

Versuchsergebnisse zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung



- inklusive der Ergebnisse aus ergänzenden Sickerwasseruntersuchungen
durch das LBEG -



Die Versuche werden im Rahmen von § 47 h (3) NWG finanziert durch das
Niedersächsische Ministerium für Umwelt und Klimaschutz

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
1. Einleitung.....	11
2. Welchen Einfluss hat eine gestaffelte N-Düngung und eine konservierende Fruchtfolge auf die Erträge und die Produktqualitäten? Welchen Einfluss hat eine grundwasserschutzorientiert Fruchtfolge (Maisengsaat, Zwischenfrucht) im Vergleich zu einer konventionellen Fruchtfolge auf die N-Dynamik im Herbst und im Winter?.....	13
2.1. Versuchsaufbau	13
2.1.1. Versuchsanlagen	13
2.1.2. Fruchtfolgen	14
2.1.3. Düngung.....	14
2.1.4. Pflanzenschutz.....	15
2.1.5. Ernte.....	15
2.1.6. Untersuchungen und Auswertungen.....	15
2.1.7. Nmin-Beprobungen	15
2.1.8. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Silomais.....	16
2.1.9. Zusammenfassung.....	18
2.2. Ergebnisse aus den ergänzenden Sickerwasseruntersuchungen durch das LBEG.....	19
2.2.1. Versuchsaufbau und Varianten.....	19
2.2.2. Ergebnisse	20
2.2.3. Zusammenhänge zwischen Ertrag und N-Auswaschung	22
2.2.4. Zusammenfassung.....	24
3. Welchen Einfluss hat die Düngung mit unterschiedlichen Gärresten auf die Stickstoffdynamik im Boden, den Ertrag und die Produktqualität im Vergleich zur Düngung mit Schweinegülle bzw. mit einer mineralischen Stickstoffdüngung?	25
3.1. Versuchsaufbau	25
3.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse	28
3.2.1. Wintergerste.....	28
3.2.2. Winterraps.....	30
3.2.3. Silomais.....	33
3.2.4. Wirkung der Gärreste auf die N-Dynamik im Boden	36
3.3. Zusammenfassung	41

4. Welche Auswirkungen haben eine grundwasserschutzorientierte N-Düngung und der Zweitfruchtanbau im Energiepflanzenanbau auf Gasausbeute, Erträge und N-Dynamik im Boden?	43
4.1. Versuchsaufbau	43
4.1.1. Düngung und Fruchtfolgen.....	43
4.1.2. Pflanzenschutz	44
4.1.3. Ernte.....	44
4.1.4. Untersuchungen und Auswertungen	44
4.1.5. Nmin-Beprobungen	44
4.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse	45
4.3. Zusammenfassung.....	48
5. Grundwasserschonende Anbauverfahren von Biogasfruchtfruchtfolgen am Standort Ihlow	49
5.1. Versuchsaufbau	49
5.2. Versuchsdurchführung	51
5.2.1. N-Düngung	53
5.3. Bestandesentwicklung der Fruchtfolgeglieder.....	54
5.3.1. Hauptkultur bzw. Erstkulturen	54
5.3.2. Zweitkulturen	56
5.4. Ergebnisse	58
5.4.1. Trockenmasseerträge der Fruchtfolgeglieder.....	58
5.4.2. Methanerträge der Fruchtfolgeglieder	61
5.4.3. Stickstoffbilanzen der Fruchtfolgeglieder.....	62
5.4.4. Nmin-Ergebnisse der Fruchtfolgeglieder.....	63
5.5. Zusammenfassung.....	64
6. Auswirkung verschiedener Stickstoffdüngungssysteme und Fruchtfolgen auf Pflanzenwachstum, Stickstoffsalden und Nmin-Werte im Herbst, Dauerversuche Standorte Liebenau und Hohenzethen.....	66
6.1. Standortbeschreibung	66
6.2. Versuchsfaktoren	67
6.2.1. Fruchtfolge, N-Düngermenge und N-Düngungssysteme	67
6.2.2. Fruchtfolgen in Liebenau und Hohenzethen	67
6.2.3. Stickstoffdüngung.....	68
6.2.4. Weitere Angaben zum Versuch.....	70
6.3. Ergebnisse Standort Liebenau	71
6.3.1. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung.....	71
6.3.2. Einfluss verschiedener Stickstoffdüngesysteme	81

6.4.	Ergebnisse Standort Hohenzethen	88
6.4.1.	Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung	88
6.4.2.	Einfluss verschiedener Stickstoffdüngungssysteme	96
6.5.	Zusammenfassung der Ergebnisse der Standorte Liebenau und Hohenzethen	99
6.6.	Ergebnisse aus den ergänzenden Sickerwasseruntersuchungen durch das LBEG	102
6.6.1.	Nitrat-N-Konzentrationen im Bodenwasser	103
6.6.2.	N-Frachten	104
6.6.3.	Nmin-Werte im Vergleich zu den Frachten	105
6.6.4.	Zusammenfassung.....	107
7.	Ergänzende Nmin-Untersuchungen in Versuchen hinsichtlich Produktionstechnik und Energiepflanzen	108
7.1.	Beschreibung	108
7.2.	Standorte	108
7.3.	Versuchsergebnisse 2008.....	109
8.	Literatur	122
9.	Anhang.....	123
9.1.	Wetterdaten	123
9.2.	Weitere Versuchsdaten.....	125

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Boden- und Klimakennwerte des Versuchsstandortes Thülsfelde	13
Tabelle 2:	Fruchtfolge Thülsfelde	14
Tabelle 3:	Sollwertschema zur N-Düngung bei Mais, Thülsfelde 2008.....	14
Tabelle 4:	Düngestufen Feldversuch Thülsfelde	19
Tabelle 5:	Erträge und N-Auswaschung von Mais zum Sollwert.....	23
Tabelle 6:	Erträge und N-Auswaschung von Winterroggen relativ zum Sollwert	23
Tabelle 7:	Erträge und N-Auswaschung von Wintergerste relativ zum Sollwert	24
Tabelle 8:	N-Düngung zur Wintergerste.....	26
Tabelle 9:	N-Düngung zu Silomais.....	26
Tabelle 10:	N-Düngung zum Winterraps	27
Tabelle 11:	Analyseergebnisse der Schweinegülle und der Gärreste im Gärsubstratversuch Wehnen (2007 und 2008)	27
Tabelle 12:	Winterrapsenerträge der verschiedenen mineralischen Düngungsstufen 2008.....	31
Tabelle 13:	Faktor 1: N-Düngung, Energiepflanzenversuch Wehnen 2008	43
Tabelle 14:	Faktor 2: Fruchtfolge und Fruchtart, Energiepflanzenversuch Wehnen 2008	43
Tabelle 15:	Kennwerte zum Versuchsstandort Ihlowerfehn	50
Tabelle 17:	Anbaudaten der Zweitkulturen, Ihlowerfehn, Erntejahr 2008	52
Tabelle 18:	Analyseergebnis des Gärrestes aus der Biogasanlage Ihlowerfehn 2008	53
Tabelle 20:	N-Düngung der Zweitkulturen, Ihlowerfehn	54
Tabelle 21:	TS-Gealte im Boden unter Grünroggen und Mais	55
Tabelle 22:	Boden- und Klimakennwerte der Versuchsstandorte	66
Tabelle 23:	Fruchtfolgen Standorte Liebenau und Hohenzethen.....	67
Tabelle 24:	Düngermengen und Düngungssysteme (Systemvarianten).....	69
Tabelle 25:	Mittlere Düngemengen der Bilanz- und Sollwertmethode zu Silomais im Versuchszeitraum, Standort Liebenau	85
Tabelle 26:	N-Düngesysteme - Mittlere Düngemengen; konventionelle Fruchtfolge; Standort Hohenzethen	96
Tabelle 27:	Mittlere Nitrat-N-Konzentration im Bodenwasser im Winterhalbjahr 2007/2008	103
Tabelle 28:	Vergleich der Ernte- und Herbst-Nmin-Werte mit den Nitratfrachten (Saugsondenmethode) im Winterhalbjahr 2007/2008	106
Tabelle 29:	Silomaiserträge Liebenau; Vergleich aller Anbaujahre und Fruchtfolgesysteme	125
Tabelle 30:	Relativerträge Standort Hohenzethen, Mittelwert 1995-2004, 2006 bis 2008	126
Tabelle 31:	Analyseergebnisse Energiepflanzen, Wehnen 2008.....	128
Tabelle 32:	Gülleuntersuchung in Wehnen, Teil 1	129
Tabelle 33:	Gülleuntersuchungen in Wehnen, Teil 2	130
Tabelle 34:	Anbaudaten der Erst- bzw. Hauptkulturen, Ihlowerfehn, Erntejahr 2008	131
Tabelle 35:	Pflanzenschutz der Haupt- und Erstkulturen, Ihlowerfehn 2008	131

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Versuchsstandortes Thülsfelde (LK Cloppenburg).....	13
Abbildung 2: Einfluss der Reihenweite (37,5 cm Engsaat, 75 cm Normalsaat) auf den Silomaisertrag, Thülsfelde 2008.....	16
Abbildung 3: Einfluss der Reihenweite (37,5 cm Engsaat, 75 cm konventionell) und N-Düngung auf den Rest-Nmin-Gehalt im Boden nach der Silomaisernte, Thülsfelde 2008.....	17
Abbildung 4: Nmin-Werte 2006-2008, Thülsfelde	18
Abbildung 5: Aufteilung der Versuchsfläche und Lage der Saugsondenanlage und der Wetterstation	20
Abbildung 6: Einfluss der N-Düngung auf den relativen Ertrag.....	20
Abbildung 7: Einfluss von N-Düngung auf den mittleren Herbst-Nmin-Wert (Versuchsergebnisse der Jahre 1998 – 2007, 0 – 90 cm Tiefe)	21
Abbildung 8: Einfluss von N-Düngung und Fruchtart auf die mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser in 8 dm Tiefe	22
Abbildung 9: Ertrag und N-Auswaschung auf der Nullvariante	22
Abbildung 10: Mittlere Maiserträge (1999, 2002 u. 2005), sowie die mittlere N-Auswaschung in 8 dm Tiefe im Winterhalbjahr	23
Abbildung 11: Mittlere Winterroggenerträge (2000, 2003 u. 2006), sowie die mittlere N-Auswaschung in 8 dm Tiefe im Winterhalbjahr	23
Abbildung 12: Mittlere Wintergerstenerträge (1998, 2001 u. 2007), sowie die mittlere N-Auswaschung in 8 dm Tiefe im Winterhalbjahr	24
Abbildung 13: Lage des Versuchsstandortes Wehnen (Landkreis Ammerland).....	25
Abbildung 14: Wintergerstenertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante 2007	28
Abbildung 15: Wintergerstenertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante 2008	28
Abbildung 16: Wintergerstenertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem NH ₄ -N-Anteil der Gülle und der Gärreste 2008	29
Abbildung 17: N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) - Gärrestversuch zu Wintergerste 2006-2008	30
Abbildung 18: Winterrapsertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante 2006	30
Abbildung 19: Winterrapsertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante 2007	31
Abbildung 20: Winterrapsertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem NH ₄ -N-Anteil der Gülle und den Gärresten 2008.....	32
Abbildung 21: N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) – Gärrestversuch zu Winterraps, Durchschnitt der Jahre 2006 – 2007	32
Abbildung 22: Silomaisertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegülle 2007	33

Abbildung 23: Silomaisertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante 2008	33
Abbildung 24: Silomais TM-Ertrag 2006 – 2008 in Abhängigkeit von der Düngung.....	34
Abbildung 25: N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) – Gärrestversuch zu Silomais 2006 - 2008	34
Abbildung 26: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2006	36
Abbildung 27: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste u. zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2007	36
Abbildung 28: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2008	37
Abbildung 29: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2006	38
Abbildung 30: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2007	38
Abbildung 31: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2008	39
Abbildung 32: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2006	40
Abbildung 33: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2007	40
Abbildung 34: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2008	41
Abbildung 35: Ernte des Sudangrases	44
Abbildung 36: Energiemaiserträge, Wehnen 2008.....	45
Abbildung 37: Silomaiserträge und Methangasausbeute im Vergleich zu Ackergras, Energiepflanzenversuch Wehnen 2008.....	46
Abbildung 38: Sudangraserträge und Methangasausbeute im Vergleich zu Ackergras, Energiepflanzenversuch Wehnen 2008.....	46
Abbildung 39: Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung aus dem Anbau von Sudangras im Rahmen der Biogaserzeugung, Energiepflanzenversuch Wehnen 2008	47
Abbildung 40: Nmin-Gehalte nach der Ernte und zur Sickerwasserspende, Energiepflanzenversuch, Wehnen 2008.....	48
Abbildung 41: Ausbringen von Gärsubstrat zum Ackergras, Ihlowerfehn 2008	51
Abbildung 42: Grünroggen im Vergleich zu Hybridroggen, Ihlowerfehn 2008.....	55
Abbildung 43: Grasuntersaaten im Zweikultursystem, Ihlowerfehn 2008.....	56
Abbildung 44: Bestandesentwicklung der Zweitkulturen, Ihlowerfehn 2008.....	57
Abbildung 45: TM - Erträge der Haupt- und Zweitkulturen, Ihlowerfehn 2008	58
Abbildung 46: TM- Erträge der Zweitfrüchte in Abhängigkeit der Erstkultur, Ihlowerfehn 2008	59
Abbildung 47: Trockensubstanz – Entwicklungen bei Mais und Sudangras, Ihlowerfehn 2008	60

Abbildung 48: Methanerträge der Haupt- und Zweitkulturen, Ihlowerfehn 2008	61
Abbildung 49: N-Bilanzen der Fruchtfolgeglieder, Ihlowerfehn 2008	62
Abbildung 50: Nmin-Ergebnisse der Fruchtfolgeglieder im Herbst, Ihlowerfehn 2008.....	63
Abbildung 51: Lage der Versuchsstandorte	66
Abbildung 52: Feldführung	66
Abbildung 53: Silomaiserträge 2008, Vergleich Düngermengen und Düngesysteme, konventionelle Fruchtfolge, Standort Liebenau.....	71
Abbildung 54: Vergleich der Erträge (%), Silomais 2008 mit MW Silomais- und MW Winterroggen, konv. Fruchtfolge, Standort Liebenau.....	73
Abbildung 55: Vergleich der Erträge (%), Silomais 2008 mit MW Silomais und MW Winterroggen, konservierende Fruchtfolge, Standort Liebenau.....	74
Abbildung 56: N-Bilanzsaldo 2008 im Vergleich zum Mittelwert Silomais und Winterroggen der Vorjahre, konventionelle Fruchtfolge, Standort Liebenau	75
Abbildung 57: N-Bilanzsaldo 2008 im Vergleich zum Mittelwert Silomais und Winterroggen der Vorjahre, konservierende Fruchtfolge, Standort Liebenau	76
Abbildung 58: Frühjahrs Nmin-Werte 2008, Silomais, Standort Liebenau	77
Abbildung 59: Frühjahrs-Nmin-Werte, Fruchtfolgesystem und N-Düngungsstufen, Standort Liebenau.....	78
Abbildung 60: Herbst Nmin-Werte, Silomais 2008, Standort Liebenau	79
Abbildung 61: Einfluss der Fruchtfolgesysteme auf die Herbst Nmin-Werte, Mittelwertvergleich Silomais und Winterroggen im Versuchszeitraum, Standort Liebenau.....	80
Abbildung 62: Einfluss der organischen Düngung auf den Ertrag, Vergleich der Fruchtfolgesysteme, Standort Liebenau, 2008	81
Abbildung 63: Einfluss der organischen Düngung auf den Ertrag, Vergleich der Mittelwerte für Silomais und Winterroggen, Standort Liebenau	82
Abbildung 64: Einfluss der organischen Düngung auf den N-Saldo, Vergleich der Mittelwerte, beide Fruchtfolgen, Standort Liebenau.....	83
Abbildung 65: Einfluss der organischen Düngung auf die Herbst Nmin-Werte, Vergleich der Mittelwerte, beide Fruchtfolgen, Standort Liebenau	84
Abbildung 66: Einfluss der Düngesysteme auf den Ertrag, Vergleich der Fruchtfolgen im Versuchszeitraum, Standort Liebenau	86
Abbildung 67: Einfluss der Düngesysteme auf die Bilanzsalden, Vergleich der Fruchtfolgen, Standort Liebenau	87
Abbildung 68: Ausbringungstechnik zum Cultan-Verfahren und Anlage des Nährstoffdepots (Quelle: Agrar-Service Strauch GmbH, 2009)	88
Abbildung 69: Zuckerrübenenerträge 2008, Vergleich Düngermengen und Düngesysteme, konv. Fruchtfolgen, Standort Hohenzethen.....	89
Abbildung 70: Einfluss der Düngung auf die Erträge, Vergleich 2008 mit MW Anbaujahre Zuckerrüben und Gesamtmittelwert, konv. Fruchtfolge, Standort Hohenzethen.....	89

Abbildung 71: Einfluss der Düngung auf die Erträge, Vergleich 2008 mit MW Anbaujahre Zuckerrüben und Gesamtmittelwert, kons. Fruchtfolge, Standort Hohenzethen	90
Abbildung 72: N-Bilanzsaldo 2008 im Vergleich zum Mittelwert Zuckerrüben der Vorjahre und MW Gesamtversuch, konventionelle Fruchtfolge, Standort Hohenzethen	91
Abbildung 73: N-Bilanzsaldo 2008 im Vergleich zum Mittelwert Zuckerrüben der Vorjahre und MW Gesamtversuch, konservierende/Bioenergie Fruchtfolge, Standort Hohenzethen	92
Abbildung 74: Frühjahrs Nmin-Werte 2008, Zuckerrüben, Standort Hohenzethen	93
Abbildung 75: Frühjahrs Nmin-Werte, Vergleich Zuckerrüben 2008 mit MW ZR-Anbaujahre, Standort Hohenzethen	93
Abbildung 76: Herbst Nmin-Werte 2008, Zuckerrüben, Standort Hohenzethen.....	94
Abbildung 77: Herbst-Nmin-Werte und Erträge, Versuchsjahr 2008, Standort Hohenzethen	95
Abbildung 78: Einfluss der Fruchtfolgesysteme auf die Herbst Nmin-Werte, Mittelwertvergleich Zuckerrüben, Kartoffeln und Gesamtversuch, Standort Hohenzethen	95
Abbildung 79: Einfluss der Düngesysteme auf den Ertrag, Vergleich der Fruchtfolgen im Versuchszeitraum, Standort Hohenzethen.....	97
Abbildung 80: Einfluss der Düngesysteme auf die Bilanzsalden, MW Versuch, MW ZR-Anbaujahre und ZR 08, Vergleich der Fruchtfolgen, Standort Hohenzethen	98
Abbildung 81: Einfluss der Düngesysteme auf die Herbst Nmin-Werte, MW Versuch, MW ZR- und Kartoffel-Anbaujahre und ZR 08, Vergleich der Fruchtfolgen, Standort Hohenzethen	98
Abbildung 82: Lageskizze der Messeinrichtungen am Versuchsstandort Hohenzethen (nicht maßstabsgerecht).....	102
Abbildung 83: Verlauf der Nitrat-N-Konzentrationen im Bodenwasser im Winterhalbjahr 2007/2008	103
Abbildung 84: Mittlere Nitrat-N-Konzentrationen (mg Nitrat-N/l) im Bodenwasser im Winterhalbjahr 2007/2008	104
Abbildung 85: Berechnete N-Frachten unter den Lysimetern im Winterhalbjahr 2007/2008	104
Abbildung 86: Entwicklung der Nmin-Werte (0-90 cm) auf der Sollwertvariante des Feldversuches auf der konventionellen und konservierenden Variante im Winterhalbjahr 2007/2008	105
Abbildung 87: Versuchsstandorte für ergänzende Nmin-Beprobung 2008	108
Abbildung 88: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Sudangras in Abhängigkeit von der Bestandesdichte und N-Düngung, Werlte und Buchholz 2008	109
Abbildung 89: Sudangrasertrag in Abhängigkeit von der Bestandesdichte und N-Düngung, Buchholz 2008	110
Abbildung 90: Erträge der verschiedenen Zweitfrüchte Silomais, Sonnenblumen und Sudangras sowie der Erstfrüchte Grünroggen und Roggen GPS, Werlte 2008	111

Abbildung 91: Nmin-Gehalte im Boden in Abhängigkeit vom Zweitfruchtanbau, Werlte 2008	112
Abbildung 92: Sonnenblumenerträge in Abhängigkeit von der N-Düngung, Werlte, Poppenburg, Buchholz 2008	112
Abbildung 93: Nmin-Gehalte in Abhängigkeit von der N-Düngung nach dem Anbau von Sonnenblumen, Werlte, Poppenburg, Buchholz 2008	113
Abbildung 94: Zuckerhirseerträge in Abhängigkeit von der N-Düngung, Poppenburg und Buchholz 2008	114
Abbildung 95: Nmin-Werte in Abhängigkeit von der Zuckerhirsebestandesdichte, Poppenburg und Buchholz 2008	115
Abbildung 96: Silomaiserträge in Abhängigkeit von der Reihenweite und Drilltechnik, Werlte und Wehnen 2008	116
Abbildung 97: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite und Drilltechnik, Werlte und Wehnen 2008	117
Abbildung 98: Silomaiserträge in Abhängigkeit von der Unterfußdüngung, Dasselsbruch 2008	118
Abbildung 99: Nmin-Gehalte nach dem Anbau von Silomais in Abhängigkeit von der Unterfußdüngung, Dasselsbruch 2008	118
Abbildung 100: Körnermaiserträge in Abhängigkeit von der Unterfußdüngung, Wehnen und Werlte 2008	119
Abbildung 101: Nmin-Gehalte nach dem Anbau von Körnermais in Abhängigkeit von der Unterfußdüngung, Wehnen 2008	120
Abbildung 102: Nmin-Gehalte nach dem Anbau von Körnermais in Abhängigkeit von der Unterfußdüngung, Werlte 2008	121
Abbildung 103: Wetterdaten Liebenau 2008	123
Abbildung 104: Wetterdaten Hohenzethen 2008	123
Abbildung 105: Witterungsverlauf im Mittel der LWK- Wetterstationen (Barnstorf, Carolinensiel, Cloppenburg, Hamerstorf, Höckelheim, Holtorfsloh, Krummendeich, Lindloh, Poppenburg, Wehnen, Wietze) für 2008 im Vergleich zum langjährigen Witterungsverlauf (Daten DWD für Niedersachsen 1971-2006)	124
Abbildung 106: Übersicht Frühjahrs Nmin-Werte 1995 - 2008, Standort Liebenau	127

1. Einleitung

Seit 1995 führt die LWK Niedersachsen finanziert aus Mitteln der Wasserentnahmegebühr im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz des Landes Niedersachsen Wasserschutzversuche durch.

Vorrangiges Ziel der Versuche ist es, abgesicherte und regionalspezifische Daten zu gewinnen, um die Auswirkungen von grundwasserschutzorientierten Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Erträge landwirtschaftlicher Kulturen einerseits, sowie auf die Stickstoffdynamik im Boden und damit die potentielle Nitratauswaschungsgefahr andererseits aufzuzeigen, zu überprüfen und hieraus Beratungsempfehlungen abzuleiten.

Langjährig gewonnene Ergebnisse dokumentieren inwieweit Bewirtschaftungsmaßnahmen die Nitratauswaschung an einzelnen Standorten reduzieren können und ermöglichen Aussagen zur Effizienz hinsichtlich der Kosten von Maßnahmen in der Landwirtschaft.

Damit werden Möglichkeiten eröffnet, Bewirtschaftungsmaßnahmen weiter zu entwickeln und mit Hilfe der Wasserschutzberatung regional optimal einzusetzen.

Durch jährlich aktuell zusammengefasste N_{min}-Werte aller Düngungsstufen im Herbst werden den Wasserschutzberatern wertvolle Hinweise und Vergleichswerte zur Erfolgskontrolle bei der Beurteilung der eigenen jahresspezifischen Rest – N_{min} - Werte unter den jeweiligen Kulturen in ihren Trinkwassereinzugsgebieten gegeben.

Die Versuchsergebnisse stellen eine wichtige und objektive Grundlage für die praxisnahe Aktualisierung der Ausgleichszahlungen für Bewirtschaftungsmaßnahmen in Wasserschutzgebieten dar und unterstützen damit u. a. die Arbeit in der Kooperation.

Mittlerweile werden an vier Standorten, davon zwei Standorte in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, dauerhaft Daten zu Emissionen aus der Landwirtschaft gewonnen, die bereits fester Bestandteil des landesweiten Monitoring der Gewässergüte in Niedersachsen sind. Die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen an den Standorten Thülsfelde und Hohenzethen werden in diesem Bericht kurz dargestellt (siehe 2.2 und 6.6).

Die kontinuierliche Anpassung der Versuchsvarianten an aktuelle Fragestellungen aus der Wasserschutzberatung hilft zudem, neue nitratreduzierende Verfahren in die landwirtschaftliche Praxis einzuführen und zu etablieren.

Der vorliegende Versuchsbericht umfasst den Versuchszeitraum 2007 bis 2008 bzw. stellt die Ergebnisse - sofern vorhanden - den langjährigen Mittelwerten gegenüber.

Kapitel 2 fasst die Ergebnisse über unterschiedlich hohe Stickstoffdüngung und Fruchtfolgegestaltung am Standort Thülsfelde (LK Cloppenburg) zusammen.

Mit dem vorliegenden Bericht finden einige Versuchsfragen zur Wirkung der Gärreste ihren Abschluss. Im Kapitel 3 werden die dreijährigen Ergebnisse des Versuchs zur Wirkung verschiedener Gärreste auf die Stickstoffdynamik im Boden, auf den Ertrag und auf die Produktqualität im Vergleich zur Düngung mit Schweinegülle bzw. mit einer mineralischen Stickstoffdüngung dargestellt. Diese Ergebnisse wurden bereits im ersten Jahr überregional aus den Kooperationen nachgefragt.

Neu hinzugekommen sind für das Jahr 2008 Versuche mit Energiepflanzen (siehe Kapitel 4 und 5). Am Standort Wehnen (LK Ammerland) wurden Silomais, Sudangras und Ackergras auf den Versuchsfeldern angebaut, um die N – Düngung in Bezug auf Gasausbeute, Erträge und N – Dynamik im Boden zu untersuchen.

Mit einer Anzahl von über 30 Biogasanlagen in Ostfriesland ist der Anbau von Mais in der Region Ostfriesland stark angestiegen. Am Standort Ihlow wurden daher 2008 grundwasserschonende Anbauverfahren von Biogasfruchtfolgen untersucht. Die Ergebnisse werden in Kapitel 5 dargestellt.

Die in Kapitel 6 beschriebenen Versuchsergebnisse umfassen die seit 15 Jahren laufende Versuchsserie aus den Standorten Liebenau (LK Nienburg) und Hohenzethen (LK Uelzen), in der die Auswirkungen verschiedener Stickstoffdüngungssysteme und Fruchtfolgen auf Erträge und N-Dynamik im Boden in regionaltypischen Fruchtfolgen geprüft werden. Die Anpassung der Versuche im Jahr 2008 an die zunehmende Flächenbewirtschaftung mit Bioenergiepflanzen auch in Wasserschutzgebieten trägt der starken Nachfrage von Biogasanlagen Rechnung.

Die Ergebnisse aus den neuen Energiefruchtfolgen sollen damit zusätzliche belastbare Daten zu den bisher geprüften Düngungssystemen für die Wasserschutzberatung liefern.

Erstmals werden im Jahr 2008 in diesem Umfang zusätzliche N_{min}-Untersuchungen in bestehenden Versuchen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (siehe Kapitel 7) durchgeführt. Die mit anderer Zielsetzung und anderer Finanzierung angelegten Versuche werden genutzt, um durch ergänzende N_{min}-Untersuchungen weiteren Aufschluss über den Nutzen von Anbaumaßnahmen oder –techniken wie der Gülleunterfußdüngung für den Wasserschutz geben.

Dem Land Niedersachsen, vertreten durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, sei an dieser Stelle für die finanzielle Unterstützung gedankt.

2. Welchen Einfluss hat eine gestaffelte N-Düngung und eine konservierende Fruchtfolge auf die Erträge und die Produktqualitäten? Welchen Einfluss hat eine grundwasserschutzorientiert Fruchtfolge (Maisensaat, Zwischenfrucht) im Vergleich zu einer konventionellen Fruchtfolge auf die N-Dynamik im Herbst und im Winter?

2.1. Versuchsaufbau

2.1.1. Versuchsanlagen

Die o. g. Versuchsfragen werden am Standort Thülsfelde anhand von statischen Versuchen bearbeitet. Die Boden- und Klimawerte sind in Tabelle 1 aufgeführt. Zur Klärung der Versuchsfrage werden jährlich drei Versuche auf diesem leichteren Standort angelegt.



Abbildung 1: Lage des Versuchsstandortes Thülsfelde (LK Cloppenburg)

Tabelle 1: Boden- und Klimakennwerte des Versuchsstandortes Thülsfelde

Standort	Thülsfelde
Höhe über NN (m)	6 m
Bodentyp	Pseudogley-Podsol
Bodenart	S
Ackerzahl	25
	Wetterstation Thülsfelde
mittl. Temperatur °C	9,47°C
langj. Niederschlagssumme (mm)	689
Sommerniederschläge 2008 April – Sept. (mm)	323

Die Prüffaktoren (Düngungsvarianten) und deren Abstufungen sind in Tabelle 3 aufgeführt. 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. Auf den jeweiligen Versuchsanlagen rotieren die Fruchtarten Mais, Winterroggen und Wintergerste. Die einzelnen Fruchtfolgen sind in Tabelle 2 aufgeführt.

2.1.2. Fruchtfolgen

Tabelle 2: Fruchtfolge Thülsfelde

Jahr	Fruchtart		
	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
	Fruchtfolge Sickerwasseranlage	Konventionelle (Konv.) Fruchtfolge	Grundwasserschutz- orientierte (GW-) Frucht- folge
2006	Winterroggen	Silomais	Silomais mit Untersaat
2007	Wintergerste	Winterroggen	Sommergerste + Zwischenfrucht Senf
2008	Silomais (Engsaat, 37,5 cm)	Silomais (Normalsaat, 75 cm)	Silomais (Engsaat, 37,5 cm)
2009	Winterroggen + Zwischen- frucht Winterrübsen	Silomais (Normalsaat, 75 cm)	Winterroggen +Zwischen- frucht Senf
2010	Wintergerste + Zwischen- frucht Senf	Winterroggen	Sommergerste

2.1.3. Düngung

Analog zu den Vorjahren wurde die mineralische N-Düngung in gestaffelten Gaben gegeben. Die jeweiligen N-Mengen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die Sollwertvariante kann im Rahmen der Wasserschutzberatung als Referenzvariante herangezogen werden. Bei der Güllemenge wurde der anrechenbare Stickstoff angegeben.

Tabelle 3: Sollwertschema zur N-Düngung bei Mais, Thülsfelde 2008

	Düngungsvarianten	Probenahme- tiefe (Nmin) cm	Verteilung	
			Vegetationsbeginn	Spätgabe
			EC 5 kg/ha	EC 19 kg/ha
1	ohne N	0 - 60	0	0
2	50 kg Mineral-N	0 - 60	50	0
3	100 kg Mineral-N	0 - 60	100	0
4	150 kg Mineral-N	0 - 60	100	50
5	200 kg Mineral-N	0 - 60	100	100
6	Düngung nach Sollwert- methode 180 kg N - Nmin (Gülle-N + Mineral-N)	0 - 60	120 Mineral-N ²⁾ + 53 Gülle-N	0
7	250 kg Mineral-N ¹⁾	0 - 60	150	100

1) nur Teilstück b und c

2) nur Teilstück a und b, Teilstück c: 105 kg/ha Mineral-N

Die Versuchsanlage eröffnet neben der deskriptiven und varianzanalytischen Auswertung auch eine funktionale Analyse der Ergebnisse durch entsprechende Regressionsberechnungen. So können zum Beispiel das frucht- und standortspezifische N-Optimum auf der Grundlage der mineralischen N-Staffel berechnet und Mineraldüngeräquivalente der eingesetzten Wirtschaftsdünger abgeleitet werden. Die gewonnenen Daten bilden u. a. die Grundlage für weitergehende Beratungsansätze im Rahmen der WRRL.

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.

2.1.4. Pflanzenschutz

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

2.1.5. Ernte

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

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

2.1.7. Nmin-Beprobungen

Die Bodenproben zur Nmin-Untersuchung wurden vorwiegend mit der Nitrat-Raupe gezogen. Die Beprobungstiefe im Herbst war in der Regel 0 bis 120 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 Versuchsf Frucht.

2.1.8. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Silomais

Im Jahr 2008 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 (37,50 cm). Im Versuch 1 (Fruchtfolge Sickerwasseranlage) wurde ebenfalls Silomais in Engsaat (37,50 cm) angebaut.

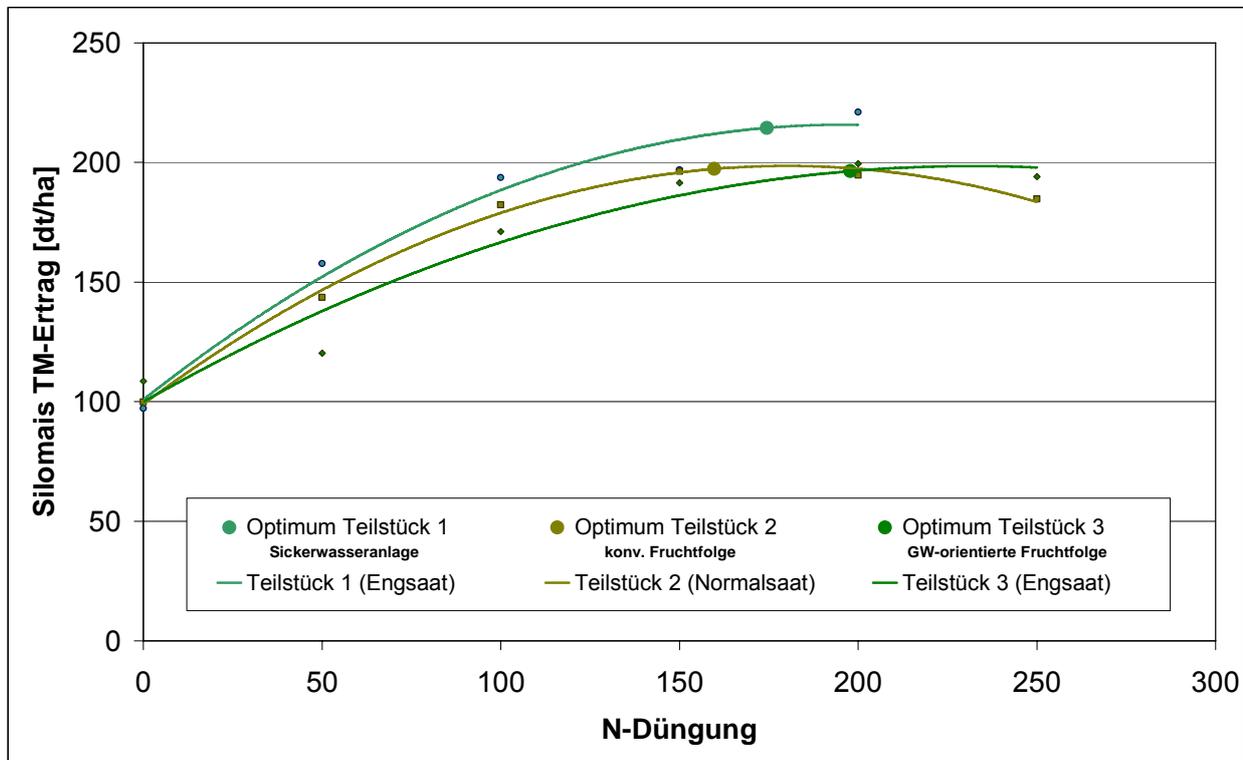


Abbildung 2: Einfluss der Reihenweite (37,5 cm Engsaat, 75 cm Normalsaat) auf den Silomaisertrag, Thülsfelde 2008

Wie Abbildung 2 belegt, unterschieden sich die N-Optima nur unwesentlich. Die optimalen N-Düngermengen der Engsaatvarianten lagen tendenziell geringfügig über dem N-Optimum der Normalsaatvariante. Inwieweit die jeweiligen Unterschiede auf die standörtliche N-Nachlieferung oder den unterschiedlichen N-Bedarf zurückzuführen sind, kann hier nicht abschließend beurteilt werden.

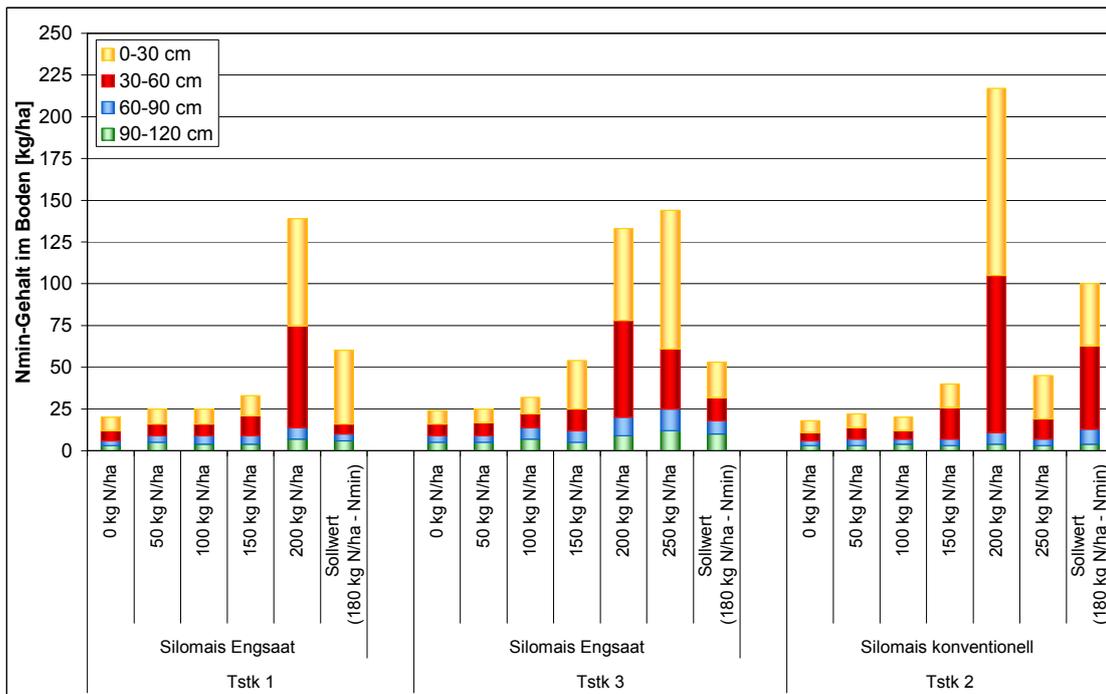


Abbildung 3: Einfluss der Reihenweite (37,5 cm Engsaat, 75 cm konventionell) und N-Düngung auf den Rest-Nmin-Gehalt im Boden nach der Silomaisernte, Thülsfelde 2008

Hinsichtlich der Rest-Nmin-Gehalte war analog zu den Vorjahren ein deutlicher Anstieg der Nmin-Gehalte bzw. einer über dem N-Optimum liegenden N-Düngung zu verzeichnen, wobei der Abfall der Rest-Nmin-Gehalte im Boden bei einer N-Düngung von 250 kg N/ha im Teilstück 2 nicht erklärt werden kann (siehe Abbildung 3). Bei einer optimalen N-Düngung lagen die Rest-Nmin-Gehalte im Bereich von ca. 50 kg N/ha im Boden.

Im Gegensatz zu den früheren Feldversuchen zum Maisanbau mit verringerten Reihenweiten hatte die Reduzierung der Maisreihenweiten keinen Einfluss auf die Rest-Nmin-Gehalte im Boden. Inwieweit dieses auf die Interaktion zwischen Reihenweite und Sorte zurückzuführen ist, kann anhand der vorliegenden Versuche nicht beurteilt werden.

In Abbildung 4 sind die Nmin-Werte im Zeitverlauf in Abhängigkeit von den jeweiligen Fruchtfolgen dargestellt. Die N-Düngung wurde jeweils nach dem N-Sollwertansatz bemessen.

2.1.9. Zusammenfassung

Ziel der grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge ist es, die Reststickstoffgehalte in der vegetationsfreien Zeit zu reduzieren und die N-Ausnutzung während der Vegetationszeit durch entsprechende Anbauverfahren zu verbessern, so dass es zu einer Verringerung der auswaschungsgefährdeten N-Mengen kommt. Diese Arbeitshypothese wurde in dem vorliegenden Versuch in Thülsfelde bisher nicht bestätigt.

So war über die gesamte Versuchsdauer von 2006 bis 2008 in der konventionellen Fruchtfolge gegenüber der grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge keine gerichtete Reduktion der Nmin-Gehalte im Boden zu erkennen.

Im Jahr 2006 hatte sich die Untersaat im Mais relativ schlecht entwickelt. Nur bei den höheren, hier nicht dargestellten N-Düngungsvarianten (über Sollwert) führte die Untersaat zu einem Rückgang der Nmin-Gehalte im Boden (siehe auch Versuchsbericht 2006/ 2007).

Im Jahr 2007 waren die Nmin-Gehalte zu Beginn der Sickerwasserperiode auch unter Roggen bereits relativ niedrig, so dass hier im Vergleich zur Sommergerste mit Zwischenfruchtanbau sich keine deutliche Reduzierung mehr gezeigt hat.

Hinsichtlich der Nmin-Untersuchungsergebnisse aus dem Jahr 2008 wird auf die bereits oben genannten besonderen Interaktionen verwiesen. Aufgrund früherer in anderen Versuchen erzielter Versuchsergebnisse ist ein deutlicher Fruchtfolgeunterschied für 2009 zu erwarten, wenn Silomais in Normalsaat (75 cm Reihenabstand) mit Winterroggen und Zwischenfruchtanbau Senf verglichen wird.

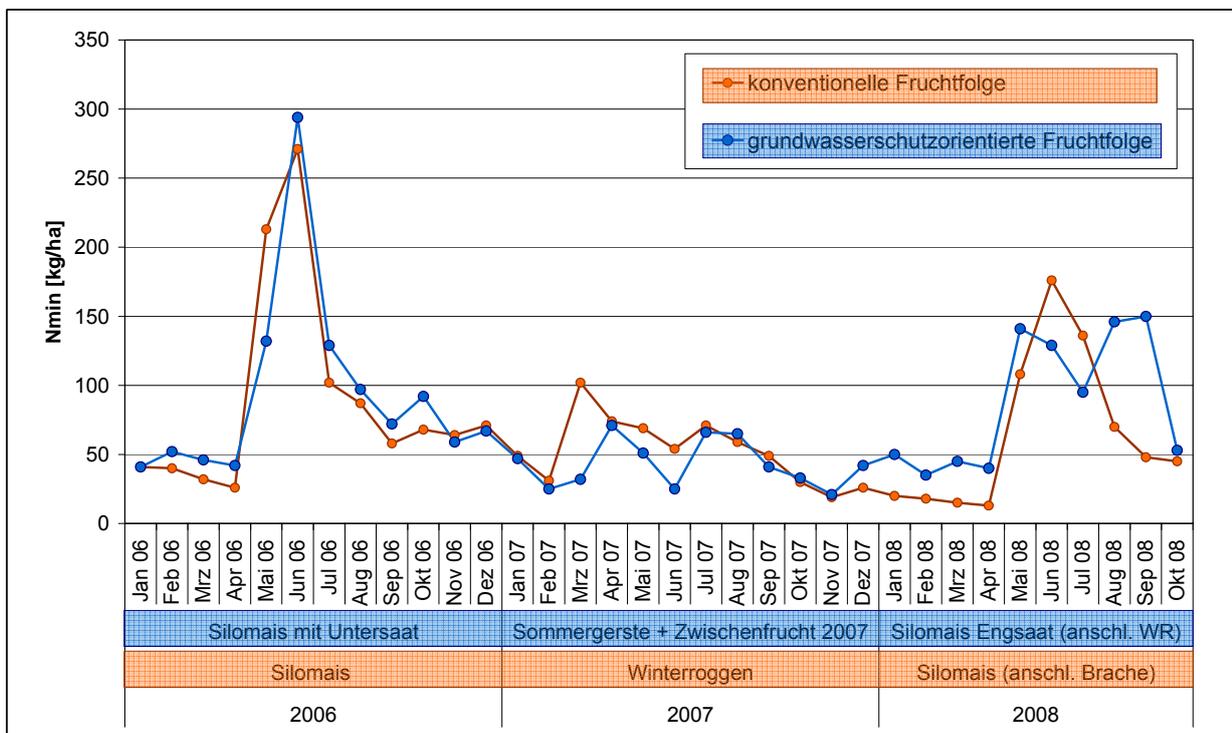


Abbildung 4: Nmin-Werte 2006-2008, Thülsfelde

2.2. Ergebnisse aus den ergänzenden Sickerwasseruntersuchungen durch das LBEG

Am Standort Thülsfelde werden weitergehende Untersuchungen zur N-Düngung auf Erträge, Nitratkonzentrationen im Sickerwasser sowie Zusammenhänge zwischen Ertrag und N-Auswaschung durch das LBEG untersucht. Alle Ergebnisse sind einzusehen unter <http://www.lwk-niedersachsen.de> (Webcode: 01012030). An dieser Stelle werden nur die wichtigsten Ergebnisse und Aussagen der Jahre 1998 bis 2008 nochmals aufgegriffen.

