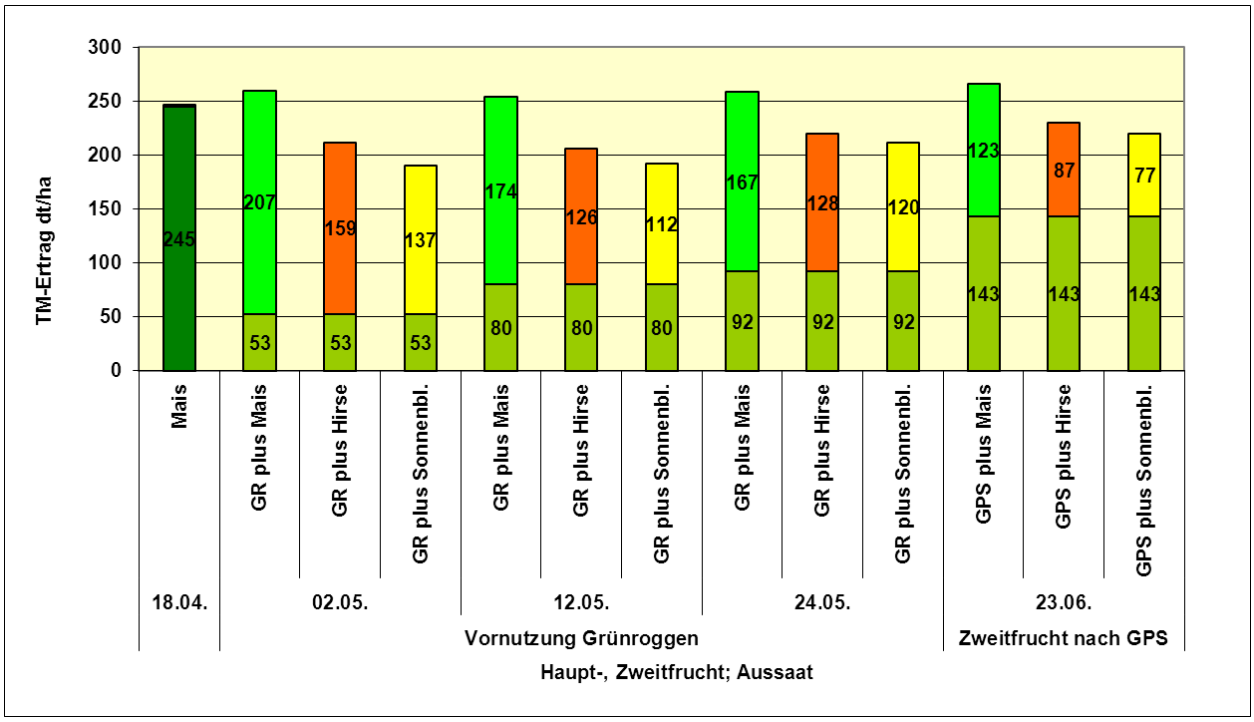


Abbildung 44: Ertragsleistungen der Hauptfrüchte nach Grünroggen bei unterschiedlichen Aussaatterminen im Vergleich zum Hauptfruchtanbau Mais, bzw. Zeitfruchtanbau nach GPS Nutzung am Standort Poppenburg

Tabelle 26: Übersicht Nmin-Gehalte im Boden, Versuch 765, Poppenburg

Standort	Erstfrucht		Zweitfrucht (Sorte)	Nmin [kg/ha]		
	Erstfrucht*	Ernte Erstfrucht		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
Nmin nach der Ernte	Grünroggen	29.4.	Mais (Ricardinio)	22	18	19
	Grünroggen	10.5.		41	50	77
	Grünroggen	20.5.		30	58	48
	Grünroggen	29.4.	Sonnenblume (Heliaroc)	30	30	17
	Grünroggen	20.5.		26	35	33
	Grünroggen	29.4.	Hirse (Zerberus)	31	22	21
	Grünroggen	20.5.		26	29	36
Nmin zur Sicker-wasserspende	Grünroggen	29.4.	Mais (Ricardinio)	21	26	25
	Grünroggen	10.5.		17	22	21
	Grünroggen	20.5.		19	23	20
	Grünroggen	29.4.	Sonnenblume (Heliaroc)	18	27	23
	Grünroggen	20.5.		18	16	16
	Grünroggen	29.4.	Hirse (Zerberus)	23	22	21
	Grünroggen	20.5.		19	23	20

5.2.3.1 Ergebnisse Versuchsreihe 490 – Gärrestdüngung zu Zuckerrübe

Eine wichtige Aussage, die aus allen Versuchen zu treffen ist, ist, dass die Düngung mit Gärresten und somit eine eher unkontrollierte Nachlieferung von organischem Stickstoff nicht zu einem Anstieg des Alpha-Amino-N-Gehaltes in den Zuckerrüben über das akzeptable Maß für die Zuckergewinnung hinaus führt (Ausnahme: Variante 12 in Hamerstorf und Versuch in Werlte). Während für die Zuckerproduktion als Ertragsparameter der BZE (Bereinigter Zuckerertrag) herangezogen wird, ist das Produktionsziel für die Verwendung in Biogasanlagen ein maximaler Trockenmasseertrag. Kann dieser nicht exakt ermittelt werden, da keine TS-Analysen vorliegen, kann auch der Zuckerertrag als Parameter herangezogen werden, da TS- Ertrag und Zuckerertrag eng miteinander korrelieren.

Am Standort Hamerstorf, einem Sandstandort in der Nähe von Uelzen brachte die Gärrestdüngung 2011 den größten ertraglichen Effekt. Hier ließ sich ein MDÄ von 72,5 % ableiten (siehe Abbildung 45).

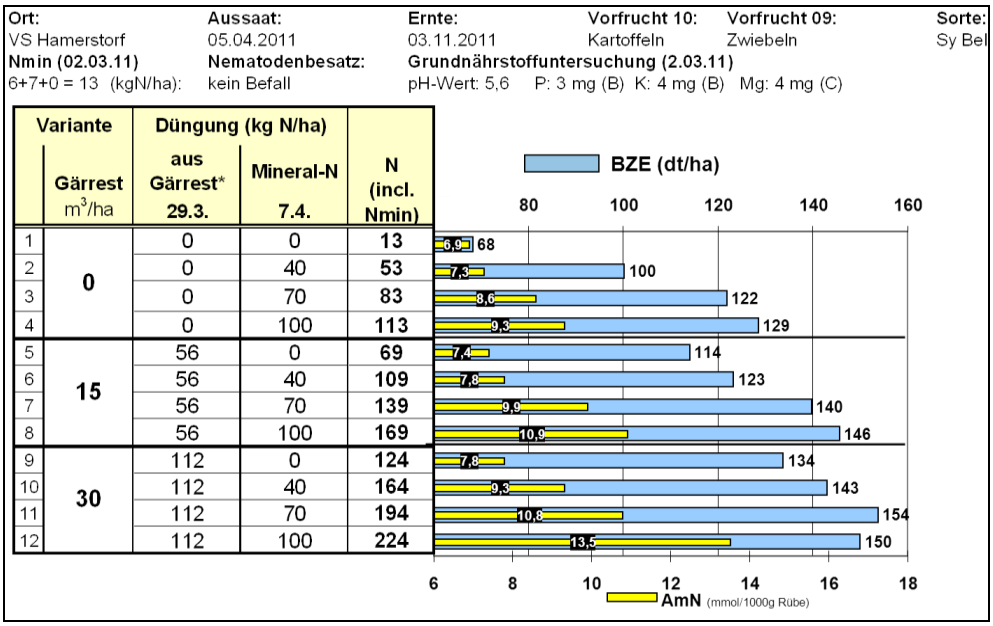


Abbildung 45: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben am Standort Hamerstorf bezogen auf BZE und α-Amino-N-Gehalt, 2011

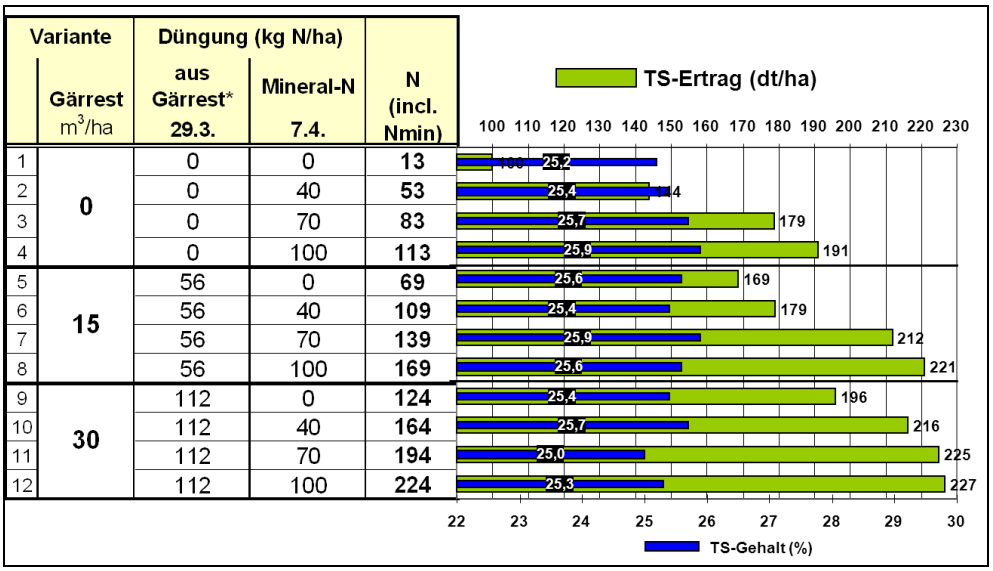


Abbildung 46: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben am Standort Hamerstorf bezogen auf TS-gehalt und TS-Ertrag, 2011

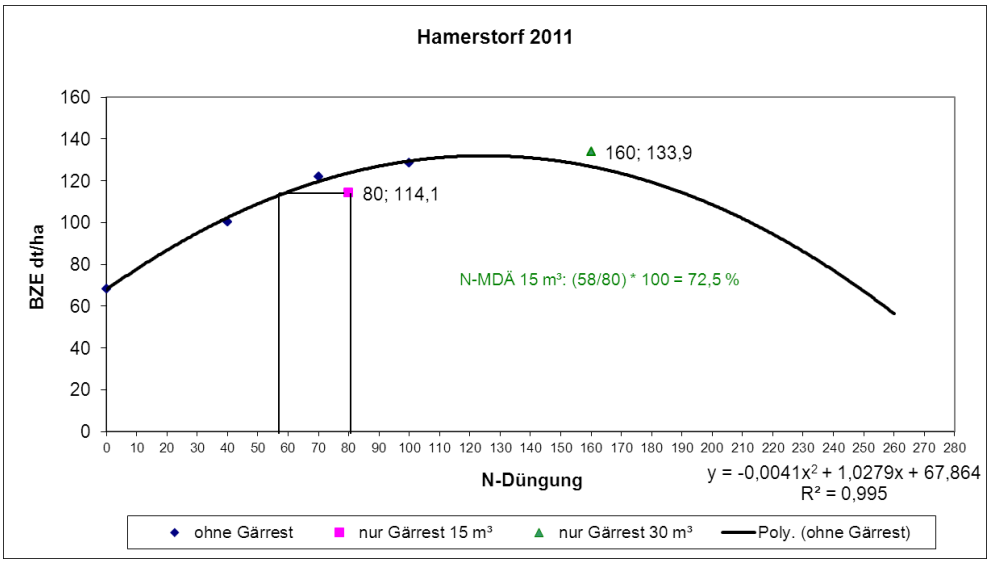
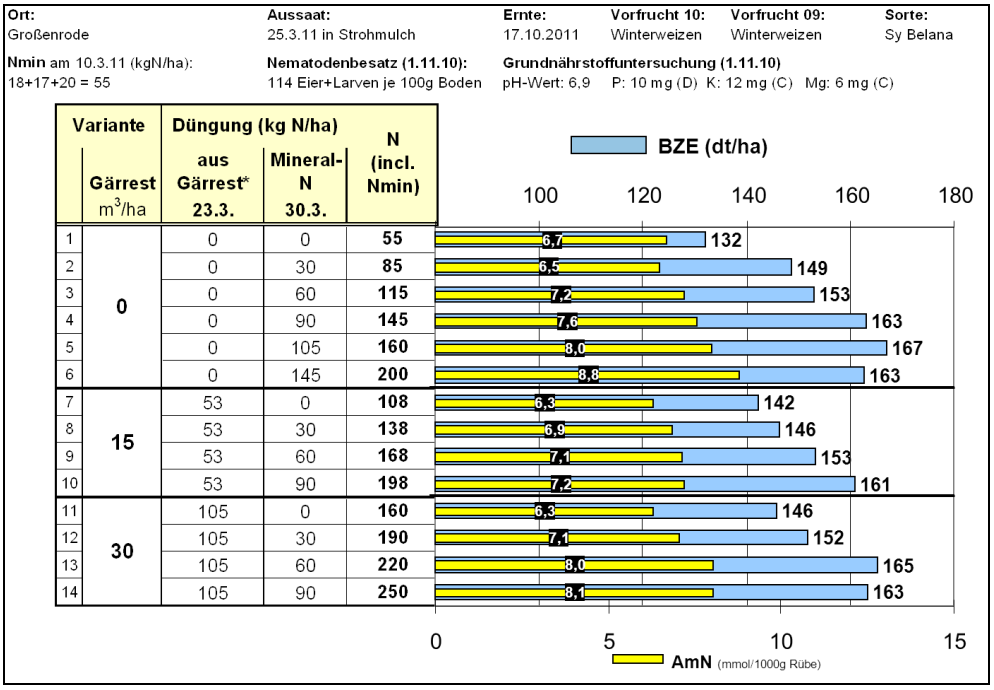


Abbildung 47: MDÄ für 15m³ Gärrest, für 30m³ nicht ermittelbar, da mineralische Stufen nur bis 100 kg N/ha gehen

Auf dem Versuchsstandort Höckelheim in Großenrode bei Northeim (toniger Schluff, Bodenzahl 85) konnte eine Ertragssteigerung durch die rein mineralische N-Düngung erzielt werden, die Gärrestdüngung brachte hier keinen weiteren Ertragszuwachs. Eine mögliche Erklärung könnte eine Festlegung des organischen Stickstoffs im Boden sein.