2.2.1. Versuchsaufbau und Varianten

Die Fruchtfolge besteht aus Silomais, Winterroggen und Wintergerste ohne Zwischenfruchtanbau. Es wird eine Fruchtart pro Jahr angebaut, das Stroh wird eingearbeitet. Der Versuch ist als Blockanlage mit vier Wiederholungen pro Dünge­stufe angelegt (siehe Abbildung 5). Getestet werden sechs Dünge­stufen (siehe Tabelle 4).

In den Jahren, in denen Mais und Wintergerste angebaut wird, liegen die Stickstoffstaffeln zwischen 0 und 200 kg N/ ha, in den Jahren mit Winterroggenanbau zwischen 0 und 160 kg N/ ha.

Tabelle 4: Dünge­stufen Feldversuch Thülsfelde

	kg Stickstoff (N)/ha					
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6
Mais/ Wintergerste	0	50	100	150	200	Sollwert (min.+org.)
Winterroggen	0	40	80	120	160	Sollwert (min.+org.)

Gedüngt wird mineralisch, nur Variante 6 wird nach der Nmin-Methode (Sollwert minus Frühjahrs-Nmin) organisch und mineralisch gedüngt. Um die Stickstoffkonzentration im Boden zu erfassen, wurden 24 Saugsonden in 8 dm Tiefe installiert.

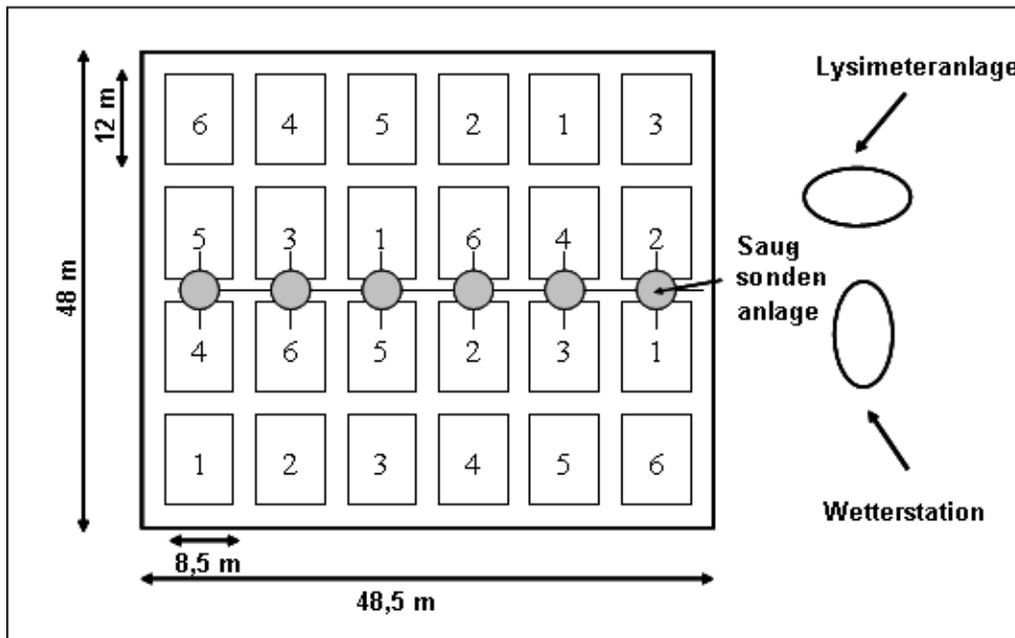


Abbildung 5: Aufteilung der Versuchsfläche und Lage der Saugsondenanlage und der Wetterstation

Die Daten der Wetterstation werden zur Berechnung der täglichen Sickerwassermenge nach WENDLING et al. (1984) herangezogen. Multipliziert mit der Stickstoffkonzentration ergibt sich daraus die Stickstoffauswaschung.

Betrachtet wird jeweils das Winterhalbjahr ab Beginn der ersten Sickerwasserbildung nach der Ernte bis zum 30. April des Folgejahres.

2.2.2. Ergebnisse

Einfluss der N-Düngung auf die Erträge

In Abbildung 6 sind die mittleren relativen Erträge von Mais, Winterroggen und Wintergerste von 1998 bis 2007 dargestellt. Die Variante 4 liefert den 100%igen Ertrag.

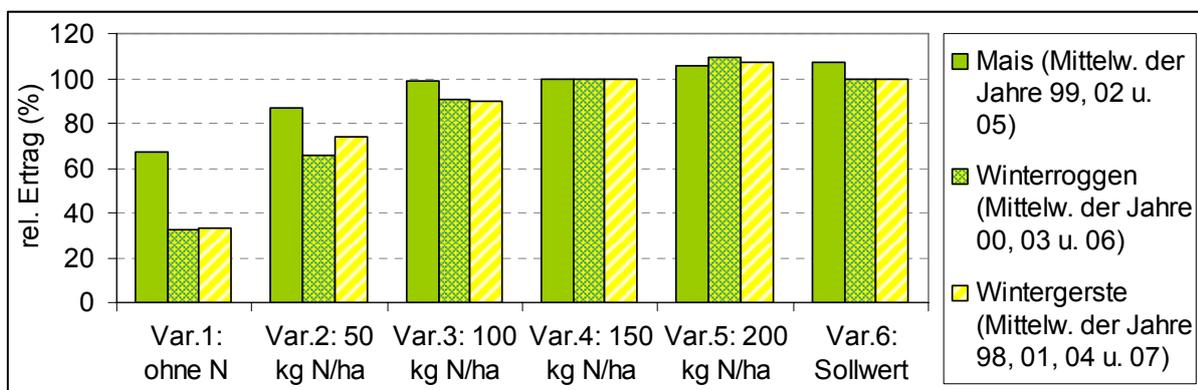


Abbildung 6: Einfluss der N-Düngung auf den relativen Ertrag

Mit steigender N-Düngung steigen auch die Erträge signifikant ($\alpha=5\%$) an, wobei der Mais den geringsten Ertragszuwachs mit steigender N-Gabe aufweist. Die absoluten mittleren Erträge der Variante 4 betragen für Mais 518 dt Frischmasse/ha, für Winterroggen 75 dt Korn/ha und für Wintergerste 55 dt Korn/ha.

Einfluss der N-Düngung auf die Herbst-Nmin-Werte

Neben Sickerwasseruntersuchungen wurden auf dieser Versuchsfläche auch Nmin-Gehaltsbestimmungen im Boden durchgeführt. Die Herbst-Nmin-Werte (Abbildung 7) von Mais zeigen höchst signifikante Unterschiede zwischen den Varianten. Interessant ist, dass Mais bei stark reduzierter Düngung deutlich niedrigere Nmin-Gehalte als Roggen und Gerste aufweist. Ab der Variante 4 mit 150 kg N/ha steigt der Nmin-Gehalt hingegen sehr deutlich an.

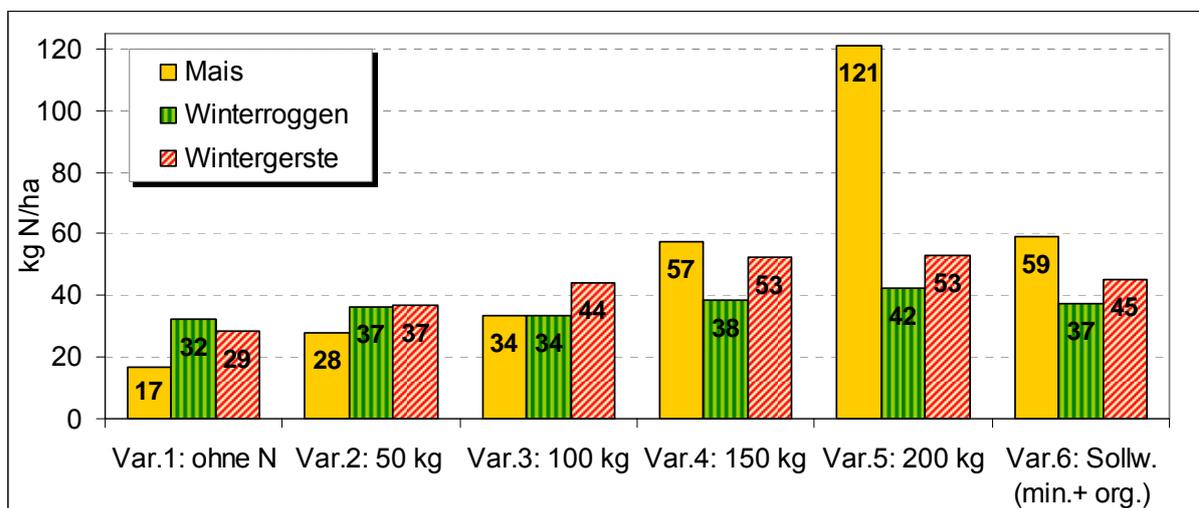


Abbildung 7: Einfluss von N-Düngung auf den mittleren Herbst-Nmin-Wert (Versuchsergebnisse der Jahre 1998 – 2007, 0 – 90 cm Tiefe)

Wintergerste und Winterroggen zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngestufen. Bei Wintergerste ist lediglich eine Tendenz zu höheren Nmin-Werten bei steigender N-Düngung erkennbar. Allerdings muss beachtet werden, dass ein großer Teil der Varianz innerhalb einer Düngungsvariante durch die jährlichen klimatischen Schwankungen und deren Auswirkung auf das Pflanzenwachstum zustande kommt und nicht durch Messfehler.

Einfluss der N-Düngung auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser

Die in 8 dm Tiefe gemessenen mittleren Nitratkonzentrationen (Abbildung 8) weisen einen ähnlichen Verlauf wie die Herbst-Nmin-Werte auf.

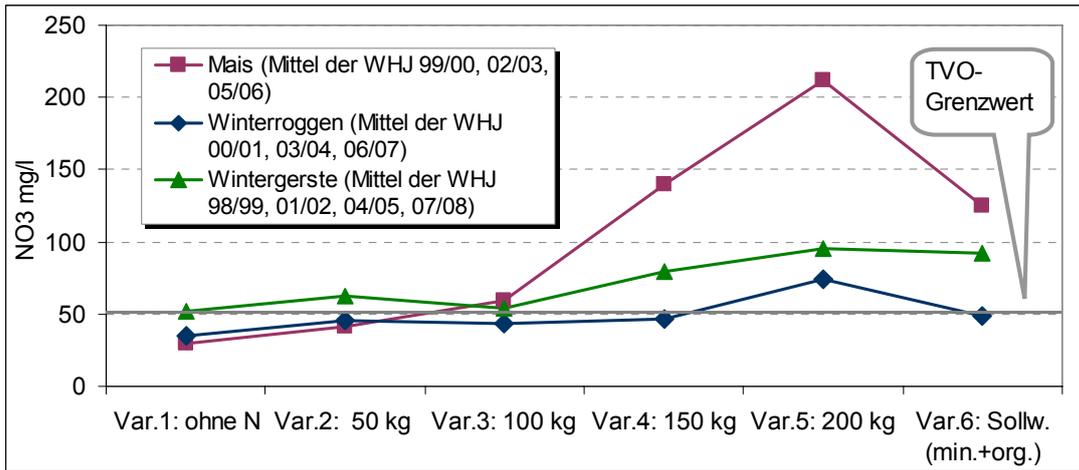


Abbildung 8: Einfluss von N-Düngung und Fruchtart auf die mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser in 8 dm Tiefe

Mais zeigt einen signifikanten Anstieg der N-Konzentrationen ab 150 kg N/ha. Auf den niedrig gedüngten Varianten gehen die N-Konzentrationen dagegen stark zurück. Wintergerste und Winterroggen zeigen eine Tendenz zu stärkeren N-Austrägen, sie sind jedoch nicht signifikant.

2.2.3. Zusammenhänge zwischen Ertrag und N-Auswaschung

Bei allen Fruchtarten ist mit zunehmender Versuchsdauer auf der Nullvariante ein leichter Ertragsrückgang zu verzeichnen. Die N-Auswaschung ist nur unter der Nullparzelle Wintergerste, die von 1998 bis 2007 einen langen Zeitraum abdeckt, rückläufig.

Im Vergleich zu Winterroggen und Mais ist der N-Ertrag höher.

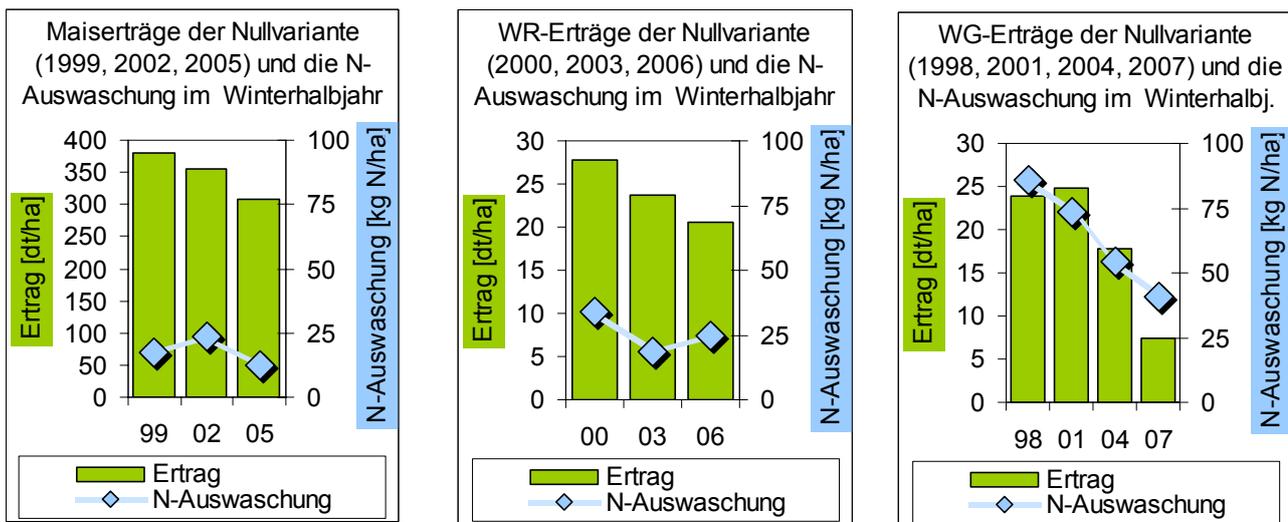


Abbildung 9: Ertrag und N-Auswaschung auf der Nullvariante

Einfluss steigender N-Düngung auf Ertrag und N-Auswaschung

Wie sich bereits bei der N-Konzentration abgezeichnet hat, steigt nach Mais die N-Auswaschung rapide an, wenn 150 kg N und mehr gedüngt werden. Beim Ertrag hingegen ist ab 100 kg N/ ha nur noch ein relativ geringer Ertragszuwachs zu verzeichnen.

Tabelle 5: Erträge und N-Auswaschung von Mais zum Sollwert

Düngungsvariante	1	2	3	4	5	6
[kg N/ha]	0	50	100	150	200	Sollw.
relativer Ertrag	63	81	92	93	99	100
relative N-Auswaschung	24	34	47	122	163	100

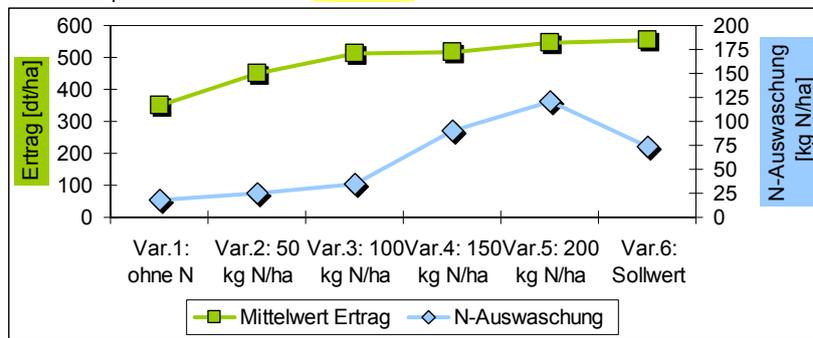


Abbildung 10: Mittlere Maiserträge (1999, 2002 u. 2005), sowie die mittlere N-Auswaschung in 8 dm Tiefe im Winterhalbjahr

Tabelle 6 und Tabelle 7 sowie Abbildung 11 und Abbildung 12 zeigen die Gegenüberstellung von Ertragsentwicklung und N-Auswaschung bei steigender N-Zufuhr für die beiden Kulturen Winterroggen und Wintergerste.

Tabelle 6: Erträge und N-Auswaschung von Winterroggen relativ zum Sollwert

Düngungsvariante	1	2	3	4	5	6
[kg N/ha]	0	40	80	120	160	Sollw.
relativer Ertrag	32	66	91	101	110	100
relative N-Auswaschung	66	91	86	91	157	100

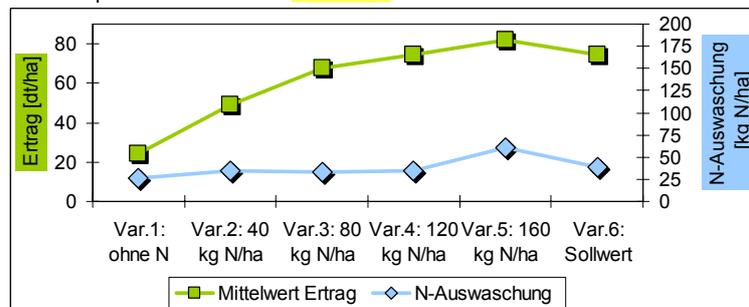


Abbildung 11: Mittlere Winterroggenerträge (2000, 2003 u. 2006), sowie die mittlere N-Auswaschung in 8 dm Tiefe im Winterhalbjahr

Tabelle 7: Erträge und N-Auswaschung von Wintergerste relativ zum Sollwert

Düngungsvariante	1	2	3	4	5	6
[kg N/ha]	0	50	100	150	200	Sollw.
relativer Ertrag	34	74	90	100	108	100
relative N-Auswaschung	53	65	55	85	101	100

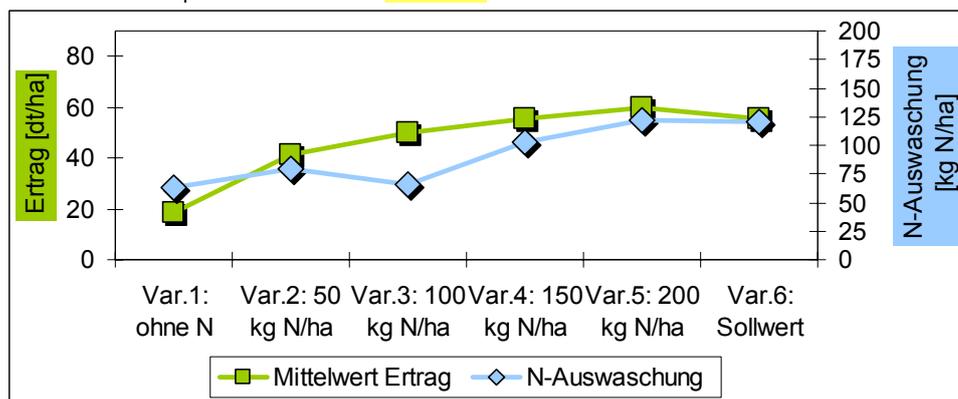


Abbildung 12: Mittlere Wintergerstenerträge (1998, 2001 u. 2007), sowie die mittlere N-Auswaschung in 8 dm Tiefe im Winterhalbjahr

Die N-Auswaschung nach Winterroggen steigt nur schwach mit steigender Düngung an und ist insgesamt niedriger als unter Wintergerste. Der Ertrag geht bei einer Düngung von weniger als 80 kg N/ ha stark zurück.

2.2.4. Zusammenfassung

Eine unterhalb des Optimums angesiedelte N-Düngung von 100 kg N ist besonders im Maisanbau auf stark stickstoffnachliefernden Standorten eine effektive Strategie zur Senkung von N-Austrägen ins Grundwasser. Der Versuch zeigt, dass die N-Auswaschung nach Mais durch Gaben von ≥ 150 kg N/ ha stärker als bei anderen Getreidearten ansteigt.

Nach Wintergerste verzeichnen alle Varianten erhöhte N-Austräge, die teilweise klimatisch bedingt sind, aber auch auf eine fehlende Zwischenfrucht und pflanzenphysiologische Nachteile zurückgeführt werden können.

Der Versuch wurde in bestehende Düngungsversuche der Landwirtschaftskammer integriert, so dass auch eine Berechnung der N-Optima anhand der Stickstoffstaffel möglich ist und die Berechnung der N-MDÄ durchgeführt werden kann. Im Versuchsjahr 2008 wurden wiederum die Früchte Wintergerste, Winterraps und Silomais angebaut.

Tabelle 8: N-Düngung zur Wintergerste

Nr.	Variante	N-Düngung gesamt	Org-N- Gesamt EC 21	Mineral.-N EC 21	Mineral.-N EC 29	Mineral.-N EC 39
		[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]
1	ohne N	0	-	-	-	-
2	KAS 60 N	60	-	30	30	-
3	KAS 120 N	120	-	30	60	30
4	KAS 180 N	180	-	45	90	45
5	KAS 240 N	240	-	60	120	60
6	KAS (SW 190 N mineral)	190	-	50	(90)	50
7	Schweinegülle 120 Ges.-N	120	120	-	-	-
8	Gärsubstrat 1 - 120 Ges.-N	120	120	-	-	-
9	Gärsubstrat 2 - 120 Ges.-N	120	120	-	-	-
10	Gärsubstrat 3 - 120 Ges.-N	120	120	-	-	-
11	Gärsubstrat 4 - 120 Ges.-N	120	120	-	-	-

Tabelle 9: N-Düngung zu Silomais

Nr.	Variante	N-Düngung gesamt	Org-N-Gesamt vor Einsaat	Mineral.-N vor Einsaat	Mineral.-N vor Öffnen Blatttül- len
		[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]
1	ohne N	0	-	-	-
2	KAS 60 N	60	-	60	-
3	KAS 120 N	120	-	120	-
4	KAS 180 N geteilt	180	-	120	60
5	KAS 240 N geteilt	240	-	120	120
6	KAS 300 N geteilt	300	-	120	180
7	KAS (SW 180 N mineral)	180	-	(180)	-
8	Schweinegülle 120 Ges.-N	120	120		
9	Gärsubstrat 1 - 120 Ges.-N	120	120	-	-
10	Gärsubstrat 2 - 120 Ges.-N	120	120	-	-
11	Gärsubstrat 3 - 120 Ges.-N	120	120	-	-
12	Gärsubstrat 4 - 120 Ges.-N	120	120	-	-

Tabelle 10: N-Düngung zum Winterraps

Nr.	Variante	N-Düngung gesamt	Org-N-Gesamt EC 15	Mineral.-N EC 15	Mineral.-N EC 30
		[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]
1	ohne N	0	-	0	0
2	KAS 80 N	80	-	40	40
3	KAS 160 N	160	-	80	80
4	KAS 240 N	240	-	120	120
5	KAS 320 N	320	-	160	160
6	KAS (SW 200 N mineral)	200	-	(130)	70
7	Schweinegülle 120 Ges.-N	120	120	0	0
8	Gärsubstrat 1 - 120 Ges.-N	120	120	-	-
9	Gärsubstrat 2 - 120 Ges.-N	120	120	-	-
10	Gärsubstrat 3 - 120 Ges.-N	120	120	-	-
11	Gärsubstrat 4 - 120 Ges.-N	120	120	-	-

Die Gärrestgabe in Höhe von 120 kg Gesamt-N/ha (abhängig vom N-Gehalt) wurde zu Wintergerste und Winterraps als Kopfdünger zu Vegetationsbeginn und zu Silomais unmittelbar vor der Maisbestellung auf die Pflugfurche ausgebracht.

Die mit Schweinegülle und den unterschiedlichen Gärresten aufgebraachten Nährstoffmengen zeigt Tabelle 11. Die Trockensubstanz- und Nährstoffgehalte sind jeweils abhängig von den eingesetzten Ausgangssubstraten. Je mehr Ausgangssubstrate mit höheren Trockensubstanzgehalten eingesetzt werden, desto höher sind in der Regel auch die TS-Gehalte in den Gärresten und um so niedriger ist in der Regel das Gesamt-N zu Ammonium-N-Verhältnis im Gärsubstrat.

Tabelle 11: Analyseergebnisse der Schweinegülle und der Gärreste im Gärsubstratversuch Wehnen (2007 und 2008)

	Analyse 2007 vom 29.03.2007				Analyse 2008 vom 22.02.2008			
	TS [%]	N (NH ₄ -N) [kg/ m ³]	P ₂ O ₅ [kg/ m ³]	K ₂ O [kg/ m ³]	TS [%]	N (NH ₄ -N) [kg/ m ³]	P ₂ O ₅ [kg/ m ³]	K ₂ O [kg/ m ³]
Schweinegülle	3,4	5,1 (2,6)	2	2,8	5,2	5,0 (3,0)	2,1	2,9
Gärrest 1 - Input jährlich: 2/3 Gülle 1/3 Kofermente	5,4	7,6 (4,2)	2,3	2,9	4,5	5,6 (3,6)	2,2	2,9
Gärrest 2 - Input täglich: 20 t Maissilage 5-6 m³ Rinder- und Schweinegülle	7,7	6,3 (2,6)	2,3	5	8,1	5,2 (1,9)	2,2	4,6
Gärrest 3 - Input täglich: 30 t Maissilage 15 m³ Sauen- und Mastschweinegülle	4,8	5,6 (2,6)	1,4	4,8	5	4,1 (1,9)	2,2	4,6
Gärrest 4 - Input jährlich: 1/4 Sauenmist 3/4 Maissilage 200 m³ Rindergülle zum Start der Anlage (2006)	6	5,4 (2,5)	2	4,9	7,8	5,2 (2,2)	1,8	5,5

3.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse

3.2.1. Wintergerste

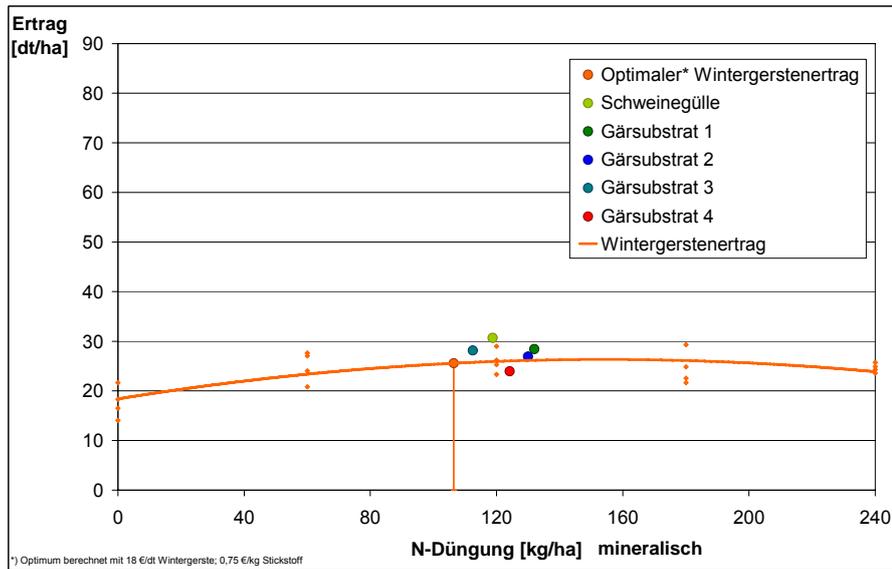


Abbildung 14: Wintergerstenertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante 2007

Die Wintergerste brachte im ersten Jahr (2006) aufgrund der idealen Witterungsbedingungen sehr gute Erträge. Ein ganz anderes Bild zeigte sich im Jahr 2007. Die Ertragskurve zeigt nur eine geringfügige Steigung bei steigenden N-Gaben. Das berechnete Optimum lag im Jahr 2007 bei lediglich 25 dt/ha. Grund für diesen deutlich niedrigeren Ertrag als im Vorjahr war die Witterung.

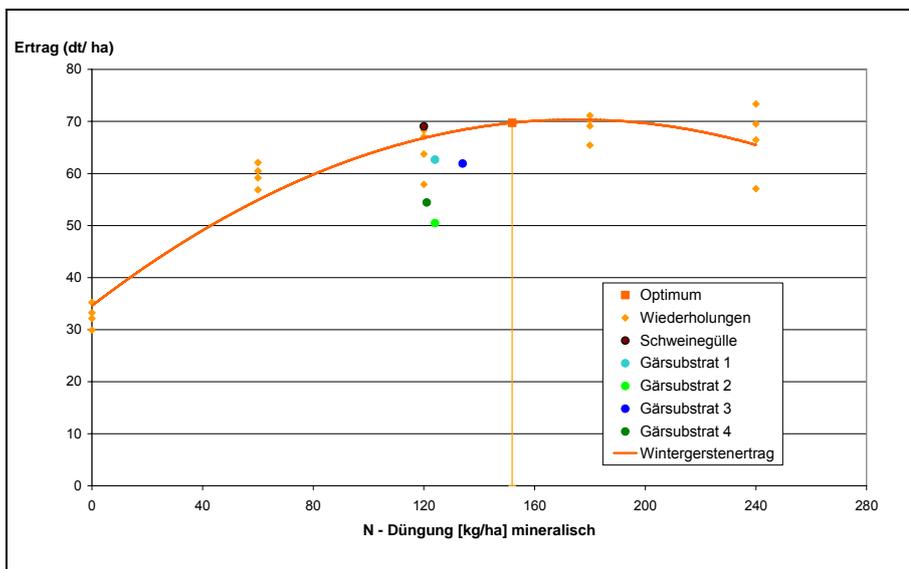


Abbildung 15: Wintergerstenertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante 2008

Im April gab es lediglich 3 mm Niederschlag, somit 40 mm weniger als im langjährigen Durchschnitt und 60 mm weniger als im Vorjahr. Aufgrund der Niederschlagsverteilung im Jahr 2008 lagen die Erträge wieder auf dem Niveau des Jahres 2006

Wie in den Vorjahren war die Ertragswirkung der Gärreste abhängig von $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt bzw. dem TS-Gehalt. So führte die Anwendung der Gärreste 1 und 3 mit einem höheren $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil und geringen TS-Gehalten zu höheren Wintergersteerträgen als die Ausbringung der Gärreste 2 und 4.

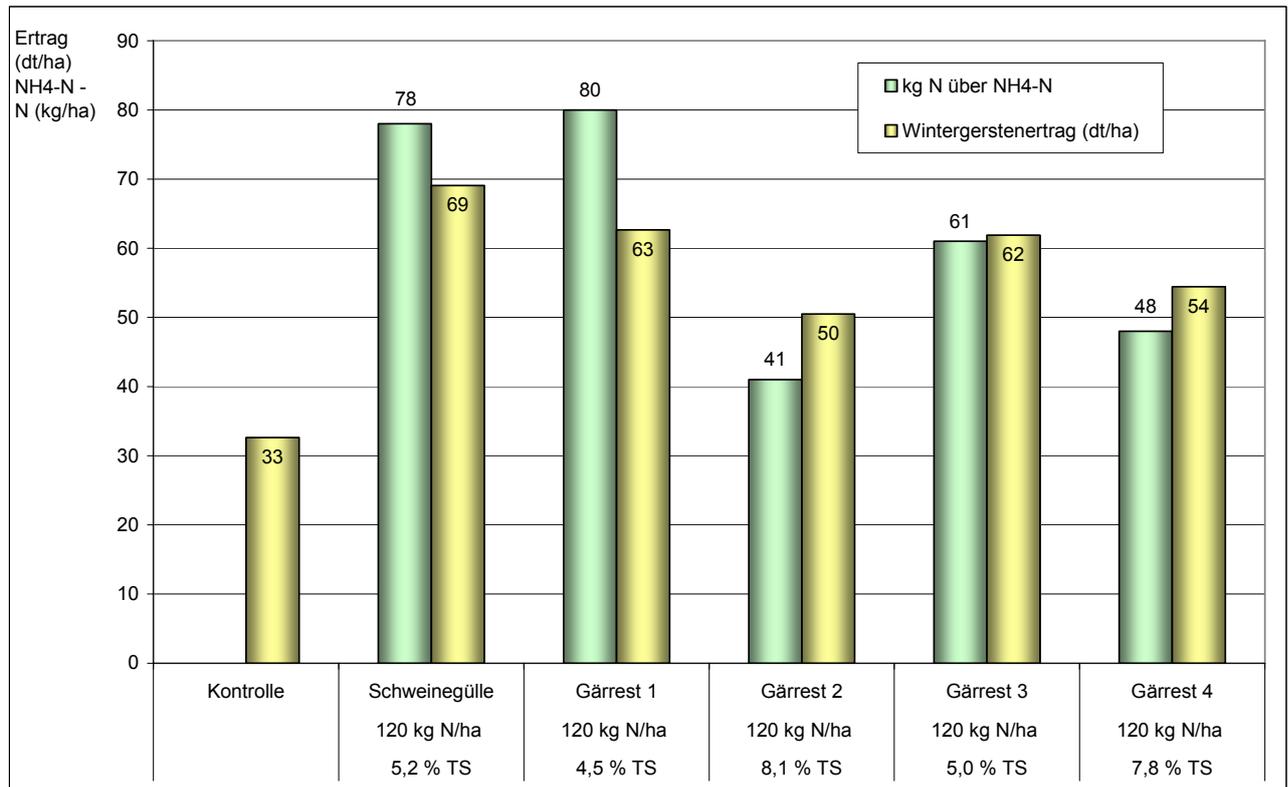


Abbildung 16: Wintergerstenertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil der Gülle und der Gärreste 2008

In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass infolge eines niedrigen TS-Gehaltes in der Regel die Aufnahme der Gärrest- bzw. der Gülle-Nährstoffe begünstigt wird und auch höhere $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalte vorliegen. Durch einen niedrigen TS-Gehalt verbessern sich das Ablauf- und das Infiltrationsverhalten der Gärreste und damit verringern sich die gasförmigen Verluste und der Stickstoff steht der Pflanze zur Verfügung. Zudem werden durch das schnelle Abfließen sowohl Verschmutzungen (vor allem beim Grünland von Bedeutung) als auch Verätzungen an den Pflanzen reduziert.

Betrachtet man die N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) der verschiedenen Gärreste zu Wintergerste im Durchschnitt der Jahre 2006 bis 2008 in Abbildung 17, spiegeln sich die oben gemachten Aussagen wieder. Die Gärreste mit hohen $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalten und niedrigen TS-Gehalten weisen höhere N-Mineraldüngeräquivalente auf, vergleichbar mit der Schweinegülle. Mit Abnahme der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalte gehen auch die N-MDÄ zurück.

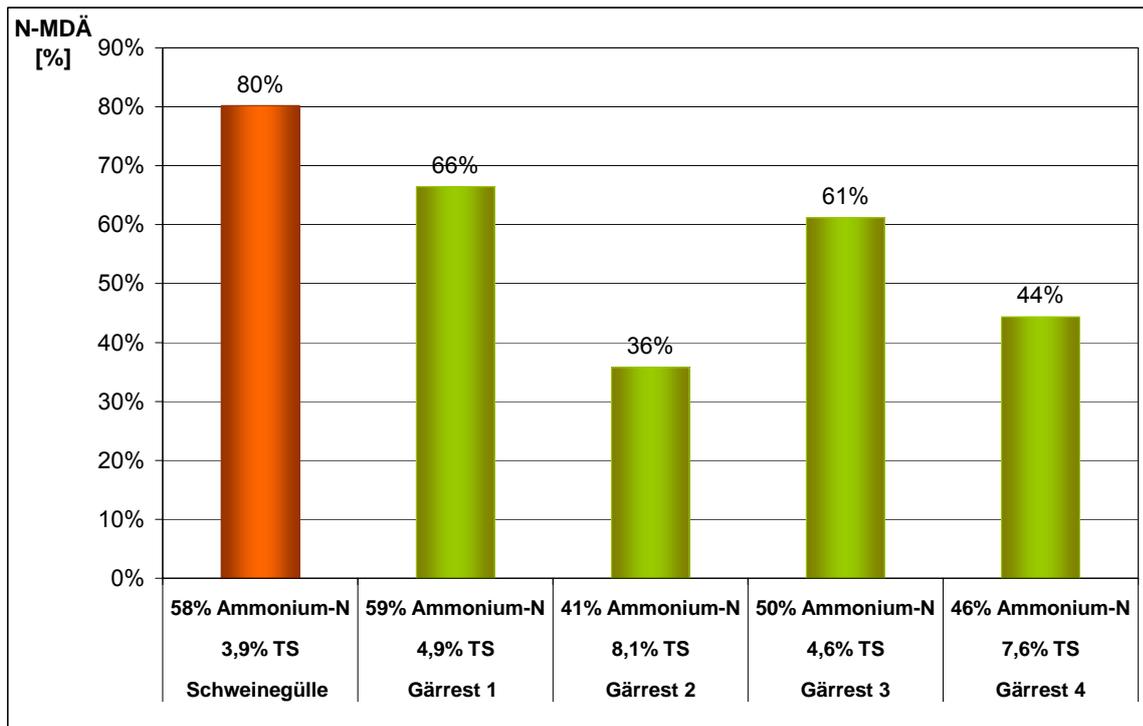


Abbildung 17: N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) - Gärrestversuch zu Wintergerste 2006-2008

3.2.2. Winterraps

Der Winterraps zeigte im Jahr 2006 einen Ertragsverlauf wie in Abbildung 18 dargestellt.

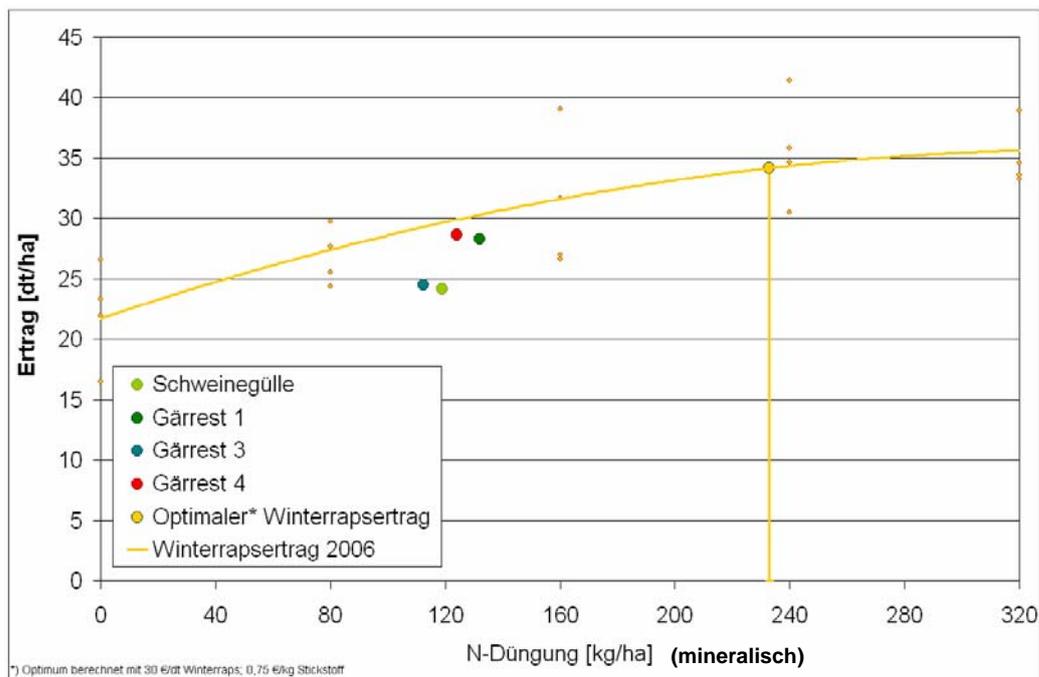


Abbildung 18: Winterrapsenertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante 2006

Jedoch schwankten die Erträge in den Varianten enorm. Dies zeigt sich auch in der Variabilität der Einzelergebnisse in der Grafik. Vermutlich lässt sich dies auf heterogene Standortbedingungen zurückführen. Aufgrund dieser Ergebnisse konnte der Versuch nicht ausgewertet werden.

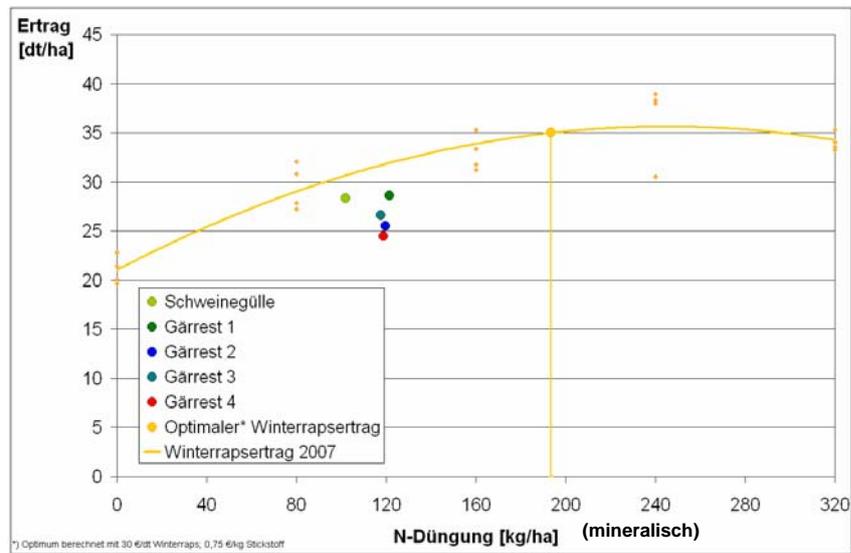


Abbildung 19: Winterrapsenertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweingüllevariante 2007

Im Jahr 2007 zeigte sich ein vergleichbares Ertragsniveau wie 2006 (Abbildung 19).

Das optimale N-Angebot lag im Bereich des Sollwertes bei 193 kg N/ha. Die Erträge der organisch gedüngten Varianten lagen bei durchschnittlich 27 dt/ha.

Tabelle 12: Winterrapsenerträge der verschiedenen mineralischen Düngungsstufen 2008

N-Düngung in kg N/ha (mineralisch)	0	80	160	240	320
Kornertrag in dt/ha (abs)	28,56	31,80	37,04	31,34	38,88

Wie in Tabelle 12 erkennbar ist, stiegen die Winterrapsenerträge im Jahr 2008 bis zur höchsten N-Stufe an, so dass die Berechnung des N-Optimums nicht möglich war.

Betrachtet man in Abbildung 20 den Winterraps-ertrag in Abhängigkeit vom Anteil an Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) und vom TS-Gehalt in der Gülle bzw. in den Gärresten, zeigt sich, dass die Gärreste mit den höchsten $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalten auch die höchsten Erträge erzielen. Die Unterschiede zwischen den Varianten sind allerdings sehr gering, so dass hier lediglich von einer Tendenz gesprochen werden kann.

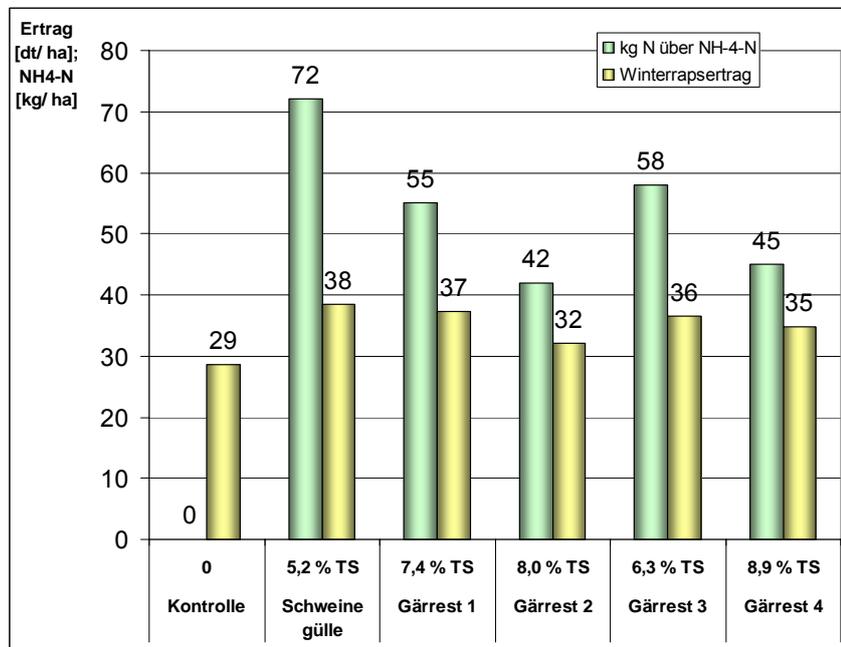


Abbildung 20: Winterraps-ertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil der Gülle und den Gärresten 2008

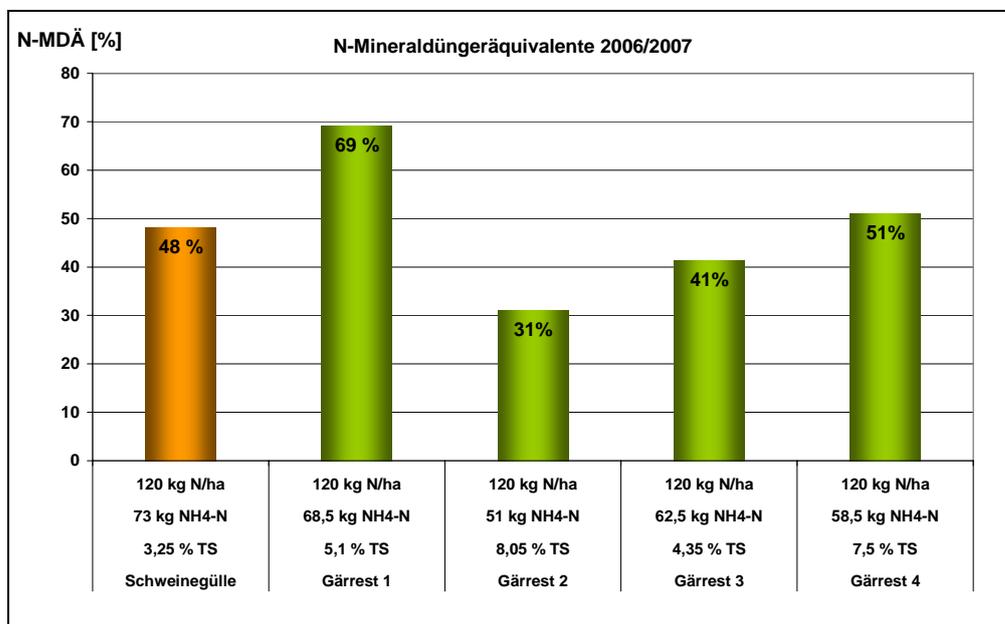


Abbildung 21: N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) – Gärrestversuch zu Winterraps, Durchschnitt der Jahre 2006 – 2007

Entsprechend verhalten sich die Mineraldüngeräquivalente. Im Mittel der Jahre 2006-2007 schwankten die MDÄ bei den Gärresten zwischen 31 und 69%. Im Mittel lagen sie in etwa gleicher Höhe wie beim Einsatz von Schweinegülle.

3.2.3. Silomais

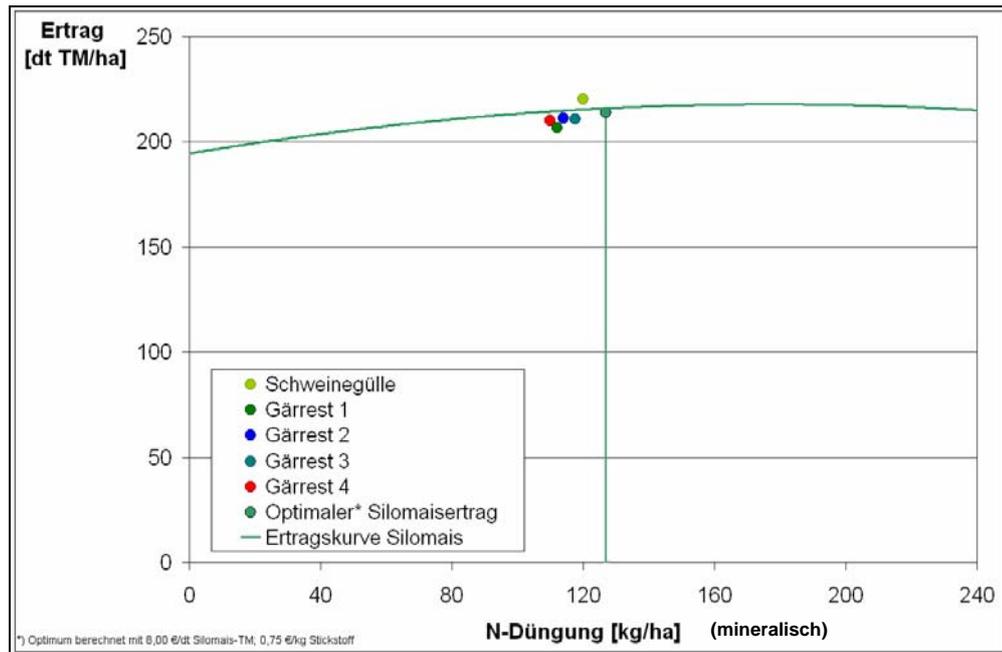


Abbildung 22: Silomaisertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegülle 2007

In Abbildung 22 sind die Silomais-Trockenmasseerträge in Abhängigkeit von der Mineral-N-Düngung dargestellt. Das berechnete N-Optimum lag im Jahr 2007 bei 131 kg/ha bei einem Ertrag von 214 dt/ ha TM. Bereits in der Kontrollvariante (ohne N-Düngung) wurde ein Ertrag von 204 dt/ha TM erreicht. Dieses Ergebnis deutet auf eine gute Ausnutzung des Bodenstickstoffs hin.

Die organisch gedüngten Varianten erzielten im Durchschnitt einen Ertrag von 209 dt/ ha TM und liegen damit nur 5 dt/ ha unterhalb der optimal, rein mineralisch gedüngten Variante. Es zeigt sich damit eine sehr gute Ausnutzung des Stickstoffs der Gülle bzw. der Gärreste.

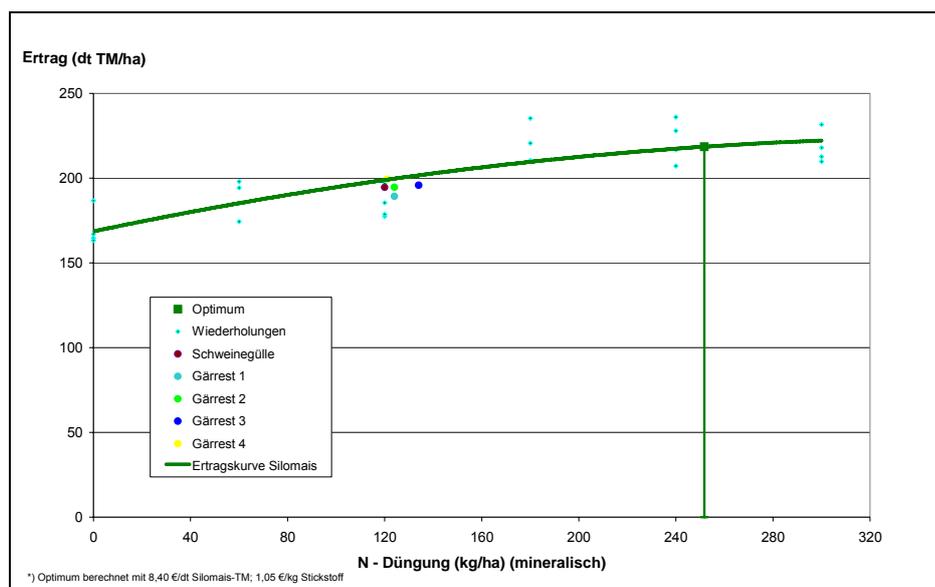


Abbildung 23: Silomaisertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante 2008

Im Versuchsjahr 2008 stiegen im Gegensatz zu den beiden Vorjahren die Erträge bis zur höchsten N-Gabe an, so dass eine realistische Berechnung des N-Optimums nicht möglich war. Der flache Kurvenverlauf deutet analog zu dem hohen Ertrag in der Kontrollvariante auf eine hohe Ausnutzung des Bodenstickstoffs hin. Wie in den beiden Vorjahren war im Gegensatz zur Wintergerste kein Zusammenhang zwischen dem $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt der Gärreste und der Ertragswirkung zu erkennen. Abbildung 24 zeigt noch mal zusammengefasst die Silomaiserträge aus den Versuchsjahren 2006-2008.

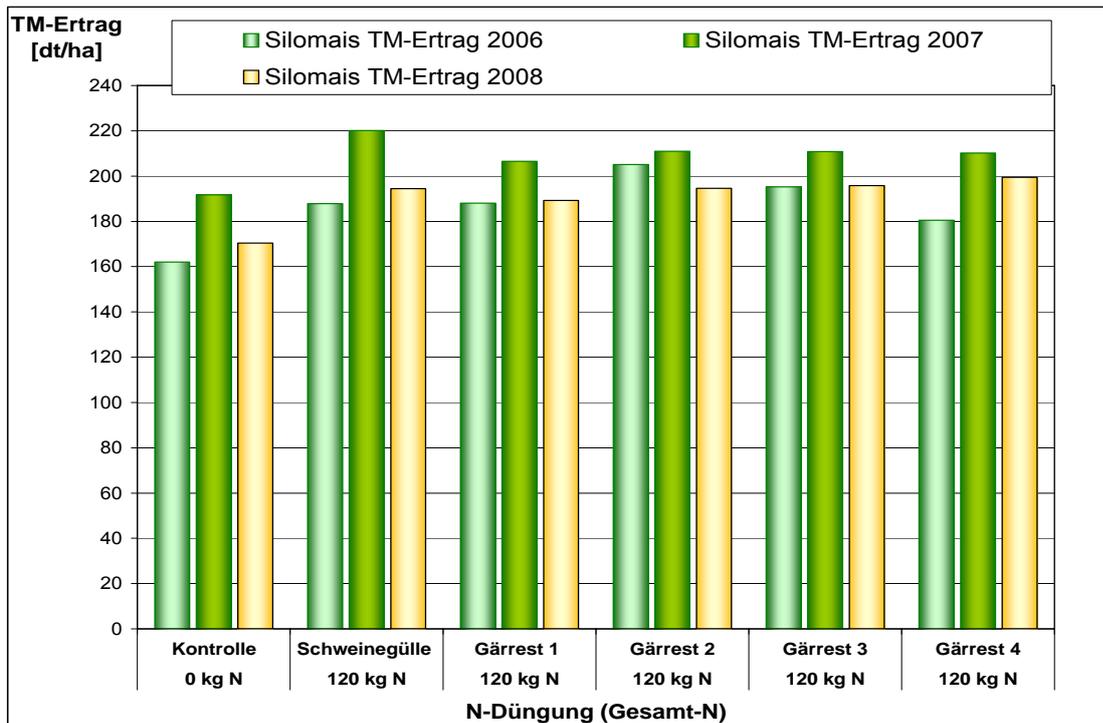


Abbildung 24: Silomais TM-Ertrag 2006 – 2008 in Abhängigkeit von der Düngung

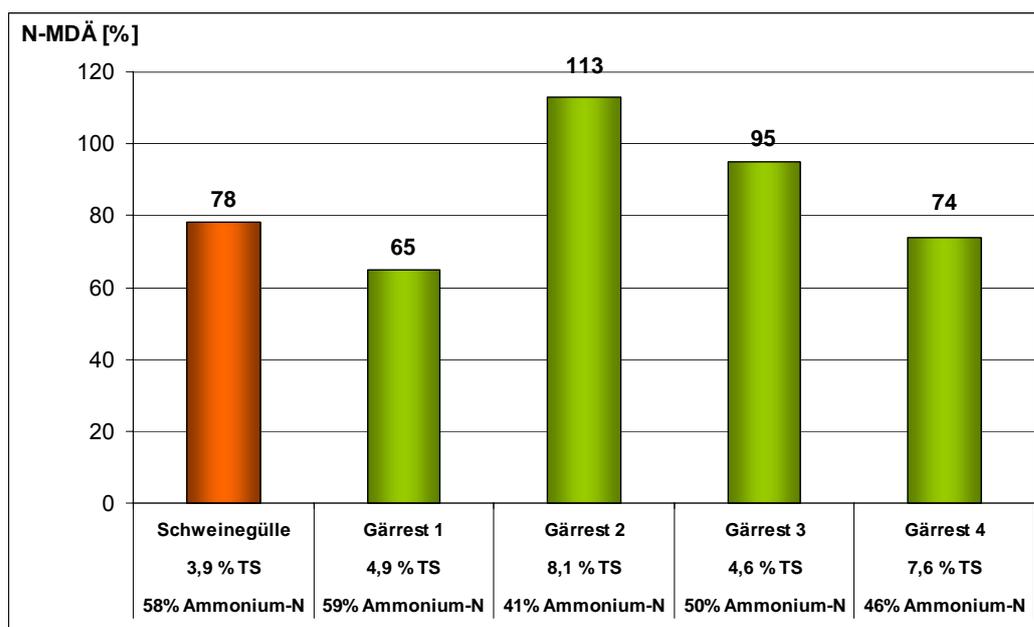


Abbildung 25: N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) – Gärrestversuch zu Silomais 2006 - 2008

Abbildung 25 zeigt die im Mittel der Jahre erzielten Mineraldüngeräquivalente. Im Mittel lagen diese unabhängig vom $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt auf einem hohen Niveau. Die Werte belegen nochmals die gute Ausnutzung auch des organisch gebundenen Stickstoffs durch die Maispflanzen. Durch seine lange Wachstumszeit kann der Mais auch den Stickstoff nutzen, der normalerweise während der zweiten Hauptmineralisationsphase im August/ September aus den organischen N-Verbindungen freigesetzt wird. Dieses hat sich auch in vielen anderen Versuchen mit organischen Düngern gezeigt.

3.2.4. Wirkung der Gärreste auf die N-Dynamik im Boden

Zur Wirkung von Gärresten auf die N-Dynamik im Boden gibt es bisher nur wenige Untersuchungen. Im vorliegenden Versuch wurden jeweils nach der Ernte der Hauptfrucht und zum Zeitpunkt Beginn der Sickerwasserspense Nmin-Proben (0-90 cm) untersucht. Beprobte wurden die Varianten Düngung mit Gärrest, Düngung mit Schweinegülle, Nulldüngung (Kontrollvariante) sowie die mineralisch nach Sollwert gedüngte Variante.

Wintergerste

In Abbildung 26 sind die Ergebnisse nach der Ernte der Wintergerste abgebildet.

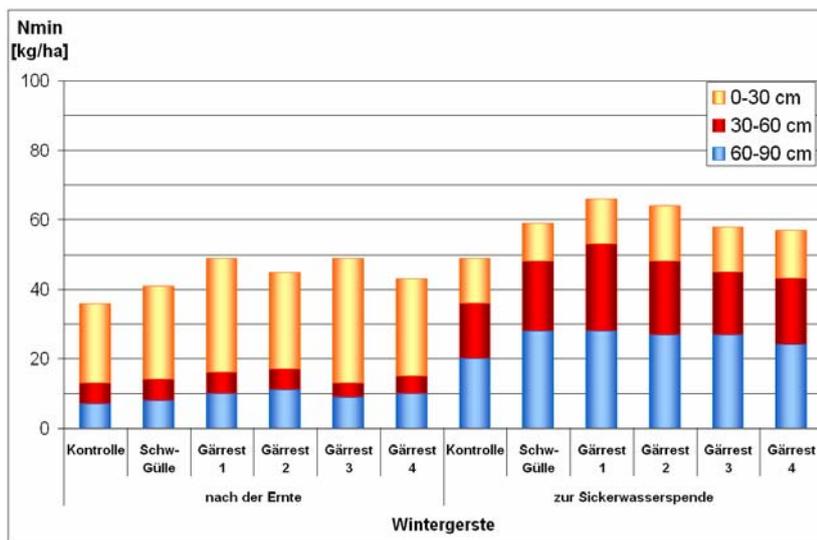


Abbildung 26: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspense in Abhängigkeit von der Düngung 2006

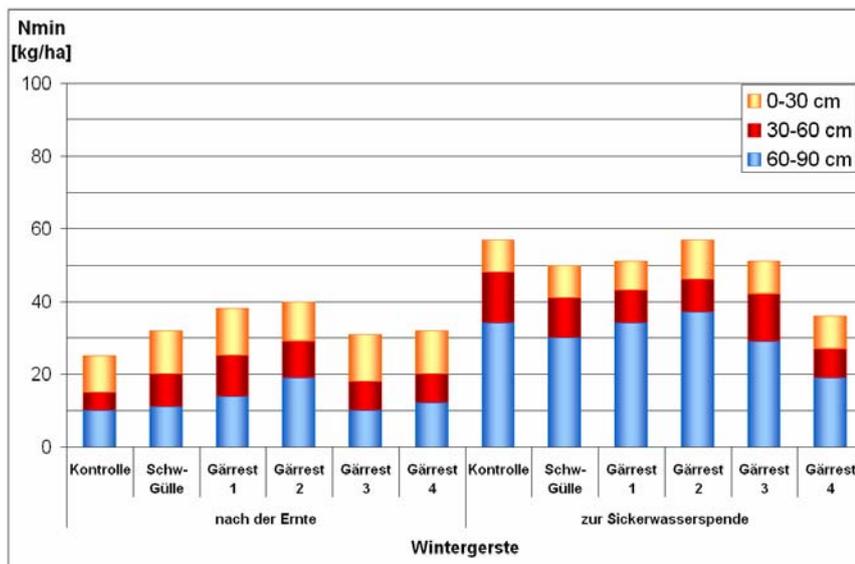


Abbildung 27: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste u. zur Sickerwasserspense in Abhängigkeit von der Düngung 2007

Insgesamt lagen die Rest-Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte im Jahr 2006 bei rd. 40-50 kg/ha und 2007 ca. 10 kg niedriger bei 30-40 kg/ha.

Die Gärrestvarianten lagen sowohl im Jahr 2006 als auch 2007 auf dem Niveau der Schweinegüllevariante bzw. rd. 15 kg N/ha über dem Niveau der Kontrollvariante.

Die Nmin-Gehalte stiegen bis zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende durch Mineralisation von bodenbürtigem Stickstoff noch um rd. 10-20 kg N/ha an. Insgesamt blieben die Werte jedoch auf niedrigem Niveau.

2007 fand die höchste Nachmineralisation in der Kontrollvariante statt. Dies weist auf ein hohes Nachlieferungsvermögen des Standortes hin.

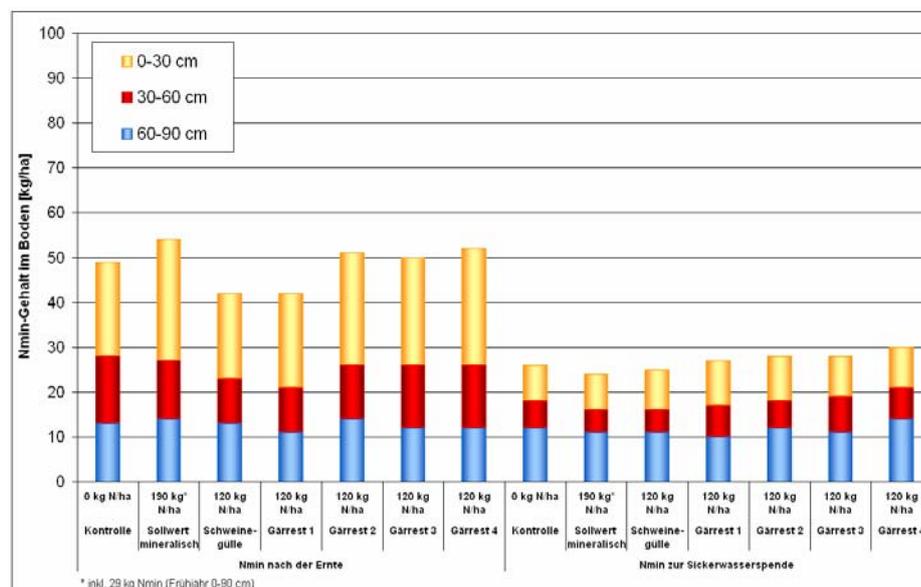


Abbildung 28: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2008

Auch im Jahr 2008 lagen die Rest-Nmin-Gehalte auf einem niedrigen Niveau. Hierbei unterscheiden sich die gedüngten Varianten nur unwesentlich von der ungedüngten Kontrollvariante. Infolge der Niederschläge lagen die Nmin-Gehalte zur Sickerwasserspende auf einem ca. 30 kg geringeren Nmin-Niveau als zur Ernte.

Winterraps

Betrachtet man die Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Winterraps zeigt sich ein vergleichbares Bild. Die Gärrestdüngung führte zu keinen höheren Rest-Nmin-Gehalten im Boden und damit zu keiner erhöhten Stickstoff-Auswaschungsgefahr im Vergleich zur Schweinegülle.

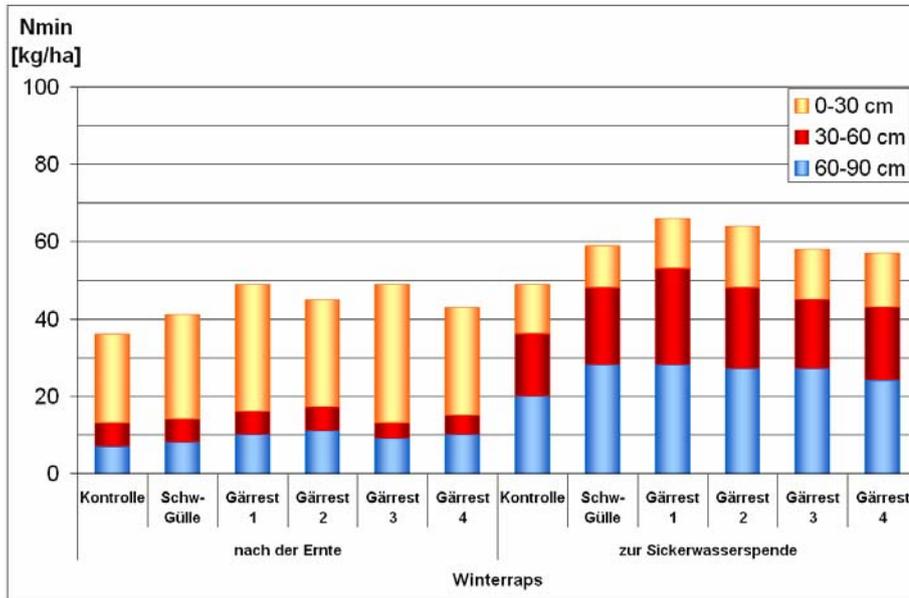


Abbildung 29: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspense in Abhängigkeit von der Düngung 2006

Im Jahr 2006 lagen die Rest-Nmin-Gehalte auf einem für Winterraps relativ niedrigen Niveau von 40-50 kg N/ha nach der Ernte. Die Herbst-Mineralisation führte bei den organisch gedüngten Varianten bis zum Zeitpunkt der Sickerwasserspense nur zu einer Erhöhung der auswaschunggefährdeten Menge von rund 15 kg/ha.

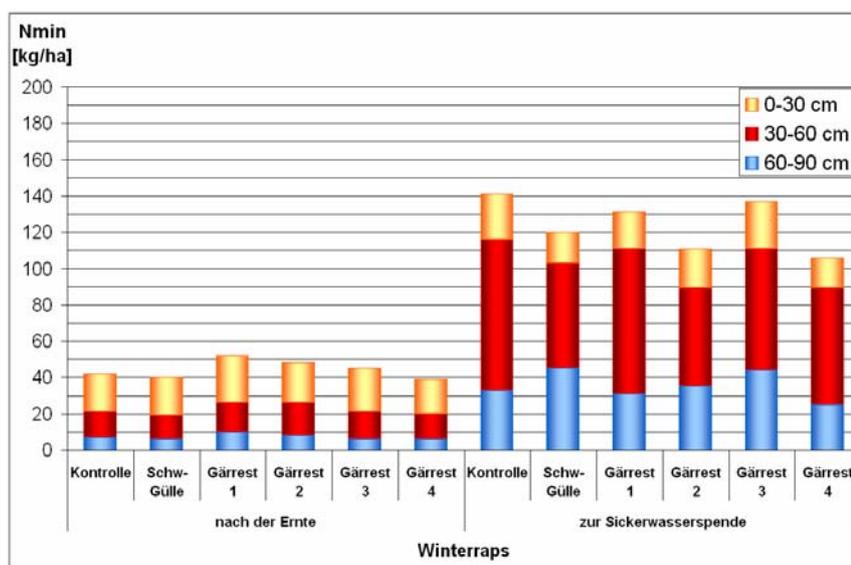


Abbildung 30: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspense in Abhängigkeit von der Düngung 2007

2007 zeigte sich ein für Winterraps typischer Verlauf der Rest-Nmin-Gehalte im Boden. Nach der Ernte lagen hier die Nmin-Werte im Bereich 40-50 kg N/ha. Danach stiegen die Werte aufgrund des auf der Fläche verbleibenden, stickstoffreichen Rapsstrohs auf bis zu 140 kg/ha Nmin in der Kontrollvariante an. Die organisch gedüngten Varianten zeigten im Vergleich keinen gerichteten Unterschied.

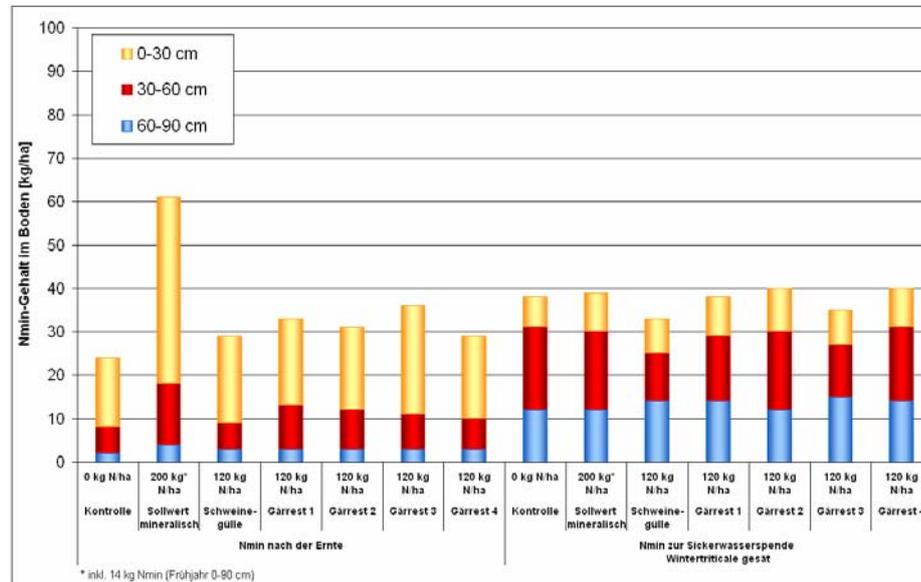


Abbildung 31: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspense in Abhängigkeit von der Düngung 2008

Im Jahr 2008 war bei den Rest-Nmin-Gehalten nur ein sehr geringer Anstieg vom Erntezeitpunkt bis zum Beginn der Sickerwasserspense zu verzeichnen. Alle gemessenen Nmin-Werte lagen unter 40 kg N/ha. Lediglich die nach Sollwert mineralisch gedüngte Variante wies zum Zeitpunkt nach der Ernte einen Nmin-Wert von 60 kg N/ha auf.

Silomais

Die Rest-Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung der Versuchsjahre 2006 bis 2008 sind in Abbildung 32, Abbildung 33 und Abbildung 34 dargestellt.

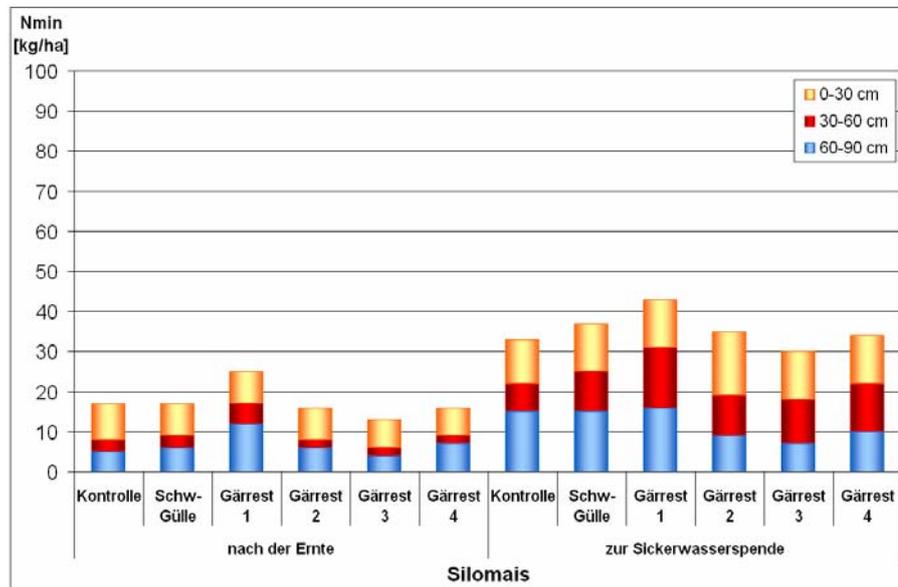


Abbildung 32: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2006

Die Nmin-Werte lagen 2006 nach der Ernte auf einem sehr niedrigen Niveau von 20 kg N/ha. Sie stiegen zur Sickerwasserspende noch um 10-20 kg/ha an. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Düngungsvarianten bleiben jedoch gering.

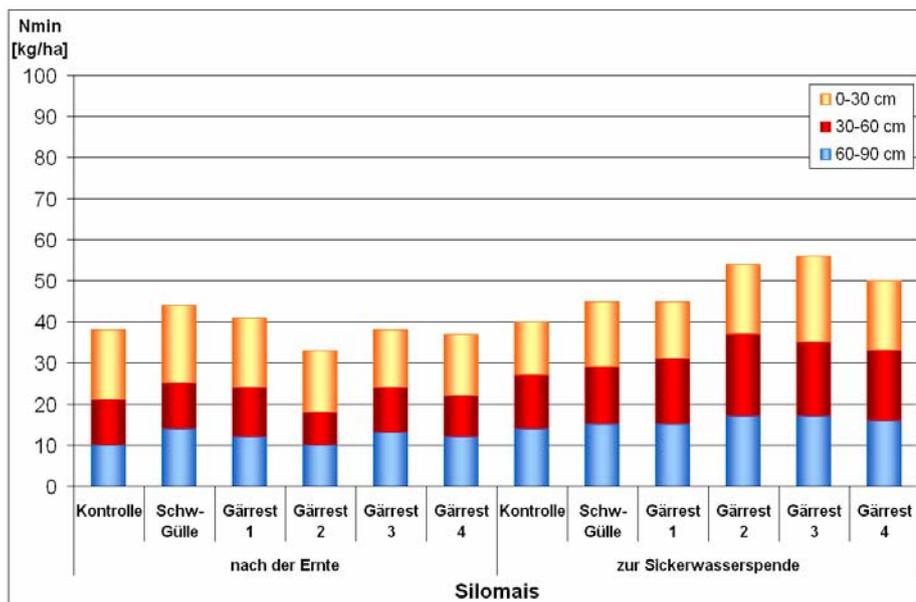


Abbildung 33: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2007

2007 lagen die Rest-Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte nur unwesentlich höher bei rd. 40 kg N /ha. Im Versuchsjahr 2008 lagen die Nmin-Gehalte bei rd. 30 kg N/ha. In den beiden Jahren 2006 und 2007 führte die Nachmineralisation zu einem leichten Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte im Boden zum Zeitpunkt der Sickerwasserspense. Es war jedoch in allen Versuchsjahren weder nach der Ernte von Silomais noch zu Beginn der Sickerwasserspense ein gerichteter Unterschied zwischen den Nmin-Werten der organisch gedüngten Varianten zu erkennen.

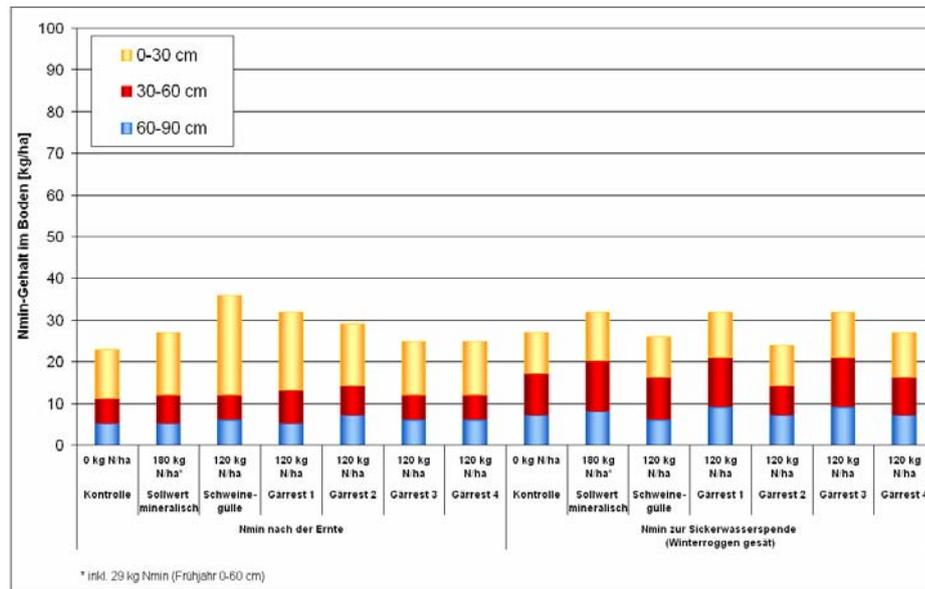


Abbildung 34: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspense in Abhängigkeit von der Düngung 2008

3.3. Zusammenfassung

Die ersten Ergebnisse der Exaktversuche lassen darauf schließen, dass bei Wintergetreide und andeutungsweise auch bei Winterraps die Stickstoff-Wirkung der Gärreste durch den Anteil an schnell pflanzenverfügbarem Ammoniumstickstoff (NH₄-N), den Trockensubstanz (TS-)Gehalt und die gedüngte Fruchtart bestimmt wird.

Dies unterstreicht die Bedeutung aktueller Gärrestanalysen bei der Düngung mit Gärsubstraten.

Beim Silomais konnte die Abhängigkeit der Erträge von den TS-Gehalten sowie dem NH₄-N-Anteil in den Gärresten in oben genannter Form nachgewiesen werden. Die Gärreste zeigten hier allgemein eine sehr gute Ertragsleistung, verglichen mit einer mineralischen Volldüngung.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass Gärreste ähnliche N-Anrechenbarkeiten aufweisen wie Schweinegülle und sollten daher analog zur Schweinegülle im Rahmen der Düngung eingesetzt werden.

Durch die Düngung mit Gärresten bestand bei den Früchten Wintergerste, Winterraps und Silomais bei dem untersuchten Düngungsniveau von 120 kg N/ha kein erhöhtes Risiko einer Nitrat- auswaschung im Vergleich zur mineralischen Düngung bzw. zur Düngung mit Schweinegülle.

Die Nmin Werte nach der Ernte lagen in den Versuchsjahren unter den angebauten Kulturen auf niedrigem Niveau. Lediglich zum Winterraps kam es in einem Versuchsjahr infolge der N-Mineralisation von Ernterückständen zu einem Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte.

4. Welche Auswirkungen haben eine grundwasserschutzorientierte N-Düngung und der Zweitfruchtanbau im Energiepflanzenanbau auf Gasausbeute, Erträge und N-Dynamik im Boden?

4.1. Versuchsaufbau

Seit dem Jahr 2008 untersucht die Landwirtschaftskammer Niedersachsen in einem Feldversuch die grundwasserschutzorientierte N-Düngung und den Zweitfruchtanbau bei den Energiepflanzen Mais und Sudangras.

4.1.1. Düngung und Fruchtfolgen

Neben der N-Düngung wird der Einfluss der Fruchtart auf Gasausbeute, Ertrag und N-Dynamik untersucht. In Tabelle 13 und Tabelle 14 sind die Prüffaktoren dargestellt.

Tabelle 13: Faktor 1: N-Düngung, Energiepflanzenversuch Wehnen 2008

	Versuchsjahr 2008
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
7	120 kg Gärrest-N + 100 kg Mineral-N

Tabelle 14: Faktor 2: Fruchtfolge und Fruchtart, Energiepflanzenversuch Wehnen 2008

	Versuchsjahr 2008
1	Ackergras (280 kg N/ha; Staffelung: 100/ 80/ 60/ 40 kg N/ha)
2	Energiemais ¹
3	Sudangras ¹
4	Silomais nach Roggen GPS ¹
5	Sudangras nach Roggen GPS ¹

¹ Düngungsstaffelung wie in Tabelle 13

Sudangras stellt keine besonderen Anforderungen an den Boden. Kalte und staunasse Böden eignen sich nicht für den Anbau. Besonders gut sind tiefgründige oder sandige Lehmböden für den Anbau von Sudangras geeignet. Der Wärmebedarf der Pflanzen ist sehr hoch, ab 4°C können Kälteschäden auftreten. Die Trockenheitstoleranz ist deutlich höher als bei Mais.

Sudangras ist mit sich selbst verträglich und hat eine ähnliche Vorfruchtwirkung wie Mais. Da keine getreidetypischen Fußkrankheiten bekannt sind, eignet sich Sudangras zur Auflockerung getreide-starker Fruchtfolgen.

4.1.2. Pflanzenschutz

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

4.1.3. Ernte

Die Ernte erfolgt in allen Parzellen als Kernbeerntung (siehe Abbildung 35) unter Beachtung der Richtlinien des Bundessortenamtes für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen.



Abbildung 35: Ernte des Sudangrases

4.1.4. Untersuchungen und Auswertungen

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

4.1.5. Nmin-Beprobungen

Die Bodenproben zur Nmin-Untersuchung wurden vorwiegend mit der Nitrat-Raupe gezogen. Die Beprobungstiefe nach der Ernte war in der Regel 0 bis 120 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.

4.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse

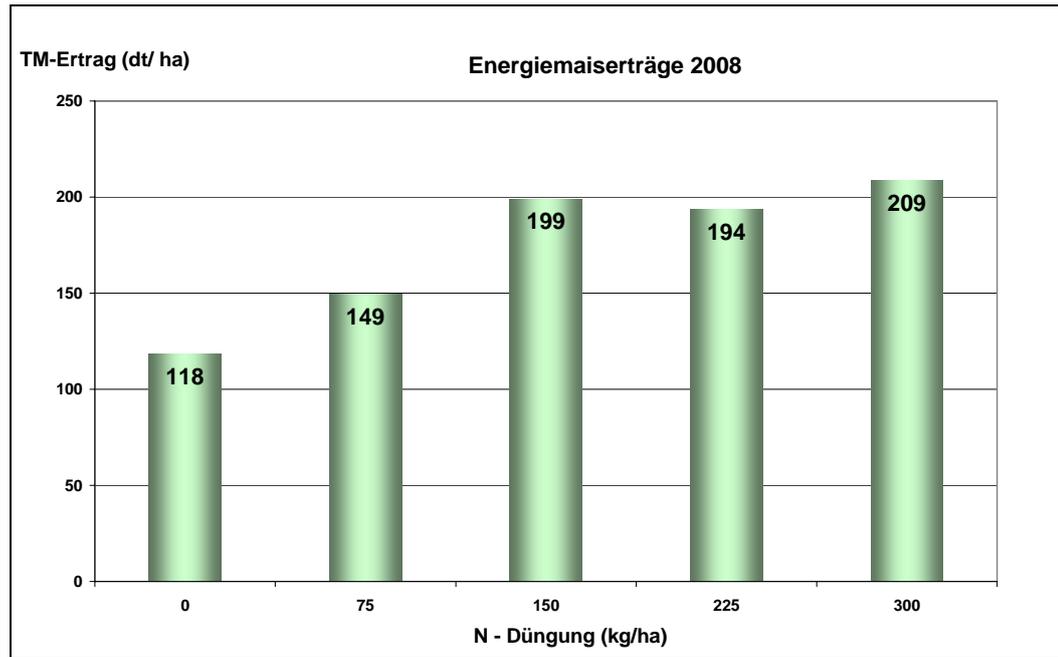


Abbildung 36: Energiemaiserträge, Wehnen 2008

Aufgrund der späten Zusage der Energiepflanzenversuche am Standort Wehnen konnte der Grünroggen als GPS für das Jahr 2008 nicht mehr angebaut werden. Somit entsprach im ersten Versuchsjahr die Silomaisvariante nach Roggen GPS der Energiemaisvariante und die Sudangrasvariante nach Roggen GPS der Sudangrasvariante. Aufgrund dieser Zusammenhänge konnten die Erträge der jeweiligen Varianten gemittelt werden.

Abbildung 36 zeigt die Trockenmasseerträge des Energiemaisses. Im Versuchsjahr 2008 stiegen die Trockenmasseerträge bis zu einer Düngung von 150 kg N/ ha und Jahr deutlich an. Die Düngungsstufe 300 kg N/ ha und Jahr erbrachte zwar noch einen um 10 dt höheren Ertrag, der jedoch statistisch nicht abzusichern war. Die Berechnung des Optimums war deshalb nicht möglich.

Abbildung 37 zeigt die Frischmasseerträge von Silomais sowie die daraus erzielbaren Methanerträge und dieses im Vergleich zu einer mit 280 kg N/ ha gedüngten Ackergrasvariante. Die Frischmasse- und Methanerträge verhalten sich beim Energiemais bei den einzelnen Düngungsstufen wie die Trockenmasseerträge. Es wird jedoch deutlich, dass trotz eines deutlich höheren Frischmasseertrages des Ackergrases dessen Methanertrag deutlich niedriger ausfällt und mit 3061 m³ je ha noch unterhalb der ungedüngten Maisvariante liegt. Der Ertrag der Gärrest-N-Variante ergänzt um 100 kg Handelsdünger-N liegt in etwa in Höhe des Ertragsoptimums.