	Gärrest m³/ha	aus Gärrest* 23.3.	Mineral-N 30.3.	N (incl. Nmin)	BZE (dt/ha)	AmN
1	0	0	0	55	132	6,7
2		0	30	85	149	6,5
3		0	60	115	153	7,2
4		0	90	145	163	7,6
5		0	105	160	167	8,0
6		0	145	200	163	8,8
7	15	53	0	108	142	6,3
8		53	30	138	146	6,9
9		53	60	168	153	7,1
10		53	90	198	161	7,2
11	30	105	0	160	146	6,3
12		105	30	190	152	7,1
13		105	60	220	165	8,0
14		105	90	250	163	8,1

Abbildung 48: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben am Standort Hamerstorf bezogen auf BZE und alpha-Amino-N 2011

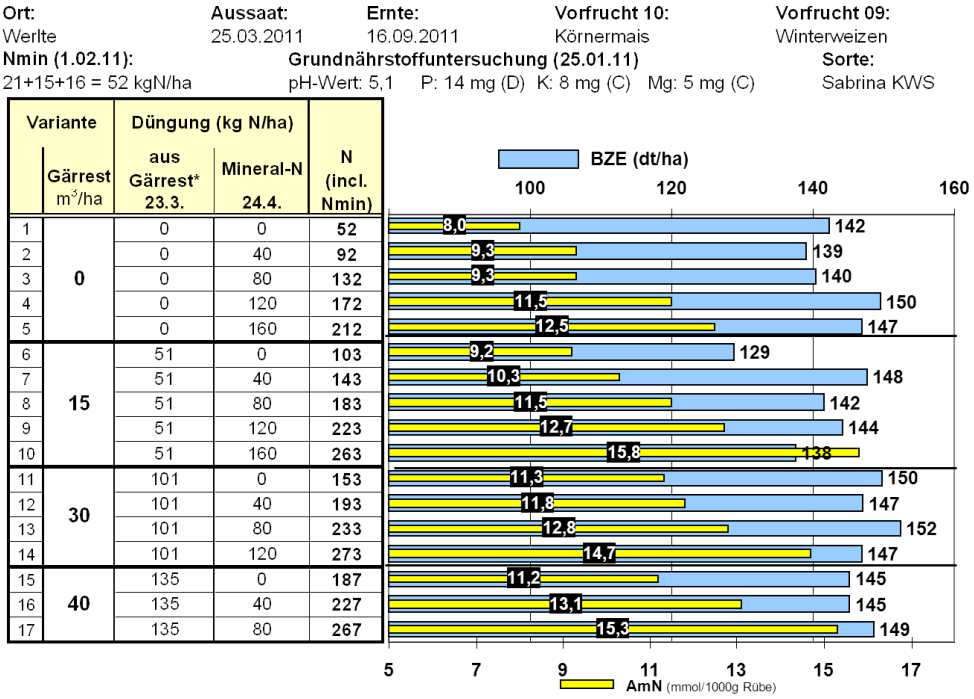


Abbildung 49: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben am Standort Werlte bezogen auf BZE und alpha-Amino-N 2011

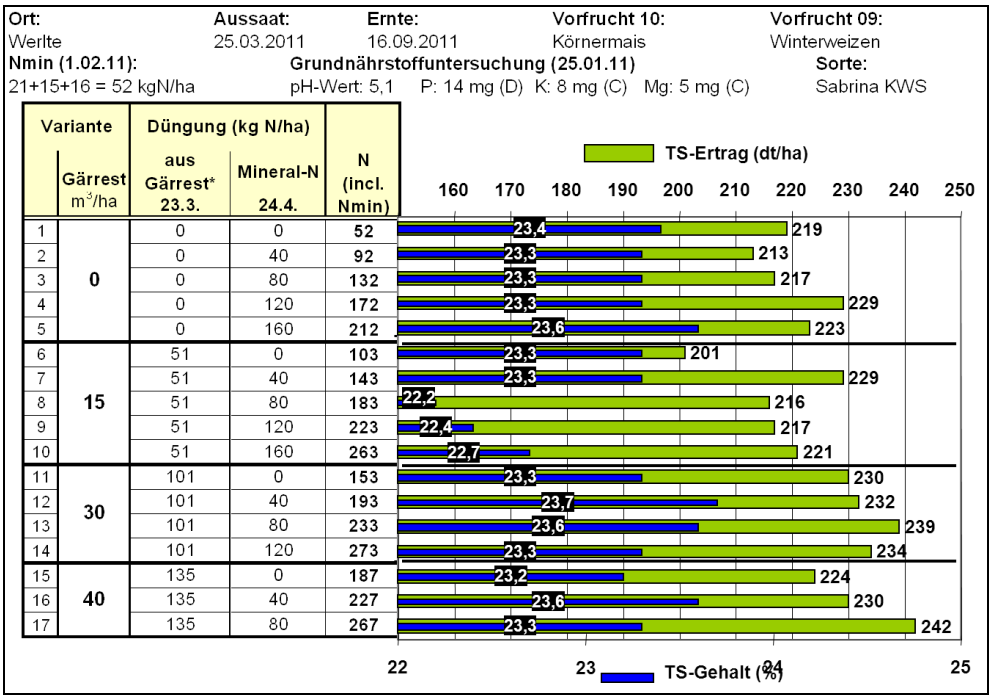


Abbildung 50: Ergebnis Gärrestdüngung zu Zuckerrüben am Standort Werlte bezogen auf TS-Gehalt und TS-Ertrag 2011

Als Ergebnis in Werlte ist festzustellen, dass die Höhe der Stickstoff-Düngung in diesem Versuch im Jahr 2011 keinen Einfluss auf den Trockenmasseertrag hatte. Das Ertragsniveau war 2011 an sich schon sehr hoch, allein in der ungedüngten Parzelle wurde bereits ein respektabler Trocken-substanz-Ertrag (TS-Ertrag) in Höhe von 219 dt/ha erzielt. Anhand der alpha-Amino-N-Werte kann

man aber sehen, dass der Stickstoff von den Pflanzen aufgenommen wurde. Höhere Erträge werden mit Stickstoffgaben auf dem Niveau des empfohlenen Sollwertes zu Zuckerrüben (160 kg N/ha) erreicht. Dies kann sowohl mineralisch (Variante 4), mineralisch und organisch (Variante 7) als auch auf rein organischem Wege (Variante 11) geschehen. Höhere N-Gaben führen zu keiner signifikanten Steigerung des Trockenmasseertrages und sind sowohl aus ökonomischer als auch ökologischer Sicht nicht nötig. Auch eine Gärrestgabe in Höhe von 40 m³ ist nicht empfehlenswert, da sich die Erträge nicht weiter steigern lassen, zudem steigt der verbleibende N-Gehalt im Boden hiernach deutlich an. Im Mittel der untersuchten Varianten liegt der Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte bei ca. 37 kg N/ha, in der Variante mit der 40 m³-Gärrest Gabe liegt er mit 68 kg N/ha deutlich höher.

Bekanntermaßen reduziert eine erhöhte Stickstoffdüngung den Zuckergehalt. Zuckergehalt und TS-Gehalt korrelieren eng miteinander, so dass auch der TS-Gehalt bei erhöhter N-Düngung sinken muss. Dieses lässt sich im Versuch zumindest in den 30 und 40 m³ Gärrestvarianten auch wiederspiegeln. Durch den erhöhten Rübenertrag ergibt sich dennoch eine Steigerung des TS-Ertrages. In der Variante 14, in der 273 kg N/ha zur Verfügung standen, geht der TS-Ertrag jedoch wieder zurück, da sowohl Ertrag als auch TS-Gehalt durch die hohe N-Gabe wieder sinken. In den rein mineralisch gedüngten Varianten sowie den 15 m³ Varianten lässt sich dieser Effekt nicht so deutlich ablesen, was mit dem insgesamt sehr guten Ertragsniveau erklärt werden kann. Der Boden scheint ein sehr gutes Nachlieferungsvermögen zu haben, was sich aus der langjährig organischen Düngung ergibt. Der Versuch in Rockstedt wurde aufgrund eines lückigen Bestandes durch Frostschäden nicht beerntet. Die Nmin Probenahme wurde hier nur in der Kontrollvariante (14 kg Nmin/ha) durchgeführt, um einen Vergleich zu den anderen Standorten zu haben.

5.2.3.2 Ergebnisse Versuchsreihe 687 – Mineralische N-Düngung zu Zuckerrüben

Im Versuch 687 zur Stickstoffdüngung zu Zuckerrüben in Hamerstorf zeichnet sich ab, dass eine Stickstoffdüngung zur Ertragssicherung erforderlich war. Zwischen den einzelnen Düngungsstufen gab es aber keine signifikanten Unterschiede mehr. Der Anstieg des alpha-Amino-N-Gehaltes zeigt wiederum, dass der Stickstoff zwar aufgenommen, aber

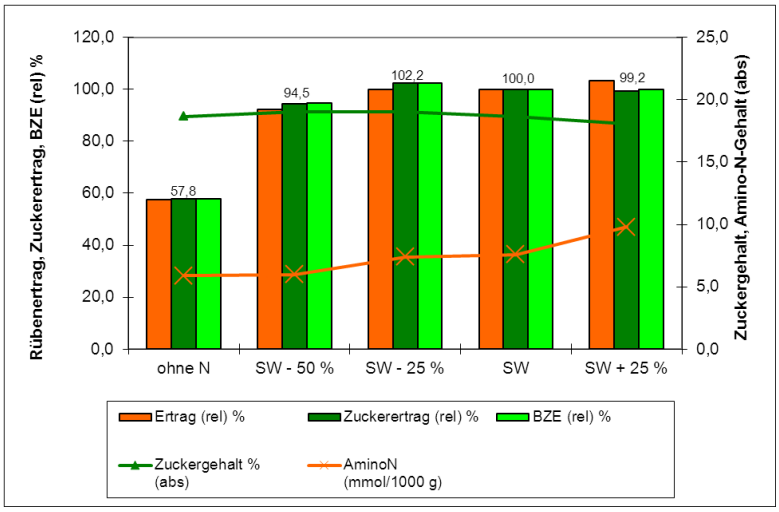


Abbildung 51: Ergebnis Stickstoffdüngung zu Zuckerrüben am Standort Hamerstorf 2011 (Düngungsstufen: 0, 80, 120, 160, 200 kg N/ha)

nicht in weiteren Ertrag umgesetzt wurde.

5.2.3.2.1 Nmin-Werte

Bei den Nmin-Werten spiegelt sich der Trend aus dem vorherigen Versuchsjahr wieder. Nach der Ernte der Zuckerrübe wurden wiederum in der Regel sehr niedrige Nmin-Werte im Boden gemessen. Der 2. Nmin Probenahmetermin „Beginn Sickerwasserperiode entfiel 2011. Aufgrund der.

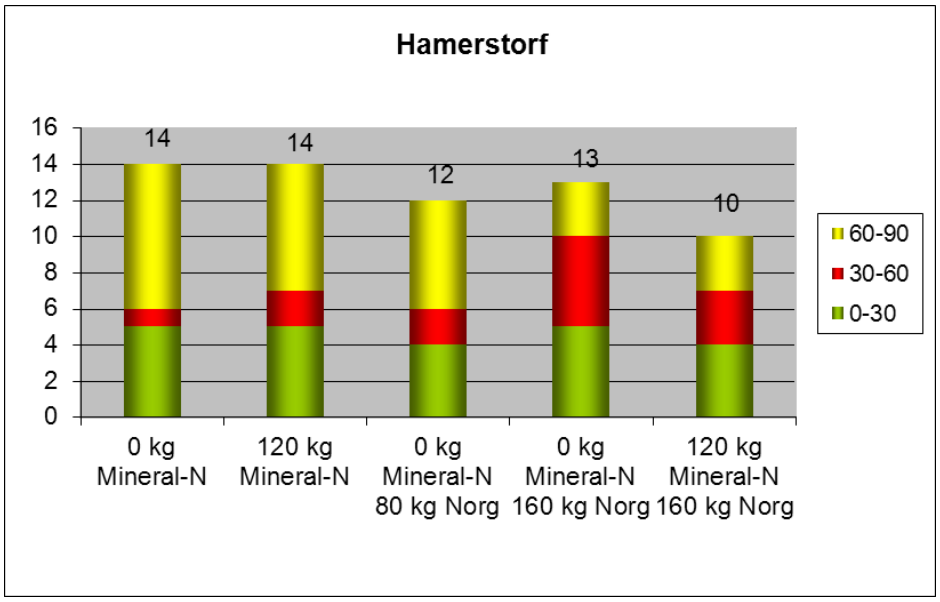


Abbildung 52: Nmin-Werte nach der Zuckerrübenernte in Hamerstorf, 2011

Witterungs- und Standortverhältnisse wurde bereits Winterweizen vor Beginn der vertikalen Wasserbewegung angebaut. Z. T. wurde erst im Frühjahr Sickerwasser gebildet. Die Nmin-Werte lagen am Standort Hamerstorf im sehr niedrigen Bereich von 10-14 kg Nmin/ha.