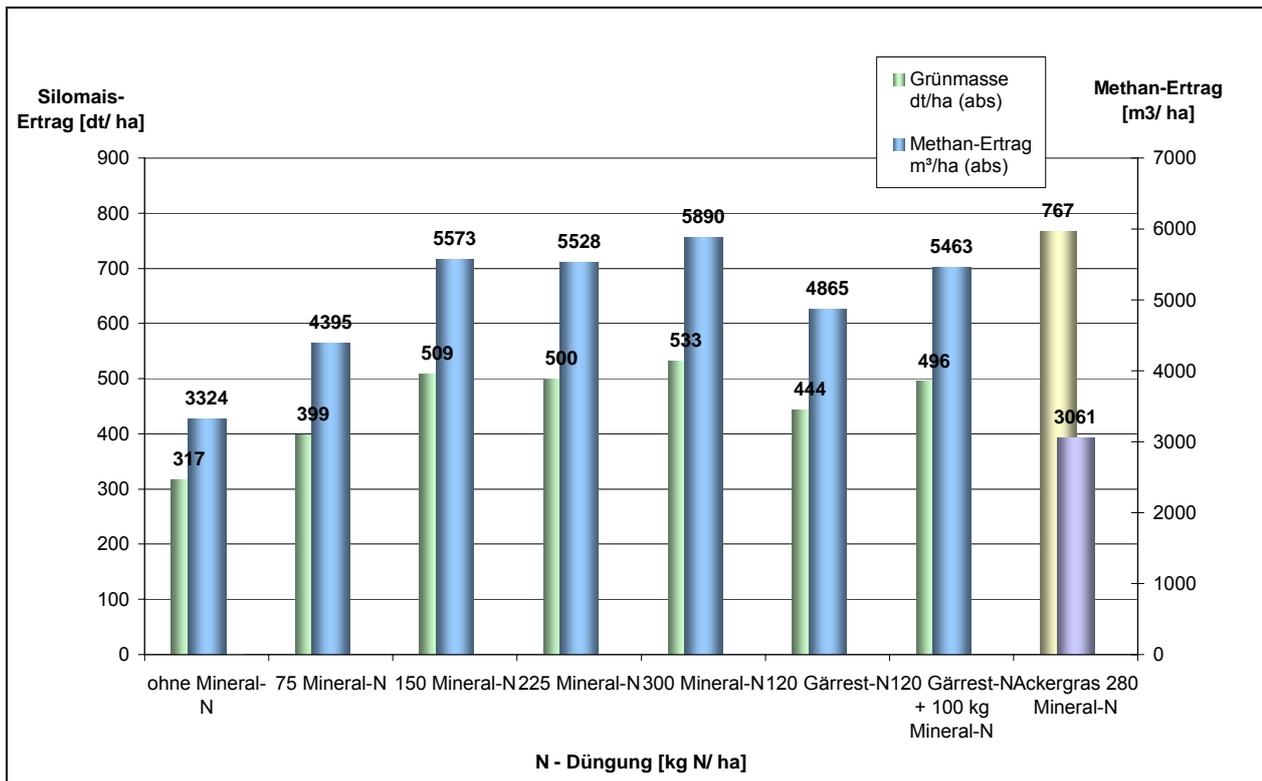


Abbildung 37: Silomaiserträge und Methangasausbeute im Vergleich zu Ackergras, Energiepflanzenversuch Wehnen 2008

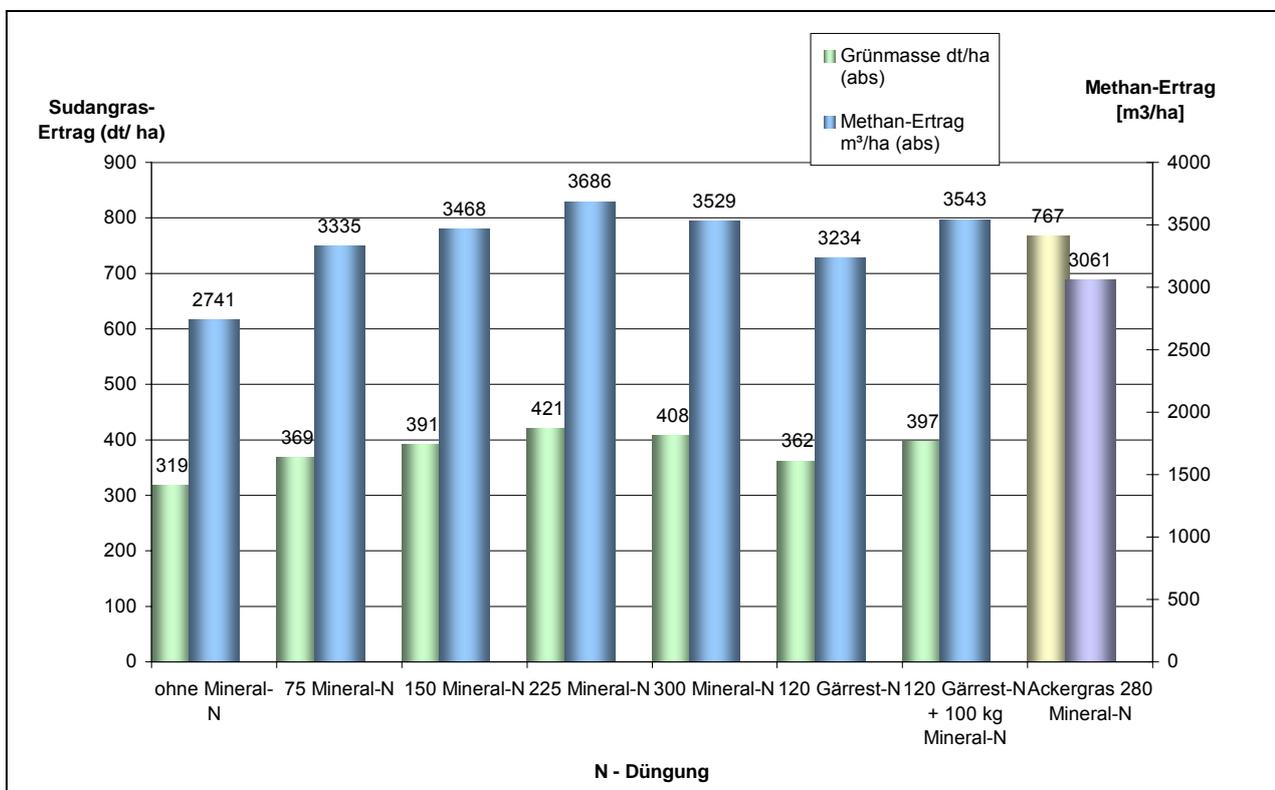


Abbildung 38: Sudangraserträge und Methangasausbeute im Vergleich zu Ackergras, Energiepflanzenversuch Wehnen 2008

Im Gegensatz zum Silomais war beim Sudangras die Berechnung des N-Optimums möglich. Abbildung 38 zeigt die Frischmasse- und Methanerträge des Sudangrases in den einzelnen Düngungsstufen im Vergleich zu Ackergras, gedüngt mit 280 kg N/ ha. Die Frischmasseerträge des Sudangrases steigen bis zu einer Düngungshöhe von 225 kg N/ ha an. Die Gärrest-Variante (120 kg N/ ha) erreicht in etwa das gleiche Ertragsniveau wie die Handelsdüngervariante von 75 kg N/ ha. Daraus ergibt sich ein Mineraldüngeräquivalent von ca. 60 %.

Die Methanerträge verdeutlichen, dass auch Sudangras bei deutlich niedrigerem N-Düngereinsatz deutlich höhere Methanausbeuten erreicht als Ackergras. Allerdings bleiben die Methanerträge nur ca. 30 % unter den Methanerträgen des Silomaises.

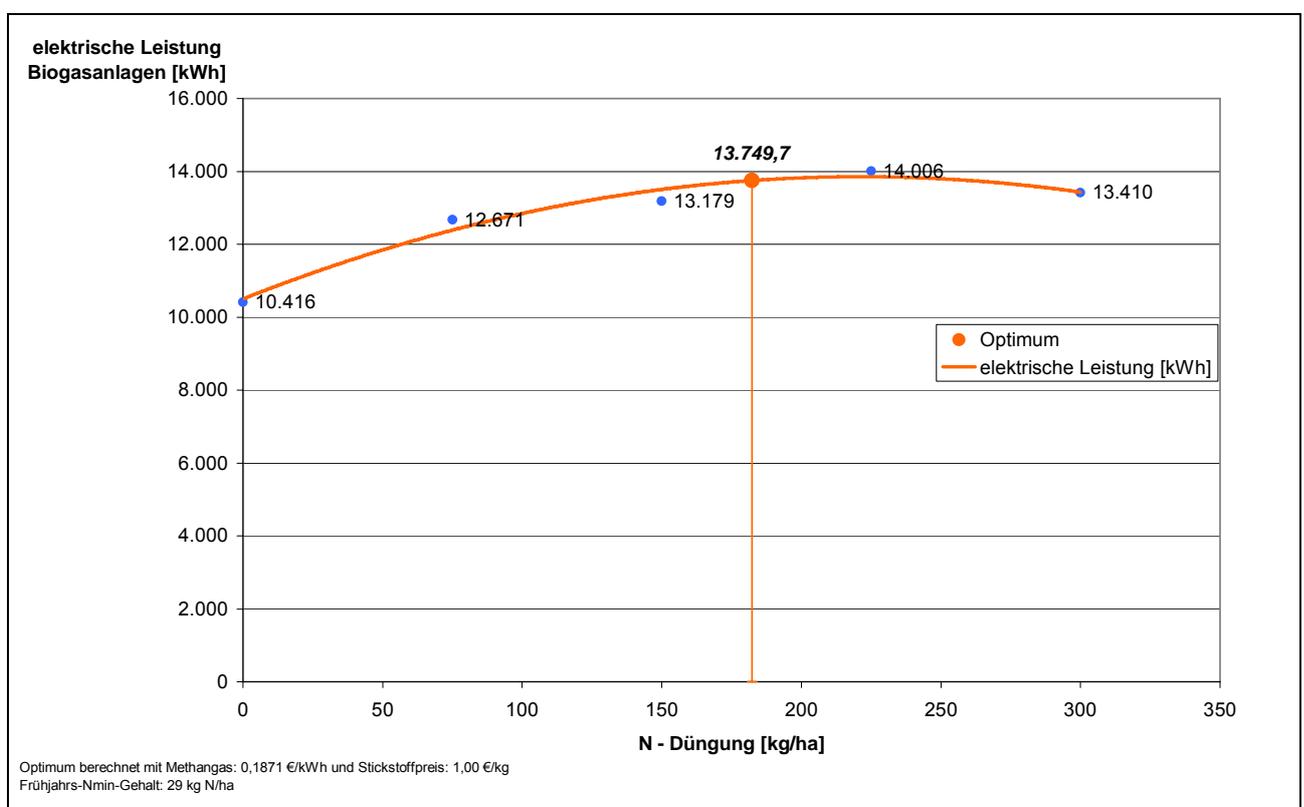


Abbildung 39: Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung aus dem Anbau von Sudangras im Rahmen der Biogaserzeugung, Energiepflanzenversuch Wehnen 2008

In Abbildung 39 wurde der Methangasertrag (siehe Abbildung 38) in elektrische Leistung umgerechnet. Hierbei wurde die kWh mit 0,1871 € bewertet und der Wirkungsgrad mit 38 % angesetzt. Somit entspricht ein m³ Methangas einer elektrischen Leistung von 3,8 kWh (1 m³ Methangas = 10 kWh = 3,8 kWh elektrische Leistung). Aufgrund des Kurvenverlaufs ergibt sich ein optimales N-Angebot von 211 kg N/ha (182 kg N/ha + 29 kg Nmin/ ha im Frühjahr).

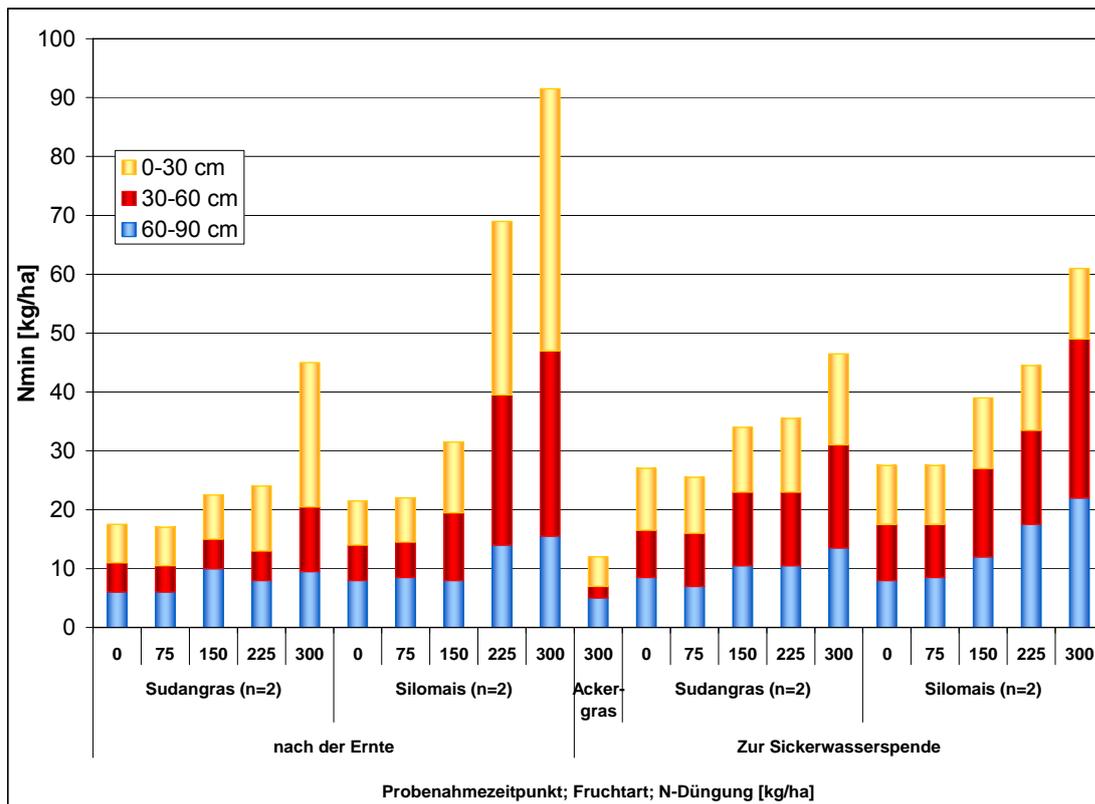


Abbildung 40: Nmin-Gehalte nach der Ernte und zur Sickerwasserspense, Energiepflanzenversuch, Wehnen 2008

In Abbildung 40 sind die Rest-Nmin-Gehalte nach der Ernte der jeweiligen Energiepflanzen dargestellt. Bei allen Früchten war ein Anstieg der Reststickstoffgehalte im Boden mit steigenden N-Gaben zu verzeichnen. Insbesondere beim Silomais führten über dem N-Optimum liegende N-Gaben zu einem deutlichen Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte. Hingegen war der Anstieg bei Sudangras weniger stark ausgeprägt. Bei einer bedarfsgerechten N-Düngung lagen bei Sudangras die Reststickstoffgehalte nach der Ernte als auch zu Beginn der Sickerwasserperiode deutlich unter 50 kg N/ha. Es bleibt abzuwarten, inwieweit sich diese für den Wasserschutz günstigen Werte in den Folgejahren wiederholen.

4.3. Zusammenfassung

Auf dem Versuchsstandort Wehnen liegen im Hinblick auf Fragen des Grundwasserschutzes jetzt einjährige Versuchsergebnisse mit dem Anbau von Energiepflanzen vor. Diese ersten Ergebnisse zeigen, dass der Mais einerseits deutlich höhere Methanerträge je ha ermöglicht als beispielsweise Sudangras oder Ackergras, im Bereich einer optimalen N-Versorgung jedoch auch höhere Rest-N-Mengen im Boden hinterlässt. Diese sind jedoch im ersten Versuchsjahr auf dem Standort Wehnen nur geringfügig höher, als bei Sudangras oder Ackergras.

5. Grundwasserschonende Anbauverfahren von Biogasfruchtfruchtfolgen am Standort Ihlow

Der vorgestellte Versuch untersucht Fruchtfolgesysteme mit Energiemais, die die Leistungsanforderungen als Gas liefernde Energiepflanze erfüllen und dabei gleichzeitig die Nitratauswaschung über Winter auf ein Minimum begrenzen.

Zur Klärung dieser Versuchsfrage wurde ein 3-jähriges Versuchsvorhaben angelegt, in denen alternative Hauptkulturen und Zweikulturfruchtfolgen im Vergleich zum mehrjährigen Maisanbau auf relevante Ertragsparameter der Biomethanerzeugung sowie auf ihre Nmin-Dynamik im Boden untersucht werden.

5.1. Versuchsaufbau

Die o. g. Versuchsfrage wird am Standort Ihlowerfehn in der Gemeinde Ihlow, 10 km südwestlich von Aurich bearbeitet. Die 1 ha große Versuchsfläche befindet sich im Wassereinzugsgebiet Emden –Tergast, Fassung Simonswolde und wird vom Landwirt Lennert Fleßner, der die Biogasanlage *Agrarenergie Ihlowerfehn GmbH & Co. KG* betreibt, bewirtschaftet. Es handelt sich um einen 1 - faktoriellen Versuch, bei dem 12 Fruchtfolgeglieder in 3-facher Wiederholung als randomisierte Blockanlage auf die jeweiligen Prüfmerkmale TM-Ertrag, Biogas- / Methanertrag, Stickstoff - Entzüge und Nmin-Werte (N-Dynamik) untersucht und verrechnet werden. Durch eine Laufzeit von 3 Jahren sollen aussagekräftige Ergebnisse der Fruchtfolgen bzw. Anbausysteme erzielt werden. Die Versuchsanlage ist so dimensioniert, dass die Bodenbearbeitung vom Landwirt mit eigenen Geräten betriebsüblich und regionalspezifisch durchgeführt werden können.

Um möglichst praxisnahe Bedingungen im Bereich der Düngung und Auswirkungen auf N-Dynamik zu untersuchen und bei einem Biogasfruchtfolge-Versuch zu realisieren, wurde Gärsubstrat eingesetzt.

Der Versuchsstandort (siehe Tabelle 15), Bodentyp Gley – Podsol, ist ein humoser Sandboden mit 7,1 % Humus. Bis zum Jahr 2004 wurde die Fläche als Grünland genutzt. Seitdem wurde diese Fläche ausschließlich für den Silomaisanbau genutzt.

Tabelle 15: Kennwerte zum Versuchsstandort Ihlowerfehn

Standort	Ihlowerfehn
Höhe über NN (m)	2,5
Bodentyp	Gley - Podsol
Bodenart	S
Humus (%)	7,1
Stickstoff N ges. (%)	0,21
Ackerzahl	32
Wetterdaten (Emden)	
mittlere Temperatur (°C)	9,98
langjährige Niederschlagssumme (mm)	889
Sommerniederschläge April – Sept. 08 (mm)	421

Die Versuchsvarianten beinhalten wie Tabelle 16 zeigen zunächst die Hauptkultur Energiemais, mit einer mittelfrühen Referenz – Sorte in der Variante 1 und einer mittelspäten Sorte der Variante 2. Im direkten Vergleich wurden zu Beginn des Versuchsvorhabens als alternative Hauptkulturen 2 verschiedene Ackergrasmischungen installiert. Während die Mischung A1 in Variante 11 nur aus Welschem Weidelgras besteht, vereint die Grasmischung A3 das Welsche -, Deutsche - und Bastard Weidelgras in der Variante 12. Sie ist speziell für den 2 -3-jährigen Anbau gedacht.

Im Zweikulturnutzungssystem bestehen die Erstkulturen in den Varianten 3 – 6 aus Grünschnittroggen und in den Varianten 7 -10 aus Hybridroggen. Orthogonal erfolgt in jedem Prüfjahr nach beiden Kulturen jeweils der Anbau von Energiemais, Sudangras und Ackergras in den Varianten 4 - 6 bzw. 8 - 10. Die Etablierung von Grasuntersaaten erfolgt gesondert als Grasuntersaat in der Zweitfrucht Mais (Versuchsglied 8) und im Versuchsglied 7 als Grasuntersaat im Hybridroggen.

Die Zweitkulturen Ackergräser erlangen im Folgejahr den Status einer Hauptfrucht.

Tabelle 16: Versuchsvarianten der Energiefruchtfolgeglieder im Versuchszeitraum 2008 – 2010, Ihlowerfehn

	Erntejahr 2008			Erntejahr 2009			Erntejahr 2010	
VG 1	Mais S 230		1	Mais S 230		1	Mais S 230	
VG 2	Mais S 280		2	Mais S 280		2	Mais S 280	
VG 3	Grünroggen	Mais S 230 + U-Saat	3	Mais S 230 mit U-Saat		3	Mais S 230 mit U-Saat	
VG 4	Grünroggen	Sudangras	4	Grünroggen	Sudangras	4	Grünroggen	Sudangras
VG 5	Grünroggen	Mais S 230	5	Grünroggen	Mais S 230	5	Grünroggen	Mais S 230
VG 6	Grünroggen	Ackergras A 1	6	A-Gras A1		6	Ackergras	Mais Clem. 230
VG 7	Roggen GPS	Gras-U-Saat	7	A-Gras A1		7	Ackergras	Mais Clem. 230
VG 8	Roggen GPS	Sudangras	8	Roggen GPS	Sudangras	8	Roggen GPS	Sudangras
VG 9	Roggen GPS	Mais S 210	9	Roggen GPS	Mais S 210	9	Roggen GPS	Mais S 210
VG 10	Roggen GPS	Ackergras A 1	10	A-Gras A1		10	Ackergras	Mais Clem. 230
VG 11	A-Gras A1		11	A-Gras A1		11	A-Gras A1	
VG 12	A-Gras A3		12	A-Gras A3		12	A-Gras A3	

5.2. Versuchsdurchführung

Die Grundboden- und Saatbettbearbeitung, die Aussaaten sowie die Ausbringung der organischen Düngemittel erfolgen überwiegend mit betriebsüblicher, moderner Technik. Hierfür sind die Versuchspartellen mit einer entsprechenden Größe von 6 mal 15 m bemessen worden. Das Gärsubstrat konnte ausschließlich mit der Schleppschauchtechnik ausgebracht werden. Die mineralische Ergänzungsdüngung wie auch die Anwendung der Pflanzenschutzmittel erfolgte ausschließlich mit Versuchstechnik der Versuchsstation Sophienhof. Die Beerntung wurde in allen Partellen als Kernbeerntung von je 10 m² vorgenommen.



Abbildung 41: Ausbringen von Gärsubstrat zum Ackergras, Ihlowerfehn 2008

Die Anbaudaten der Haupt- bzw. Erstkulturen in Tabelle 34 (s. Anhang) richten sich nach den regionalen Pflanzenbauempfehlungen sowie den Angaben des Züchters. Es sei darauf hingewiesen,

dass die Aussaat der Ackergrasmischungen der Var. 11 und 12. für den gesamten Versuchszeitraum am 13.10.2007 durchgeführt wurde. Für die Beerntung dieser Gräser waren 4 Schnitte erforderlich.

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in den Erst- und Hauptkulturen (siehe Anhang Tabelle 35) wurde in Abhängigkeit der Schaderreger bzw. des Unkrautaufkommens gemäß den Grundsätzen des Integrierten Pflanzenschutzes durchgeführt. Während beim Mais und Hybridroggen ein Herbizid- bzw. Fungizidaufwand unumgänglich ist, konnte dieser beim Grünroggen wie auch bei den Ackergräsern gänzlich entfallen.

Tabelle 17: Anbaudaten der Zweitkulturen, Ihlowerfehn, Erntejahr 2008

VG		Zweitfrucht	Saattermin	Sorte	Aussaatstärke	Ernte
3	Grünroggen	Energiemais mit U-Saat	21.05.2008	Clemente S 230	10 Pfl./m ² ; 75cm	13.10.08
4		Sudangras	21.05.2008	Lussi	75 Pfl./m ² ; 23 kg/ha, 35 cm	11.09.08
5		Energiemais	21.05.2008	Clemente S 230	10 Pfl./m ²	13.10.08
6		Ackergras A1 <i>Welsches Weidelgr.</i>	21.05.2008	Zarastro Taurus, Fabio	40 kg/ha	28.08. / 20.10.08
7	Roggen GPS	Grasuntersaat A1 in Roggen	28.04.2008	Zarastro, Taurus, Fabio	20 kg/ha	28.08. / 20.10.08
8		Sudangras	23.06.2008	Lussi	23 kg /ha	13.10.08
9		Energiemais	23.06.2008	Saludo S 210	10 Pfl./m ²	13.10.08
10		Ackergras A1 <i>Welsches Weidelgr.</i>	23.06.2008	Zarastro, Taurus, Fabio	40 kg/ha	28.08. / 20.10.08

Die Aussaattermine der Zweitkulturen in Tabelle 17 hängen unmittelbar von den jeweiligen Ernteterminen der Erstkulturen ab und bedürfen einer gewissen Zeitspanne von meist 1 Woche, die für die Ausbringung von Gärsubstrat sowie der Bodenvorbereitung nötig ist. Hinsichtlich der Energiemaissorten, die als Zweitkulturen fungieren, wurde nach der späten Roggen GPS-Ernte statt einer mittelfrühen nun die frühe Silomaissorte „Saludo“ ausgewählt, um die kürzere Vegetationszeit besser auszunutzen. Die Aussaat erfolgte zwischen Ende April und Ende Juni 2008.

Die Pflanzenschutzmaßnahmen in den Zweitkulturen sind in Tabelle 36 im Anhang dargestellt.

5.2.1. N-Düngung

Mit Ausnahme der Ackergrasvarianten wurde bei den Haupt- und Erstkulturen bei der N-Düngung die Nmin-Sollwert –Methode angewendet. Die organische N-Fraktion aus dem Gärsubstrat erreichte in der N-Zufuhr einen Anteil von etwa 50 %. Lediglich beim Ackergras lag dieser bei 1/3 der N-Düngung. Der im Februar analysierte Gärrest in Tabelle 18 weist einen Gesamt N-Gehalt von 3,9 % auf, der zu Vegetationsbeginn mit einer N-Anrechenbarkeit von 70 % und aufgrund der späteren Frühjahrstrockenheit im Mai/ Juni beim Ackergras nur noch mit 50 % angesetzt werden konnte.

Tabelle 18: Analyseergebnis des Gärrestes aus der Biogasanlage Ihlowerfehn 2008

		Analyse 2008 Analyse vom 15.02.2008
Gärrest Ihlowerfehn - Input jährlich:		5,89 % TS
¹ / ₃ Gülle		3,9 kg/m ³ N (1,5 kg /m ³ NH ₄ -N)
² / ₃ Mais		1,2 kg/m ³ P ₂ O ₅
		4,4 kg/m ³ K ₂ O

Tabelle 19: N-Düngung der Haupt- und Erstkulturen, Ihlowerfehn

Nr.	Varianten	Datum	Organische N-Düngung Gärrest		Mineralische N-Düngung in kg /ha				Nmin kg/ha	N - Zufuhr	N-Angebot (inkl. Nmin)
			cbm/ha	N* kg/ha	1	2	3	4			
1	Mais S 230	28.04.	28	65	23	50			64	138	202
2	Mais S 280	28.04.	28	65	23	50			64	138	202
3	Grünroggen	15.02.	20	55	50				49	105	154
4	Grünroggen	15.02.	20	55	50				49	105	154
5	Grünroggen	15.02.	20	55	50				49	105	154
6	Grünroggen	15.02.	20	55	50				49	105	154
7	Roggen GPS	15.02.	20	55	70				41	125	166
8	Roggen GPS	15.02.	20	55	70				41	125	166
9	Roggen GPS	15.02.	20	55	70				41	125	166
10	Roggen GPS	15.02.	20	55	70				41	125	166
11	Ackergras A 1	15.02.+15.05.	20 + 24	102	70	67	40	40	57	319	376
12	Ackergras A 3	15.02.+15.05.	20 + 24	102	70	67	40	40	57	319	376
			* N-Anrech. 70 und 50 % zur 2. Gabe wg. Trockenheit								

In der Bemessung des N-Angebotes der Varianten 1 und 2 ist mit gut 200 kg N/ha ein Sicherheitszuschlag von 20 kg enthalten, um den maximalen Biomasseertrag für Energiemais zu erzielen.

Der hohe Nährstoffanspruch bei Ackergräsern mit vier Schnittnutzungen pro Jahr, wird mit einer Gesamt-N-Düngung von knapp 320 kg/ha dokumentiert.

Die Düngung der Zweitkulturen in Tabelle 20 erfolgte zum einen nach der Maßgabe von Züchterangaben bei den Sudangras - Varianten sowie zum anderen nach Schätzwerten und vorläufigen Erfahrungswerten der Landwirtschaftskammer Niedersachsen bei ähnlichen Versuchsvorhaben.

Da die Nmin-Sollwert-Methode in Zweitkultursystemen noch nicht übertragbar ist, wird die N-Zufuhr dargestellt.

Tabelle 20: N-Düngung der Zweitkulturen, Ihlowerfehn

Erst- kultur	Variante	Datum	Organische N- Düngung Gärrest cbm/ha	N* kg/ha	Mineralische N-Düngung in kg /ha			Nmin kg/ha	N-Zufuhr
					1	2	3		
Grünroggen	3. Mais mit U-Saat	15.05.	24	66	36	54			156
	4. Sudangras	15.05.	24	66		54			120
	5. Mais	15.05.	24	66	36	54			156
	6. Ackergras	15.05.	24	66		54	40		160
Roggen GPS	7. Gras-U-Saat unter Rog.	19.06.	42	115			40		155
	8. Sudangras	19.06.	42	115					115
	9. Energiemais	19.06.	42	115	27				142
	10. Ackergras	19.06.	42	115			40		155

*Anrech. N= 70 %

5.3. Bestandesentwicklung der Fruchtfolgeglieder

5.3.1. Hauptkultur bzw. Erstkulturen

Sowohl die Ackergräser als auch die Erstkulturen Grünschnitt- und Hybridroggen konnten sich optimal über Winter zu normalen Bestandesdichten im Frühjahr entwickeln. So lagen bei letzteren Bestandesdichten von 385 bzw. 374 Ähren/ m² vor. Die züchterisch bedingte vegetative Ausprägung des Grünroggens, die ihm auch einen deutlichen Wachstumsvorsprung ermöglicht, kommt im kleineren Bild in Abbildung 42 zum Ausdruck.

Während der Kornfüllungsphase verursachte die anhaltende Trockenheit beim Hybridroggen in 3 von 12 Versuchspartellen Trockenschäden, die bei etwa 10 bis 30 % im Bereich der unteren Blattebenen bonitiert wurden. Der Befall mit *Rhynchosporium* - Blattflecken hielt sich nach Fungizidbehandlung mit 5 % in Grenzen.



Abbildung 42: Grünroggen im Vergleich zu Hybridroggen, Ihlowerfehn 2008

Der Wasserverbrauch dieser Erstkulturen war angesichts der Restfeuchte im Boden beispielsweise nach der Grünroggen - Ernte deutlich erkennbar: Die Tabelle 21 weist unter Grünroggenparzellen 5 - 6 % geringere Bodenfeuchtigkeiten aus. Hiermit erklärten sich die kritischen Auflaufbedingungen der jeweiligen Folgefrüchte.

Tabelle 21: TS-Gealte im Boden unter Grünroggen und Mais

Variante/Kultur Probenahme 20.05.2008	Tiefe	Feuchte Gew. %
Winterfurche Mais Var. 1u. 2	0-30	21,4
	30-60	24,1
nach Beernt. Grünroggen Var. 3 - 6	0-30	15,4
	30-60	19

Die Hauptkulturen Mais der Versuchsglieder 1 und 2 haben die Trockenphase im Mai augenscheinlich gut verkraftet und bildeten sich bis zur Ernte normal aus.

Die neuen Energiemaissorten zielen auf Steigerung der Gesamttrockenmasse ab.

5.3.2. Zweitkulturen

Die Aussaat der Zweitkulturen vollzog sich nach der Beerntung von Grünroggen wie bereits erwähnt unter einer nahezu regenfreien Wetterperiode von über 6 Wochen. Mit Ausnahme der Mais - Varianten wurden die Versuchspartellen Sudangras und Ackergras nach der Aussaat mit der Wiesenwalze angewalzt, um die Rückverfestigung zu verbessern. Das Ackergras lief mit Bestandeslücken auf (Abbildung 44 im Bild oben links), die noch im September nicht ganz geschlossen waren. Hingegen waren beim Mais keine und beim Sudangras nur geringfügige Bestandeslücken vorhanden.

Auch beim Roggen – GPS brachte der hohe Wasserverbrauch bis zur Ernte zunächst einen ausgetrockneten Boden beim Pflügen hervor. Doch nennenswerte Niederschläge sorgten bis zum späteren Saattermin für relativ gute Aussaatbedingungen, die sich im Auflaufbild und den Bestandesdichten der Zweitfrüchte widerspiegelte.

Dies verdeutlicht, dass der erfolgreiche Anbau von Zweitfrüchten insbesondere von Ackergräsern angesichts des Wasserverbrauchs der Erstkultur von der Niederschlagsverteilung im Sommer abhängt.



Abbildung 43: Grasuntersaaten im Zweikultursystem, Ihlowerfehn 2008

Der Einsatz von Deutschem Weidelgras als Untersaat in Roggen GPS bzw. unter Mais sollte den Nährstoffaustrag über Winter reduzieren. In der Variante 3 konnte sich die Untersaat bis zur Maisernte infolge der späteren Abreife des Mais, die mit einer starken Beschattung verbunden war, nicht ausreichend etablieren. Auch der Deckungsgrad (DG) der am 28. April 2008 eingebrachten Grasuntersaat im Roggen verblieb nach der GPS –Ernte infolge der Trockenheit zunächst nur auf ca. 20 %. Bis zum September stieg dieser schließlich auf 70 % DG an.



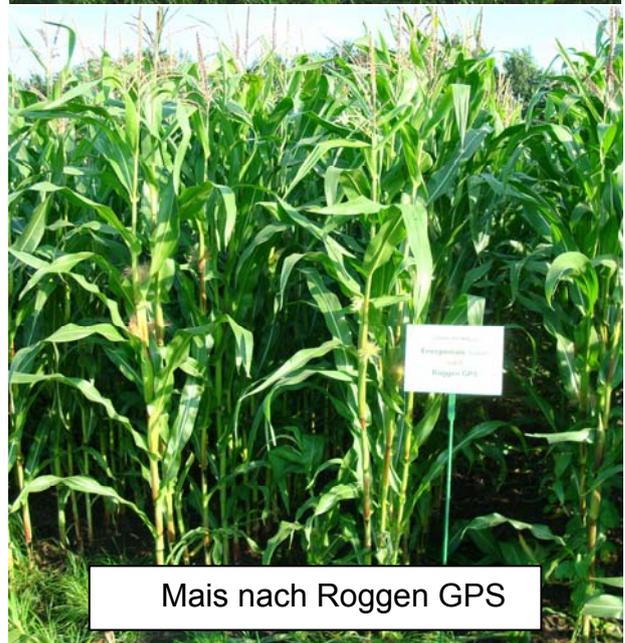
A-Gras A1 nach Grünschnittroggen



A-Gras A1 nach Roggen GPS



Mais nach Grünschnittroggen



Mais nach Roggen GPS



Sudangras nach Grünroggen



Sudangras nach Roggen GPS

Abbildung 44: Bestandesentwicklung der Zweitkulturen, Ihlowerfehn 2008

5.4. Ergebnisse

5.4.1. Trockenmasseerträge der Fruchtfolgeglieder

In der Abbildung 45 sind die Gesamttrockenmasseerträge in dt/ha aller geprüften Fruchtfolgeglieder dargestellt. Ausgehend von der Referenz – Variante 1 liegt mit 155 dt/ha für die mittelfrühe Energiemaissorte S 230 ein Ertrag vor, der gemessen am durchschnittlichen Ertrag von 205,6 dt des LSV – Silomais im Raum Wittmund, als unterdurchschnittlich einzustufen ist. Gleiches gilt auch für die mittelspäte Sorte Atletico, obwohl sie die Referenzsorte mit 9 dt/ha übertrifft.

Für einen Geeststandort liegen die Hauptkulturen Ackergräser im Versuchsglied 11 und 12 mit 177 bzw. 171 dt/ha Trockenmasse bei 4 Schnitfterminen auf einem durchschnittlichen Niveau. Im Gegensatz zur futterbaulichen Verwendung, können bei einer Biogasnutzung von Ackergräsern die ersten beiden Schnitftermine durchaus um 10 - 14 Tage verschoben werden, bei dem ein TM-Zuwachs mit einem erhöhten Rohfaseranteil in Kauf genommen werden darf.

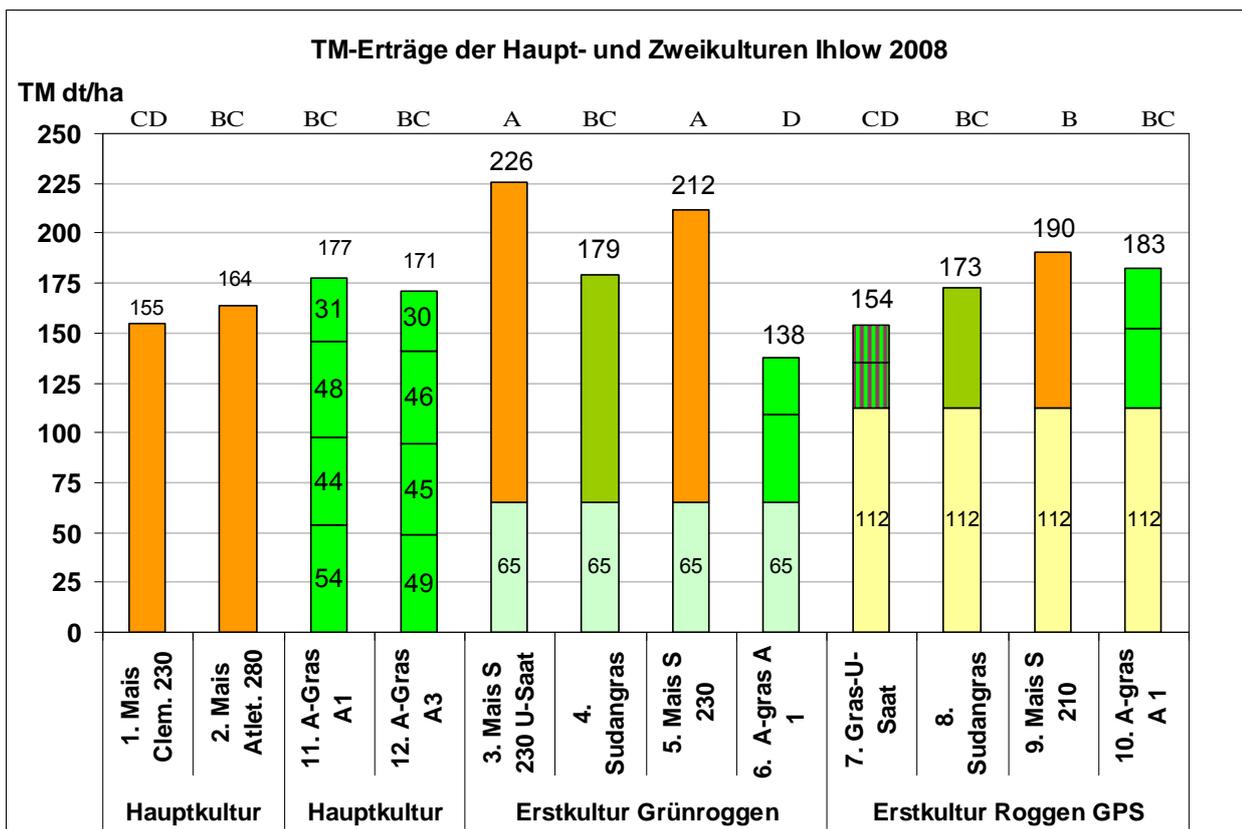


Abbildung 45: TM - Erträge der Haupt- und Zweitkulturen, Ihlowerfehn 2008

Im Zweikultursystem auf Basis von Grünschnittroggen, ließen sich signifikante Mehrererträge bei den Nachfrüchten Mais in der Variante 3 und 5 erzielen. Diese stützen sich auf 65 dt/ha Trockenmasse/ha der Erstkultur. Die spätere Aussaat führte beim Mais zu keinen Mindererträgen. Im direkten

Vergleich dazu ist die Kombination mit Ackergras in der Variante 6 signifikant niedriger und zugleich mit 138 dt/ha TM die niedrigste aller Versuchsglieder.

Die gegenüber Grünroggen spätere Ernte des Hybridroggens erbrachte mit 112 dt/ha zunächst einen Ertragsvorsprung von 47 dt/ha. Die jeweilige Kombination der Zweitkulturen erzielte verglichen mit der Referenz –Variante 1 nahezu gleich hohe Werte; allerdings konnte deren Ertragspotential aufgrund der verkürzten Vegetationszeit nach Roggen GPS nicht mehr ausgeschöpft werden.

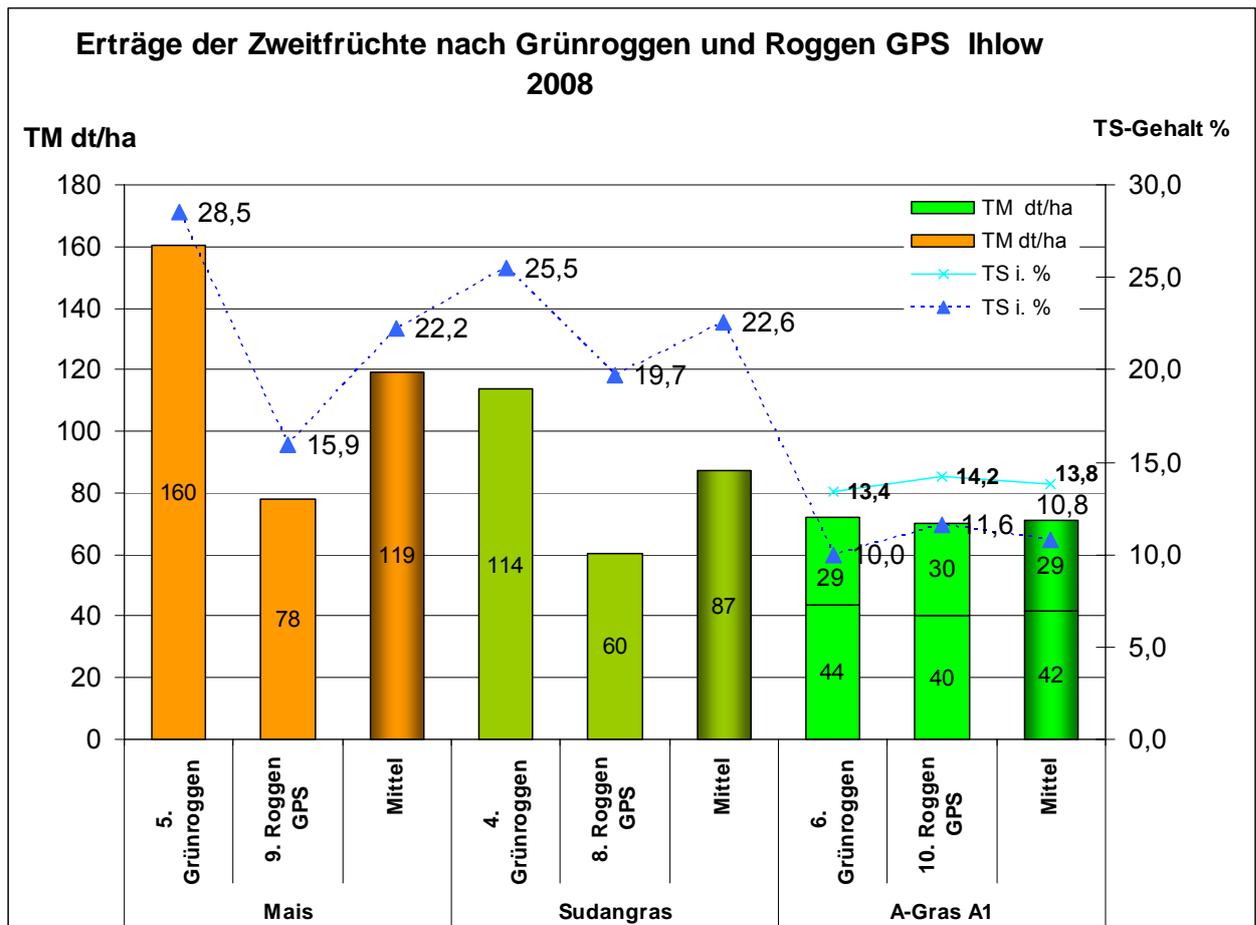


Abbildung 46: TM- Erträge der Zweitfrüchte in Abhängigkeit der Erstkultur, Ihlowerfehn 2008

Die Abbildung 46 veranschaulicht die TM-Erträge der Zweitkulturen Mais, Sudangras und Ackergras auf Basis der Erstkultur Grünschnittroggen und Hybridroggen. Bezogen auf den jeweiligen Mittelwert wird die ertragliche Überlegenheit beim Mais erkennbar. In der Differenzierung der Erstkulturen ließen sich nach Grünroggen wie erwartet wesentlich höherer TM-Erträge realisieren als nach Hybridroggen. Somit hängt die Minderung des Ertragspotentials von der verbleibenden Vegetationszeit im Sommer ab, die nach der Roggen – GPS – Ernte nur noch kurz ist. Ferner konnte anhand der TS-Gehalte nachgewiesen werden, dass eine sichere Abreife bzw. Silierfähigkeit von

Mais und Sudangras mit TS-Gehalten von 16 bzw. 19 % nach der Roggen – GPS - Ernte nicht gewährleistet ist. Auch die TS-Entwicklung in der unteren Abbildung 47 zeigt die mangelnden TS-Zunahmen von Mais und Sudangras bei verspäteter Aussaat, die nicht mehr im Herbst aufzuholen waren. Im Zweikulturnutzungssystem basierend auf Roggen - GPS dürfte daher das Ackergras trotz des Ansaatrisikos als Zweitfrucht einen gewissen Stellenwert bekommen.

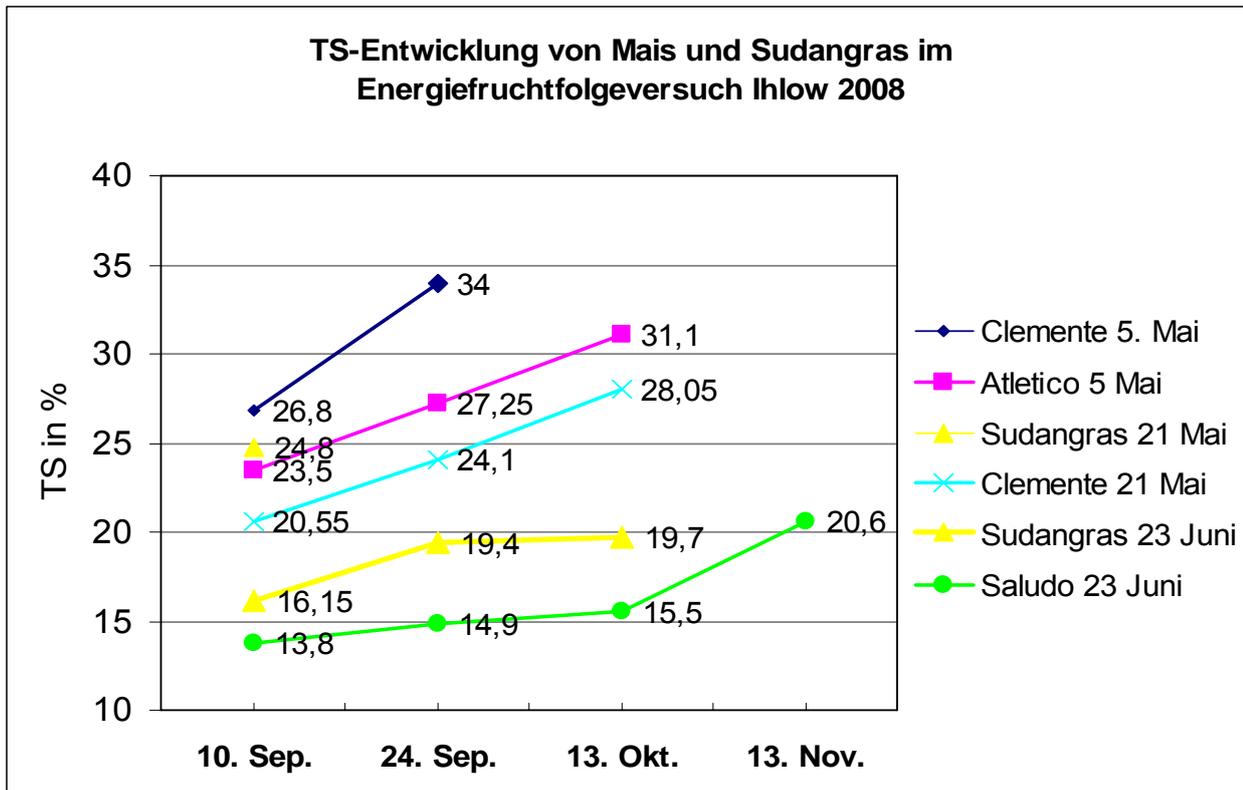


Abbildung 47: Trockensubstanz – Entwicklungen bei Mais und Sudangras, Ihlowerfehn 2008

5.4.2. Methanerträge der Fruchtfolgeglieder

Die Methanleistung der Fruchtfolgeglieder wird in der Abbildung 48 dargestellt.

Diese wurden durch eine Formel aus der Weender – Analyse durch die LUFA Nord –West in Oldenburg berechnet. Danach verlaufen die Methanausbeuten der Versuchsglieder nahezu analog zu den Gesamttrockenmasseerträgen. Dementsprechend liegen die höchsten Methanausbeuten wiederum bei den Zweitfrüchten Mais in der Kombination mit Grünschnittroggen. Statistisch liegen die Ausbeuten im ersten Versuchsjahr beim Zweikultursystem mit Sudangras auf ähnlich hohem Niveau wie die Hauptfruchtvarianten Mais, die 4417 bzw. 4615 m³ erzielen. Dies gilt für das Ackergras vorerst nur im System Roggen GPS, selbst dann, wenn diese als Grasuntersaat angelegt wurde.

Angesichts der Hauptkulturen waren bei vergleichbarer Methanausbeute bei den Ackergräsern immerhin 4 Ernten notwendig.

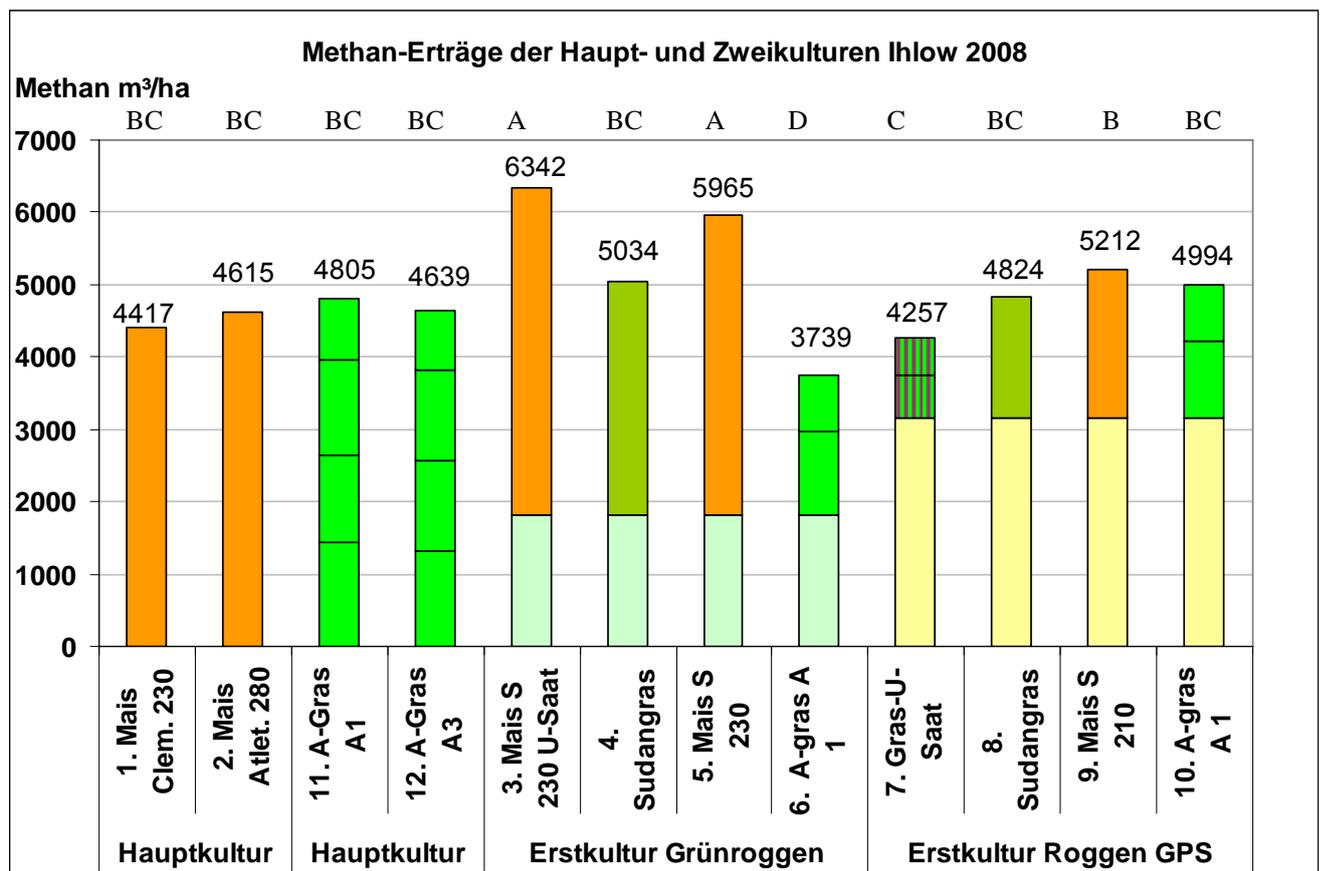


Abbildung 48: Methanerträge der Haupt- und Zweikulturen, Ihlowerfehn 2008

5.4.3. Stickstoffbilanzen der Fruchtfolgeglieder

Die Berechnung und Darstellung der N-Salden, die aus der N-Zufuhr und N-Abfuhr resultiert, sind Anhaltspunkte für eine bedarfsgerechte Stickstoffdüngung. Die nachfolgende Abbildung 49 bildet im unteren Bereich die Gesamt – N - Zufuhren und Stickstoffentzüge aller Versuchsglieder ab. Dabei sind diese bei den Zweikultursystemen jeweils summiert worden, so dass ein Gesamtsaldo gebildet wurde. Sowohl bei den Hauptkulturen als auch im Zweikultursystem mit Grünroggen sind negative Salden zu konstatieren. Den hohen N-Zufuhren bei den Ackergräsern in den Varianten 11 und 12 stehen noch höhere Entzugsleistungen gegenüber, die somit ein negatives Saldo von bis zu 60 kg/ha entstehen lassen.

Der Zweitfruchtanbau nach Roggen –GPS konnte sein Ertragspotential aufgrund der verringerten Vegetationszeit nicht gänzlich ausschöpfen, entsprechend wurden z. T. hohe positive Salden hinterlassen. Besonders ausgeprägt ist der N-Überhang bei der Grasuntersaat von 120 kg/ha.

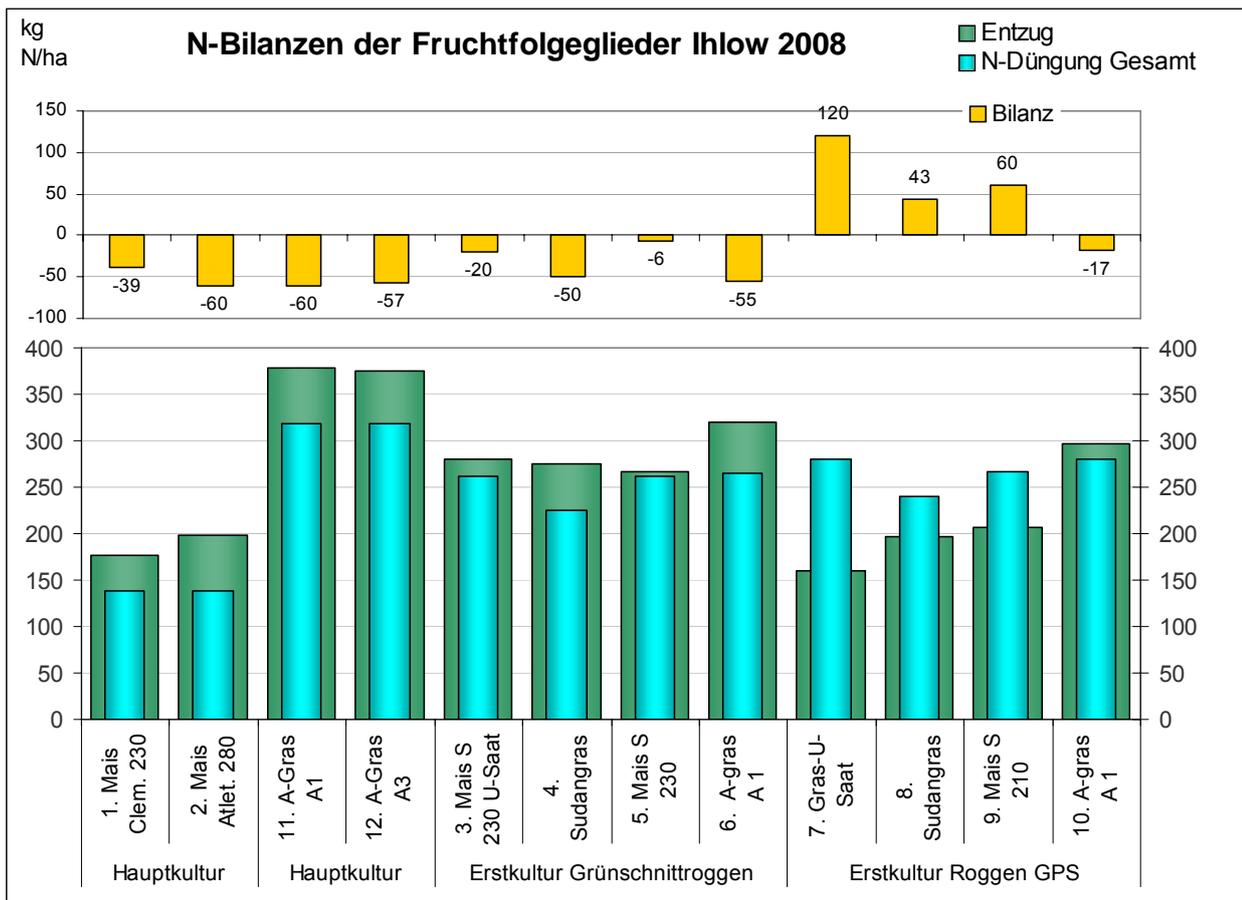


Abbildung 49: N-Bilanzen der Fruchtfolgeglieder, Ihlowerfehn 2008

5.4.4. Nmin-Ergebnisse der Fruchtfolgeglieder

Die Nmin-Reste wurden nach dem jeweils letzten Erntetermin der Hauptkulturen bzw. der Zweitfrüchte Ende September / Anfang Oktober ermittelt. Um die Wirksamkeit der Fruchtfolgeglieder auf die Nmin-Gehalte im Boden zu Beginn der Sickerwasserperiode zu untersuchen, wurden Nmin-Proben am 21.11.2008 gezogen. Auch diese Ergebnisse wurden in der Abbildung 50 jeweils vorgestellt.

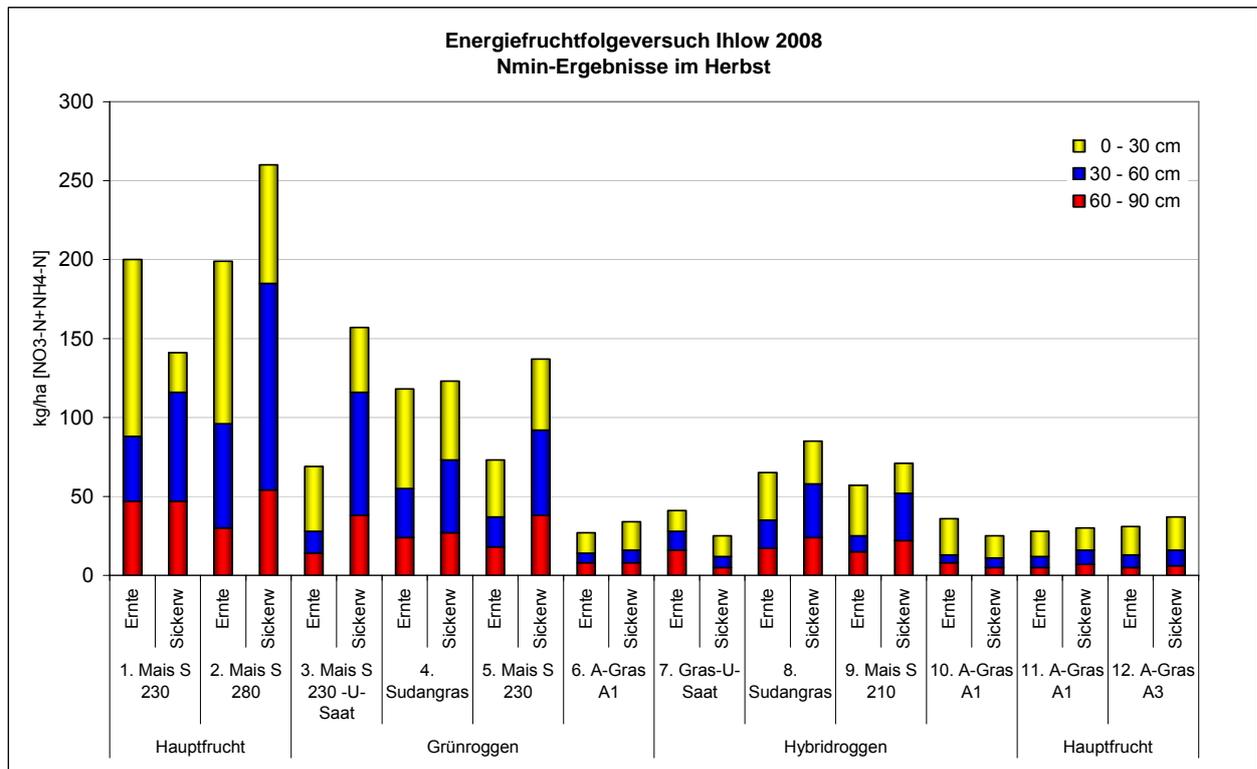


Abbildung 50: Nmin-Ergebnisse der Fruchtfolgeglieder im Herbst, Ihlowerfehn 2008

Die Nmin-Untersuchungen weisen für die Hauptkulturen Energiemais sehr hohe Werte von über 200 kg/ha nach der Ernte aus. Zur Sickerwasserbildung steigen diese bei der mittelspäten Sorte sogar noch weiter an. Das Niveau bei den Zweitkulturen nach Grünroggen liegt bei Mais zwar niedriger, jedoch weiterhin über 100 kg Nmin/ha. Ein Einfluss der Grasuntermischaart ist hierbei wegen der mangelnden Ausbildung der Gräser unter dem Mais nicht gegeben. Trotz der positiven N-Salden liegen die Nmin-Werte der Zweitkulturen Mais und Sudangras im Anbausystem Roggen GPS bei annähernd moderaten 85 bzw. 71 kg/ha.

Der Anbau von Ackergräsern im Haupt- oder Zweikulturanbau verzeichnet die geringsten Nmin-Werte im Herbst. Die Nmin-Werte liegen deutlich unter 50 kg/ha und sind im Bereich von 30 – 40 kg/ha angesiedelt. Damit wird ein erstrebenswertes Niveau erzielt und somit erweist sich der Ackergrasanbau, der einen relativ hohen Nährstoffanspruch hat, als effiziente Maßnahme zur Minimierung von Nmin-Gehalten vor Beginn der Sickerwasserperiode.

Zwischen den positiven N-Salden und den Nmin-Ergebnissen besteht bei den Ackergrasvarianten im Zweikultursystem offensichtlich keine Beziehung. Dies wird auch in der Variante 7 deutlich, in der die Grasuntersaat nach Roggen GPS ein Gesamt - N- Saldo von über 120 kg/ha verursacht, jedoch einen Nmin-Rest von nur 41 kg/ha erzielt.

Die guten Nmin-Ergebnisse bei den Ackergrasvarianten sind bekanntlich auf eine lange und aktive Vegetationszeit mit kontinuierlichen N-Aufnahmen bis in den Spätherbst zurückzuführen. Es ist davon auszugehen, dass ein wesentlicher Anteil der Nmin-Gehalte im Boden als Residualstickstoff gebunden wird.

Hinsichtlich der Verringerung der Nmin-Reste kommt dem Ackergras als Hauptfrucht oder im Zweikultursystem vor allem mit Roggen eine herausragende Funktion in der grundwasserschonenden Bewirtschaftung zu.

Im Gegensatz dazu scheint der Mais als Hauptfrucht nicht in der Lage zu sein, die hohen N-Mineralisierungen des humosen (7,1 % Humus) Standorts größtenteils aufzunehmen. Aus diesem Grunde wird in der künftigen Düngebemessung der Referenz-Variante ein Ertragszuschlag entfallen. Stattdessen wird der Nmin-Sollwert entsprechend nach unten korrigiert.

Die C4-Pflanzen wie Mais und Sudangras erlangten besonders im Zweikultursystem mit Roggen GPS relativ niedrige Nmin-Werte. Die Ursache hierfür dürfte bei Zweitkulturen in einer Verschiebung der Nährstoffaufnahme zur Hauptmassebildung in den Spätsommermonaten liegen, da das Abreifeverhalten, wie oben beschrieben, gegenüber früheren Saatterminen erst entsprechend spät einsetzt.

5.5. Zusammenfassung

Auf dem Versuchsstandort Ihlowerfehn wurde ein 3-Jähriges Versuchsvorhaben angelegt, in dem alternative Hauptkulturen und Zweikulturfruchtfolgen im Vergleich zum mehrjährigen Maisanbau auf relevante Ertragsparameter der Biomethanerzeugung sowie auf ihre Nmin-Dynamik im Boden untersucht werden.

Hauptkultur Mais

Die TM-Erträge der Hauptfrucht Mais dürften mit 155 bzw. 164 dt/ha ihr Potential gemessen am regionalem LSV Silomais in Borgholt (WTM) nicht gänzlich ausgeschöpft haben. Es lagen trotz negativer Salden stark überhöhte Nmin-Werte im Herbst vor.

Hauptkultur Ackergras

Bei den Ackergräsern lagen bei einer viermaligen Schnittnutzung TM - Erträge von 177 bis 171 dt/ha und Methanausbeuten von 4600 bis 4800 m³/ha im 1. Hauptfruchtjahr vor. Sie lagen in den Ertragsleistungen damit statistisch gesehen auf gleicher Stufe wie die Referenzfrucht Mais. Gegenüber dem Mais war hierfür eine wesentlich höhere N-Zufuhr erforderlich. Bei negativen N-Salden wurden im Hauptanbau geringe N_{min}-Werte von unterhalb von 50 kg N/ha erzielt.

Zweikulturnutzung

Die Erstkulturen Grünschnittroggen und Roggen-GPS erreichten durchschnittliche Trockenmasseerträge von 65 bzw. 112 dt/ha und erfüllten die Ertragerwartungen. Die Auflaufbedingungen der Zweitfrucht waren hinsichtlich der anhaltenden Trockenheit und durch den Wasserverbrauch der Erstkultur zeitweise kritisch.

Die TM-Erträge der Zweikulturen Mais, Sudangras und Ackergras auf Basis der Erstkultur Grünschnittroggen und Hybridroggen weisen eine ertragliche Überlegenheit beim Mais auf.

Im Zweikultursystem, ließen daher sich im 1. Versuchsjahr signifikante Mehrerträge hinsichtlich der Gesamttrockenmasse und Methanerträge pro ha nur bei der Zweitkultur Mais erzielen. Hingegen war im Fruchtfolgepaar Grünroggen - Ackergras ein gesicherter Minderertrag bei beiden Kriterien nachzuweisen, während diese beim Roggen-GPS nicht gegeben war.

Das N_{min} - Niveau bei den Zweikulturen nach Grünroggen liegt bei Mais zwar niedriger, jedoch weiterhin über 100 kg N_{min}/ha. Ein Einfluss der Grasuntersaat ist hierbei wegen der mangelnden Ausbildung der Gräser unter dem Mais nicht gegeben.

Der Anbau von Sudangras hatte in Verbindung mit der jeweiligen Erstkultur zu keinen gesicherten Ertragsunterschieden bezüglich der Trockenmasse und Methan gegenüber der Mais Referenzvariante 1 geführt.

Es muss jedoch zur Kenntnis genommen werden, dass eine sichere Abreife bei Mais und Sudangras im Anbausystem mit Roggen GPS aufgrund der späteren Abreife nicht gewährleistet war. Für die praktische Nutzung dürfte dieses zu einem Ausschlusskriterium führen.

Obwohl die Grasuntersaat nach Roggen GPS ein Gesamt - N - Saldo von über 120 kg/ha verursacht, war dieses Versuchsglied in der Lage den N_{min}-Rest auf nur 41 kg/ha zu reduzieren.

Hinsichtlich der N_{min}-Reste und der Methanleistungen pro ha können die Ackergräser nach den vorläufigen Erkenntnissen, als Hauptfrucht oder im Zweikultursystem vor allem mit Roggen eine Schlüsselfunktion in der grundwasserschonenden Bewirtschaftung einnehmen.

6. Auswirkung verschiedener Stickstoffdüngungssysteme und Fruchtfolgen auf Pflanzenwachstum, Stickstoffsalden und Nmin-Werte im Herbst, Dauerversuche Standorte Liebenau und Hohenzethen

6.1. Standortbeschreibung

Die oben beschriebene Versuchsfrage wird seit 1995 auf den beiden Standorten Liebenau im Landkreis Nienburg und Hohenzethen im Landkreis Uelzen als randomisiert angelegter Kleinparzellenversuch bearbeitet (Abbildung 51).

Beide Standorte liegen in Wasserschutzgebieten, und sind als Sandböden durch eine z.T. hohe Austragsgefährdung gekennzeichnet. Die Versuche werden durch die Zusatzberater begleitet und als Informationsbasis für den Wissenstransfer an die ortsansässigen Landwirte und andere Berater genutzt (Abbildung 52).

Die Tabelle 22 beschreibt die wesentlichen Boden- und Klimakennwerte der Versuchstandorte. Hohenzethen ist außerdem ein Beregnungsstandort.

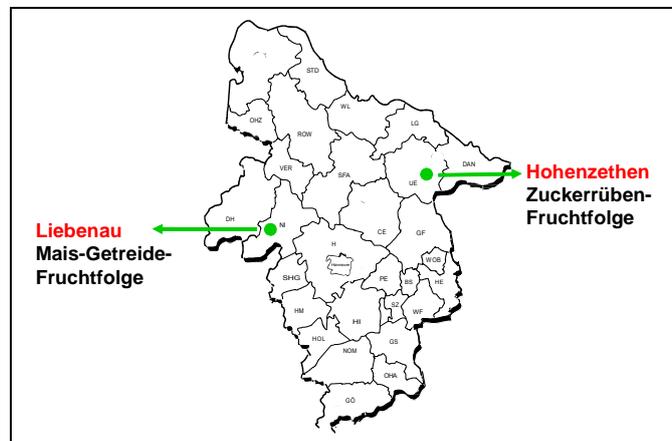


Abbildung 51: Lage der Versuchsstandorte



Abbildung 52: Feldführung

Tabelle 22: Boden- und Klimakennwerte der Versuchsstandorte

Standorte	Liebenau	Hohenzethen
Höhe über NN (m)	47	60
Bodentyp	Podsol-Pseudogley	Braunerde
geologische Herkunft	Diluvium	Diluvium
Bodenart	IS	S
Ackerzahl	28	25
mittl. Temperatur °C	8,9	8,6
langj. Niederschlagssumme (mm)	680	615
Sommerniederschläge April – Sept. (mm)	360	330

6.2. Versuchsfaktoren

6.2.1. Fruchtfolge, N-Düngermenge und N-Düngungssysteme

Bis 2007 wurden je eine konventionelle und eine nitratkonservierende Fruchtfolge, kombiniert mit unterschiedlichen Düngungsstufen auf der Basis der N_{\min} -Sollwert-Düngung und verschiedenen Düngungssystemen geprüft. Die konventionellen Fruchtfolgen orientieren sich an den regionaltypisch angebauten Kulturen, die nitratkonservierenden Fruchtfolgen wurden um Zwischenfrüchte bzw. Untersaaten erweitert (Tabelle 23). Ab 2008 wurde die konservierende Fruchtfolge durch eine Fruchtfolge mit Bioenergiepflanzen abgelöst.

6.2.2. Fruchtfolgen in Liebenau und Hohenzethen

Die Tabelle 23 gibt einen Überblick über die Fruchtfolgerotationen von 1995 bis 2006 und dann folgend die Umstellungen auf die Bioenergiepflanzenfruchtfolgen. Ab 2009 werden dann wieder durchgehende Fruchtfolgerotationen geprüft.

Tabelle 23: Fruchtfolgen Standorte Liebenau und Hohenzethen

1995 bis 2007 Vergleich einer konventionellen mit einer konservierenden Fruchtfolge

Jahr	Liebenau		Hohenzethen	
	konventionell	konservierend	konventionell	konservierend
1995	Silomais	Silomais + Untersaat Gras	Zuckerrübe	Zuckerrübe
1996	Silomais	Silomais + Untersaat Gras	Braugerste	Braugerste + Zwischenfrucht Senf
1997	Winterroggen	Sommergerste	Kartoffel	Kartoffel
1998	Winterroggen	Winterroggen + Zwischenfrucht Senf	Winterroggen *	Brache *
Wiederholung der Fruchtfolgen in den Zeiträumen 1999 – 2002 und 2003 – 2006 und 2007 * in 2006 Anbau von Silomais statt Winterroggen bzw. Brache; in der konservierenden Fruchtfolge mit nachfolgender Zwischenfrucht Senf				

2008 Ablösung der konservierenden Fruchtfolge durch eine Bioenergiepflanzenfruchtfolge

Jahr	Liebenau		Hohenzethen	
	konventionell	Bioenergiepflanzenanbau	konventionell	Bioenergiepflanzenanbau
2008	Silomais	Silomais	Zuckerrüben	Zuckerrüben

Im Versuchsjahr 2008 wurden die Fruchtfolgen modifiziert mit dem Schwerpunkt auf Energiepflanzenenerzeugung. Hintergrund war, den Energiepflanzenanbau für die Beratung aus Sicht des Grundwasserschutzes zu bewerten. Für die statistische Auswertung können daher die bisherigen 3

Fruchtfolgezeiträume (1995 – 1998, 1999 – 2002, 2003 – 2006) betrachtet und den modifizierten Fruchtfolgen gegenübergestellt werden.

Auf dem durch intensive Viehhaltung geprägten Standort Liebenau rotierten die Kulturen Silomais und Winterroggen. Durch die Änderung in Bioenergiepflanzenanbau wurde die konservierende Fruchtfolge 2008 und 2009 zunächst auf den alleinigen Anbau von Silomais umgestellt. Die weitere Planung der Fruchtfolge wird derzeit mit dem Betrieb besprochen. Die Minimierung der Nitrat- auswaschung soll dabei wie bisher im Vordergrund stehen. Dies könnte durch einen Zweitfrucht- anbau in Form von Untersaaten im Mais wie bisher oder durch den Anbau von Grünschnittroggen gewährleistet werden.

In Hohenzethen orientierte sich die Fruchtfolge bisher am regional starken Hackfruchtanbau. Die Nitratkonservierung über Zwischenfrüchte schloss sich dann i.d.R. nach Getreide bzw. nach früh gerodeten Kartoffeln an. 2006 wurde die Brache durch Silomais ersetzt, da der Betrieb durch die Inbetriebnahme einer Biogasanlage Mais benötigte. Somit ist nur noch die Kartoffel als Hackfrucht in der Rotation enthalten, die Zuckerrüben werden dann durch Silomais ersetzt.

Im Umstellungsjahr 2008 wurden die Fruchtfolgen auf beiden Standorten übergangsweise ohne konservierende Maßnahmen gefahren. Ab 2009 werden, wie bisher üblich, konservierende Maß- nahmen soweit anbautechnisch möglich, umgesetzt. Bei der Ergebnisdarstellung und der Diskus- sion wird die Beschreibung der Bioenergiepflanzenfruchtfolge aus Übersichtlichkeit als ‚konservie- rend‘ beibehalten

6.2.3. Stickstoffdüngung

Stickstoffdüngermenge und Düngesysteme

Inwieweit die Reduzierung der N-Düngung Auswirkungen auf die Erträge hat und gleichzeitig die N-Dynamik im Boden beeinflusst, soll in diesen Versuchen untersucht werden. Auf der Basis der N_{\min} -Sollwert-Düngung wurde zu Beginn der Vegetation die Referenzdüngermenge festgelegt (pflanzenspezifischer Sollwert – der verfügbaren Stickstoffmenge im Boden zu Beginn der Vegeta- tion).

Der Sollwert in der konventionellen Fruchtfolge wurde 2008 in **Liebenau** wie in den Vorjahren bei Mais mit 140 kg N/ha angesetzt, also wegen der erhöhten N-Nachlieferung in Folge langjähriger organischer Düngung um 40 kg N/ha niedriger im Vergleich zum Richtwert von 180 kg. In der frü- heren konservierenden bzw. in der heutigen Bioenergiepflanzenfruchtfolge wurde aufgrund der zu erwartenden höheren N-Nachlieferung aus der eingearbeiteten Grünmasse der Sollwert zusätzlich um etwa 20 kg N/ha nach unten korrigiert. Die gedüngten Stickstoffmengen beinhalten jeweils 18 kg N aus 1 dt Unterfußdüngung mit Diammonphosphat.

In Liebenau folgte 2007 keine Untersaat nach dem Silomais. Dennoch wurde die Düngermenge in der konservierenden Fruchtfolge für den Silomais 2008 aufgrund des **langjährigen** Zwischenfrucht- bzw. Untersaatenanbaus reduziert.

Der Nmin-Wert (0 bis 60 cm) im Frühjahr 2008 betrug 20 kg/ha, so dass in der Sollwert-Variante insgesamt 120 kg N/ha gedüngt wurden. In den anderen Varianten gab es die entsprechenden Zu- bzw. Abschläge. In Variante 7 „Bilanzmethode“ wurden 140 kg N/ha verabreicht.

In Hohenzethen gilt für Zuckerrüben der Sollwert 180 kg N/ha. Der Nmin-Wert im Frühjahr betrug 10 kg, so dass die Düngung 170 kg N/ha betrug. Bei den anderen Varianten wurden die entsprechenden Zu- bzw. Abschläge vorgenommen. Bei der Bilanzmethode wurden 160 kg N/ha gedüngt. In der konservierenden Fruchtfolge erfolgte aufgrund der vorhergehenden Gründüngung mit Gelbsenf ein Abzug von 30 kg N/ha.

Neben der Staffelung der N-Düngermengen wurde der Einfluss verschiedenen Düngungssysteme und die Kombination organischer mit mineralischer Düngung untersucht. Die Düngungssysteme unterscheiden sich durch die Bemessung der Düngermengen, die Düngungstermine und die Düngerformen (Tabelle 24).

Tabelle 24: Düngermengen und Düngungssysteme (Systemvarianten)

Var.	Fruchtfolge Liebenau	Fruchtfolge Hohenzethen
	Staffelung der Düngermengen auf Basis der Sollwertdüngung	
1	ohne N (Nmin)	ohne N (Nmin)
2	Sollwert – 40 %	Sollwert – 40 %
3	Sollwert – 20 %	Sollwert – 20 %
4	Sollwert	Sollwert
5	Sollwert + 30 %	Sollwert + 30 %

Var.	Fruchtfolge Liebenau	Fruchtfolge Hohenzethen
	Prüfung folgender Düngungssysteme (Basis Sollwert-Düngermenge)	
6	N - Sollwertdüngung mit ENTEC	N - Sollwertdüngung Cultan-Verfahren
7	Bilanzmethode = N-Düngebedarf am Ertrag orientiert	Bilanzmethode = N-Düngebedarf am Ertrag orientiert
8	N – Sollwertdüngung mit anteiliger Gölledüngung	--
9	N - Sollwertdüngung mit anteiliger Düngung mit Gärresten aus der Biogasgewinnung	--
10	N – Sollwertdüngung mit anteiliger Gölledüngung und Piadin (N-Stabil.)	N - Sollwertdüngung mit anteiliger Düngung mit Gärresten aus der Biogasgewinnung

In den Varianten mit anteiliger Gülledüngung (Liebenau, Var. 8 + 10) richtete sich die auszubringende Güllemenge nach dem P- und K-Bedarf der Pflanzen (= Gehaltssklassen C). Der Stickstoff der Rindergülle wurde zu 70 % angerechnet. Die restliche N-Düngung erfolgte mit Mineraldüngern. Das Gesamt-Stickstoffangebot entsprach der Sollwert-Variante (rein mineralisch). Dieses Düngesystem wird auf dem Standort Liebenau geprüft, seit 2006 auch der Einsatz von Gärresten (Var. 9). In Hohenzethen wurde die Güllevariante auch ab 2006 durch eine entsprechende Variante mit Gärresten aus der Biogasanlage ersetzt (Var. 10), zusätzlich ist die Düngung mit dem Cultan-Verfahren (Var. 6) als Prüffaktor aufgenommen worden.

6.2.4. Weitere Angaben zum Versuch

Nitratuntersuchungen

Die Bodenproben für die Nitratuntersuchungen wurden zur Aussaat, nach der Ernte und danach im Zeitraum der Grundwasserneubildung jeweils nach 90 mm Niederschlag über eine Beprobungstiefe von 0 – 90 cm gezogen. Im Bericht werden die Frühjahrs- und Herbst Nmin-Werte dokumentiert.

Pflanzenschutz

Die erforderlichen Pflanzenschutzmaßnahmen wurden durch die Betriebsleiter nach Absprache mit den Versuchstechnikern über alle Versuchsvarianten gleich durchgeführt.

Witterung 2008

Im Anhang sind für die beiden Versuchsstandorte die Witterungsverläufe für 2008 dargestellt. Im Vergleich dazu wurden die Monatsmittelwerte für Niederschlag und Temperatur abgebildet, für Liebenau der Zeitraum 1995 – 2008 und für Hohenzethen der Zeitraum 2001 – 2008. Die Daten aus Hohenzethen wurden uns freundlicherweise vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) aus der dort unterhaltenen Wetterstation an der Lysimeteranlage überlassen.

6.3. Ergebnisse Standort Liebenau

6.3.1. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung

Zum besseren Verständnis werden die Ergebnisse in unterschiedlicher Form dargestellt. Zum einen werden beide Fruchtfolgen insgesamt verglichen. Zum anderen werden einzelne Varianten beider Fruchtfolgen verglichen. Auch bei den Mittelwerten des Gesamtversuchs werden überwiegend beide Fruchtfolgen gemeinsam abgebildet.

Wirkung auf die Erträge der konventionellen Fruchtfolge

Die Abbildung 53 zeigt die Relativerträge von Silomais aus dem Jahr 2008 über alle Varianten.

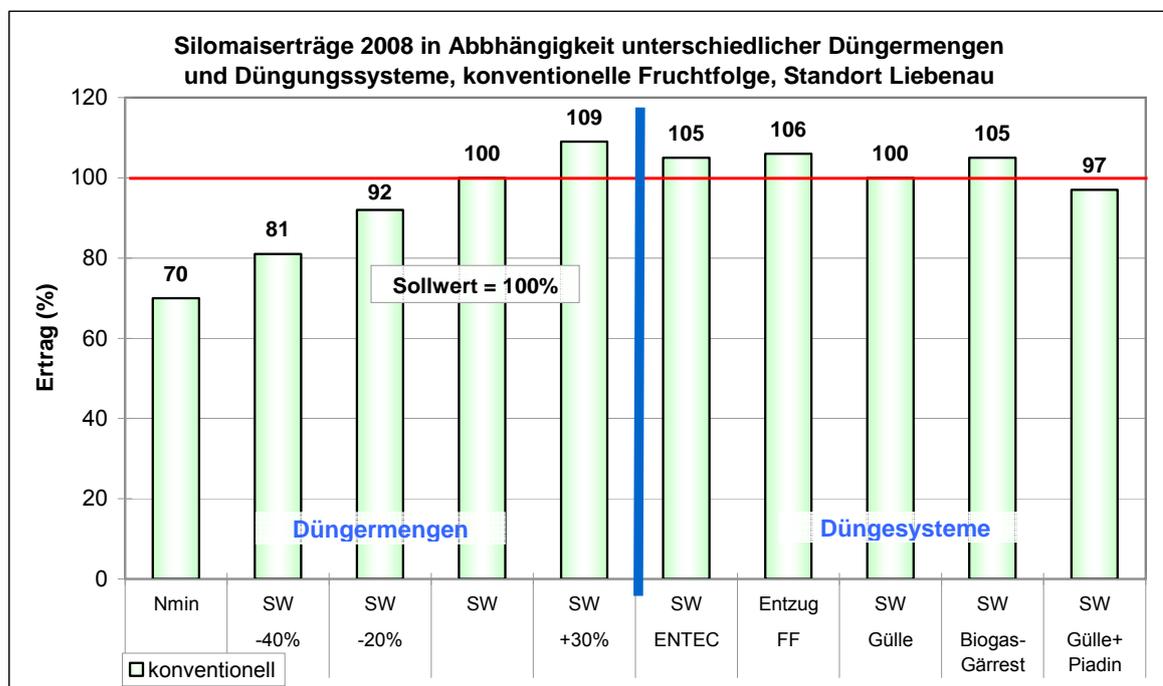


Abbildung 53: Silomaiserträge 2008, Vergleich Düngermengen und Düngesysteme, konventionelle Fruchtfolge, Standort Liebenau

Das Jahr 2008 war in den Monaten Mai und Juni durch starke Trockenheit gekennzeichnet. Die Pflanzen entwickelten sich zunächst eher schlecht, dagegen war der Kolbenansatz gut, da bis zur vollständigen Ausbildung des Kolbens auch genügend Niederschläge gefallen waren. Insgesamt wurde 2008 nur ein geringes Ertragsniveau von 350 dt Frischmasse pro Hektar in der Sollwertvariante erreicht.

Prozentual gesehen nahmen die Erträge mit steigender Düngermenge (Sollwert konventionell = 100%) kontinuierlich zu und zwar in diesem Jahr bis zur Variante Sollwert + 30%. Diese Ertragssteigerung von 9% war mit einer Grenzdifferenz von 6,4 statisch abgesichert. Dieser Mehrertrag in der SW + 30% kann für 2008 folgendermaßen begründet werden:

Die Ertragswirksamkeit des Düngers war 2008 durch die Trockenheit so stark beeinflusst, dass das nach Sollwertdüngung vorgenommene Mehrangebot in der SW +30% noch einen Ertragszuwachs verursachte. Da aufgrund der Trockenheit im Boden das verabreichte N-Angebot nicht ausgenutzt werden konnte und eine entsprechende N-Nachlieferung ebenfalls nicht stattfand, ist davon auszugehen, dass das N-Angebot 2008 zu niedrig lag.

Die seit Versuchsbeginn umgesetzte Sollwert-Korrektur von 180 auf 140 kg N/ha (siehe Erläuterungen S. 69), ist aber, wie der langjährige Ertragsdurchschnitt für Silomais (MW 95 – 07) in der Abbildung 54 zeigt, bisher richtig gewesen, da im bisherigen Versuchszeitraum keine Mehrerträge durch die SW +30% erzielt wurden.

Dieser Sachverhalt ist auch bei der Betrachtung der weiteren Ergebnisse zu beachten.

Auch die Varianten SW-ENTEC und Entzug FF liegen in beiden Fruchtfolgesystemen ertraglich über der SW-Variante, statistisch absichern lässt sich mit einer Grenzdifferenz von 6,4 jedoch nur der Unterschied in der SW +30%. Die neu ins Versuchsprogramm aufgenommenen Varianten mit ENTEC-Düngung, Biogas-Gärresten und organische Düngung mit Piadin-Zusatz reagierten ertraglich unterschiedlich. Nur die Variante mit Piadin-Zusatz fiel ertraglich unter die SW-Variante, welches auch durch mangelnde Umsetzung verursacht sein kann. Genauer Daten müssen die folgenden Versuchsjahre liefern.

Abbildung 54 und Abbildung 55 zeigen, wie sich die Erträge von Silomais 2008 im Vergleich zu den vorangegangenen Anbaujahren verhalten. Verglichen werden die Mittelwerte des aktuellen Jahres 2008 mit den mittleren Erträgen der bisherigen Silomais-Anbaujahre und parallel dazu mit den Winterroggen-Anbaujahren. Die Erträge der Sollwertdüngungsstufen wurden gleich 100% gesetzt. Damit wird die Reaktion der Pflanzen auf die Staffelung der Düngung am deutlichsten.