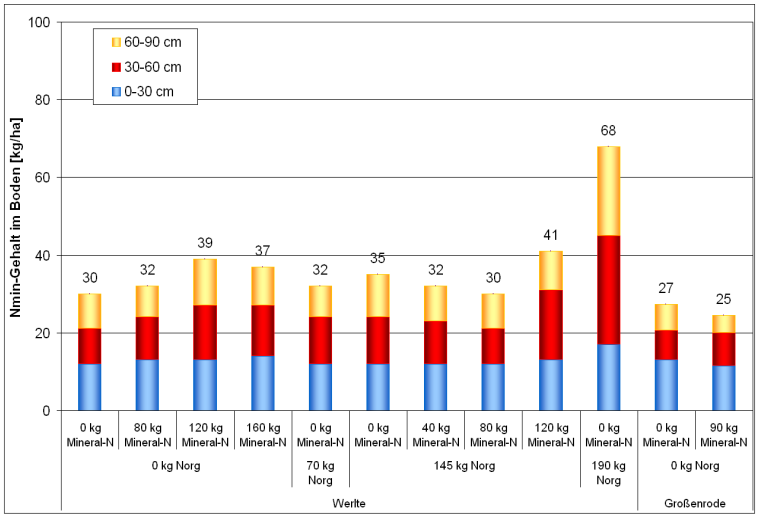


Abbildung 53: Rest- Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Zuckerrüben als Energiepflanze in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 490, Standort Werlte und Großenrode/Höckelsheim, 2011

An den Standorten Werlte und Großenrode lagen die Nmin-Werte nach der Zuckerrübenernte im Bereich von 30-40 kg Nmin/ha. Lediglich die 190 kg Gärrest-N-Variante am Standort Werlte lag höher mit knapp 70 kg Nmin/ha. Dort konnte der organische Stickstoff nicht komplett genutzt werden. Dort ist deutlich zu erkennen, dass der Stickstoff in tiefere Bodenschichten ausgewaschen wird.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine dem Bedarf angepasste Gärrestdüngung von den Zuckerrüben zumindest auf dem leichten Standort gut in Ertrag umgesetzt wurde. Die Rest-Nmin-Werte, die nach der Ernte im Boden verbleiben sind erfreulich niedrig.

5.2.3.3 Versuch 765 - Welchen Einfluss hat der Aussaatzeitpunkt von verschiedenen Energiefrüchten auf die N-Dynamik im Boden

Tabelle 27: Aussaattermine Versuch 765, 2011

Standort	Erstfrucht		Zweitfrucht			
	Erstfrucht*	Ernte Erstfrucht	Zweitfrucht (Sorte)	N-Düngung** [kg N/ha]	Aussaat Zweitfrucht	Ernte Zweitfrucht
Werlte	Grünroggen	29.4.	Mais (Ricardinio)		5.5.	
	Grünroggen	10.5.			17.5.	
	Grünroggen	20.5.			28.5.	
	Grünroggen	29.4.	Sonnenblume (Heliaroc)		5.5.	
	Grünroggen	20.5.			28.5.	
	Grünroggen	29.4.	Hirse (Zerberus)		5.5.	
	Grünroggen	20.5.			28.5.	

*) Düngung Erstfrucht Grünroggen nach Sollwert 140 kg N/ha – Nmin

**) Die Düngung zur Zweitfrucht erfolgte auf Basis der Sollwerte für die jeweiligen Kulturen; d.h. 180, 160, 120 kg N/ha abzügl. Nmin. (Mais, Hirse, SB). In Poppenburg wurde nach den jeweiligen Ernteterminen des Grünroggens eine Nmin Probe gezogen und entsprechend berücksichtigt

Tabelle 28: Nmin-Gehalte im Boden, Versuch 765, Werlte, 2011

Standort	Erstfrucht		Zweitfrucht (Sorte)	Nmin [kg/ha]		
	Erstfrucht*	Ernte Erstfrucht		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
Nmin nach der Ernte	Grünroggen	29.4.	Mais (Ricardinio)	22	14	38
	Grünroggen	10.5.		20	10	19
	Grünroggen	20.5.		15	11	16
	Grünroggen	29.4.	Sonnenblume (Heliaroc)	20	17	8
	Grünroggen	20.5.		27	14	8
	Grünroggen	29.4.	Hirse (Zerberus)	18	6	12
	Grünroggen	20.5.		18	5	9
Nmin zur Sicker-wasserspende	Grünroggen	29.4.	Mais (Ricardinio)	15	39	32
	Grünroggen	10.5.		24	20	17
	Grünroggen	20.5.		32	15	11
	Grünroggen	29.4.	Sonnenblume (Heliaroc)	18	14	26
	Grünroggen	20.5.		15	27	15
	Grünroggen	29.4.	Hirse (Zerberus)	26	20	12
	Grünroggen	20.5.		14	22	13

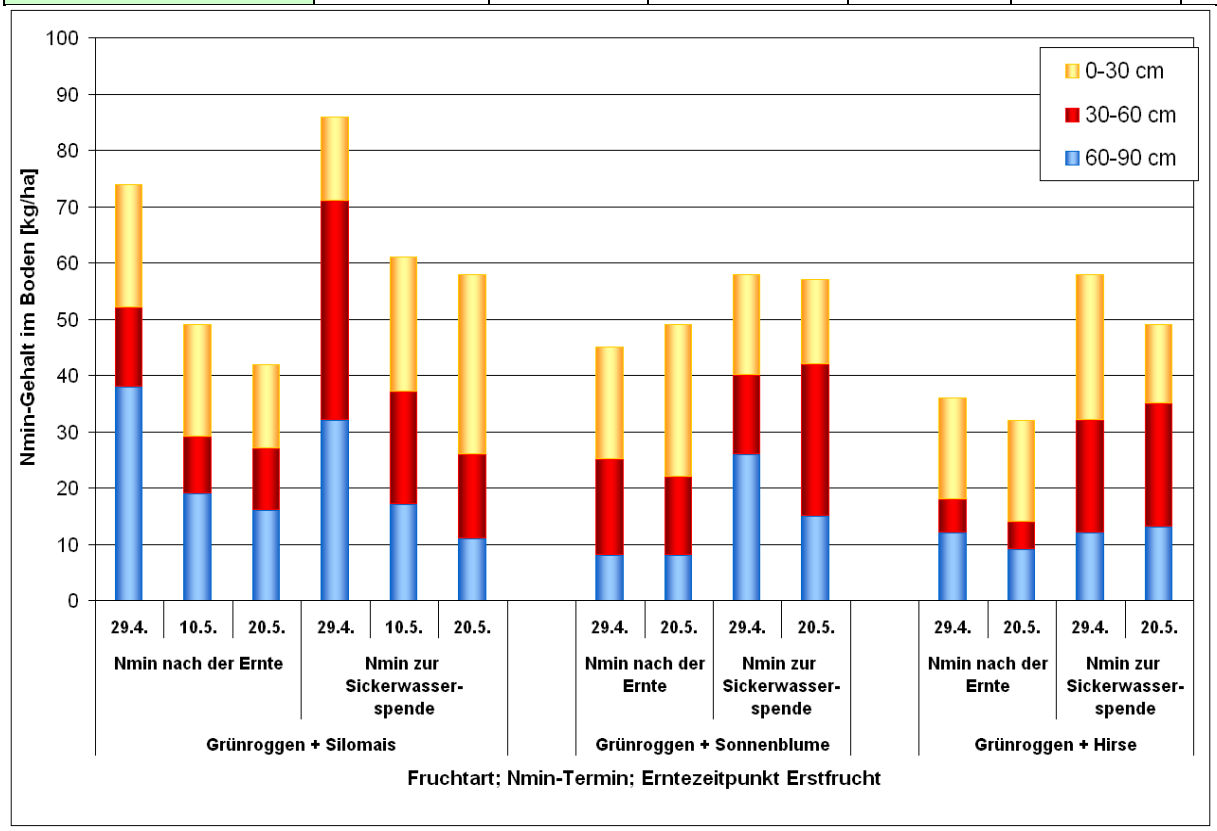


Abbildung 54: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende, Versuch 765, Werlte 2011

5.2.4 Versuch 871 – Welchen Einfluss haben der Anbau und die N-Düngung der durchwachsenen Silphie auf die N-Dynamik des Bodens?

Die Durchwachsene Silphie wird immer öfter erwähnt, wenn es um den Anbau von Energiepflanzen für Biogasanlagen geht. Man spricht ihr hohe Erträge, wenig Aufwand aber auch gute Trockenheitstoleranz zu. Auch in Niedersachsen beschäftigen sich zunehmend mehr Biogasanlagenbetreiber mit dem Anbau dieser Dauerkultur. An drei Versuchsstandorten, Werlte, Poppenburg und Dasselsbruch, wurden N-Düngungsversuche mit der Durchwachsenen Silphie angelegt, die im Herbst 2010 und 2011 im zweiten bzw. dritten Anlagejahr beerntet wurden. Die Bestände hatten sich optisch 2011 sehr gut entwickelt. Auf den leichteren Standorten Werlte und Dasselsbruch wurden durchschnittliche Erträge von ca. 120 dt TM/ha und auf dem Bördestandort Poppenburg 165 dt TM/ha erzielt. Allerdings lagen die TM-Gehalte mit gut 22 % deutlich unter den angestrebten Werten von ca. 28 %.

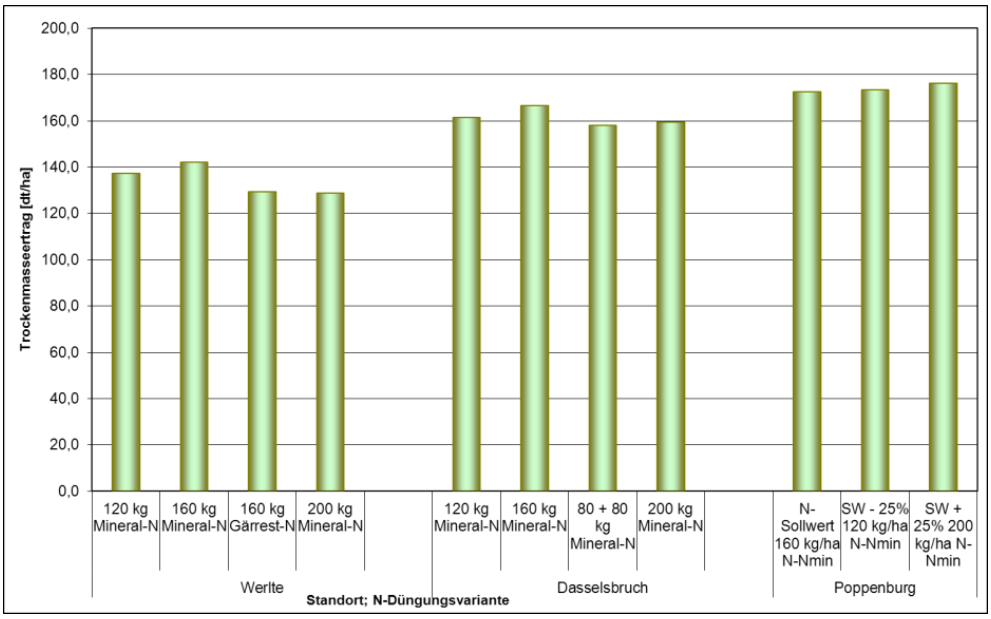


Abbildung 55: Trockenmasseerträge der Durchwachsenen Silphie, 2011

Im Anbaujahr 2011 konnten die Erträge auf allen Standorten gesteigert werden. Mit durchschnittlich 158 dt TM/ha wurde ein guter Ertrag erzielt. Jedoch konnten auch 2011 die angestrebten Trockenmassegehalte nicht erreicht werden. Die höheren Erträge sind zum einen auf die weiter verbesserte Etablierung der Bestände zurückzuführen, zum anderen herrschten insgesamt günstige Wachstumsbedingungen.

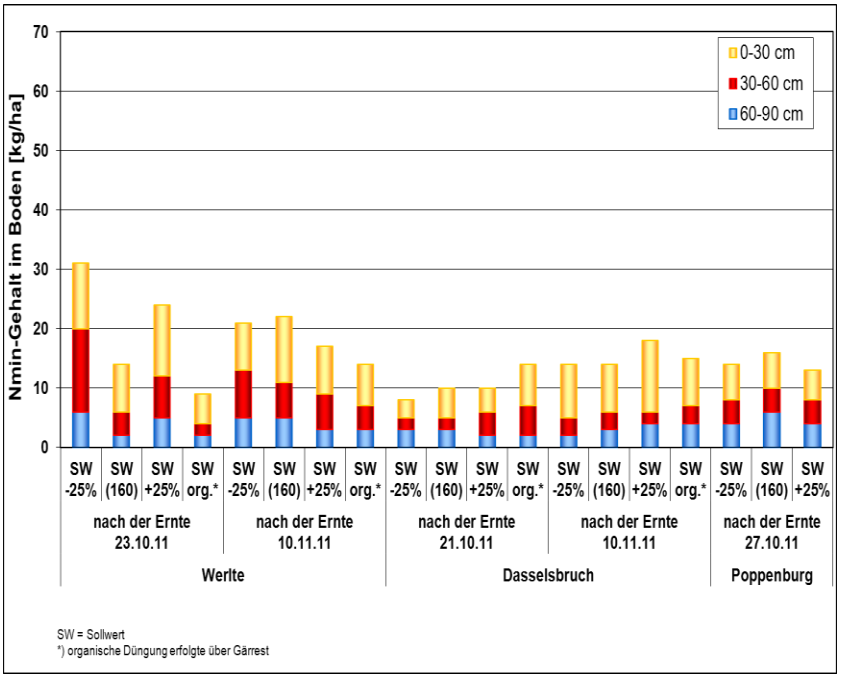


Abbildung 56: Nmin-Gehalte im Boden, nach der Ernte der durchwachsenen Silphie, versuch 871, 2011

Wie bereits im Vorjahr wurden auch 2011 vergleichsweise niedrige Herbst-Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte der noch relativ unbekannten Energiepflanze gemessen (Abbildung 56).

Zur optimalen N-Düngung lassen sich aufgrund der bisherigen Ergebnisse noch keine Empfehlungen ableiten.

Insgesamt werden der durchwachsenen Silphie nach zwei Versuchsjahren viele positive Eigenschaften und gute Erträge zugeschrieben. Einzig das Pflanzjahr ist mit Aufwand bzw. Kosten für die Pflanzen und auch Problemen insbesondere beim Pflanzenschutz verbunden. Aufgrund der Ergebnisse, insbesondere der sehr guten Nmin-Werte im Herbst könnte die Durchwachsene Silphie eine regional sehr gute Alternative zum Silomais in Energiefruchtfolgen in Wasserschutzgebieten darstellen.

5.2.5 Versuch 874 – Welchen Einfluss hat die Drilltechnik bei Silomais auf die N-Dynamik des Bodens?

Die Reihenweite hatte auch am Standort Werlte im Jahr 2011 keinen gerichteten Einfluss auf die Rest-Nmin-Gehalte im Boden (siehe Abbildung 57).

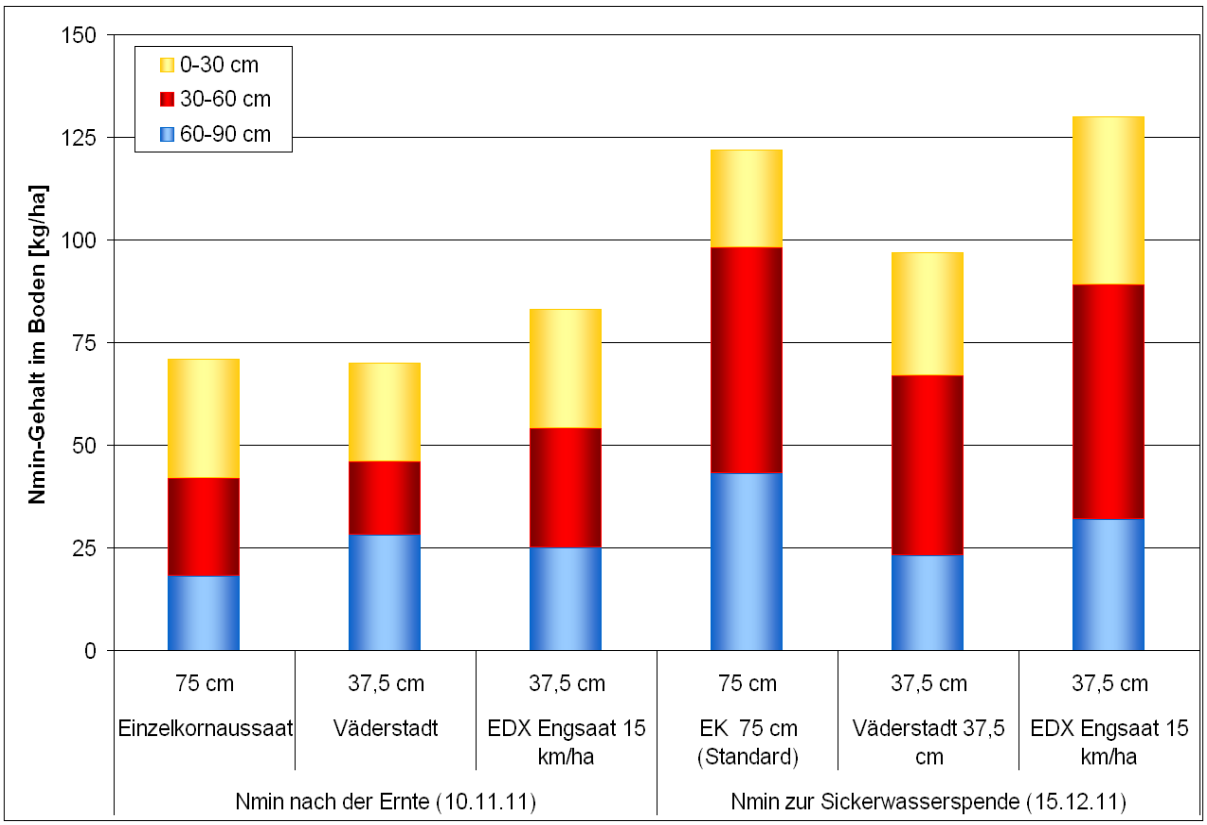


Abbildung 57: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite, Versuch 874, Werlte; 2011

Die Rest-Nmin Gehalte am Standort Werlte lagen nach der Ernte im Bereich von 75 kg Nmin/ha. Bis zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende erfolgte eine weitere N-Mineralisation, so dass ein deutlicher Anstieg der Nmin-Gehalte zu verzeichnen war. Die Verteilung der Nmin-Gehalte im Boden zur Sickerwasserspende kann als Indiz für eine N-Verlagerung im Boden gewertet werden.

Es konnte 2011 analog zu den Ergebnissen im Versuch 874 keine eindeutige Abhängigkeit zwischen der Reihenweite und den Rest-Nmin-Gehalten im Boden ermittelt werden. Dies belegen auch die Ergebnisse der vergangenen Jahre (siehe Abbildung 59). So unterschieden sich die Nmin-Gehalte lediglich im Bereich der Nmin-Fehlertoleranz.

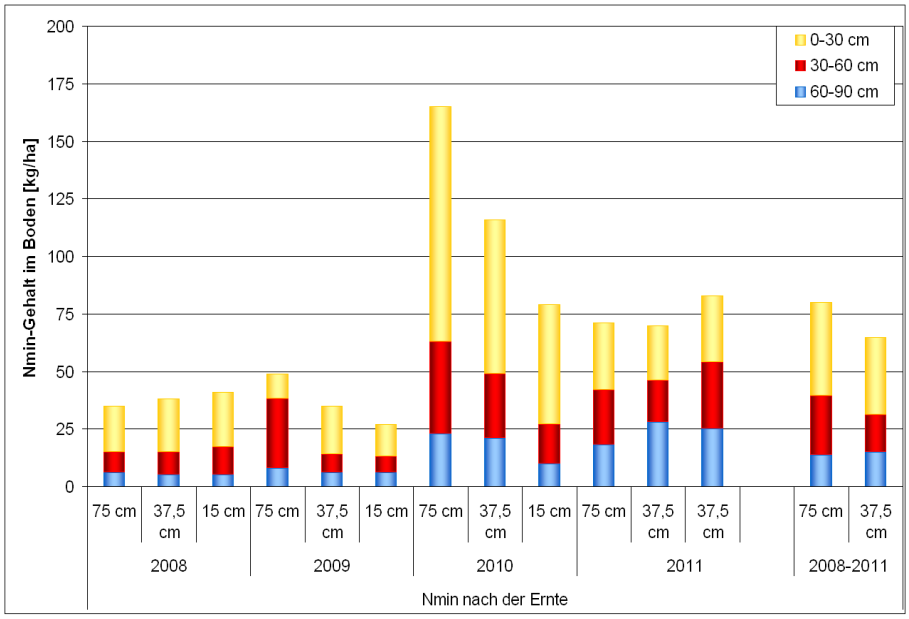


Abbildung 58: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite, Versuch 874, Werlte; 2008-2011

Am Standort Poppenburg traten im Jahr 2011 im Unterschied zu den Vorjahren deutliche Unterschiede beim Rest-Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte zwischen der Normal- und der Engsaat auf. Lag der Wert bei der Normalsaat bei 130 kg/ha führte die Engsaat zu Rest-Nmin-Gehalten von 80 kg/ha. Im Mittel der Jahre 2009 – 2011 waren jedoch auch an diesem Standort keine signifikanten Unterschiede der Nmin-Gehalte zu verzeichnen. Allerdings ist tendenziell ein positiver Effekt der Engsaat zu erkennen.

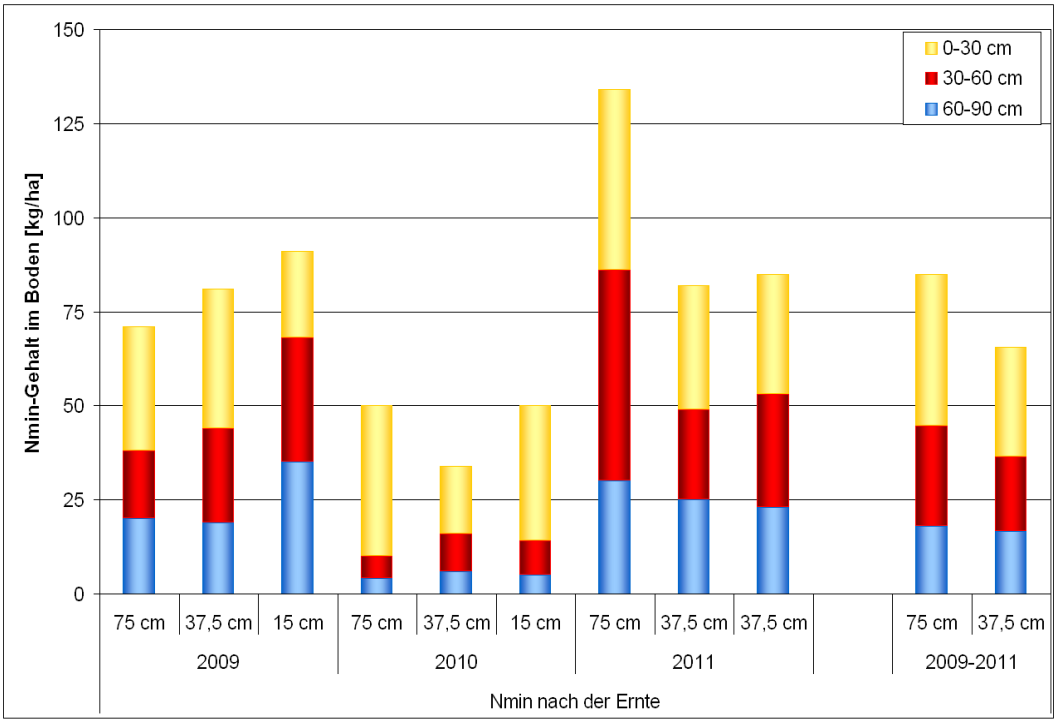


Abbildung 59: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite, Versuch 874, Poppenburg; 2009-2011

5.2.6 Versuch 875 – Welchen Einfluss hat die Gülleunterfußdüngung bei Silomais auf die N-Dynamik des Bodens?

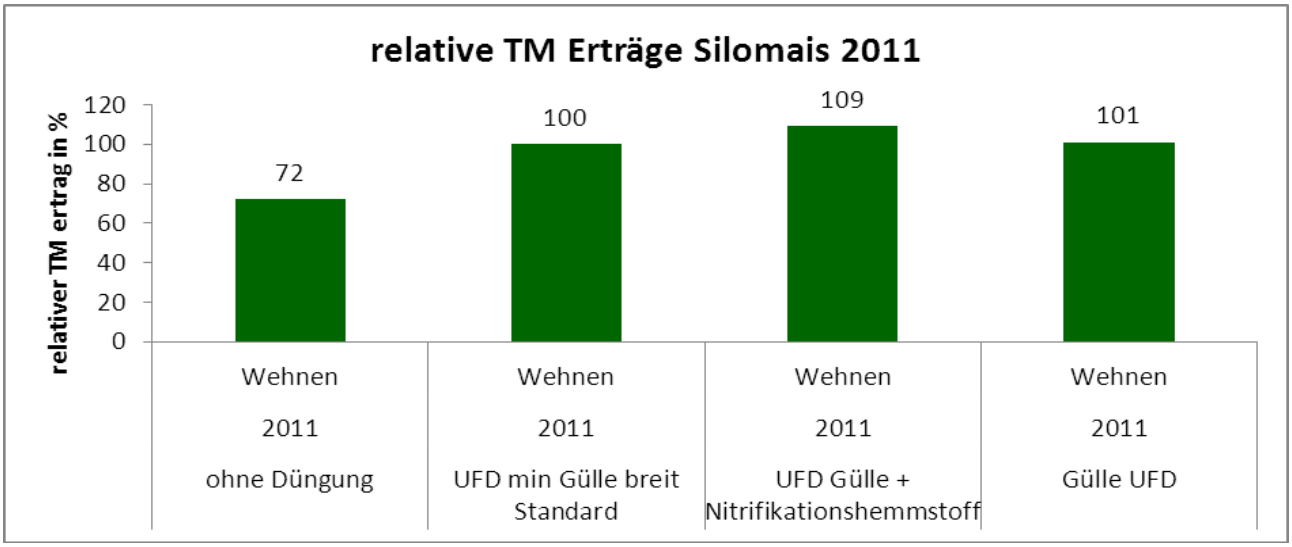


Abbildung 60: Relative Trockenmasse-Erträge in % zur Variante „UFD min – Gülle breit“, Silomais, Wehnen, 2011

Im Jahr 2011 wurde das Verfahren bei der Ausbringung des Güllebandes zur Gülleunterfußdüngung im Vergleich zu den Vorjahren geändert. Anstatt das Gülleband wie in den Jahren zuvor zu beiden Seiten des Saatgutes zu platzieren wurde es in diesem Jahr genau darunter abgelegt. Eine generelle Aussage über die Auswirkungen der jeweiligen Variante auf den Nmin-Gehalt ist daher

schwierig zu treffen. Außerdem hatten die beiden Versuchsstandorte sehr unterschiedliche Standorteigenschaften.

In Wehnen gab es nach der Ernte kaum Unterschiede zwischen den Nmin-Werten der einzelnen Varianten und die Werte lagen insgesamt auf einem relativ niedrigen Niveau (siehe Abbildung 61).