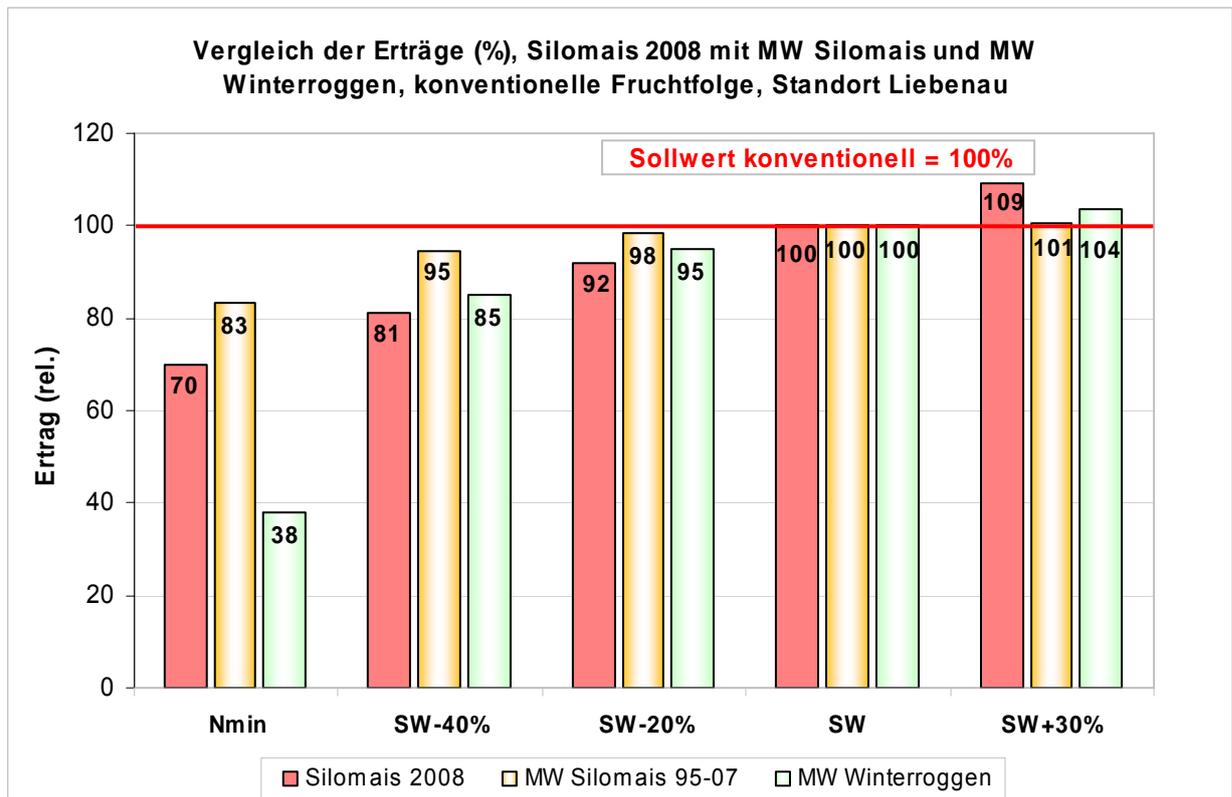


Abbildung 54: Vergleich der Erträge (%), Silomais 2008 mit MW Silomais- und MW Winterroggen, konv. Fruchtfolge, Standort Liebenau

In Abbildung 54 wird deutlich, dass der Silomais in den Düngungsstufen unter Sollwert 2008 geringere Erträge im Vergleich zu den vorhergehenden Jahren mit Silomais-Anbau erreicht. Die Gründe dafür wurden beschrieben

Der Winterroggen reagiert im Mittel stärker auf die Unterlassung der Düngung als der Silomais. Wie der Mais im Jahre 2008 reagiert er jedoch auch auf eine Überschreitung des Sollwertes mit Mehrertrag (SW+30% = mittlerer Winterroggenertrag 104%).

Der Sollwert für Winterroggen von 150 kg N/ha sieht im Allgemeinen keine Spätdüngung von 40 kg N/ha vor, da auf den typischen Roggenstandorten aufgrund der Trockenheit diese N-Gabe meist nicht ausreichend genutzt werden kann. Auf Standorten mit einer genügenden Wasserversorgung wird diese Abschlussdüngung jedoch empfohlen. Dies gilt auch für den Standort Liebenau, betrachtet man den Kornertrag.

Roggen braucht frühzeitig im Frühjahr Stickstoff, so dass eine suboptimale N-Düngung sich stärker negativ auswirkt als bei Mais. Silomais hat einen anderen Wachstumsverlauf und kann durch den längeren Zeitraum der N-Aufnahme mehr Stickstoff binden. Deshalb ist die Reaktion bei Silomais auf die Reduzierung der Düngermenge nicht so ausgeprägt.

Wirkung auf die Erträge der konservierenden Fruchtfolge

Wie sich die Erträge dieser Varianten in der konservierenden Fruchtfolge verhalten, zeigt die folgende Abbildung 55.

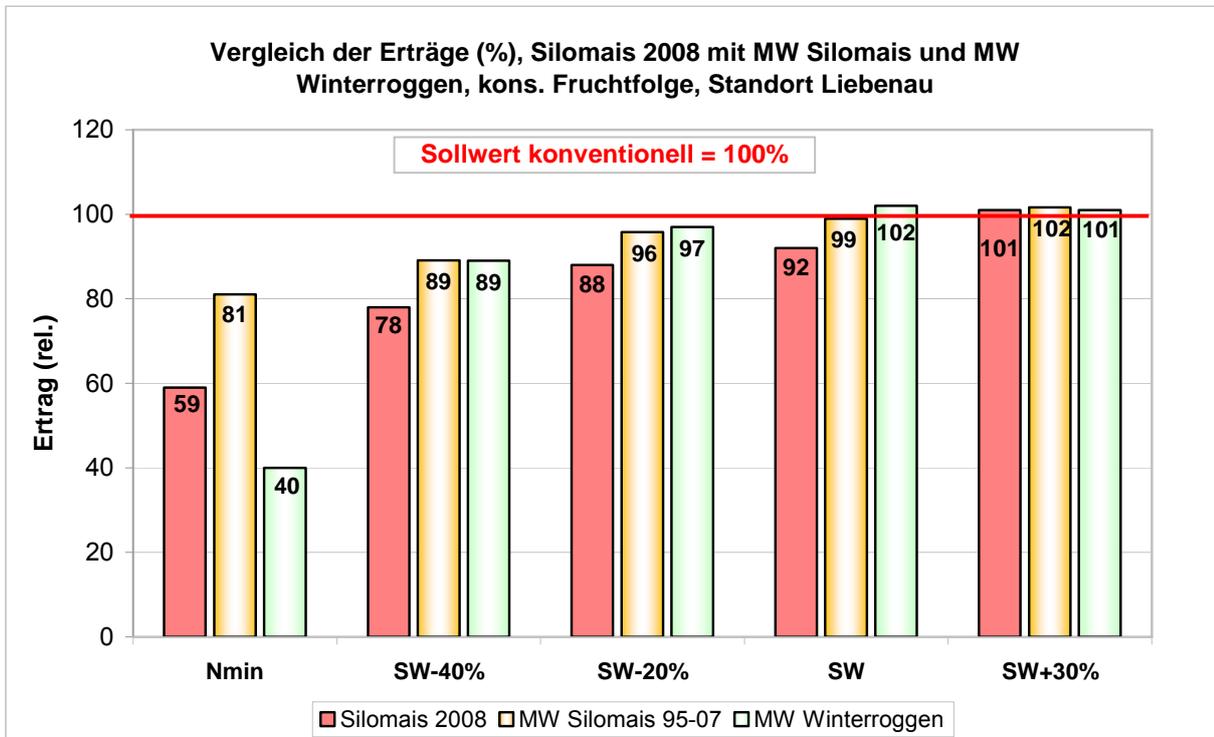


Abbildung 55: Vergleich der Erträge (%), Silomais 2008 mit MW Silomais und MW Winterroggen, konservierende Fruchtfolge, Standort Liebenau

Die Erträge der konservierenden Fruchtfolge wurden ins Verhältnis zur Sollwertvariante konventionell (=100%) gesetzt.

So liegt der Maisertrag 2008 in der ungedüngten Variante noch um 11% niedriger als in der ungedüngten konventionellen Variante (siehe auch Abbildung 54).

Der Ertragsabfall gegenüber der Sollwertvariante ist auch hier bei Roggen deutlich größer als bei Silomais.

In der Sollwert-Variante liegt der Maisertrag 2008 um 8% niedriger als in der konventionellen. Hier kann als Begründung die geringe mineralische N-Zufuhr angeführt werden. Die Sollwert + 30% gedüngten Varianten erreichen in der konservierenden Fruchtfolge gerade den Ertrag der konventionellen Sollwert-Variante. Auch hier wurden 30 kg N/ha weniger gedüngt als in „konventionell“. Die angenommene stärkere Nachlieferung aus der Untersaat kann demzufolge eine mineralische Düngung, wie sie in konventionell verabreicht wurde, nicht ausgleichen, bzw. die N-Nachlieferung wurde zu hoch angesetzt.

Wirkung auf die Stickstoffsalden

Der N-Saldo ist ein Erfolgsparameter für die Beurteilung von Grundwasserschutzmaßnahmen, wie hier in den Versuchen z.B. von reduzierter Düngung und Zwischenfruchtanbau.

Für die Berechnung der Stickstoffsalden wurde von der N-Zufuhr aus Düngemitteln die N-Abfuhr durch das Erntegut abgezogen. Wie in den Vorjahren verblieben die Ernterückstände auf den Flächen.

Abbildung 56 und Abbildung 57 zeigen die N-Bilanzsalden für die konventionelle bzw. konservierende Fruchtfolge. Abgebildet sind der aktuelle N-Saldo für Silomais in 2008, die Mittelwerte für Silomais und Winterroggen der vorherigen Anbaujahre und der Mittelwert über den Gesamtversuch.

Die N-Salden für den konventionell angebauten Silomais im Jahr 2008 als auch im Mittel in den Vorjahren liegen deutlich im negativen Bereich. Das bedeutet, dass mit dem Silomais i.d.R. mehr Stickstoff abgefahren als durch Düngung zugeführt wird. Dieses Verhalten zeigt sich bis zur Düngung in Höhe des Sollwertes. Bei einer überhöhten N-Düngung errechnete sich zwar in diesem Jahr ausnahmsweise ein negativer N-Saldo, im Mittel der Jahre ist der N-Saldo bei SW +30% positiv.

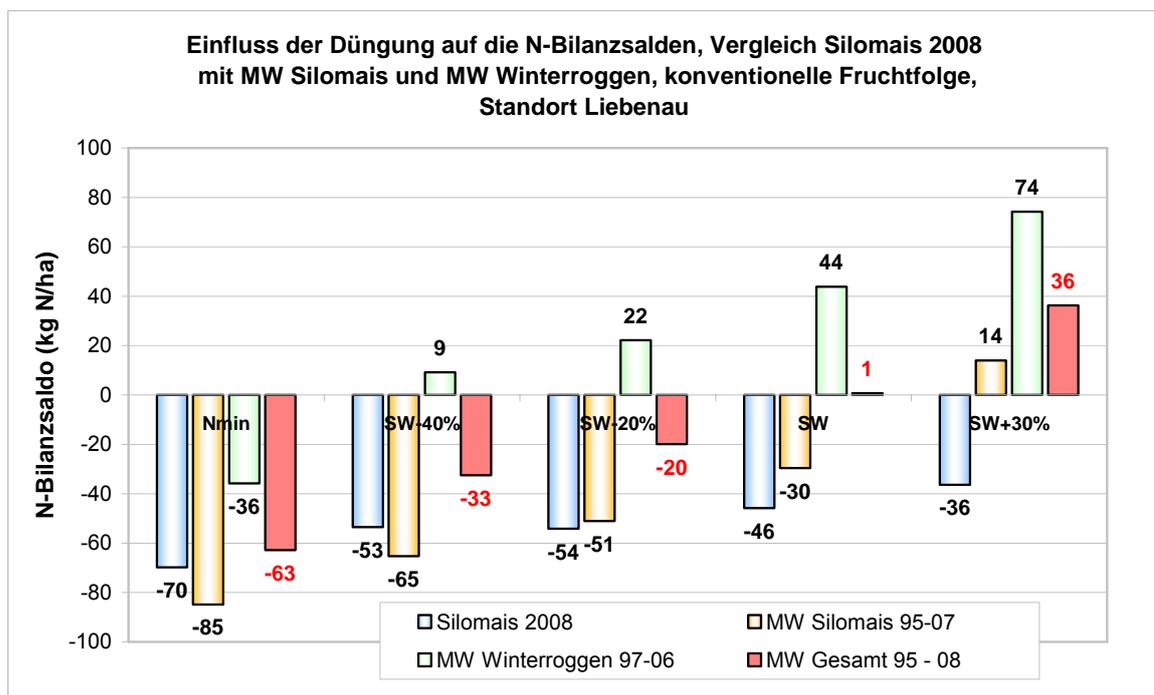


Abbildung 56: N-Bilanzsaldo 2008 im Vergleich zum Mittelwert Silomais und Winterroggen der Vorjahre, konventionelle Fruchtfolge, Standort Liebenau

Für Winterroggen ergibt sich im Versuchszeitraum nur in der ungedüngten Variante ein negativer Saldo. Im Gegensatz zum Silomais kann der Winterroggen die im Verlaufe der Vegetation freige-

setzten N-Mengen aufgrund seiner zeitlich früher gelagerten Haupt N-Aufnahme nicht voll ausnutzen. Zum anderen verbleiben die Strohreste auf dem Feld, die damit auch nicht bilanziert werden. Somit ergeben sich für Winterroggen i.d.R. immer Bilanzüberschüsse.

In der Gesamtbilanz errechnet sich für den Versuch bei Sollwertdüngung eine ausgeglichene Bilanz von 1 kg N/ha.

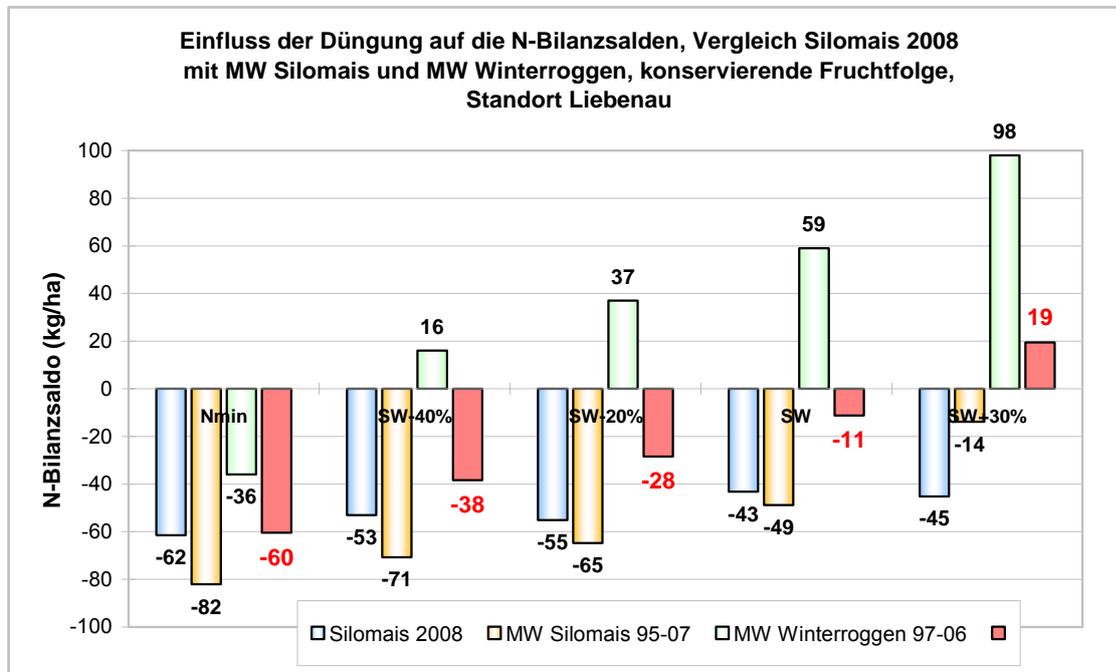


Abbildung 57: N-Bilanzsaldo 2008 im Vergleich zum Mittelwert Silomais und Winterroggen der Vorjahre, konservierende Fruchtfolge, Standort Liebenau

In der konservierenden Fruchtfolge (Abbildung 57) liegt die Gesamtbilanz bei -11 kg N/ha bei Sollwertdüngung. Auch hier liegen die N-Salden für Silomais in 2008 ähnlich denen im konventionellen System. In der Höhe gibt es kleine Ausweichungen, aber die Tendenz ist gleich.

Auch im konservierenden System zeigt der Winterroggen nur in der ungedüngten Variante negative Bilanzen.

Die nahezu ausgeglichene Bilanz in Liebenau im langjährigen Mittel bei bedarfsgerechter N-Düngung ist nicht typisch für Ackerbaustandorte, aber durch den 50 %-igen Anteil von Silomais in dieser Fruchtfolge zu erklären. Da mit dem Erntegut beim Silomais meist 200 kg N/ha und mehr vom Feld abgefahren werden und weniger Stickstoff zugeführt wird, ergeben sich negative Bilanzwerte. Mais deckt einen großen Teil seines Stickstoffbedarfs aus dem im Boden freigesetzten Stickstoff. Im Gegensatz dazu trägt der im Boden mineralisierte Stickstoff weniger zur N-Versorgung von Winter- und Sommergetreide bei, die einen früheren Zeitpunkt der Haupt-N-Aufnahme haben. Da beim Winterroggen auch die Erntereste auf der Fläche verbleiben und diese nicht in die Bilanz als Abfuhr eingehen, sind die Bilanzsalden bei Winterroggen in der Regel positiv.

Wirkung auf die Nmin-Werte im Frühjahr

Die Abbildung 58 stellt die Nmin-Werte im Frühjahr 2008 für Liebenau dar.

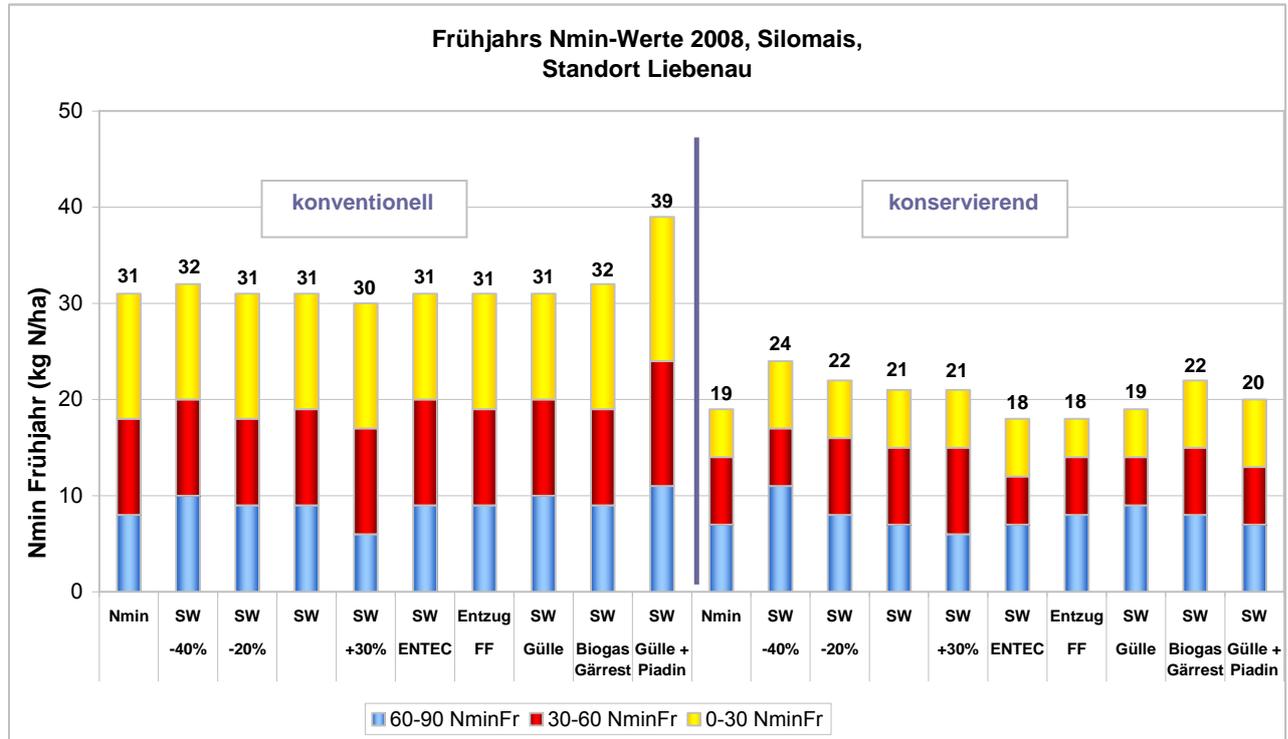


Abbildung 58: Frühjahrs Nmin-Werte 2008, Silomais, Standort Liebenau

Die Nmin-Werte im Frühjahr 2008 zeigen für Liebenau insgesamt ein sehr niedriges Niveau an. Die konservierende Fruchtfolge liegt über alle Düngungsvarianten mit rd. 10 kg Nmin/ha niedriger als die konventionelle Bewirtschaftung. Üblicherweise ist bei vorangegangenem Zwischenfruchtanbau von höheren Nmin-Werten im Boden im Frühjahr auszugehen, da zu Vegetationsbeginn bereits ein Teil des gespeicherten Nitrats freigesetzt wird. Dies ist, wie die weitere Abbildung 59 verdeutlicht in Liebenau nicht der Fall.

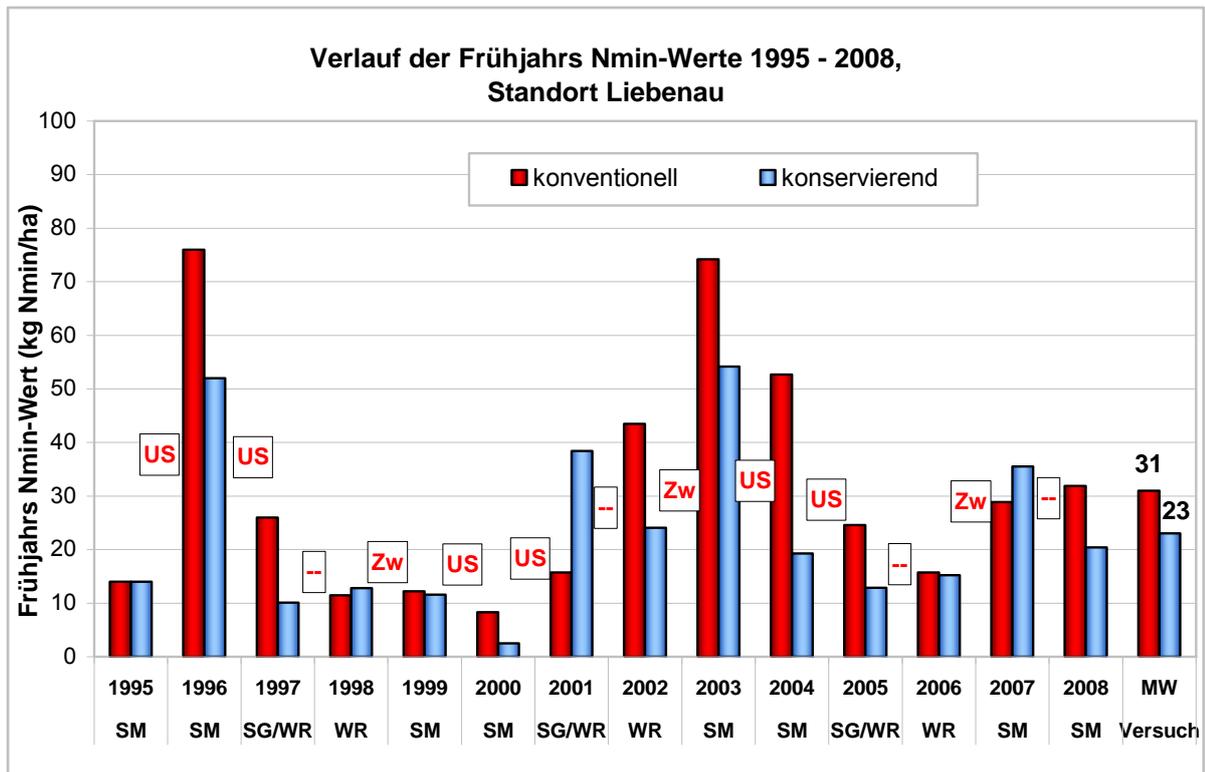


Abbildung 59: Frühjahrs-Nmin-Werte, Fruchtfolgesystem und N-Düngungsstufen, Standort Liebenau

Die Abbildung 59 zeigt alle Frühjahrs Nmin-Werte in den einzelnen Versuchsjahren in beiden Bewirtschaftungsstufen seit Versuchsbeginn und die jeweilige konservierende Maßnahme für das vorangegangene (Zwischenfrucht oder Untersaat) Anbaujahr. Die Nmin-Werte liegen in der konservierenden Fruchtfolge im Durchschnitt aller Jahre um 8 kg Nmin/ha niedriger als bei konventioneller Bewirtschaftung. Nur in den Frühjahren 1999 und 2007 nach vorangegangenem Zwischenfruchtanbau und im Frühjahr 2001 nach der Untersaat liegen die Nmin-Werte bei konservierender Bewirtschaftung höher.

Es ist davon auszugehen, dass der Stickstoff aus der abfrierenden Zwischenfrucht schneller mineralisiert und dementsprechend im Frühjahr auch über die i.d.R. im März erfolgten Beprobungen nachweisbar ist. Die winterharte Zwischenfrucht (Welsches Weidelgras) mineralisiert nach dem Umbruch im Frühjahr erst spät und lässt sich deshalb noch nicht über die Nmin-Werte zu diesem Zeitpunkt nachweisen. Dieser Stickstoff steht dann der Maispflanze erst im späten Frühjahr bzw. Frühsommer zur Verfügung.

Wirkung auf die Nmin-Werte im Herbst

Einen Überblick über die Herbst Nmin-Werte im Jahr 2008 (beide Fruchtfolgen mit Silomais) zeigt die Abbildung 60.

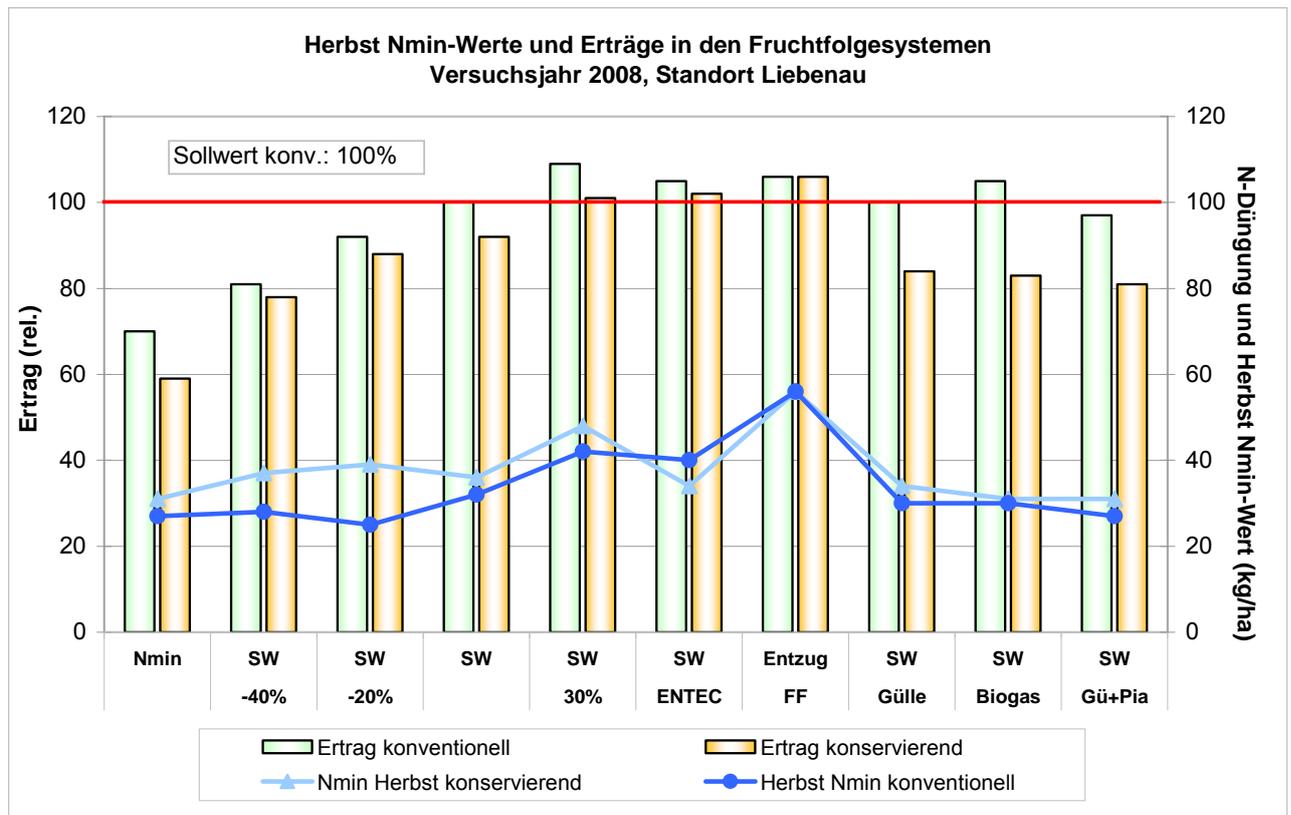


Abbildung 60: Herbst Nmin-Werte, Silomais 2008, Standort Liebenau

Die Nmin-Werte sind dargestellt für beide Fruchtfolgesysteme über alle Düngungsvarianten. Parallel dazu sind die Erträge abgebildet. Zwischen konventionell und konservierend waren die Unterschiede in den Herbst Nmin-Werten 2008 gering und variierten auch nur in den Varianten mit reduzierter Düngung. Tendenziell stiegen die Werte zur Variante SW+30% an und auch die Düngung nach Bilanzansatz zeigt bei hohem Düngungsniveau und gleichen Erträgen hohe Nmin-Werte an.

Anders als die aktuellen Werte verhalten sich die Nmin-Werte im Versuchszeitraum, die in der Abbildung 61 dargestellt sind. Hier ist ein Vergleich zwischen den Nmin-Werte als Gesamtmittelwert und zu den Mittelwerten bei Silomais und Winterroggen gezogen.

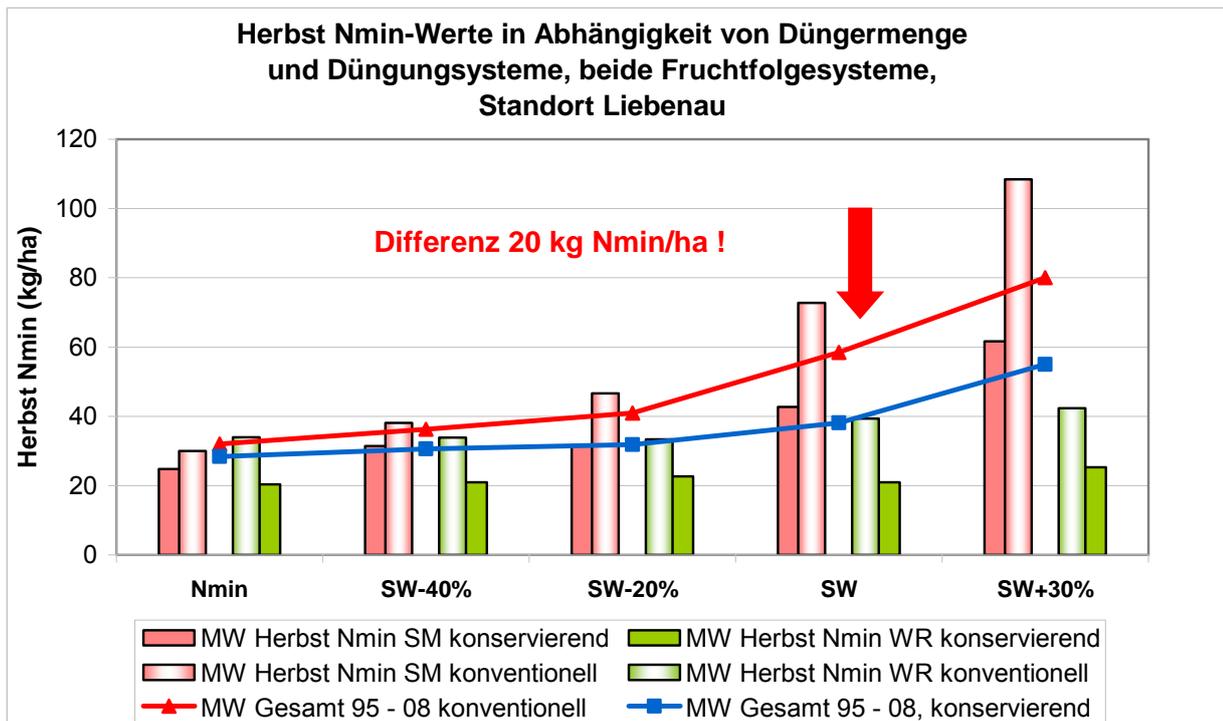


Abbildung 61: Einfluss der Fruchtfolgesysteme auf die Herbst Nmin-Werte, Mittelwertvergleich Silomais und Winterroggen im Versuchszeitraum, Standort Liebenau

Abgebildet ist hier der Vergleich zwischen den Fruchtfolgesystemen, als Mittelwert über den gesamten Versuchszeitraum und als Mittelwert für die beiden Hauptfrüchte Silomais und Winterroggen. Sowohl der Versuchsmittelwert als auch die Mittelwerte über die beiden Fruchtarten zeigen für die konservierende Fruchtfolge durchgehend niedrigere Herbst Nmin-Werte an. Mit zunehmender Düngermenge werden aber die Unterschiede zwischen konventionell und konservierend größer und die Werte steigen insgesamt bis zur Variante Sollwert+30% deutlich an.

Insbesondere zeigt sich das beim Silomais. Der Unterschied des im Mittel um von 20 kg Nmin/ha höheren Wertes im Herbst in der Sollwert- und SW+30%-Variante kann als langjähriger Erfolg der Fruchtfolgeumgestaltung bewertet werden.

6.3.2. Einfluss verschiedener Stickstoffdüngesysteme

Stickstoffdüngung mit anteiligem Einsatz von Gülle

Hintergrund dieser Prüfvarianten ist, ob der anteilige Ersatz von Mineraldüngern durch organische Nährstoffträger ertragswirksame Auswirkungen zeigt. Dazu zeigt die folgende Abbildung 62 die Wirkung auf den Ertrag im Jahr 2008.

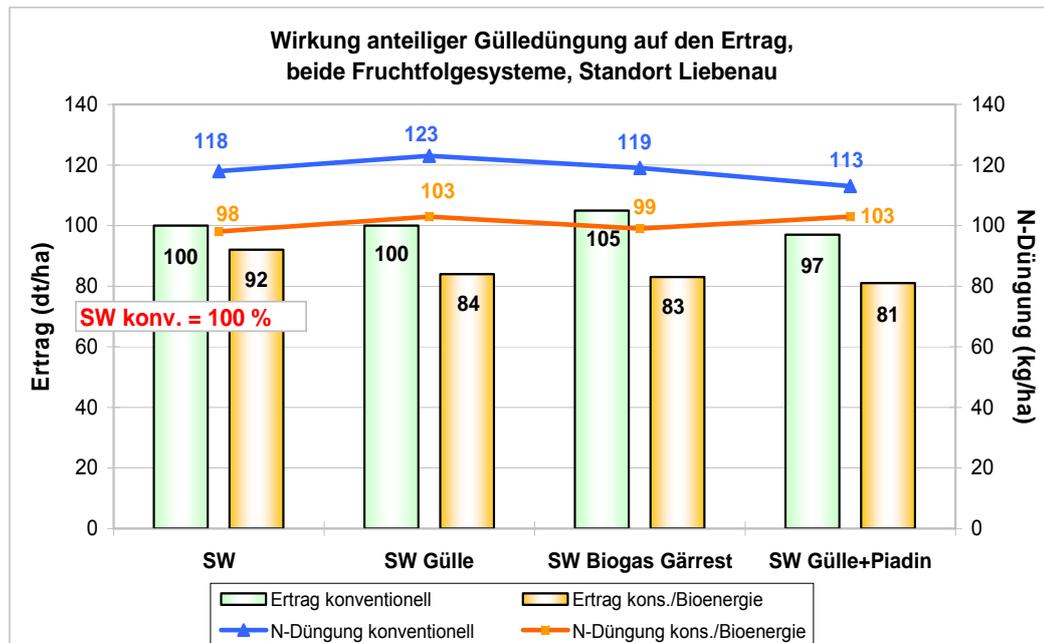


Abbildung 62: Einfluss der organischen Düngung auf den Ertrag, Vergleich der Fruchtfolgesysteme, Standort Liebenau, 2008

In der konventionellen Fruchtfolge liegen die Varianten mit anteiliger Güllendüngung ertraglich dicht zusammen. Die Gärrestvariante zeigt mit 105 % Relativertrag ein gutes Ergebnis. Ob die Düngewirksamkeit der Gärreste langfristig gegeben ist, muss in den nächsten Jahren geprüft werden.

Die Ertragsminderungen in der konservierenden Fruchtfolge sind wie bereits erwähnt zurückzuführen auf die geringere Sollwertdüngung aufgrund der erwarteten N Nachlieferung verbunden mit der mangelhaften Ausnutzung des Boden- und Düngerstickstoffs aufgrund der starken Trockenheit im Mai und Juni.

Ein Vergleich der mittleren Erträge für Silomais und Winterroggen zeigt Abbildung 63.

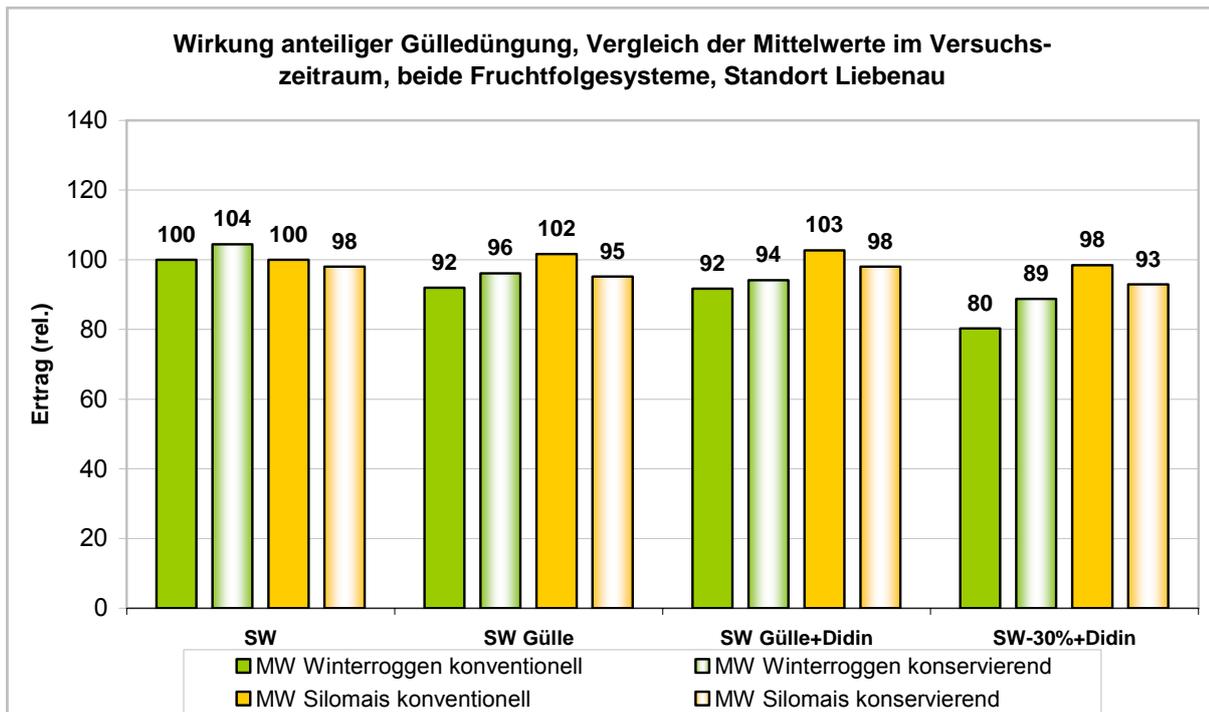


Abbildung 63: Einfluss der organischen Düngung auf den Ertrag, Vergleich der Mittelwerte für Silomais und Winterroggen, Standort Liebenau

Die anteilige Düngung mit organischen Nährstoffen wirkt auf die durchschnittlichen Erträge im langjährigen Mittel bei Silomais und Winterroggen im Zeitraum dieser Versuchsserie unterschiedlich. Bei Silomais gibt es im konventionellen System keine Unterschiede zum Sollwert (102, 103 bzw. 98 %), während dessen die Erträge im konservierenden System niedriger ausfallen.

Im Winterroggen fallen alle Düngungsvarianten mit anteiliger organischer Düngung gegenüber dem Sollwert etwas ab, und zwar stärker im konventionellen System. Silomais scheint auch hier im Verlauf der Vegetation die Mineralisation des organisch gebundenen Stickstoffs besser auszunutzen als der Winterroggen.

Das bedeutet, dass die N-Verwertbarkeit der organischen Dünger in Silomais besser ist als im Winterroggen.

Die Auswirkungen der organischen Düngung auf die N-Salden zeigt die nächste Abbildung 64.

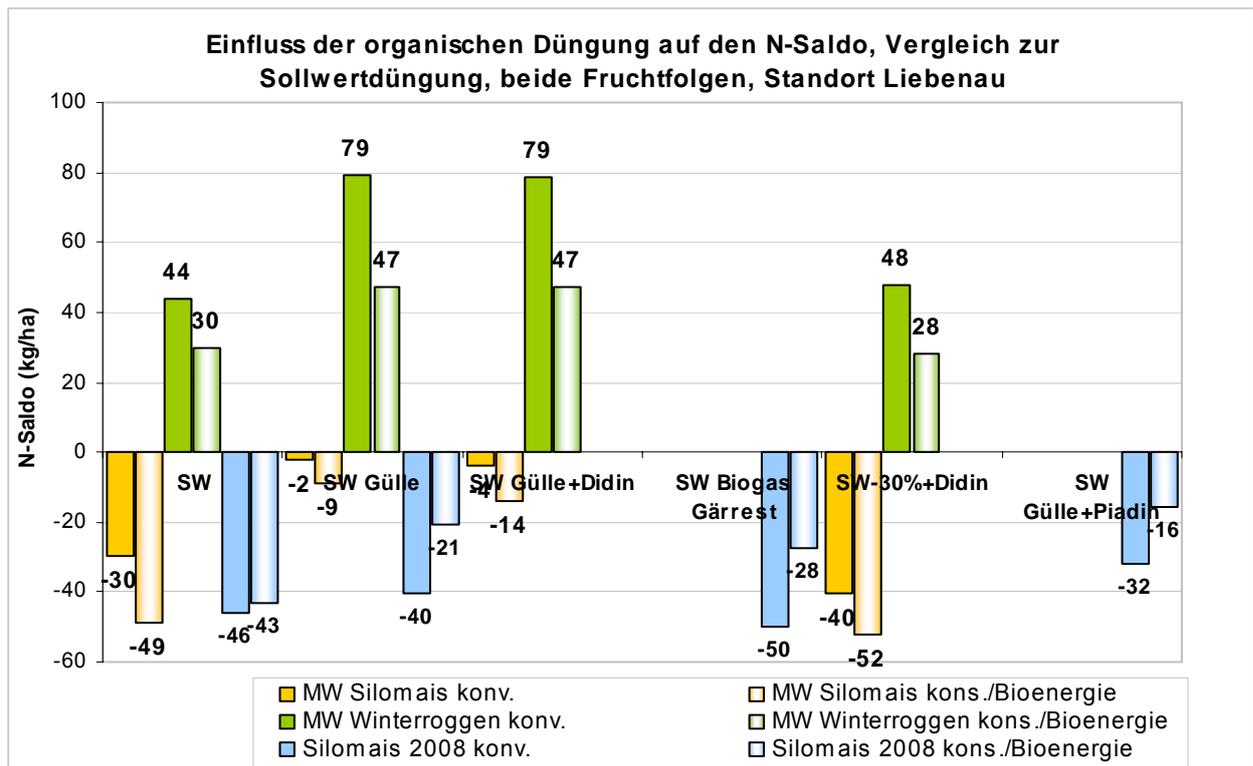


Abbildung 64: Einfluss der organischen Düngung auf den N-Saldo, Vergleich der Mittelwerte, beide Fruchtfolgen, Standort Liebenau

Auch hier reagieren die Hauptkulturen unterschiedlich. Winterroggen zeigt in Abhängigkeit der Düngungsvarianten variierende, aber durchgehend Bilanzüberschüsse, Silomais dagegen negative Bilanzen. Die Varianten SW Gülle und SW Gülle + Didin zeigen bei Silomais einen ausgeglichenen Saldo, die Variante SW + Gärrest liefert eine ähnlich gute Bilanz wie die SW-Variante. Im Mittel liegen die N-Salden in der konservierenden Fruchtfolge noch leicht besser als in konventionell. Diese ist auch bei Winterroggen der Fall. Im konservierenden System sind die Bilanzüberschüsse geringer als in konventionell.