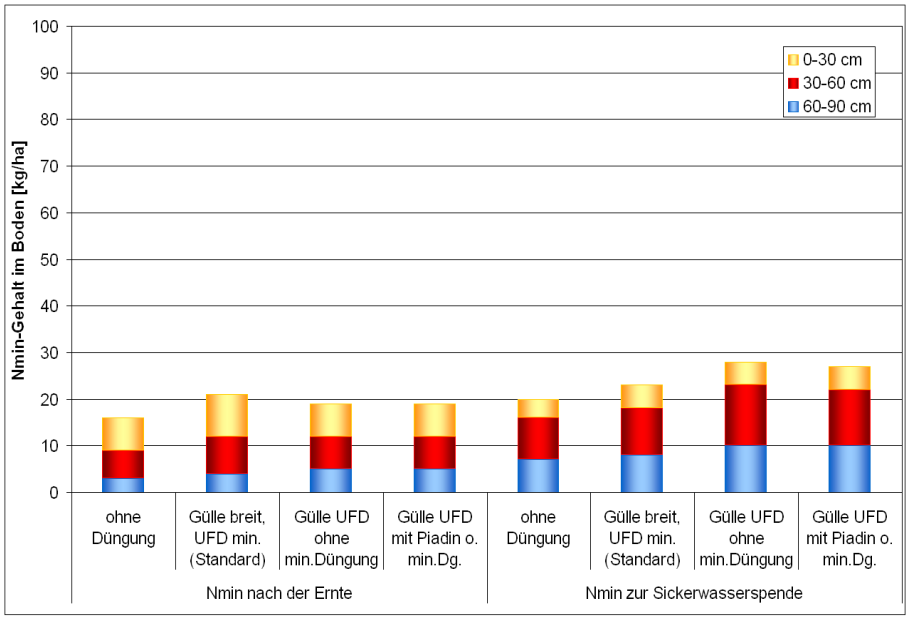


Abbildung 61: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 875, Wehnen, 2011

Außerdem hatte in Wehnen die Gülleunterfußdüngung in beiden Varianten einen positiven Effekt auf den Ertrag.

In Werlte auf einem stark stickstoffnachliefernden Standort hatte die Gülleunterfußdüngung in allen Fällen einen positiven Effekt auf den Nmin-Gehalt. Zur Sickerwasserspende lagen die Werte sogar unter den Nmin-Werten der ungedüngten Variante. Dies könnte durch ein besseres Wurzelwachstum und ein dadurch bedingtes verbessertes Nährstoffaneignungsvermögen der Maispflanzen, durch die Gülleunterfußdüngung zu erklären sein. Der Einsatz des Nitrifikationshemmstoffes wirkte sich positiv auf den Nmin-Gehalt zur Sickerwasserspende aus und auch der Ertrag wurde durch die Gülleunterfußdüngung in Kombination mit einem Nitrifikationshemmstoff positiv beeinflusst.

Die Ergebnisse des Versuchsstandortes in Werlte sind jedoch durch das starke Mineralisationsvermögen dieses Standortes nur bedingt zu berücksichtigen.

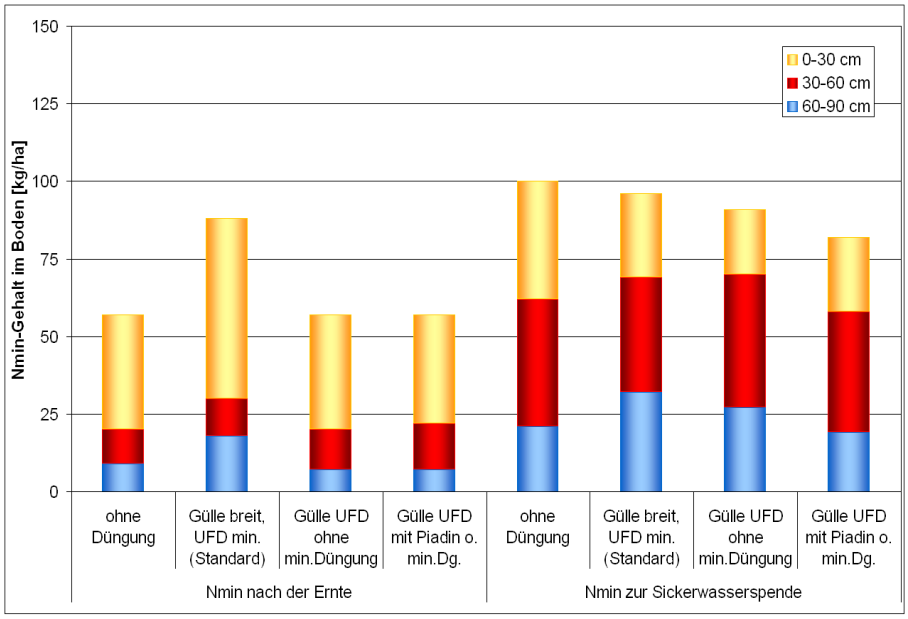


Abbildung 62: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 875, Werlte, 2011

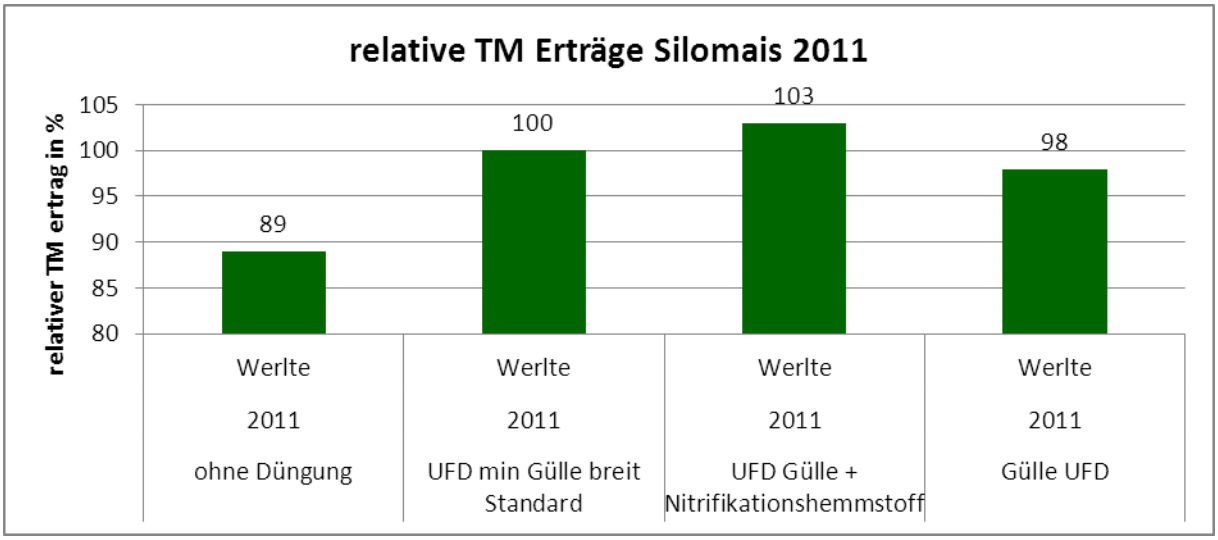


Abbildung 63: Relative Trockenmasse-Erträge in % zur Variante „UFD min – Gülle breit“, Silomais, Werlte, 2011

Die Gülleunterfußdüngung, in Kombination mit einem Nitrifikationshemmstoff, ist insofern ein hervorzuhebendes Verfahren, da es an beiden Standorten sowohl die Nmin-Gehalte, als auch den Ertrag positiv beeinflusst.

5.2.7 Versuch 887 – Welchen Einfluss haben Untersaaten bei Silomais auf die N-Dynamik im Boden?

In Wasserschutzgebieten kann durch winterharte Grasuntersaaten Stickstoff konserviert werden und so vor einem Austrag in tiefere Bodenschichten bewahrt werden. Das Gelingen und die Wirkung einer Untersaat wird stark vom Standort, der Witterung und der Ausbringungsmethode beeinflusst.

Tabelle 29: Varianten, Versuch 887

Nr.	Untersaat	Zeitpunkt Aussaat Untersaat
1	ohne Untersaat	
2	Rotschwingel	1-2 Tage vor Saat Mais
3	Deutsches Weidelgras	1-2 Tage vor Saat Mais
4	Deutsches Weidelgras	4-6 Blatt Mais
5	Deutsches Weidelgras	8-10 Blatt Mais
6	Welsches Weidelgras	4-6 Blatt Mais
7	Welsches Weidelgras	8-10 Blatt Mais

Tabelle 30: Aussaat- und Erntezeitpunkte, Versuch 887

Standort	Zeitpunkt	ohne Untersaat	1-2 Tage vor Saat Mais	4-6 Blatt Mais	8-10 Blatt Mais
Dasselsbruch	**Aussaat Mais**	04.05.2011			
	Aufgang Mais	13.05.2011			
	Aussaat Untersaat	-	03.05.2011	30.05.2011	10.06.2011
	Ernte Mais	05.10.2011			
Wehnen	**Aussaat Mais**	20.04.2011			
	Aufgang Mais	02.05.2011			
	Aussaat Untersaat	-	20.04.2011	18.05.2011	06.06.2011
	Ernte Mais	29.09.2011			
Sophienhof	**Aussaat Mais**	28.04.2011			
	Aufgang Mais	11.05.2011			
	Aussaat Untersaat	-	29.04.2011	26.05.2011	14.06.2011
	Ernte Mais	17.10.2011			
Thülsfelde	**Aussaat Mais**	Nur Demonstrationsfläche – ohne Ernte			
	Aufgang Mais				
	Aussaat Untersaat				
	Ernte Mais				

Die Versuchsreihe 887, Aussaat von Grasuntersaaten zu verschiedenen Zeitpunkten mit unterschiedlichen Gräsern, wurde 2011 an drei Standorten durchgeführt. Der Versuch am Standort Wehnen lieferte dabei das beste Ergebnis, hier sind die Untersaaten in allen Varianten gut gelun-

gen. Die Erträge zeigen deutlich, dass die frühen Aussaatvarianten des Deutschen Weidelgrases - vor der Maisaussaat und 4 Blattstadium - zu üppig entwickelt waren. Die Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe führte zu Ertragseinbußen. Dies zeigen die Ertragsergebnisse vom Standort Sophienhof auch.

Am Standort Dasselsbruch litten die Grasuntersaaten im August stark unter Trockenheit. Die Unterschiede im TM-Ertrag des Maises zwischen früher und später Grasaussaat sind daher weniger in den unterschiedlichen Grasuntersaatenvarianten ausgeprägt. Die Nmin-Werte nach der Ernte sind vermutlich aus diesem Grund nicht gerichtet und bestätigen nicht die Werte der Standorte Wehnen und Sophienhof.

Die Höhe der Stickstoffdüngung wurde nach dem Sollwert für Stickstoff standortspezifisch angepasst.

Der Einfluss der Grasuntersaaten auf die Reduzierung der Nmin-Werte ist in den meisten Varianten in Wehnen und Sophienhof erkennbar, wobei die Unterschiede oftmals innerhalb der Fehlergrenze der Nmin-Methode lagen. Im Vorjahr wurden durch die Anlage von Grasuntersaaten die Nmin-Gehalte deutlicher reduziert. Eine endgültige Aussage hinsichtlich der nitratreduzierenden Wirkung von Grasuntersaaten kann erst auf der Grundlage mehrjähriger Feldversuche getroffen werden. In 2011 weist die Rotschwingelvariante die geringsten Rest-Nmin auf. Zum Beginn der Sickerwasserperiode konnte an den Standorten Wehnen und Sophienhof nochmals eine Reduzierung der Rest-Nmin-Gehalte erreicht werden. In Dasselsbruch fand bis März 2012 kein vertikaler Wassertransport statt, so dass der zweite Herbst Probenahmetermin entfiel.

Die Untersaaten sollten entweder mit Rotschwingel vor der Maisaussaat angelegt werden, oder aber je nach nachfolgender Nutzung mit Deutschem oder Welschem Weidelgras dann möglichst spät im 8 – 10 Blattstadium angelegt werden, um Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe bzw. mögliche Ertragseinbußen zu vermeiden.

Diese beiden Verfahren ermöglichen auch zeitlich angepasste Pflanzenschutzmaßnahmen. Die Etablierung der Untersaat ohne negative Auswirkungen auf den Maisertrag ist möglich, die Nmin-Werte zeigen ebenfalls, dass diese Maßnahme aus Wasserschutzgründen sinnvoll sein kann.

Neben der Nährstoffkonservierung wirken sich Untersaaten auch positiv auf die Humusbilanz aus.

Abbildung 64: Untersaat im Mais, deutsches Weidelgras (links) und Rotschwingel (rechts)

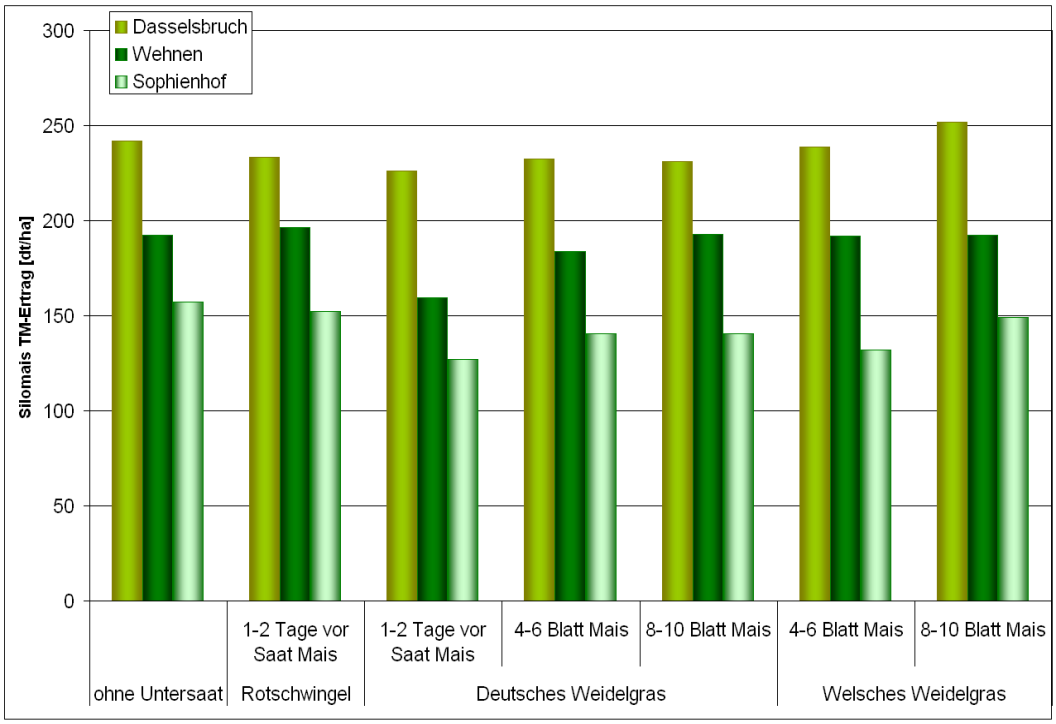


Abbildung 65: Trockenmasseerträge von Silomais mit und ohne Untersaaten, 2011

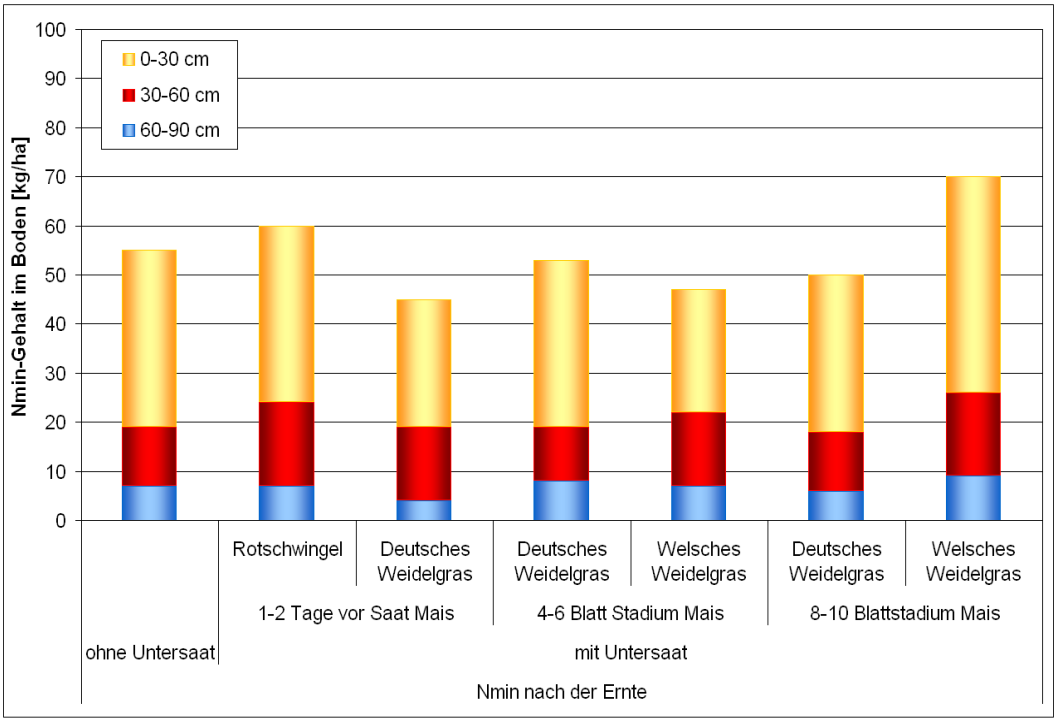


Abbildung 66: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais mit und ohne Untersaaten, Standort Dasselsbruch, 2011

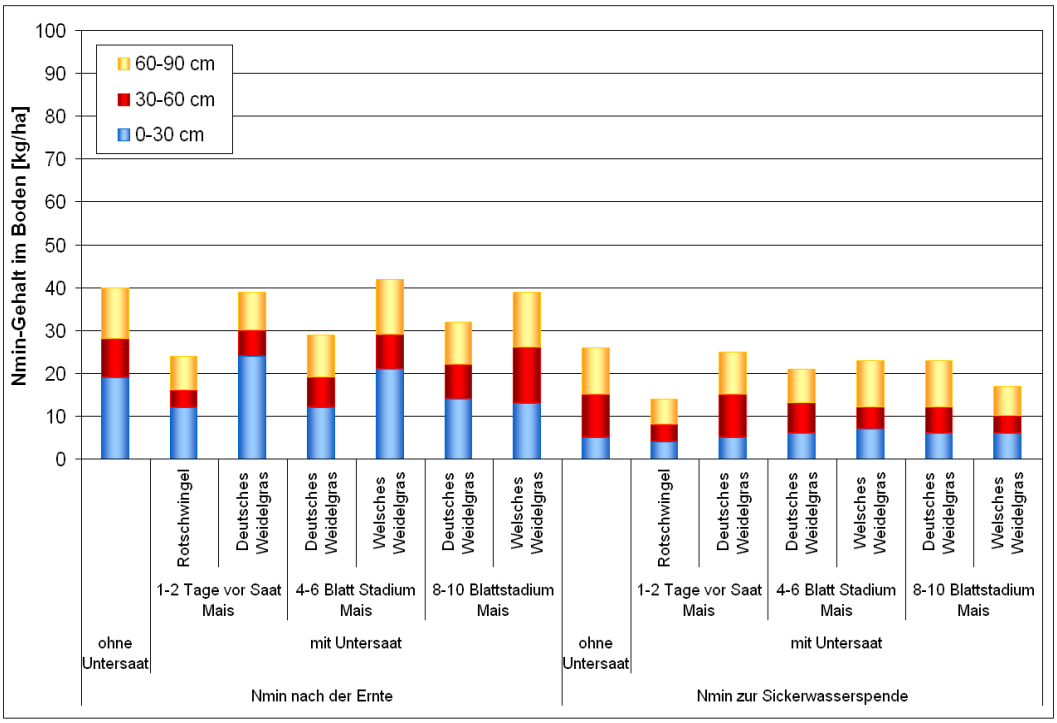


Abbildung 67: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais mit und ohne Untersaaten, Standort Wehnen, 2011