Im aktuellen Jahr 2008 liegen die Salden für Silomais in der konventionellen Fruchtfolge besser, hier kann auf den Jahreseinfluss geschlossen werden - spätere Mineralisation der organischen N-Fractionen und geringere N-Aufnahme durch die Pflanze bei entsprechend kühler Witterung, und dementsprechend geringere Ertragsleistung des Maises innerhalb der N konservierenden Fruchtfolge .

Die Auswirkungen der organischen Düngung auf die Herbst Nmin-Werte zeigt die Abbildung 65.

Die Herbst Nmin-Werte liegen bei Silomais im konventionellen System (Mittelwert Silomais) in den Güllevarianten bis zu 15 kg/ha niedriger als bei Sollwertdüngung. Das steht gewissermaßen im

Gegensatz zu den Ergebnissen der N-Bilanzen. Das zeigt, dass zwischen N-Saldo und Herbst Nmin-Wert keine Korrelation besteht.

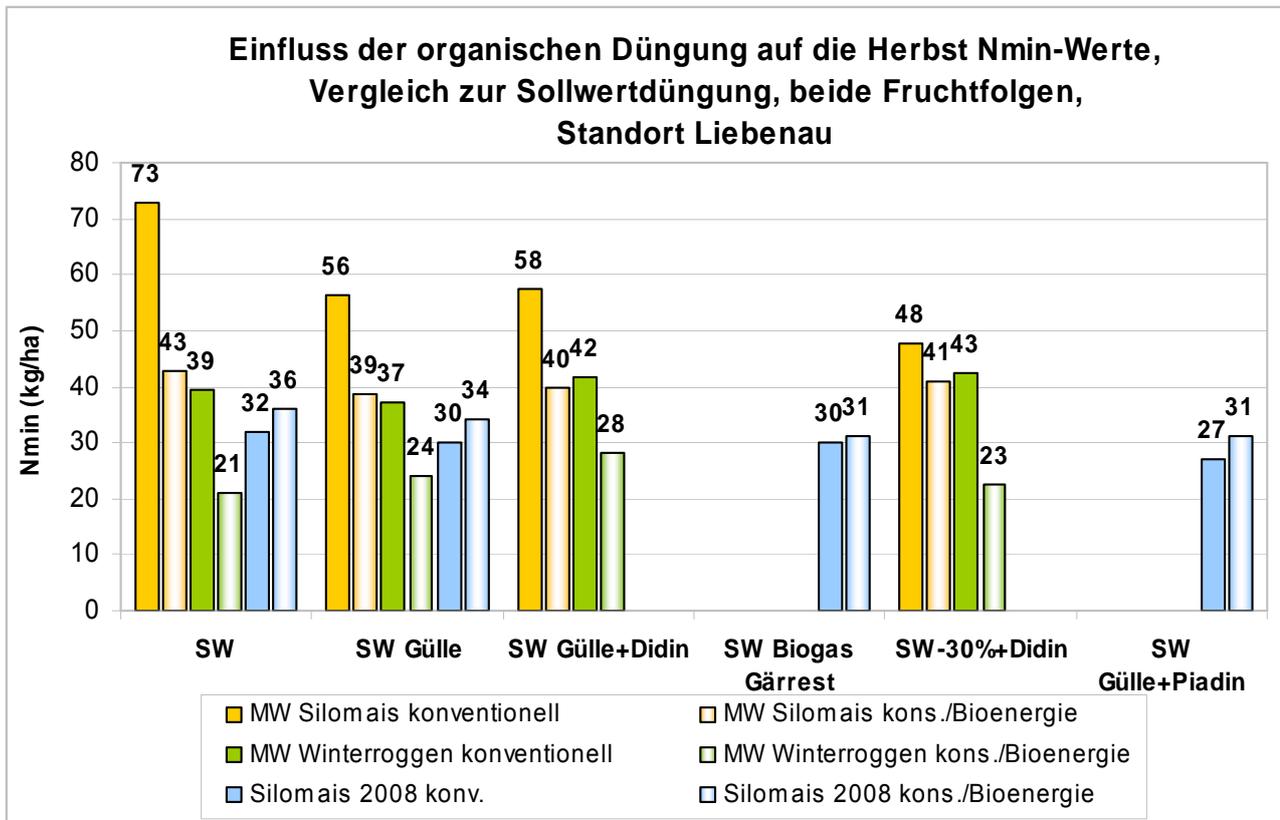


Abbildung 65: Einfluss der organischen Düngung auf die Herbst Nmin-Werte, Vergleich der Mittelwerte, beide Fruchtfolgen, Standort Liebenau

Der Einsatz von Didin zeigt hier keine Auswirkungen, es gibt im Mittel der Jahre keine Unterschiede zwischen SW Gülle und SW Gülle + Didin. Im konservierenden System liegen alle Varianten bei Silomais in etwa auf gleichem Niveau von rd. 40 kg/ha. Die Nmin-Werte nach Silomais aus 2008 schwanken mit nur geringen Unterschieden zwischen 27 und 36 kg N/ha. Im Winterroggen (MW Winterroggen) zeigen die Herbst Nmin-Werte zwischen den beiden Fruchtfolgesystemen und auch den Düngungsvarianten nur ganz geringe Unterschiede und liegen insgesamt auf niedrigem Niveau zu Beginn der Sickerwasserperiode.

Stickstoffdüngung nach Sollwert im Vergleich zur Bilanzmethode und Sollwert mit Stickstoff-Stabilisator ENTEC

In den zurückliegenden Jahren ist jeweils auch die N-Düngungsvariante Bilanzmethode im Vergleich zum N-Sollwertansatz geprüft worden. Darüber hinaus wurde im Jahr 2008 die Düngungsvariante Sollwertdüngung mit Entec zusätzlich mit aufgenommen.

Dafür wurde im Versuchsjahr 2008 die Düngungsvariante „1. Stickstoffgabe nach Ende der Auswaschungsgefahr (AWG)“ nicht mehr weitergeführt. Die bisherigen Ergebnisse zeigten, dass die Kulturen Silomais, Kartoffeln und Zuckerrüben sowohl auf die späte 1. Stickstoffgabe ertraglich nicht reagierten, als auch aufgrund der späten Saat- bzw. Düngetermine nicht mehr mit einer Auswaschung zu rechnen ist. Winterroggen dagegen reagierte sehr stark auf die verspätete N-Gabe. Stattdessen wurde eine Variante mit dem Ammoniumstabilisator ENTEC in den Versuch aufgenommen. Als Düngeform wurde ENTEC 26 ausgewählt mit 26% Gesamtstickstoff (7,5 % Nitrat-N, 18,5% Ammonium-N) und 13 % Schwefel. Durch die verzögerte Nitrifikation (Umwandlung von Ammonium zu Nitrat) wird die Gefahr der Nitratverlagerung reduziert. Dieses lässt einerseits einen früheren Düngungstermin, andererseits aber auch die Reduzierung der Aufwandmenge zu, was in Wasserschutzgebieten interessant ist. Die Variante Stickstoffdüngung nach der Bilanzmethode wurde beibehalten, da dieses Düngesystem als eine Düngungsmethode in Wasserschutzgebieten umgesetzt wird. Die Zielsetzung dieser Düngemethode wurde in den vorliegenden Berichten der letzten Jahre ausführlich beschrieben.

Die folgende Tabelle 25 gibt einen Überblick über die Düngermengen der Sollwertvariante, Sollwertvariante mit Entec und der Düngung nach Bilanzansatz für beide Fruchtfolgen.

Tabelle 25: Mittlere Düngemengen der Bilanz- und Sollwertmethode zu Silomais im Versuchszeitraum, Standort Liebenau

mittlere Düngermengen [kg/ ha] im Versuchszeitraum 1995 - 2007 im Vergleich zu 2008 in Liebenau				
	1995-2007	2008	1995-2007	2008
Sollwert	133	120	111	100
Bilanzmethode	158	140	136	120
Sollwert Entec	0	120	0	100

In Liebenau ergeben sich nach der Bilanzmethode deutlich höhere N-Düngeempfehlungen im Vergleich zur Sollwertdüngung.

Wie sich die Erträge und Bilanzsalden der geprüften Düngesysteme – Bilanzmethode und Düngung mit ENTEC – präsentieren zeigen die nächsten Abbildungen.

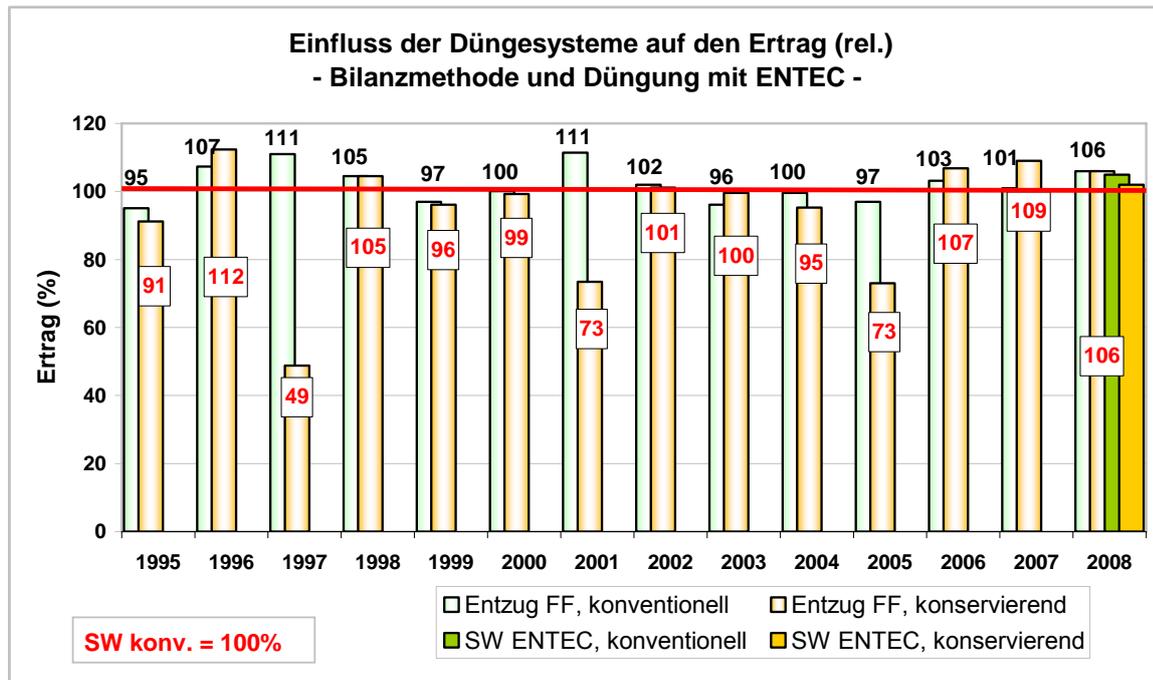


Abbildung 66: Einfluss der Düngesysteme auf den Ertrag, Vergleich der Fruchtfolgen im Versuchszeitraum, Standort Liebenau

Trotz höherer Düngermengen wurden mit der Bilanzmethode nicht immer höhere Erträge erzielt. Im konventionellen System schwanken die Erträge um den Sollwert (=100%). In der konservierenden Fruchtfolge zeigen die Erträge größere Abweichungen zum Sollwert, insbesondere in den Jahren 1997, 2001 und 2005. In diesen Jahren wurde in der Rotation immer Winterroggen (nach Silomais) angebaut. Die starke Ertragswirkung ist auf die geringen Düngermengen zurückzuführen, die durch die Bilanzmethode für den Winterroggen in der Rotation berechnet wurden. Die Düngervariante mit ENTEC-Dünger zeigt im ersten Prüffahr 2008 sehr gute Erträge (101 – 105 %), im Vergleich zur Sollwertdüngung, hier bleiben die folgenden Jahre abzuwarten. Die Auswirkungen der Düngesysteme auf die Bilanzsalden und die Herbst Nmin-Werte zeigen Abbildung 66 und Abbildung 67.

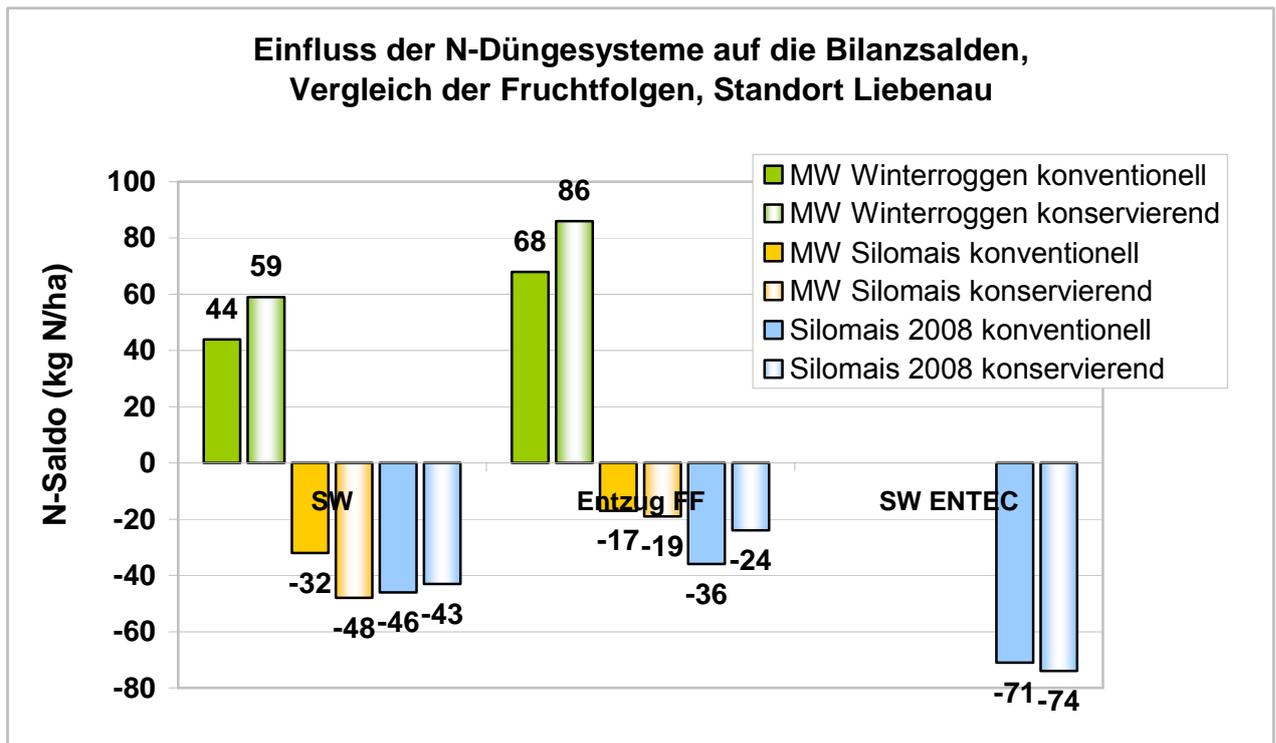


Abbildung 67: Einfluss der Düngesysteme auf die Bilanzsalden, Vergleich der Fruchtfolgen, Standort Liebenau

Die Bilanzsalden zeigen für Silomais sowohl im aktuellen Jahr als auch im Mittel der Anbaujahre entsprechend höhere Überschüsse in der Stickstoffbilanz bei der Entzugsdüngung über die Fruchtfolge als bei Sollwertdüngung, d.h. es erfolgt keine höhere Stickstoffabfuhr vom Feld, da bei höherer Düngung wie die Abbildung 65 zeigt, die Erträge nicht ansteigen. Da die bodenbürtige N-Nachlieferung des Standortes bei dieser Methode nicht erfasst wird, errechnen sich damit höhere Düngeempfehlungen für den Silomais als nach dem Nmin-Ansatz. Durch die Verteilung der Gesamt-Düngermenge innerhalb einer Fruchtfolge kommt es daneben zur Benachteiligung andere Fruchtfolgeglieder, die wie z.B. der Winterroggen auf die Düngung nach Entzug mit Ertragsminderung reagieren. Dieses wird insbesondere beim Winterroggen deutlich, dort liegen die Salden bei der Entzugsdüngung ebenfalls deutlich höher. In der Sollwert-Entec Variante liegen aufgrund der etwas höheren Erträge die Negativsalden noch etwas höher als in der Sollwertvariante.

6.4. Ergebnisse Standort Hohenzethen

6.4.1. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung

In Hohenzethen wurde im Versuchsjahr 2008 eine Düngungsvariante im Versuch verändert. Auch hier wurde, wie in Liebenau, die Variante „1. Düngung nach Ende der Auswaschungsgefahr (AWG)“ ersetzt, und zwar durch die Variante „Düngung mit dem Cultan-Verfahren“. Das CULTAN-Verfahren (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition) ist ein neues Düngungsverfahren, das auf ammoniumreichen Flüssigdüngern basiert. Der Flüssigdünger wird mit Hilfe des CULTAN-Verfahrens verlustarm und gezielt eingesetzt.

Die Vorteile dieses Verfahrens ist die exakte Ausbringung, ein langsamer Abbau des Düngerdepots entsprechend dem Bedarf der Pflanze sowie eine größere Ertragssicherheit bei Trockenheit. Mittels Sternrädern (Abbildung 68) wird der Dünger in den Boden injiziert und in unmittelbarer Nähe zur Pflanzenwurzel deponiert.

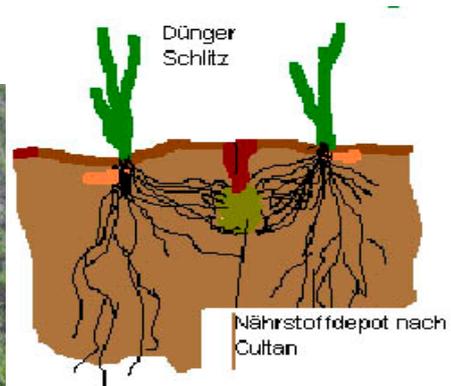


Abbildung 68: Ausbringungstechnik zum Cultan-Verfahren und Anlage des Nährstoffdepots (Quelle: Agrar-Service Strauch GmbH, 2009)

Der damit verbundene Vorteil einer möglicherweise verminderten Nitratverlagerung bzw. -auswaschung soll in Hohenzethen überprüft werden. Alle weiteren Düngevarianten blieben 2008 unverändert.

Wirkung auf die Erträge der konventionellen Fruchtfolge (Z-Rüben)

Die Abbildung 71 zeigt die Ertragswirkung der N-Düngung in der konventionellen Fruchtfolge in 2008.

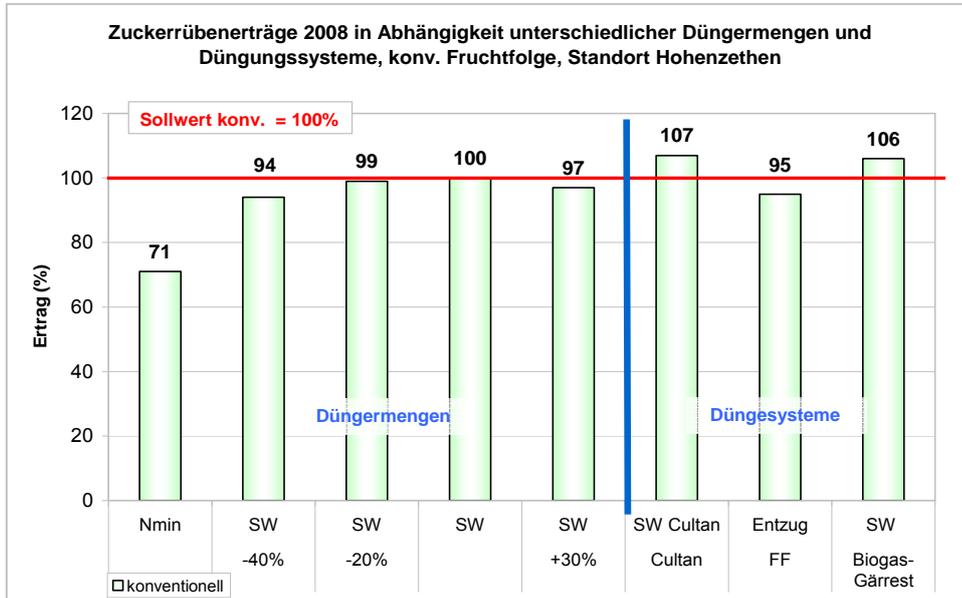


Abbildung 69: Zuckerrübenenerträge 2008, Vergleich Düngermengen und Düngesysteme, konv. Fruchtfolgen, Standort Hohenzethen

Auch in Hohenzethen lässt sich bei steigenden Düngermengen eine Optimumskurve für die Ertragsleistung ablesen. Zwischen den Düngungsstufen gibt es aber nur geringfügige Ertragsunterschiede, die sich aufgrund der hohen Grenzdifferenz von 11,8 mit Ausnahme der Nullparzelle nicht absichern ließen.

Einen Vergleich zwischen den aktuellen Erträgen zu den Vorjahren, zeigt Abbildung 70.

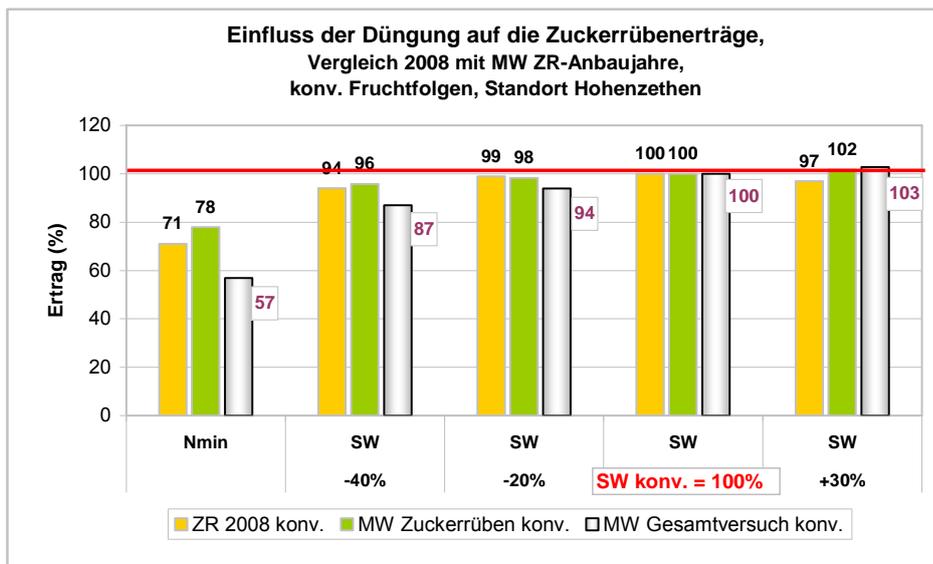


Abbildung 70: Einfluss der Düngung auf die Erträge, Vergleich 2008 mit MW Anbaujahre Zuckerrüben und Gesamtmittelwert, konv. Fruchtfolge, Standort Hohenzethen

2008 sind die Zuckerrüben ertraglich ähnlich den mittleren Erträge der Zuckerrüben-Anbaujahre. Im Mittel des Gesamtversuchs zeigen die Varianten „SW -40%“ und „ohne N“ Ertragsminderungen zwischen 13 und 43%. Das bedeutet, dass die anderen Kulturen in der Rotation empfindlicher auf die Reduzierung der Düngung reagieren als die Zuckerrüben.

Wirkung auf die Erträge der konservierenden Fruchtfolge

Die Abbildung 71 zeigt die Erträge in den SW-Düngungsstufen für die konservierende Fruchtfolge an.

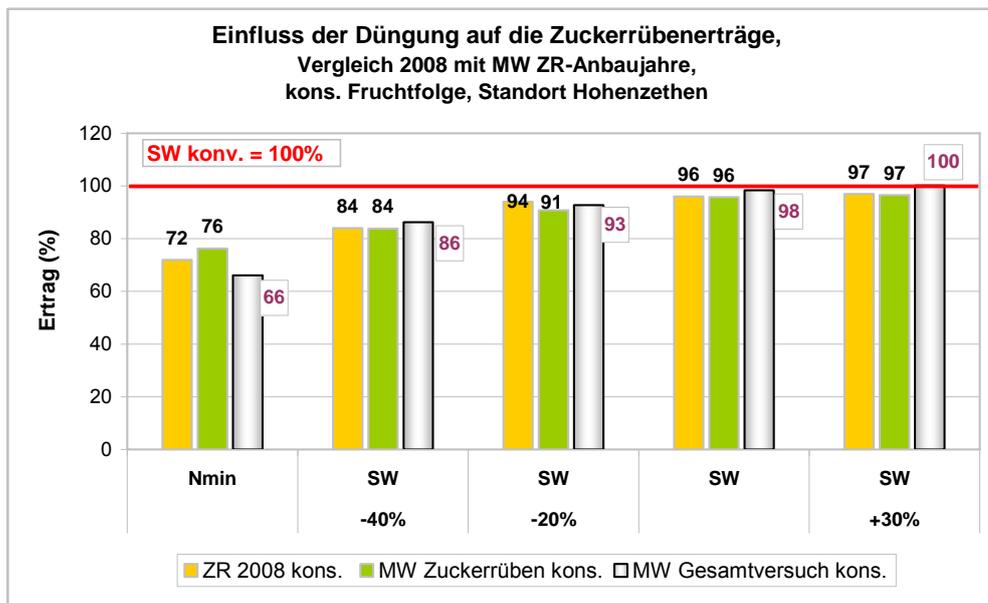


Abbildung 71: Einfluss der Düngung auf die Erträge, Vergleich 2008 mit MW Anbaujahre Zuckerrüben und Gesamtmittelwert, kons. Fruchtfolge, Standort Hohenzethen

In der konservierenden Fruchtfolge ist das Ertragsniveau in den reduzierten Düngungsstufen kaum niedriger als im konventionellen Anbau, 100 % Relativertrag werden allerdings nur knapp erreicht. Auch die Mittelwerte im Gesamtversuch unterscheiden sich nur geringfügig von den mittleren Erträge der konventionellen Fruchtfolge, die Nmin-Variante (66 %) liegt im Versuchsmittel sogar etwas höher als im konventionellen Anbau (57 %). Das bedeutet, dass sich die Ertragsverläufe der einzelnen Kulturen sehr ähnlich verhalten und Reduzierung der Düngung oder der Einfluss des Jahres (Entwicklung, Witterung etc.) größere Auswirkungen auf die Ertragsbildung haben als die konservierenden Maßnahmen in der Fruchtfolge.

Wirkung auf die Stickstoffsalden

Die Stickstoffsalden wurden in Hohenzethen wie für den Standort Liebenau für das aktuelle Jahr 2008 und im Vergleich dazu zum Mittelwert der vorhergehenden Zuckerrüben-Anbaujahre (1995/ 1999 und 2003) und dem Mittelwert des Gesamtversuchs berechnet und werden der Übersichtlichkeit halber getrennt nach den beiden Fruchtfolgesystemen betrachtet (Abbildung 72 und Abbildung 73).

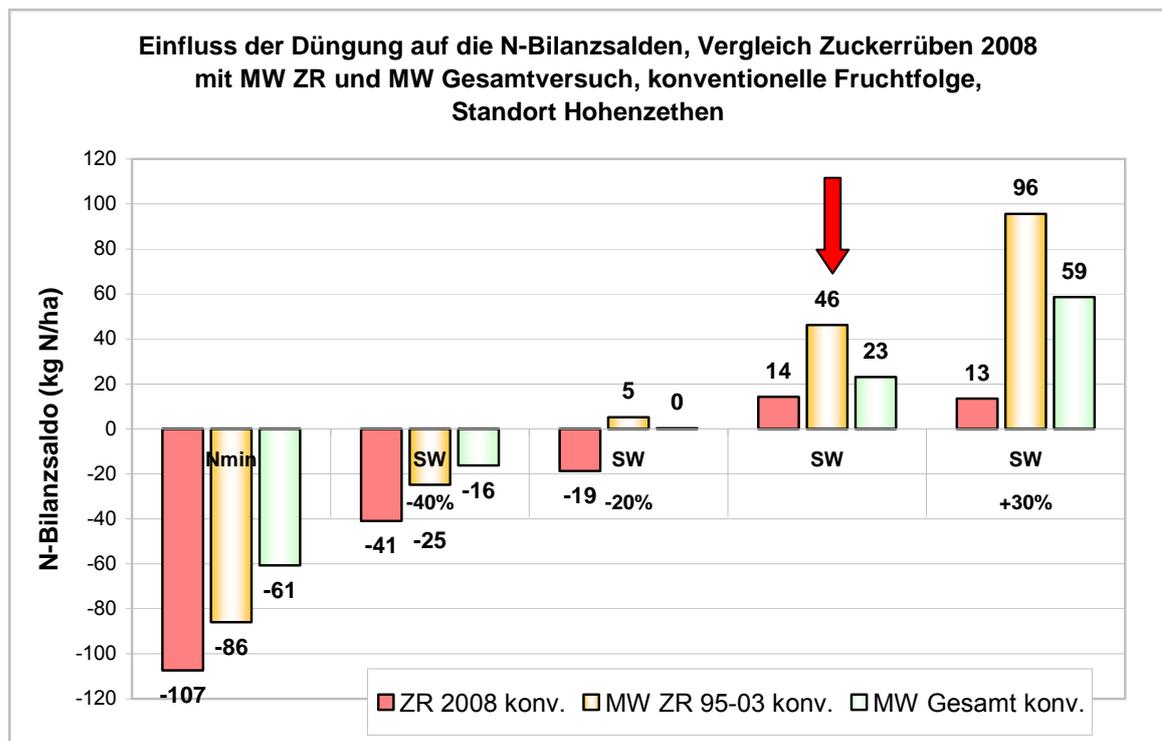


Abbildung 72: N-Bilanzsaldo 2008 im Vergleich zum Mittelwert Zuckerrüben der Vorjahre und MW Gesamtversuch, konventionelle Fruchtfolge, Standort Hohenzethen

Im Mittel aller Jahre liegt die N-Bilanz bei Sollwertdüngung bei 23 kg/ha in der konventionellen und bei 8 kg N/ha in der konservierenden Fruchtfolge. Bei Düngung in Höhe des Sollwertes und SW+30% nehmen in beiden Fruchtfolgen die Überschüsse zu: Insbesondere bei den Zuckerrüben lagen im Mittel der vorhergehenden Anbaujahre, nicht aber im Jahr 2008, die Salden in den beiden Düngevarianten relativ niedrig. In der konservierenden Fruchtfolge sind, bedingt durch geringere Düngermengen, die Salden 2008 bei rel. Erträgen von 96 bzw. 97 % (im Vergleich zum Sollwertertrag = 100 %) im negativen Bereich (SW -45 kg/ha bzw. SW+30 % -12kg/ha). Ausgeglichen dagegen in beiden Düngungssystemen die N-Bilanzen bei reduzierter Sollwertdüngung (-20 %) im Gesamtversuch (0 bzw. -10 kg N/ha). Die sehr guten Erträge bei Kartoffeln 2005 (s. Bericht 2006/07) und bei Silomais 2006 ergaben eine hohe Nährstoffabfuhr von der Fläche. Sie führten damit in

unterschiedlichen Abstufungen, aber durchgehend, zu negativen Bilanzen in allen Sollwertdüngungsstufen.

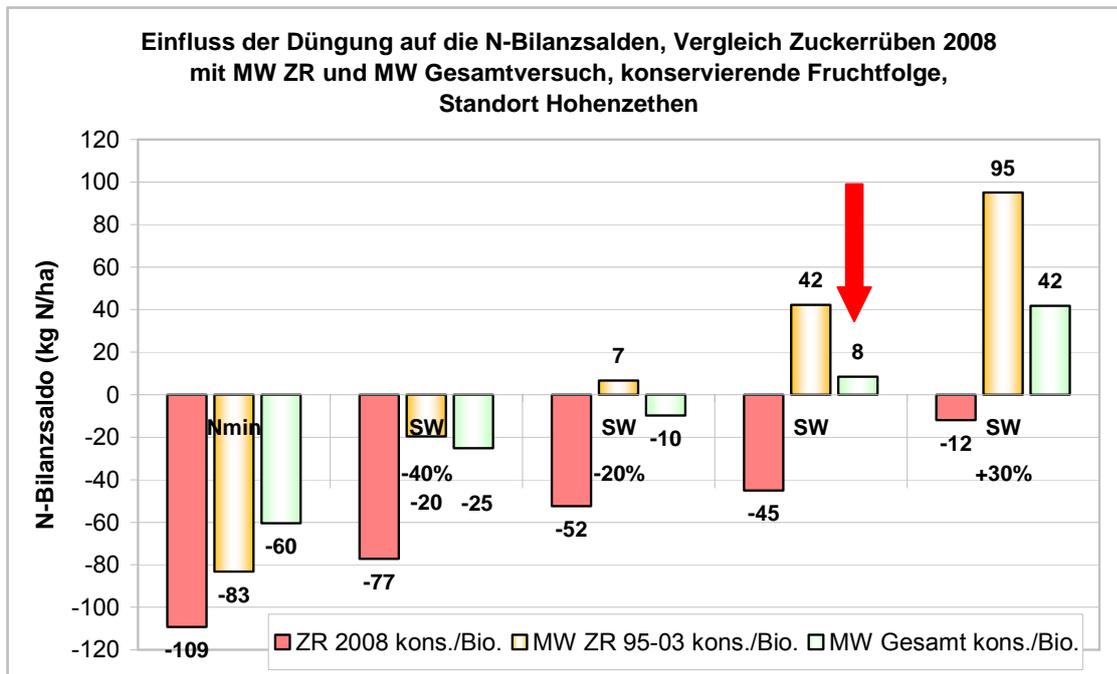


Abbildung 73: N-Bilanzsaldo 2008 im Vergleich zum Mittelwert Zuckerrüben der Vorjahre und MW Gesamtversuch, konservierende/Bioenergie Fruchtfolge, Standort Hohenzethen

Unterschiede in der Höhe der Bilanzsalden im Jahr 2008 zwischen der konventionellen und der konservierenden Fruchtfolge liegen im Bereich von rd. 25-30 kg N/ha in den Düngungsstufen SW-40 %, SW-20 % und SW+30%. Rd. 60 kg/ha mehr werden bei der konservierenden Düngungsvariante in der SW-Variante abgefahren. Insgesamt trägt in der Getreide-Hackfrucht-Fruchtfolge Hohenzethen der im Boden mineralisierte Stickstoff weniger zur N-Versorgung bei als am Standort Liebenau mit hohem Maisanteil in der Fruchtfolge, der entsprechend seines Wachstumsverlaufs und der damit einhergehenden N-Aufnahme mehr Stickstoff aus dem Boden aufnimmt.

Wirkung auf die Nmin-Werte im Frühjahr

Abbildung 74 gibt einen Überblick über die Frühjahrs Nmin-Werte 2008 in Hohenzethen.

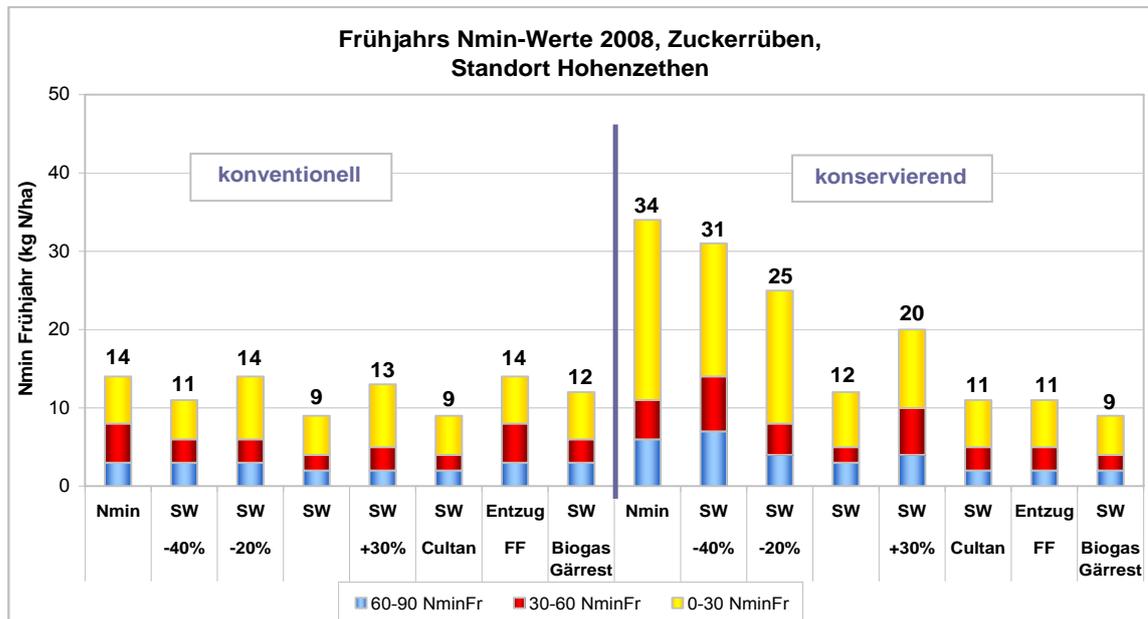


Abbildung 74: Frühjahrs Nmin-Werte 2008, Zuckerrüben, Standort Hohenzethen

Im Mittel der ZR-Anbaujahre liegen die Nmin-Werte im Frühjahr insgesamt auf niedrigem Niveau. Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen bestehen nicht.

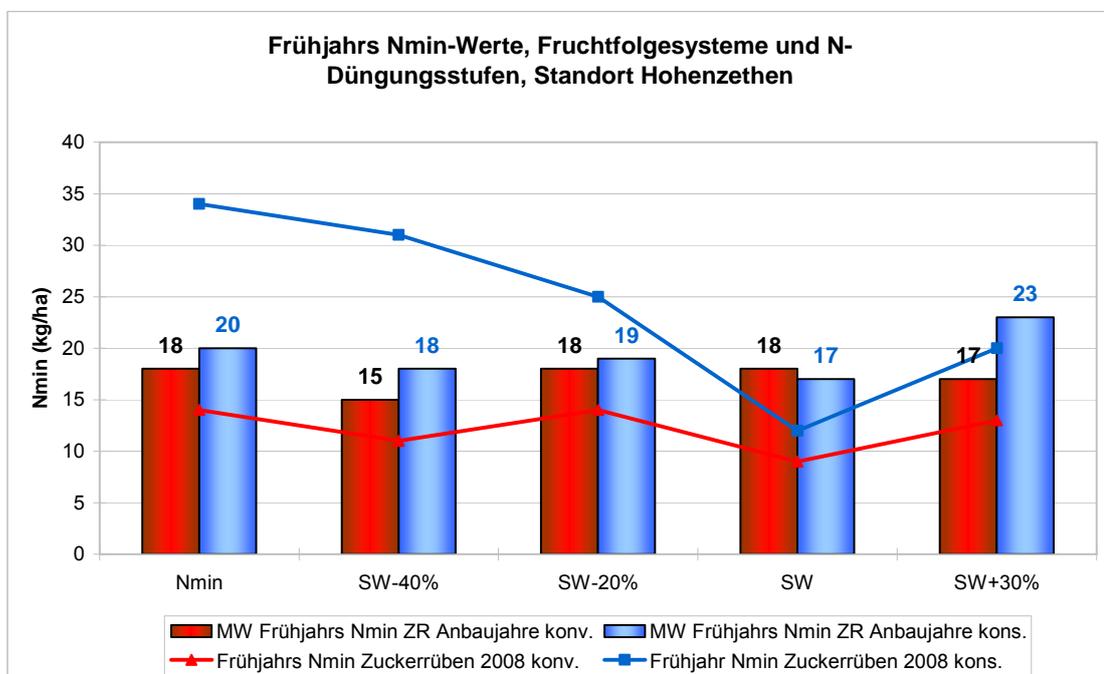


Abbildung 75: Frühjahrs Nmin-Werte, Vergleich Zuckerrüben 2008 mit MW ZR-Anbaujahre, Standort Hohenzethen

Wirkung auf die Nmin-Werte im Herbst

Die Nmin-Probenahme in Hohenzethen soll nach der Ernte der Hauptfrucht und danach nach jeweils 90 mm Niederschlag erfolgen. Aufgrund der niedrigen Niederschlagsmengen in der Herbst/Winterperiode 2008 wurde nur zum Zeitpunkt der Zuckerrübenenernte (27.10.08) eine Beprobung (14.11.08) durchgeführt. Die Werte nach den Zuckerrüben lagen sowohl in der konventionellen als auch in der konservierenden Fruchtfolge mit < 20 kg Nmin/ha auf sehr niedrigem Niveau (Abbildung 76).

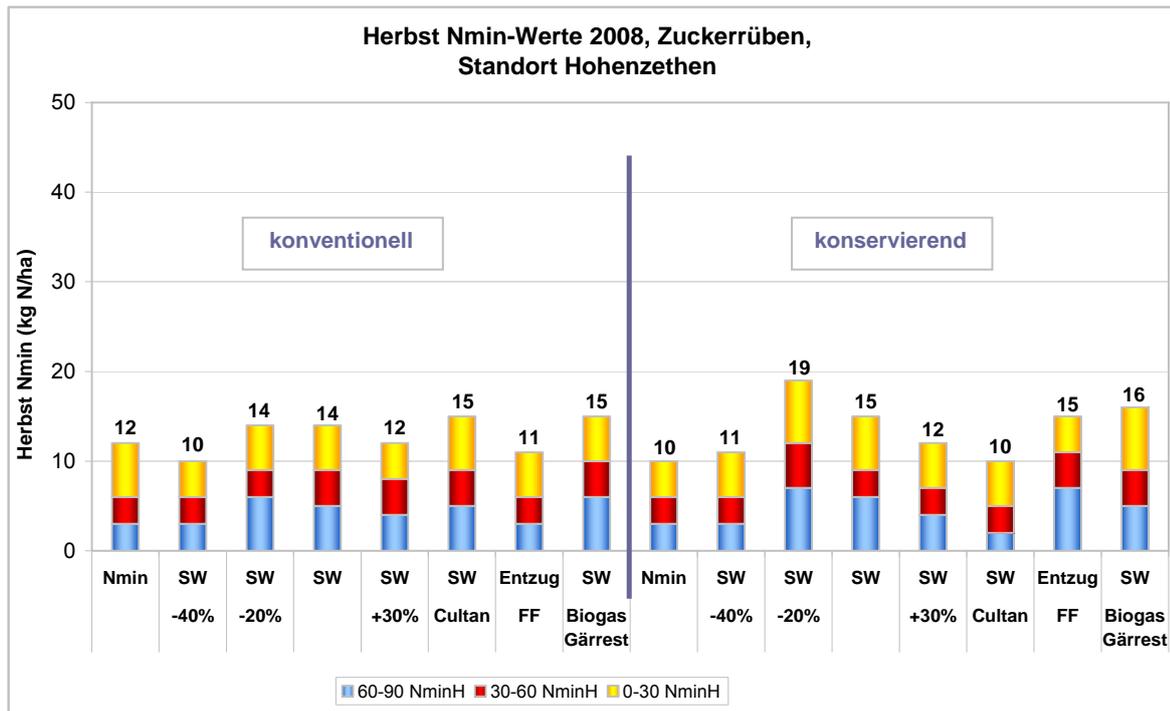


Abbildung 76: Herbst Nmin-Werte 2008, Zuckerrüben, Standort Hohenzethen

Es bestehen keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Düngungs- sowie den Fruchtfolgevarianten. Aufgrund der extrem geringen Winterniederschläge wird eine Auswaschung über Winter für 2008 ausgeschlossen.

Wie sich die Herbst Nmin-Werte im Verhältnis zum Ertrag verhalten, zeigt Abbildung 77. Bei suboptimaler Düngung verändern sich zwar in beiden Systemen die Erträge, aber die Veränderungen der Nmin-Werte sind eben nur marginal.