6 Anhang

6.1 Wetterdaten

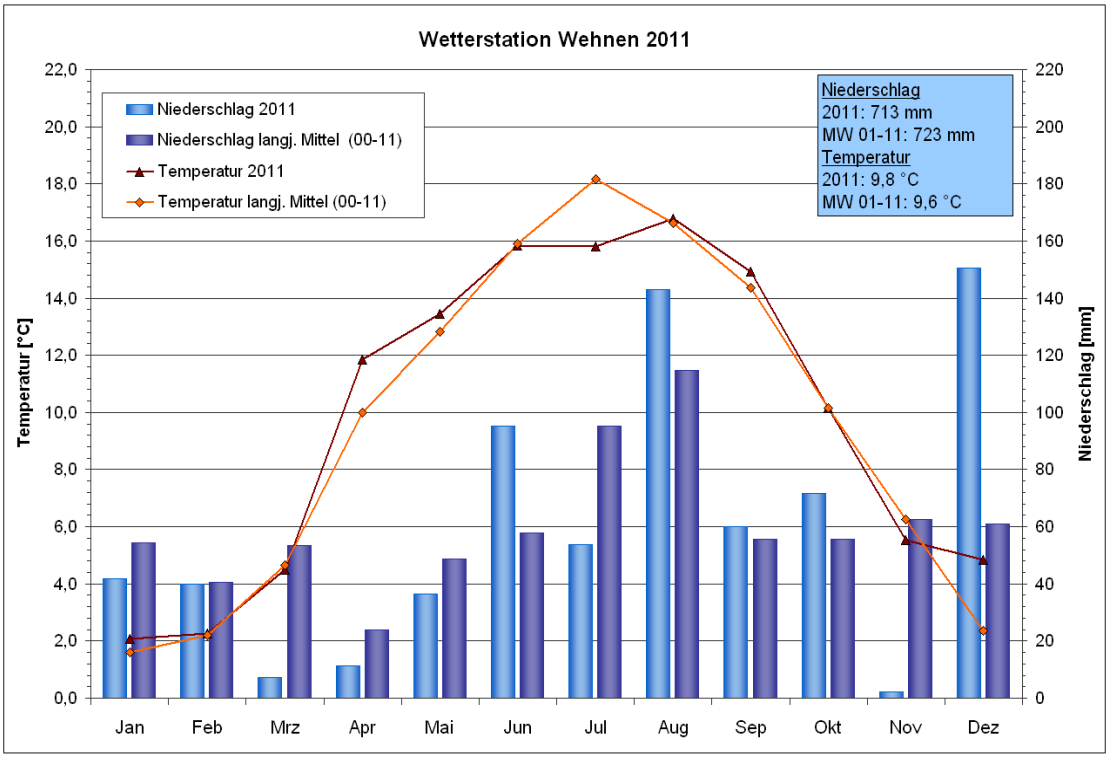


Abbildung 68: Wetterdaten Wehnen, 2011

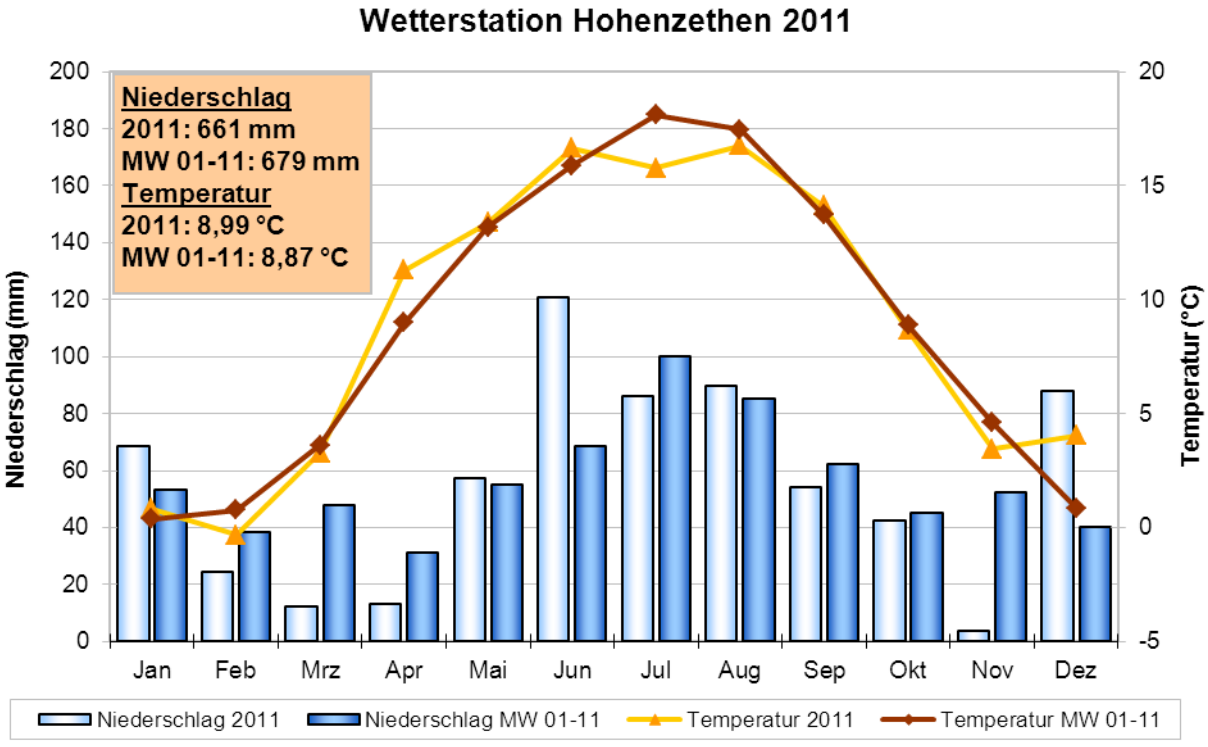


Abbildung 69: Wetterdaten Hohenzethen, 2011

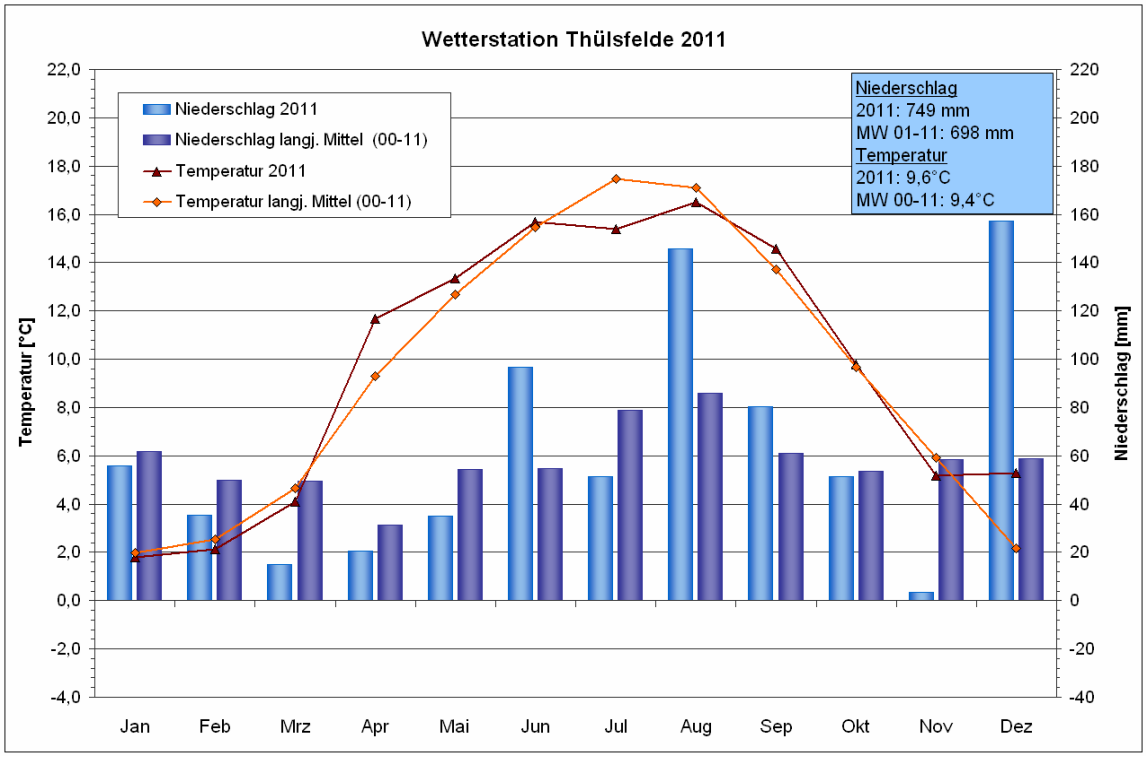


Abbildung 70: Wetterdaten Thülsfelde, 2011

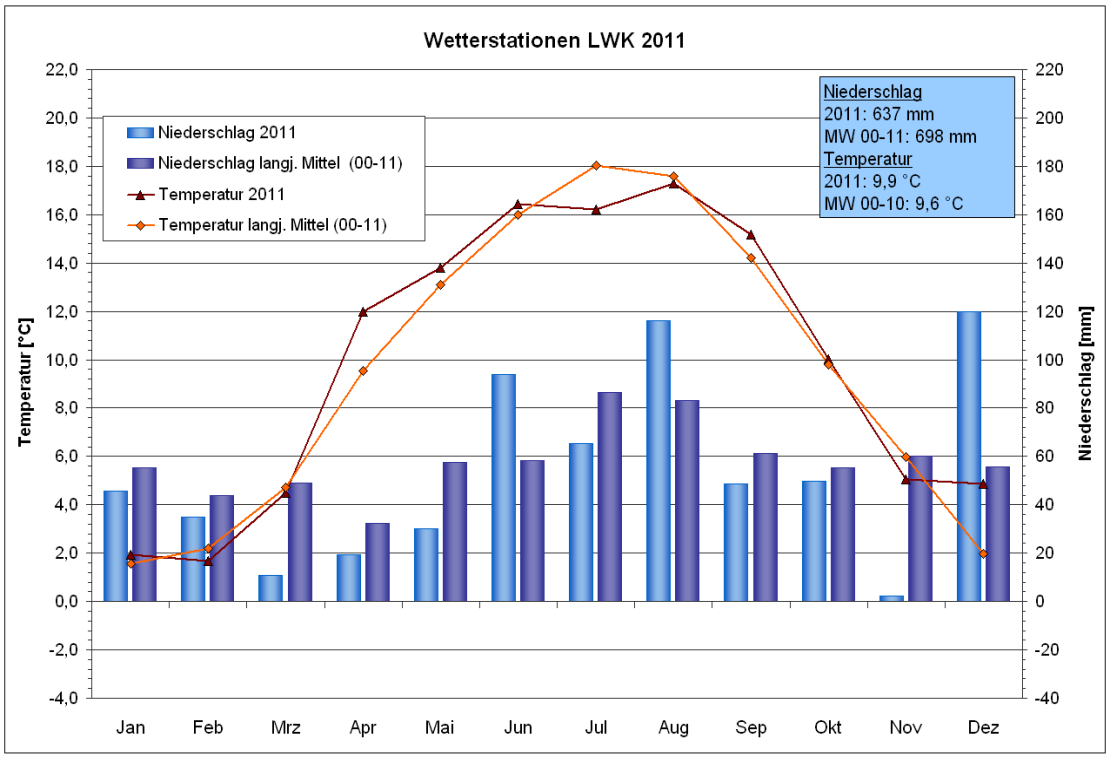


Abbildung 71: Witterungsverlauf im Mittel der LWK-Wetterstationen (siehe Tabelle 31) , 2011

(LWK-Wetterstationen: Barnstorf, Carolinensiel, Cloppenburg, Dasselsbruch, Hamerstorf, Höckelheim, Holtorfsloh, Lindloh, Poppenburg, Rockstedt, Wehnen, Werlte, Wietzen)

Tabelle 31: Klimakennwerte der LWK-Wetterstationen

Wetterstation	Temperatur [°C]	Niederschlag 2011 [mm]	Sommerniederschläge 2011 April – Sept. [mm]	
Barnstorf	9,8	511	335	66%
Carolinensiel	9,9	816	480	59%
Cloppenburg	10,1	685	389	57%
Dasselsbruch	9,7	558	395	71%
Hamerstorf	9,8	672	409	61%
Höckelheim	9,3	415	288	69%
Hohenzethen	9	661	330	50%
Holtorfsloh	9,9	707	420	59%
Lindloh	10,3	688	386	56%
Poppenburg	9,5	536	329	61%
Rockstedt	10,5	835	414	50%
Thülsfelde	9,6	749	430	57%
Wehnen	9,8	713	400	56%
Werlte	10,2	690	407	59%
Wietzen	10,3	426	210	49%

6.2 Versuchsdaten

6.2.1 Bilanzdaten Versuch 641

Tabelle 32: Stickstoff-Bilanz, Versuch 641

Frucht	N-Düngung [kg/ha]	Mineral-N [kg/ha]	Org-N-Ges. [kg/ha]	TM-Ertrag [dt/ha]	TM [%]	Protein [% i.TS]	Methan [m³/ha]	Nmin nach der Ernte 0-90 cm [kg/ha]	Nmin Sickerwasser-spende 0-90 cm [kg/ha]
Ackergras (7 Schnitte)	290	290		209,5	15,7	21,0	6.633	16	35
Silomais	0			123,5	35,0	6,5	4.041	30	20
	75	75		154,2	37,7	6,5	4.674	25	22
	150	150		173,3	38,4	7,5	5.155	38	28
	225	225		167,0	37,2	8,0	5.132	45	46
	300	300		167,4	36,8	7,8	5.204	70	66
	120		120	156,1	36,5	7,0	4.884	18	34
	220	100	120	170,8	37,2	7,9	5.250	34	29
Roggen-GPS vor Silomais	120	120		85,0	34,4	7,5	2.724		
Silomais als Zweit-frucht	0			81,0	23,1	7,4	2.757	26	29
	75	75		120,3	27,1	7,4	3.489	31	38
	150	150		118,3	25,8	8,4	3.612	53	50
	225	225		129,9	26,8	7,5	3.808	106	90
	300	300		127,6	27,0	8,2	3.719	139	95
	120		120	115,9	26,5	7,6	3.436	41	37
	220	100	120	128,5	26,6	8,2	3.795	59	50
Sudangras	0			67,8	29,6	7,4	2.246	16	16
	75	75		119,9	33,0	5,9	3.559	17	20
	150	150		130,8	31,9	7,3	4.016	21	29
	225	225		159,1	31,5	6,5	4.940	44	46
	300	300		145,6	32,6	7,7	4.375	48	39
	120	0	120	136,8	31,5	6,0	4.261	19	27
	220	100	120	140,3	32,1	6,9	4.284	27	31
Roggen-GPS vor Sudangras	120	120		82,0	35,4	7,5	2.549		
Sudangras als Zweit-frucht	0			75,9	27,8	8,5	2.270	20	21
	75	75		92,0	26,1	7,6	2.935	15	22
	150	150		91,2	28,6	8,2	2.655	33	38
	225	225		82,9	24,3	8,8	2.838	44	41
	300	300		101,9	29,3	9,3	2.896	78	72
	120		120	76,7	26,8	8,2	2.381	29	28
	220	100	120	98,3	27,3	9,5	3.001	30	32

6.2.2 Ertrag und Nmin-Bilanz Versuch 643

Tabelle 33: Ertrag und Nmin-Bilanz Versuch 643

Fruchtfolge	N-Düngung	Mineral-N [kg/ha]	Org-N-Ges. [kg/ha]	Kornertrag bei 86%TM [dt/ha]	Protein [% i.TS]	Nmin 0-90 cm [kg/ha]				N-Zufuhr* [kg/ha]	N-Abfuhr [kg/ha]	Bilanz [kg/ha]
						14.03.2011	07.08.2011	10.09.2011	16.12.2011			
Konventionelle Fruchtfolge	Kontrolle	0		23,1	9,9	19	24	32	29	0	32	-32
	40 kg Mineral-N	40		39,2	9,3	17	27	35	36	40	50	-10
	80 kg Mineral-N	80		56,1	9,1	15	25	37	37	80	70	10
	120 kg Mineral-N	120		64,4	9,9	13	25	38	41	120	88	32
	160 kg Mineral-N	160		70,5	11,8	14	24	38	38	160	114	46
	200 kg Mineral-N	200		74,0	11,4	14	28	30	37	200	116	84
	Cultan 120 kg N	120		63,1	10,5	10	24	32	38	120	91	29
	Gärrest 120 kg N		120	67,5	10,4	15	29	31	44	102	97	5
konservierende Fruchtfolge Bioenergie	Kontrolle	0		26,4	10,3	12	29	32	34	0	37	-37
	40 kg Mineral-N	40		38,8	8,5	13	27	31	38	40	45	-5
	80 kg Mineral-N	80		52,2	9,2	15	25	28	36	80	66	14
	120 kg Mineral-N	120		60,9	9,8	17	27	29	41	120	82	38
	160 kg Mineral-N	160		68,0	10,8	12	29	40	38	160	101	59
	200 kg Mineral-N	200		70,3	11,2	19	34	27	37	200	108	92
	Cultan 120 kg N	120		63,7	9,5	18	29	28	34	120	83	37
	Gärrest 120 kg N		120	74,4	10,5	18	34	32	45	102	107	-5

6.2.3 Ertrag und Bilanz Versuch 644

Tabelle 34: Ertrag und Bilanz Versuch 644

Teilstück	N-Düngung	N-Düngung Gesamt [kg/ha]	Mineral-N [kg/ha]	Org-N-Ges. [kg/ha]	TM [dt/ha]	TM [%]	Protein [%]	N-Zufuhr* [kg/ha]	N-Abfuhr [kg/ha]	N-Bilanz [kg/ha]
644a Silomais (Engsaat)	Kontrolle	0	0		114,3	33,2	6,3	0	115	-115
	50 kg Mineral-N	50	50		165,5	33,8	6,3	50	167	-117
	100 kg Mineral-N	100	100		201,8	33,2	6,8	100	220	-120
	150 kg Mineral-N	150	150		212,0	33,2	7,9	150	268	-118
	200 kg Mineral-N	200	200		204,7	31,8	8,1	200	265	-65
	Sollwert 180	183	90	93	193,1	32,6	7,3	170	226	-56
644b Silomais	Kontrolle	0	0		100,0	32,7	6,3	0	101	-101
	50 kg Mineral-N	50	50		150,2	34,2	6,9	50	166	-116
	100 kg Mineral-N	100	100		158,0	32,2	7,4	100	187	-87
	150 kg Mineral-N	150	150		173,8	31,1	7,4	150	206	-56
	200 kg Mineral-N	200	200		171,7	31,0	7,8	200	214	-14
	250 kg Mineral-N	250	250		175,2	30,7	7,9	250	222	28
	Sollwert 180	183	90	93	179,4	33,1	7,5	170	215	-45
644c Silomais (Engsaat)	Kontrolle	0	0		138,6	34,4	6,3	0	140	-140
	50 kg Mineral-N	50	50		173,8	34,7	7,0	50	195	-145
	100 kg Mineral-N	100	100		187,2	33,0	7,4	100	222	-122
	150 kg Mineral-N	150	150		206,8	33,3	7,8	150	258	-108
	200 kg Mineral-N	200	200		201,8	33,0	7,8	200	252	-52
	250 kg Mineral-N	250	250		197,8	32,5	7,5	250	237	13
	Sollwert 180	163	70	93	210,8	34,3	7,5	150	253	-103
	N-Düngung	N-Düngung Gesamt [kg/ha]	Mineral-N [kg/ha]	Org-N-Ges. [kg/ha]	TM [dt/ha]	TM [%]	Protein [%]	N-Zufuhr* [kg/ha]	N-Abfuhr [kg/ha]	N-Bilanz [kg/ha]
	Kontrolle	0	0		114,3	33,2	6,3	0	115	-115
	50 kg Mineral-N	50	50		165,5	33,8	6,3	50	167	-117
	100 kg Mineral-N	100	100		201,8	33,2	6,8	100	220	-120

	150 kg Mineral-N	150	150		212,0	33,2	7,9	150	268	-118
	200 kg Mineral-N	200	200		204,7	31,8	8,1	200	265	-65
	Sollwert 180	183	90	93	193,1	32,6	7,3	170	226	-56
	Kontrolle	0	0		100,0	32,7	6,3	0	101	-101
	50 kg Mineral-N	50	50		150,2	34,2	6,9	50	166	-116
	100 kg Mineral-N	100	100		158,0	32,2	7,4	100	187	-87
	150 kg Mineral-N	150	150		173,8	31,1	7,4	150	206	-56
	200 kg Mineral-N	200	200		171,7	31,0	7,8	200	214	-14
	250 kg Mineral-N	250	250		175,2	30,7	7,9	250	222	28
	Sollwert 180	183	90	93	179,4	33,1	7,5	170	215	-45
	Kontrolle	0	0		138,6	34,4	6,3	0	140	-140
	50 kg Mineral-N	50	50		173,8	34,7	7,0	50	195	-145
	100 kg Mineral-N	100	100		187,2	33,0	7,4	100	222	-122
	150 kg Mineral-N	150	150		206,8	33,3	7,8	150	258	-108
	200 kg Mineral-N	200	200		201,8	33,0	7,8	200	252	-52
	250 kg Mineral-N	250	250		197,8	32,5	7,5	250	237	13
	Sollwert 180	163	70	93	210,8	34,3	7,5	150	253	-103

* org. N-Zufuhr nach Abzug Ausbringungsverluste (14%)

Tabelle 35: Nmin Versuch 644

Probenahme	**Monat**	**Variante**	**N-Düngung**	**Nmin 0-120 cm [kg/ha]**		
				644a Silomais (Engsaat)	**644b Silomais**	**644c Silomais (Engsaat)**
13.01.2011	**Jan**	6	Sollwert (180 kg N/ha)	23	12	25
08.02.2011	**Feb**	6	Sollwert (180 kg N/ha)	21	16	37
08.03.2011	**Mrz**	6	Sollwert (180 kg N/ha)	29	14	39
05.04.2011	**Apr**	1	ohne N	17	13	27
		2	50 kg/ha Mineral-N	20	15	28
		3	100 kg/ha Mineral-N	20	14	33
		4	150 kg/ha Mineral-N	16	12	30
		5	200 kg/ha Mineral-N	20	11	67
		7	250 kg/ha Mineral-N		13	60
		6	Sollwert (180 kg N/ha)	22	14	45
10.05.2011	**Mai**	6	Sollwert (180 kg N/ha)	119	193	163
09.06.2011	**Jun**	6	Sollwert (180 kg N/ha)	156	113	129
06.07.2011	**Jul**	6	Sollwert (180 kg N/ha)	100	89	140

09.08.2011	**Aug**	6	Sollwert (180 kg N/ha)	32	19	50
08.09.2011	**Sep**	6	Sollwert (180 kg N/ha)	37	18	27
11.10.2011	**Okt**	1	ohne N	16	17	21
		2	50 kg/ha Mineral-N	17	16	25
		3	100 kg/ha Mineral-N	20	17	24
		4	150 kg/ha Mineral-N	88	61	58
		5	200 kg/ha Mineral-N	157	73	100
		7	250 kg/ha Mineral-N		134	152
		6	Sollwert (180 kg N/ha)	37	21	46
14.11.2011	**Nov**	6	Sollwert (180 kg N/ha)	50	32	54
13.12.2011	**Dez**	1	ohne N	24	31	35
		2	50 kg/ha Mineral-N	21	30	33
		3	100 kg/ha Mineral-N	29	30	40
		4	150 kg/ha Mineral-N	38	57	54
		5	200 kg/ha Mineral-N	115	151	138
		7	250 kg/ha Mineral-N		91	134
		6	Sollwert (180 kg N/ha)	53	40	60

6.2.4 Versuch 888

Tabelle 36: Ertrag und Bilanz Versuch 888

Standort	N-Düngung	N-Düngung Gesamt [kg/ha]	Mineral-N [kg/ha]	Org-N-Ges. [kg/ha]	TM [dt/ha]	TM [%]	Protein [%]	N-Zufuhr* [kg/ha]	N-Abfuhr [kg/ha]	N-Bilanz [kg/ha]	Nmin nach der Ernte 0-90cm [kg/ha]	Nmin zur Sicker-wasserspende 0-90cm [kg/ha]
Poppenburg	Kontrolle	0	0		75,1	19,3	8,1	0	97	-97	33	
	60 kg/ha N	60	60		105,6	21,9	7,8	60	132	-72	29	
	120 kg/ha N	120	120		115,6	22,2	8,5	120	157	-37	74	
	180 kg/ha N	180	180		111,8	22,1	8,4	180	151	29	102	
	240 kg/ha N	240	240		114,3	22,3	8,4	240	154	86	446	
	300 kg/ha N	300	300		114,5	22,2	8,5	300	156	144	342	
	Gärrest 120 kg/ha N	120	0	120	117,9	21,0	8,2	102	154	-52	100	
Rockstedt	Kontrolle	0			75,6	21,2	9,1	0	110	-110	75	31
	60 kg/ha N	60			84,8	21,6	9,0	0	122	-122	73	35
	120 kg/ha N	120			94,5	21,4	10,0	0	152	-152	92	30
	180 kg/ha N	180			91,5	21,0	10,1	0	148	-148	134	32
	240 kg/ha N	240			93,4	21,2	10,0	0	149	-149	157	39
Werlte	Kontrolle	0	0		57,2	16,7	8,2	0	75	-75	28	57
	60 kg/ha N	60	60		74,5	17,0	8,5	60	101	-41	58	75
	120 kg/ha N	120	120		77,7	16,8	8,8	120	109	11	85	128
	180 kg/ha N	180	180		78,0	16,9	9,5	180	119	61	110	52
	240 kg/ha	240	240		75,8	16,7	9,5	240	115	125	232	244

	N											
	300 kg/ha N	300	300		74,3	16,7	9,3	300	110	190	239	371
	Gärrest 120 kg/ha N	120	0		79,6	17,0	9,3	0	118	-118	40	101

6.2.5 Ergänzende Nmin-Untersuchungen

Tabelle 37: Versuch 431 - Silomais

Standort	N-Düngung	Nmin 0-60 cm [kg/ha]				Nmin 0-90 cm [kg/ha]	
		20. KW	21. KW	22. KW	23. KW	nach der Ernte	zur Sicker-wasser-spende
Poppenburg (LK Hildes-heim)	0	57	48	48	45	52	
	60 kg Mineral-N/ha	108	65	79	73	65	
	120 kg Mineral-N	167	59	143	98	60	
	180 kg Mineral-N/ha	231	95	249	208	52	
	240 kg Mineral-N/ha	149	69	178	278	48	
Rockstedt (LK Rotenburg)	0		93	71	75	73	
	60 kg Mineral-N/ha		165	168	109	65	
	120 kg Mineral-N		249	196	153	89	
	180 kg Mineral-N/ha		194	169	145	141	
	240 kg Mineral-N/ha		235	183	114	148	
Wehnen (LK Ammerland)	0	90	56	103	75	22	31
	60 kg Mineral-N/ha	115	118	148	136		
	120 kg Mineral-N	158	201	158	172		
	180 kg Mineral-N/ha	166	189	153	179		
	240 kg Mineral-N/ha	122	283	256	127		

Tabelle 38: Versuch 490 und 687 – Zuckerrübe zur Energiegewinnung

Standort	Variante N-Düngung	Ges-N brutto [kg/ha]	Mineral-N [kg/ha]	Org-N-Ges. [kg/ha]	Nmin 0-90 cm nach der Ernte [kg/ha]
Rockstedt	Kontrolle	0	0	0	15
	80 kg Mineral-N/ha + 0 m³ Gärrest	80	80	0	15
	120 kg Mineral-N/ha + 0 m³ Gärrest	120	120	0	126
	0 kg Mineral-N/ha + 15 m³ Gärrest	75	0	75	18
	120 kg Mineral-N/ha + 30 m³ Gärrest	270	120	150	129
Hamerstorf	Kontrolle	0	0	0	14
	120 kg Mineral-N/ha + 0 m³ Gärrest	120	120	0	14
	0 kg Mineral-N/ha + 15 m³ Gärrest	80	0	80	12
	0 kg Mineral-N/ha + 30 m³ Gärrest	160	0	160	13
	120 Mineral-kg N/ha + 30 m³ Gärrest	280	120	160	10
Werlte	Kontrolle	0	0	0	30
	80 Mineral-kg N/ha + 0 m³ Gärrest	80	80	0	32
	120 Mineral-kg N/ha + 0 m³ Gärrest	120	120	0	39
	160 Mineral-kg N/ha + 0 m³ Gärrest	160	160	0	37
	0 kg Mineral-N/ha + 15 m³ Gärrest	70	0	70	32
	0 kg Mineral-N/ha + 30 m³ Gärrest	145	0	145	35
	40 kg Mineral-N/ha + 30 m³ Gärrest	185	40	145	32
	80 kg Mineral-N/ha + 30 m³ Gärrest	225	80	145	30
	120 kg Mineral-N/ha + 30 m³ Gärrest	265	120	145	41
	0 kg Mineral-N/ha + 40 m³ Gärrest	190	0	190	68
Höckelheim	Kontrolle	0	0	0	27
	80 kg Mineral-N/ha + 0 m³ Gärrest	0	80	0	25
Hamerstorf (LK Uelzen)	ohne N	0	0	0	43
	80 kg N/ha – Frühjahrs-Nmin	0	80	0	53
	120 kg N/ha – Frühjahrs-Nmin	0	120	0	26
	160 kg N/ha – Frühjahrs-Nmin	0	160	0	20
	200 kg N/ha – Frühjahrs-Nmin	0	200	0	16

Tabelle 39: Versuch 765, Aussaatzeitpunkt bei verschiedenen Energiefrüchten

Standort	Fruchtart	Variante	Düngung	Nmin 0-90 cm [kg/ha]	
				nach der Ernte	zur Sickerwasser-spende
Poppenburg	Silomais	Mais Ricardinio 10.05. (Standard)	Sollwert		
	Silomais	Mais Ricardinio 29.04.	Sollwert	59	
	Zuckerhirse	Hirse Zerberus 29.04.	Sollwert		
	Sonnenblumen	Sonnenblume Heliaroc 29.04.	Sollwert	77	
	Silomais	Mais Ricardinio 20.05.	Sollwert		
	Zuckerhirse	Hirse Zerberus 20.05.	Sollwert		
	Sonnenblumen	Sonnenblume Heliaroc 20.05.	Sollwert		
Rockstedt	Silomais	Mais Ricardinio 10.05. (Standard)	Sollwert		
	Silomais	Mais Ricardinio 29.04.	Sollwert		
	Zuckerhirse	Hirse Zerberus 29.04.	Sollwert		
	Sonnenblumen	Sonnenblume Heliaroc 29.04.	Sollwert		
	Silomais	Mais Ricardinio 10.05. (Standard)	Sollwert		
	Silomais	Mais Ricardinio 20.05.	Sollwert		
	Zuckerhirse	Hirse Zerberus 20.05.	Sollwert		
	Sonnenblumen	Sonnenblume Heliaroc 20.05.	Sollwert		
Werlte (LK Emsland)	Silomais	Mais Ricardinio 10.05. (Standard)	Sollwert	46	53
	Silomais	Mais Ricardinio 29.04.	Sollwert	74	86
	Zuckerhirse	Hirse Zerberus 29.04.	Sollwert	36	58
	Sonnenblumen	Sonnenblume Heliaroc 29.04.	Sollwert	45	58
	Silomais	Mais Ricardinio 10.05. (Standard)	Sollwert	50	69
	Silomais	Mais Ricardinio 20.05.	Sollwert	42	58
	Zuckerhirse	Hirse Zerberus 20.05.	Sollwert	32	49
	Sonnenblumen	Sonnenblume Heliaroc 20.05.	Sollwert	49	57

Tabelle 40: Versuch 871, Anbau der Durchwachsenen Silphie

Standort	Variante	Mineral-N [kg/ha]	Org-N-Ges. [kg/ha]	Nmin 0-90 cm [kg/ha]	
				nach der Ernte	zur Sickerwasser-spende
Dasselsbruch (Landkreis Celle)	N-Sollwert 160 kg/ha N-Nmin	150		10	
	SW - 25% 120 kg/ha N-Nmin	110		8	
	SW + 25% 200 kg/ha N-Nmin	190		10	
	80 Kg/ha N-Nmin + 80 kg/ha N	150		14	
Poppenburg (LK Hildes-heim)	N-Sollwert 160 kg/ha N-Nmin	140		14	
	SW - 25% 120 kg/ha N-Nmin	100		16	
	SW + 25% 200 kg/ha N-Nmin	180		13	
Werlte (LK Emsland)	N-Sollwert 160 kg/ha N-Nmin	146		22	132
	SW - 25% 120 kg/ha N-Nmin	153		21	18
	SW + 25% 200 kg/ha N-Nmin	184		17	19
	SW 160 kg /ha N-Nmin Gärrest		148	14	13

Tabelle 41: Versuch 874, Drilltechnik bei Silomais

Standort	Variante	Düngung	Nmin 0-90 cm [kg/ha]	
			nach der Ernte	zur Sickerwasser-spende
Poppenburg (LK Hildesheim)	EK 75 cm (Standard)		134	
	EDX Engsaat 15 km/ha		85	
	Väderstadt 37,5 cm		82	
Werlte (LK Emsland)	EK 75 cm (Standard)		71	122
	EDX Engsaat 15 km/ha		83	130
	Väderstadt 37,5 cm		70	97

Tabelle 42: Versuch 875, Unterfußdüngung zu Silomais

Standort	Variante	Düngung	Nmin 0-90 cm [kg/ha]	
			nach der Ernte	zur Sickerwasser-spende
Wehnen (LK Ammer-land)	Gülle breit, UFD min. (Standard)		21	23
	ohne Düngung		16	20
	Gülle UFD ohne min.Düngung		19	28
	Gülle UFD mit Piadin o. min.Dg.		19	27
Werlte (LK Emsland)	Gülle breit, UFD min. (Standard)		88	96
	ohne Düngung		57	100
	Gülle UFD ohne min.Düngung		57	91
	Gülle UFD mit Piadin o. min.Dg.		57	82

Versuch 887 - Silomais mit Untersaat

Tabelle 43: Versuch 887, Untersaaten zu Silomais

Standort	Variante	Düngung	Nmin 0-90 cm [kg/ha]	
			nach der Ernte	zur Sickerwasser-spende
Dasselsbruch (Landkreis Celle)	ohne Unterssat (Standard)		55	
	US RS 1-2 Tage vor Saat Mais		60	
	US DW 1-2 Tage vor Saat Mais		45	
	US DW 4-6 Blattstadium Mais		53	
	US WW 4-6 Blattstadium Mais		47	
	US DW 8-10 Blattstadium Mais		50	
	US WW 8-10 Blattstadium Mais		70	
Wehnen (LK Ammerland)	ohne Unterssat (Standard)		40	26
	US RS 1-2 Tage vor Saat Mais		24	14
	US DW 1-2 Tage vor Saat Mais		39	25
	US DW 4-6 Blattstadium Mais		29	21
	US WW 4-6 Blattstadium Mais		42	23
	US DW 8-10 Blattstadium Mais		32	23
	US WW 8-10 Blattstadium Mais		39	17