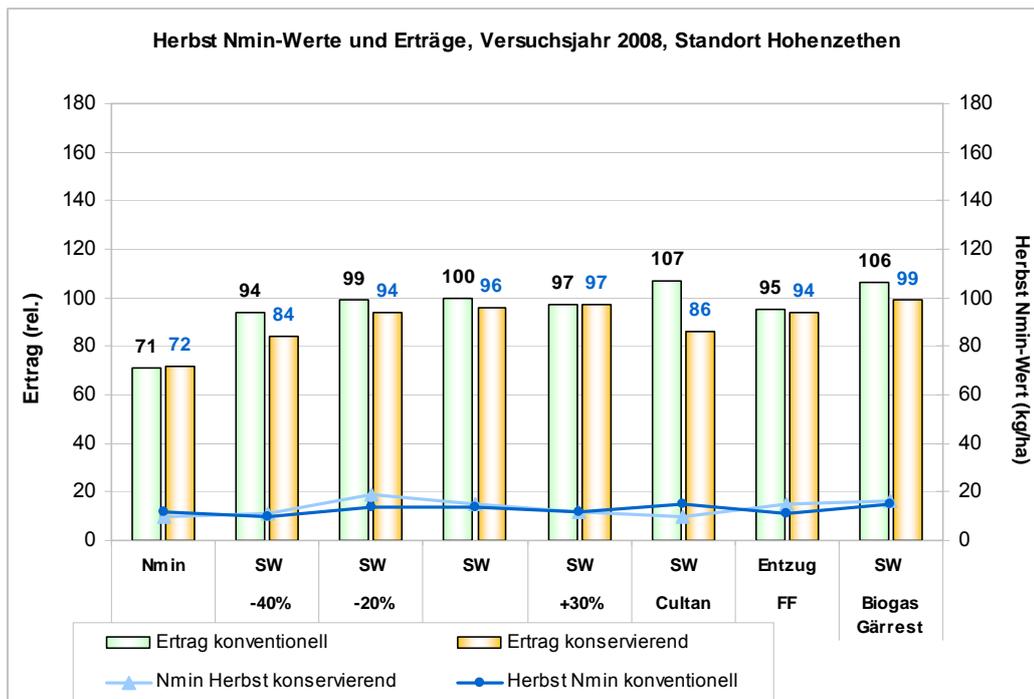


Abbildung 77: Herbst-Nmin-Werte und Erträge, Versuchsjahr 2008, Standort Hohenzethen

Wie sich die Nmin-Werte im Herbst im Versuchszeitraum und bei den angebauten Hackfrüchten im Mittel verhalten, zeigt Abbildung 78. Für diese Auswertung wurde neben dem Versuchsmittelwert und dem Mittelwert für die Zuckerrüben auch die Herbst Nmin-Werte für die Kartoffel abgebildet, um alle Hackfrüchte im Versuch zu betrachten.

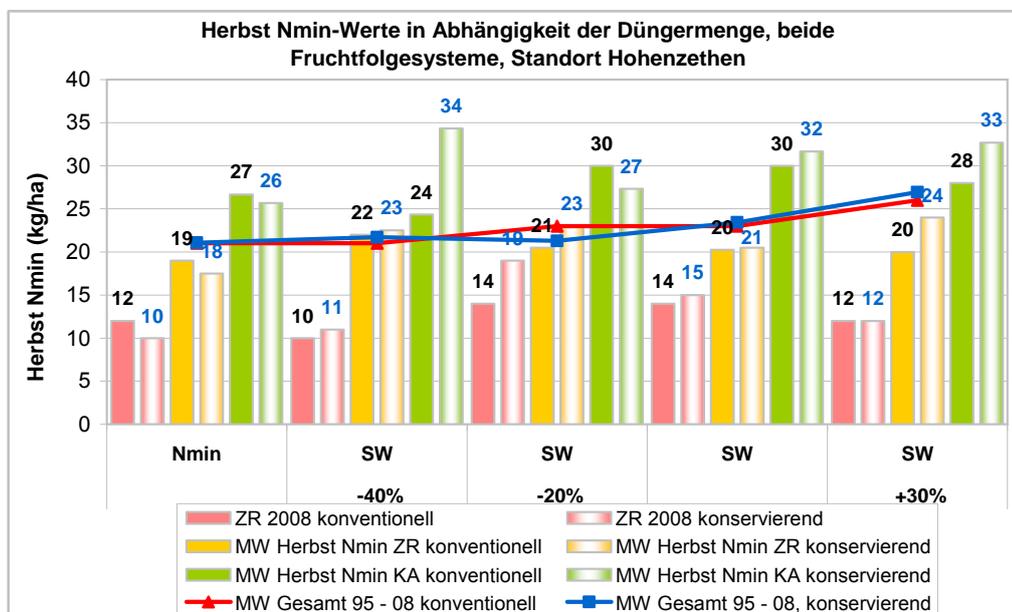


Abbildung 78: Einfluss der Fruchtfolgesysteme auf die Herbst Nmin-Werte, Mittelwertvergleich Zuckerrüben, Kartoffeln und Gesamtversuch, Standort Hohenzethen

Insgesamt liegen die Nmin-Werte auf einem relativ niedrigen Niveau zwischen rd. 10 bis 34 kg/ha.

6.4.2. Einfluss verschiedener Stickstoffdüngungssysteme

In Hohenzethen wurden die Stickstoffdüngungssysteme 2006 geändert. Die bisherige Variante mit anteiliger Güllendüngung wurde durch die Düngung mit anteiligem Biogasgärrest ersetzt und die Düngung mit dem Cultan-Verfahren aufgenommen (siehe Kap.6.2.3) Die Variante Düngung nach Ende der Auswaschungsgefahr wurde wie in Liebenau beendet. Die Düngung nach Bilanzansatz (Entzug über die Fruchtfolge) bleibt weiterhin Versuchsbestandteil.

Deshalb werden für Hohenzethen diese 3 Düngungssystemvarianten gemeinsam im Vergleich zum Sollwert dokumentiert.

Tabelle 26 gibt die Düngermengen für die Düngesysteme im Versuchszeitraum wieder.

Tabelle 26: N-Düngesysteme - Mittlere Düngemengen; konventionelle Fruchtfolge; Standort Hohenzethen

Versuchszeitraum MW 1995-2004, 2005, 2006, 2007 und 2008					
kg/ ha	1999-2004	2005	2006	2007	2008
Sollwert	142	140	128	165	170
Bilanzmethode	129	160	148	140	160
Cultan	0	0	0	0	170
Biogas-Gärrest	0	0	126	140	170

Für die Bilanzmethode errechnen sich für die Hauptkulturen unterschiedliche jährliche Düngermengen (Quelle: Versuchsbericht 2006/ 2007, Kap.2.3.2, S. 22). So errechnen sich für die Kulturen Braugerste und Winterroggen (2007: -25 kg/ha) geringere Düngermengen, für die Hackfrüchte, wie z.B. Kartoffel in 2005 um 20 kg/ha höhere Düngermengen. Dieses war auch für den Silomais 2006 der Fall. Zu den Zuckerrüben differierte die Düngermenge zwischen Sollwert- (SW) und Bilanzansatz nur um 5 kg/ha.

Die Ertragswirkung dieser Düngesysteme im Vergleich zur Sollwertvariante ist in Abbildung 79 dargestellt.

Im Versuchszeitraum 95 – 05 führte die Düngung nach der Bilanzmethode (Entzug FF) in beiden Fruchtfolgesystemen zu Ertragsrückgängen, ausgeprägter noch in der konservierenden Fruchtfolge.

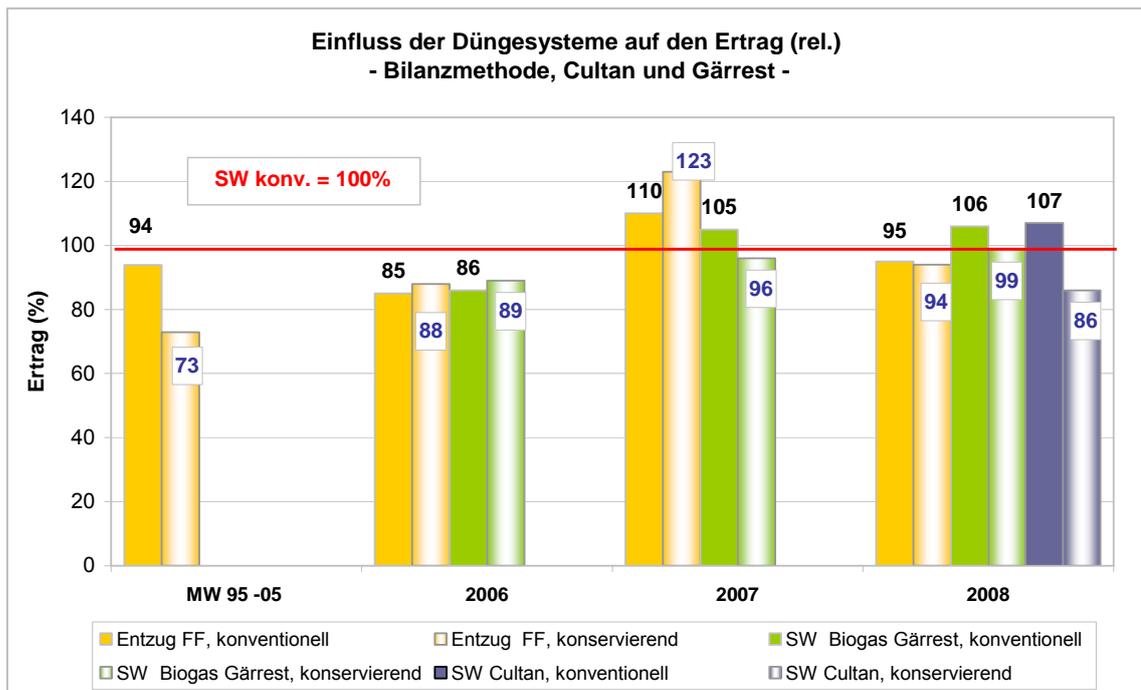


Abbildung 79: Einfluss der Düngesysteme auf den Ertrag, Vergleich der Fruchtfolgen im Versuchszeitraum, Standort Hohenzethen

Diese Wirkung setzt sich auch im Jahr 2006 beim Silomaisanbau fort. Im Winterroggen 2007 liegen die Erträge dagegen über der SW-Variante trotz der um 25 kg N reduzierten Düngermenge. Der milde Winter 2006/07 und der frühe Vegetationsbeginn sorgten für eine gute Frühjahrsentwicklung beim Winterroggen, so dass der Versuch insgesamt zunächst von einer guten N-Mineralisation im Boden profitierte. Durch die anschließend herrschende extreme Trockenheit konnte die Düngerwirkung dann aber nur durch entsprechende Beregnung umgesetzt werden. Der Sollwert-Ertrag fiel dementsprechend mit 49 dt/ha sehr gering aus.

Die Düngungsvariante mit anteiliger Gärrest-Düngung sah bisher nur im 1. Jahr schlechter aus, sowohl 2007 als auch 2008 liegen die Ergebnisse in der konventionellen Fruchtfolge mit 105 bzw. 106 % rel. gut. Beim Cultan-Verfahren sind nach einem Versuchsjahr (2008) auch hier noch keine konkreten Aussagen möglich, außer dass der Ertrag in konventionell sehr gut war.

Die N-Bilanzsalden der Düngesysteme sind in Abbildung 80 dargestellt.

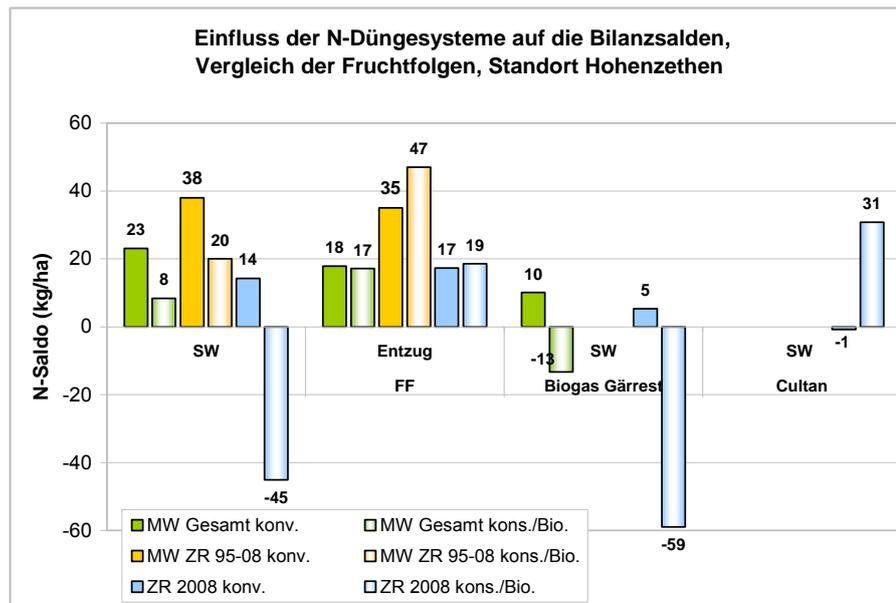


Abbildung 80: Einfluss der Düngesysteme auf die Bilanzsalden, MW Versuch, MW ZR-Anbaujahre und ZR 08, Vergleich der Fruchtfolgen, Standort Hohenzethen

Aus den z.T. höheren Düngergaben bei Düngung nach Bilanz ergeben sich bei schlechteren Erträgen entsprechend höhere Bilanzüberschüsse.

In den Düngungsvarianten Biogas-Gärrest und Sollwert-Cultan lagen die Bilanzsalden in den einzelnen Versuchszeiträumen in der Regel niedriger als bei der Sollwert- und Entzugsdüngungsvariante.

Den Einfluss der geprüften Düngesysteme auf die Herbst Nmin-Werte zeigt Abbildung 81.

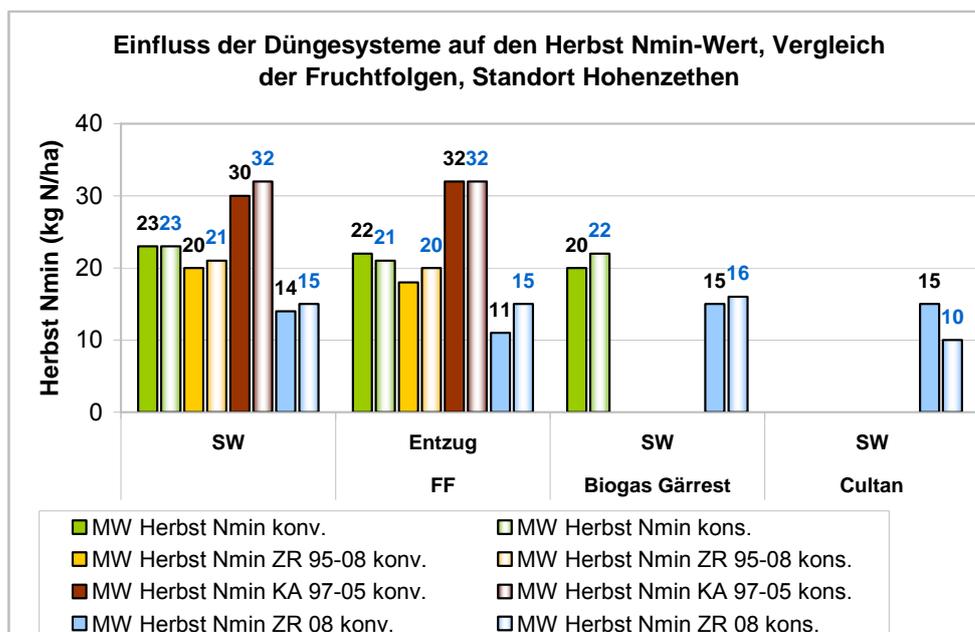


Abbildung 81: Einfluss der Düngesysteme auf die Herbst Nmin-Werte, MW Versuch, MW ZR- und Kartoffel-Anbaujahre und ZR 08, Vergleich der Fruchtfolgen, Standort Hohenzethen

Wie die Abbildung verdeutlicht liegen alle Nmin-Werte relativ dicht zusammen auf einem niedrigen Niveau von 10 kg Nmin/ha (Cultan kons. 2008) bis 32 kg Nmin/ha (MW Kartoffeln). Vorteile der Düngung nach Bilanzansatz ergeben sich, wie in den Vorjahren, im Vergleich zum Sollwert nicht (23 kg Nmin/ha im MW Versuch gegenüber 22 bzw. 21 kg Nmin/ha bei der Düngung nach Entzug).

Die Werte nach Zuckerrüben 2008 liegen insgesamt noch niedriger als im Versuchsmittelwert (MW Herbst Nmin konv bzw. kons.). Dieses wird vorrangig durch die Herbst Nmin-Werte nach Kartoffeln verursacht, wie die Abbildung zeigt (30/ 32 kg Nmin im Versuchsmittel bzw. 32 kg Nmin/ha in den Kartoffel-Anbaujahren). Auch bei den Kartoffeln unterscheiden sich die Herbst Nmin-Werte aber nicht zwischen Düngung nach Bilanz und Sollwertdüngung.

6.5. Zusammenfassung der Ergebnisse der Standorte Liebenau und Hohenzethen

Auf den Versuchsstandorten Liebenau und Hohenzethen mit sandigen Böden sind die Ergebnisse aus dem Jahre 2008 (14. Versuchsjahr) für die dort geprüften Fruchtfolgerotationen dargestellt worden. Die Ergebnisse wurden sowohl jahresbezogen als auch mit den Daten der Vorjahre verglichen und gemeinsam diskutiert.

Folgende Aussagen können davon abgeleitet werden:

- Eine Reduzierung der mineralischen Düngermengen, ausgehend vom Sollwertdüngungssystem, führte im Mittel auf beiden untersuchten Standorten zu Ertragsrückgängen. Dabei sind deutliche fruchtartenspezifische Unterschiede feststellbar. So reagierte der Winterroggen in Liebenau im langjährigen Mittel deutlich stärker auf eine N-Reduzierung als Silomais.
- Im Versuchsjahr 2008 zeigt sich ebenfalls ein deutlicher Einfluss der Witterung. Nach einem milden Winter und frühen Vegetationsbeginn gingen die Kulturen gut entwickelt ins Frühjahr, litten dann aber unter der Vorsommertrockenheit im Mai/Juni. Insbesondere der Silomais in Liebenau zeigte deutliche Ertragsunterschiede zu den Vorjahresergebnissen. Die Ertragsunterschiede in Liebenau lagen in den reduzierten Düngungsvarianten bei ca. 10 % unter der Sollwertvariante. Ebenso zeigte die konservierende Fruchtfolge ca. 10 % Ertragsunterschiede zum konventionellen System.
- In Hohenzethen reagierten die Zuckerrüben auch mit Ertragsverlusten bis zu 10% durch die N-Reduzierung, die Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen betragen zwischen 5 – 10 %. Die Reaktion der Zuckerrüben auf die Trockenheit im Sommer 2008 war nicht so extrem wie beim Silomais in Liebenau, da der Niederschlagsmangel durch die Beregnung ausgeglichen werden konnte. Dieses unterstützt noch mal die Wichtigkeit der Beregnung zur besseren N-Ausnutzung.

- Die Bilanzsalden (N-Zufuhr Düngung minus N-Abfuhr Erntegut) nahmen bei Reduzierung der Düngung deutlich ab. Bei einer über den Sollwert hinausgehenden Düngung stiegen die N-Salden auf beiden Versuchsflächen an.
- Die Nmin-Werte im Frühjahr zeigen für beide Standorte insgesamt geringe Werte an. Zwischen den Fruchtfolgen gibt es nur geringe Unterschiede. In Liebenau wurde im Winter keine N-Konservierung über eine Untersaat durchgeführt, die Nmin-Werte waren vermutlich deshalb ebenso von der Auswaschung betroffen wie in der konventionellen Fruchtfolge.
- Ein weiterer Parameter, der für die Beurteilung der auswaschungsgefährdeten Nitratmengen in beiden Fruchtfolgesystemen herangezogen wurde, ist der im Herbst zu ermittelnde Nmin-Wert im Boden. Die Mittelwerte von allen Düngungsvarianten zeigen ansteigende Herbst Nmin-Werte mit zunehmender N-Düngung. In der konservierenden Fruchtfolge liegen die Herbst Nmin-Werte im Versuchsmittel geringfügig niedriger als in der konventionellen Fruchtfolge. In Hohenzethen lagen die Herbst Nmin-Werte 2008 für Zuckerrüben in beiden Fruchtfolgesystemen in etwa auf gleichem Niveau. Im Versuchsmittel zeigte sich mit zunehmender Düngung ein nicht so starker Anstieg der Nmin-Werte wie in Liebenau. Auch in den weiteren Jahren ergeben sich in Hohenzethen keine Unterschiede, da sich die Fruchtfolgen nicht unterschieden.
- Eine Ergänzungsdüngung mit Gülle führte in Liebenau in der konventionellen Fruchtfolge nur bei Silomais zu vergleichbaren Erträgen wie die rein mineralische Düngung. In der konservierenden Fruchtfolge lagen die Erträge bei Silomais bei anteiliger Gülledüngung um rd. 15 % niedriger, bei Winterroggen hingegen waren die Güllevarianten sowohl in der konventionellen als auch in der konservierenden Fruchtfolge um rd. 10 – 15 % niedriger im Ertrag als die rein mineralische Düngung in Höhe des Sollwertes.
- Die N-Salden lagen für Silomais in 2008 in Liebenau bei Gülledüngung ebenfalls im negativen Bereich wie bei Sollwertdüngung. Im Mittelwert der Silomais-Anbaujahre waren die N-Salden bei organischer Düngung dagegen eher im ausgeglichenen Bereich. Im Winterroggen ergaben sich durchweg Bilanzüberschüsse, diese fielen in den Güllevarianten deutlich höher aus als bei rein mineralischer Düngung.
- Der Vergleich der Düngungssysteme hinsichtlich der Nmin Werte im Herbst erbrachte keine deutlichen Veränderungen gegenüber der Sollwertmethode.
- Die neu im Versuchsprogramm geprüften Varianten ENTEC (101-105% Relativerträge) und Cultan (107% Relativertrag) zeigten gute Erträge im konventionellen System und bei den Herbst Nmin-Werten keine Unterschiede zu den anderen Düngevarianten an. In Hohenzethen ergab sich für die Cultan-Düngung in der konservierenden Fruchtfolge allerdings ein Minderertrag von 16 %, der demzufolge auch zu einem Bilanzüberschuss führte. Hier wird eine weitere Prüfung erforderlich sein.

- Die Düngung nach Bilanzansatz führte zwangsläufig nicht zu höheren Erträgen und damit verbunden höheren Stickstoffabfuhr vom Feld. Auch hier sind die Witterung und die Entwicklung der Kultur im Jahresverlauf entscheidend für die Höhe des Ertrages und der damit verbundenen Stickstoffabfuhr vom Feld.
- Die Fruchtfolgeumstellungen haben bestätigt, dass eine möglichst lange Bodenbedeckung während der Fruchtfolge durch die entsprechenden pflanzenbaulichen Maßnahmen (Zwischenfrüchte, Untersaaten u. a), zu einer Reduzierung der Nmin-Restwerte im Herbst sowie der Nitratgehalte des Sickerwassers führen. Dieses zeigt sich insbesondere in Liebenau für die vorhergehenden Versuchsjahre.
- In Hohenzethen war die Differenzierung zwischen der konventionellen und der konservierenden Fruchtfolge durch die Brache und einmaligen Zwischenfruchtanbau recht gering.

6.6. Ergebnisse aus den ergänzenden Sickerwasseruntersuchungen durch das LBEG

Am Standort Hohenzethen werden neben dem von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen angelegten Feldversuch zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung weitergehende Untersuchungen durchgeführt. Zur besseren Erfassung des Wasser- und Stickstoffhaushalts wurden im Herbst 2000 diverse Messeinrichtungen auf der Versuchsfläche und auf der benachbarten Bodendauerbeobachtungsfläche (BDF) des LBEG installiert. So werden über die bodenhydrologische Messstation wichtige Klima- und Bodendaten erfasst. Aus den 16 Kerzen der Saugsondenanlage werden im Winterhalbjahr regelmäßig Proben des Bodenwassers gewonnen und auf ihre Stoffkonzentration untersucht. Zur Evaluierung der verwendeten Berechnungsmodelle wurde eine Lysimeterstation eingebaut.

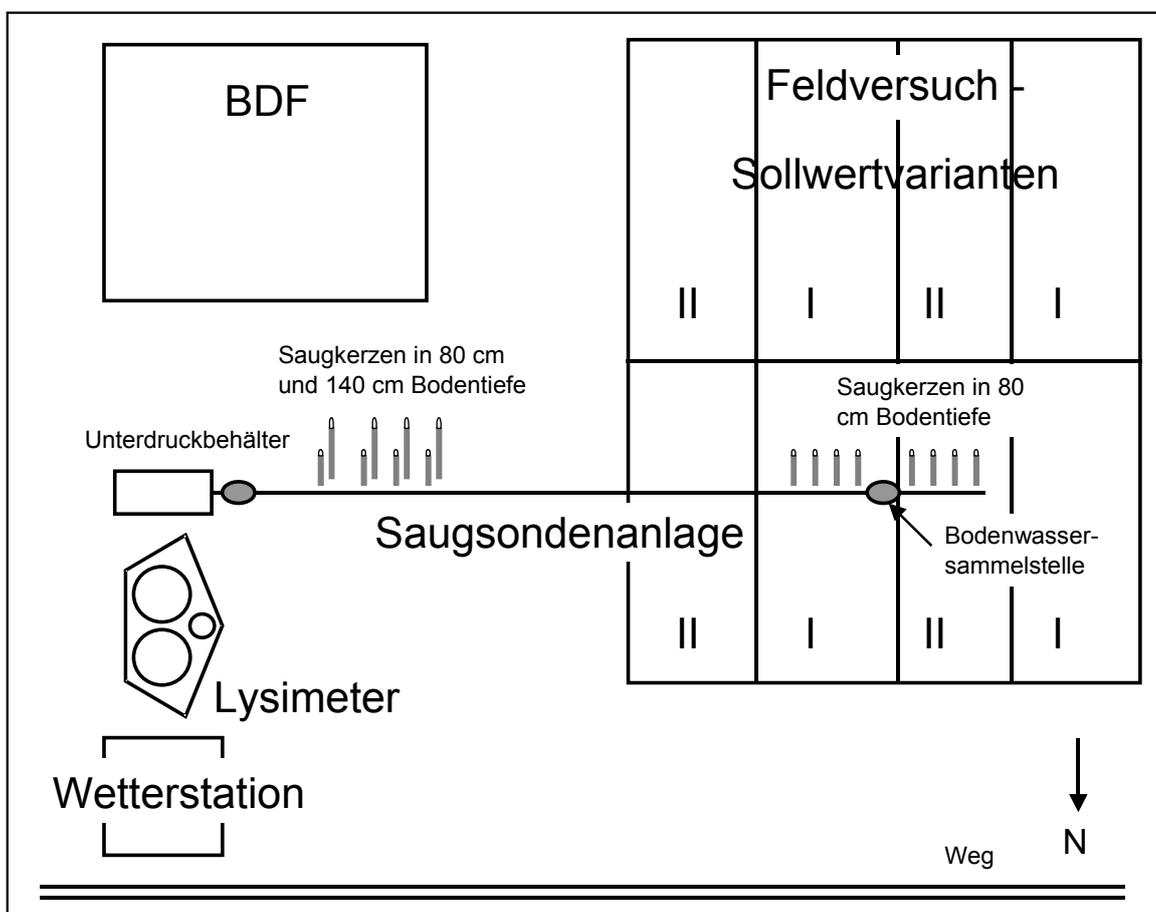


Abbildung 82: Lageskizze der Messeinrichtungen am Versuchsstandort Hohenzethen (nicht maßstabsgerecht)

Die Sickerwasserraten 2008 liegen auf allen Varianten höher als in den vorhergehenden Winterhalbjahren. Auch die Austauschhäufigkeit (Ah) ist auf allen Standorten mit mehr als 5 als extrem hoch einzustufen.

6.6.1. Nitrat-N-Konzentrationen im Bodenwasser

In Abbildung 83 sind die mittels Saugsonden erfassten Nitratkonzentrationen an der Untergrenze des Wurzelraumes, sowohl unter der Bodendauerbeobachtungsfläche (BDF), wie auch auf der konventionellen und konservierenden Sollwertvariante des Feldversuches (FV), dargestellt. Da insbesondere die Saugsonden unter dem Feldversuch zeitweise nur sehr wenig Sickerwasser geliefert haben, wurden die Konzentrationen durch Ergebnisse der Nmin-Untersuchungen ergänzt.

Bei den Bodendauerbeobachtungsflächen wurde in 8 und 14 dm Tiefe und bei dem Feldversuch in 8 dm Tiefe untersucht.

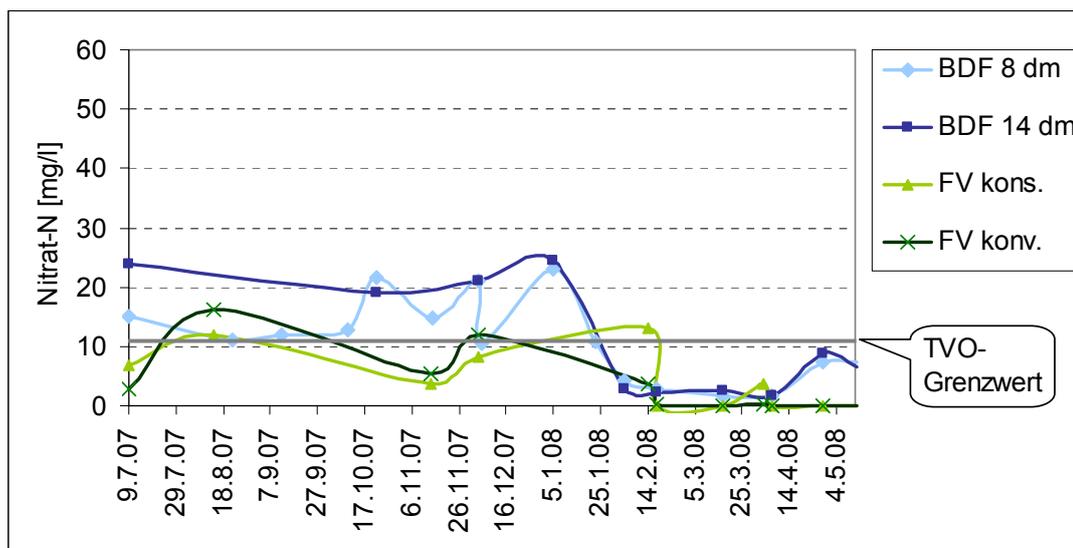


Abbildung 83: Verlauf der Nitrat-N-Konzentrationen im Bodenwasser im Winterhalbjahr 2007/2008

Tabelle 27: Mittlere Nitrat-N-Konzentration im Bodenwasser im Winterhalbjahr 2007/2008

	Mittlere Konzentration NO ₃ -N [mg/l]	Zeitraum	Vorfrucht
Feldversuch konservierend	6,4	14.08.07 – 30.04.08	Winterroggen
Feldversuch konventionell	6,7	14.08.07 – 30.04.08	Winterroggen
BDF 8 dm	11,0	12.09.07 – 30.04.08	Mais
BDF 14 dm	13,3	12.09.07 – 30.04.08	Mais
Lysimeter I	19,2	12.09.07 – 30.04.08	Mais
Lysimeter II	12,1	12.09.07 – 30.04.08	Mais

Es besteht ein deutlicher Unterschied in den Konzentrationen in Abhängigkeit der angebauten Frucht. Nach Mais ist die mittlere N-Konzentration gegenüber Winterroggen deutlich erhöht. Innerhalb des Wasserschutzversuches ist der Unterschied zwischen der konventionellen und konservierenden Variante deutlich schwächer ausgeprägt.

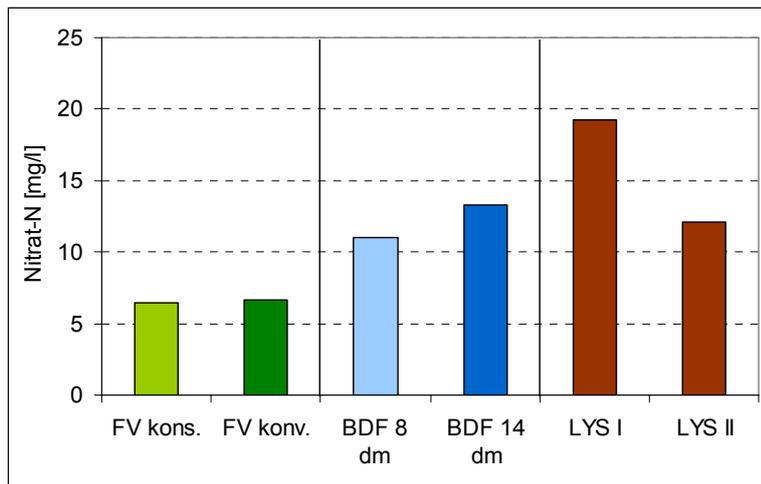


Abbildung 84: Mittlere Nitrat-N-Konzentrationen (mg Nitrat-N/l) im Bodenwasser im Winterhalbjahr 2007/2008

Die N-Konzentration auf der konservierenden Sollwertvariante liegt nur um 0,3 mg/l niedriger. Auf der BDF wird in 8 dm Tiefe eine etwas niedrigere Konzentration wie in 14 dm gemessen. Ungewöhnlich ist der große Unterschied in den Konzentrationen der beiden Lysimeter. Die Konzentration im Lysimeter I erscheint zu hoch, das kann unter Umständen auf einen Bewirtschaftungsfehler zurückgeführt werden. Der geringe Durchmesser der Lysimeter (1 m) erschwert die Applikation von Dünger entsprechend der auf der Bodendauerbeobachtungsfläche ausgebrachten Mengen, zu mal dies per Hand geschieht.

6.6.2. N-Frachten

Zur Ermittlung der Nitrat-N-Frachten (N-Austräge) werden die täglich berechneten Sickerwasserraten im effektiven Wurzelraum von 7 dm herangezogen und mit den Nitrat-N-Konzentrationen im Bodenwasser der Saugsonden multipliziert. Um auch für die Konzentrationen Tageswerte zu erhalten, wird zwischen den Ergebnissen der einzelnen Messtermine der Saugsonden linear interpoliert. Zur Berechnung der monatlichen Nitrat-N-Frachten werden die täglichen Frachten pro Monat aufsummiert.

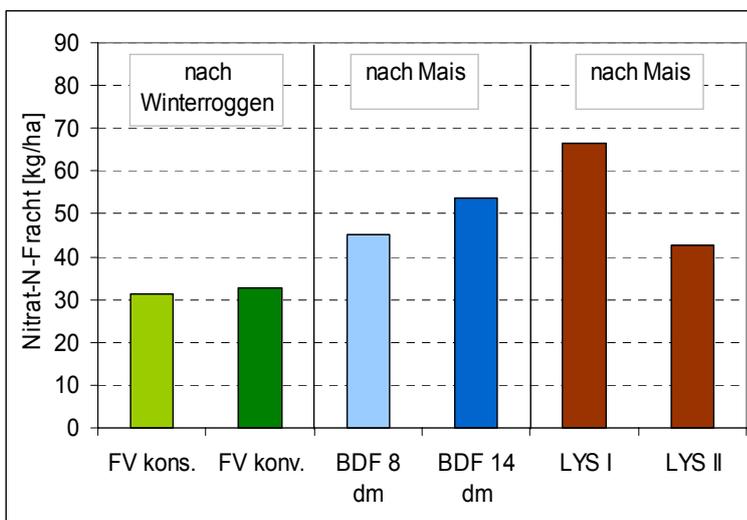


Abbildung 85: Berechnete N-Frachten unter den Lysimetern im Winterhalbjahr 2007/2008

Wie sich bereits bei den Konzentrationen abzeichnete, liegen die N-Frachten des Feldversuches nach Winterroggen deutlich unter dem Niveau der Frachten auf der Bodendauerbeobachtung nach Mais. Das deckt sich mit Ergebnissen des Winterhalbjahres 2002/2003, damals wurden ebenfalls sehr niedrige Frachten nach Winterroggen registriert. Durch den Zwischenfruchtanbau (Gelbsenf) auf der konservierenden Sollwertvariante konnte die Fracht im Winterhalbjahr 2007/2008 nur geringfügig reduziert werden.

Die nach Mais ermittelten Frachten sind zwar erhöht, liegen aber niedriger als die N-Austräge nach Mais im Winterhalbjahr 2001/2002. Mais ist für hohe N-Frachten bekannt. Feldversuche auf dem Standort Thülsfelde haben gezeigt, dass dieser Effekt jedoch nur auf Flächen mit einem hohen Stickstoffnachlieferungspotenzial auftritt, die mit mehr als 150 kg N/ha gedüngt wurden (FIER et al. 2009). Im Lysimeter I wird eine deutlich höhere Fracht wie in Lysimeter II ermittelt. Das ist hauptsächlich auf die hohe gemessene N-Konzentration im Lysimeter I zurückzuführen (vgl. Kapitel 6.6.1).

6.6.3. Nmin-Werte im Vergleich zu den Frachten

Die Nmin-Werte, insbesondere die Herbst-Nmin-Werte dienen der Wasserschutzberatung als Erfolgskontrolle. Mit Hilfe der berechneten N-Frachten auf Basis der Saugsondenergebnisse können beide Methoden miteinander verglichen und überprüft werden. In Abbildung 10 sind zunächst die Nmin-Werte des Feldversuches in 0-90 cm Tiefe, beginnend mit dem Ernte-Nmin, dargestellt.

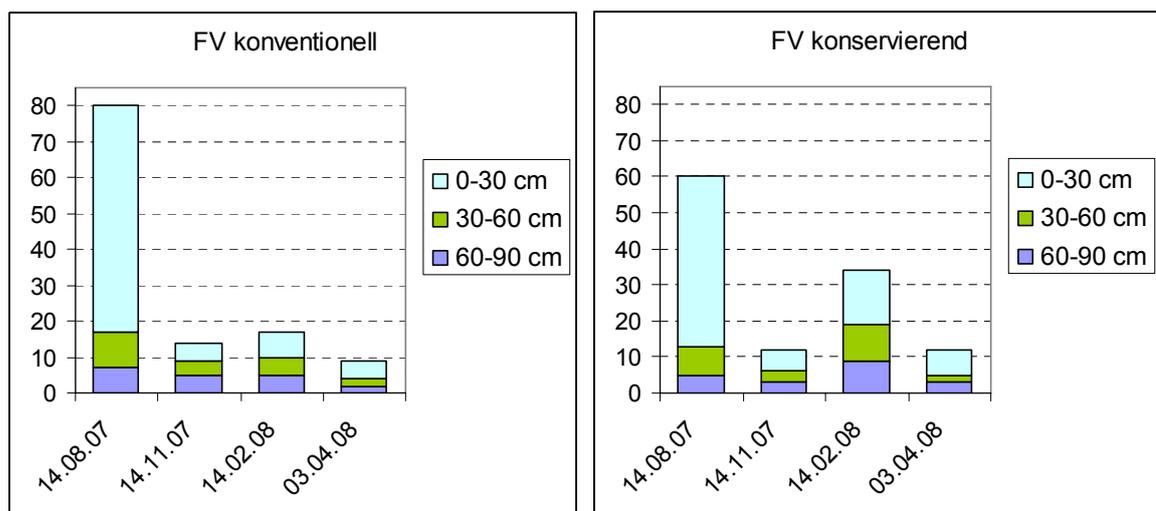


Abbildung 86: Entwicklung der Nmin-Werte (0-90 cm) auf der Sollwertvariante des Feldversuches auf der konventionellen und konservierenden Variante im Winterhalbjahr 2007/2008

Hierbei ist vor allem der hohe Ernte-Nmin in der Tiefe 0-30 cm auf beiden Varianten auffällig. Dieser ist wahrscheinlich auf eine starke temperaturbedingte Bodenmineralisation im Juli/ August zurückzuführen. Der dabei freigesetzte Stickstoff konnte vom abreifenden Winterroggen nicht mehr aufgenommen werden. Gleichzeitig setzte bereits im August eine starke Sickerwasserbildung ein, so dass der erst am 14.11. genommene Herbst-Nmin deutlich niedriger ausfällt. Der auf der konservierenden Variante als Zwischenfrucht angebaute Gelbsenf dürfte ebenfalls Stickstoff aufgenommen haben. Auch die in den Saugsonden gemessenen Konzentrationen zeigen einen vergleichbaren Herbstverlauf.

Ab dem 14.02. weist die konservierende Variante einen leicht höheren Nmin-Wert auf. Möglicherweise eine Folge des relativ warmen Januars, wodurch der im Dezember abgestorbene Gelbsenf teilweise mineralisiert werden konnte.

Tabelle 28: Vergleich der Ernte- und Herbst-Nmin-Werte mit den Nitratfrachten (Saugsondenmethode) im Winterhalbjahr 2007/2008

[kg NO ₃ -N/ha]	Feldversuch-konventionell	Feldversuch konservierend	BDF 8 dm	BDF 14 dm
N-Fracht	32,8	31,4	45,3	53,6
Ernte-Nmin	80 (am 14.08.07)	60 (am 14.08.07)	22 (am 12.09.07)	22 (am 12.09.07)
Herbst-Nmin	14 (am 14.11.07)	12 (am 14.11.07)	21 (am 10.10.07)	21 (am 10.10.07)

Tabelle 28 zeigt, dass der Herbst-Nmin-Wert sowohl auf der BDF wie auch auf dem Feldversuch deutlich unter der berechneten N-Fracht liegt. Auf dem Feldversuch fällt der Unterschied besonders deutlich aus, da der höchste Nmin-Wert bereits zur Ernte erreicht wurde. Der Ernte-Nmin ist wiederum höher als die berechnete N-Fracht und wird von den in den Saugsonden gemessenen Konzentrationen auch nicht deutlich abgebildet. Allerdings ist in diesem Zeitraum leider auch eine größere Lücke in der Messreihe zu verzeichnen. Im Januar eingetretene Mineralisationsschübe könnten andererseits die N-Fracht erhöht haben und teilweise für die Unterschiede zwischen den beiden Methoden verantwortlich sein.

6.6.4. Zusammenfassung

Das Winterhalbjahr 2007/2008 war extrem niederschlagsreich, das führte zu sehr hohen Sickerwasserraten von 531 mm auf der konventionellen Fruchtfolge und 506 mm auf der nitratkonservierenden Sollwertvariante. Auf beiden Varianten wurde Winterroggen angebaut, auf der konservierenden Variante folgt im Herbst 2007 Gelbsenf als Zwischenfrucht.

Im Winterhalbjahr 2007/2008 konnte mit Hilfe der Saugsonden unter den sollwertgedüngten Varianten gezeigt werden, dass die N-konservierende Bewirtschaftung im Gegensatz zu den anderen Jahren einen eher geringen Einfluss auf die mittlere Nitrat-N-Konzentration des Bodenwassers und auf die ausgewaschene N-Menge hatte. Allerdings ist der ermittelte N-Austrag nach Winterroggen von 31 bzw. 33 kg NO₃-N/ha im Vergleich zu den anderen Jahren auch eher als niedrig einzustufen. Auf der BDF war der N-Austrag nach Mais mit 45 kg NO₃-N/ha in 8 dm bzw. 54 kg NO₃-N/ha in 14 dm Tiefe deutlich höher.

Mit Hilfe der Wasserhaushaltsmodellierung in Kombination mit der Saugkerzenmethode und der Lysimeterstation können die Parameter des N-Haushaltes auf dem Versuchsstandort Hohenzethen gut erfasst werden. Eine genauere Beurteilung der Fruchtfolgewirkung auf den N-Austrag ist jedoch erst nach langjährigen Messungen möglich. Zurzeit liegen maximal zwei Winterhalbjahre mit derselben Frucht vor, so dass Aussagen über das N-Austragspotenzial einzelner Feldfrüchte auf Grund der starken jährlichen klimatischen Einflüsse nur eingeschränkt möglich sind.

7. Ergänzende Nmin-Untersuchungen in Versuchen hinsichtlich Produktionstechnik und Energiepflanzen

7.1. Beschreibung

Seit 2008 führt die Landwirtschaftskammer Niedersachsen neben den vier Dauerversuchsstandorten Hohenzethen, Liebenau, Wehnen und Thülsfelde in bestehenden Exaktversuchen der LWK ergänzende Nmin-Untersuchungen durch. Die dort gewonnenen Ergebnisse können unterstützend von den Wasserschutzberatern herangezogen werden und bieten praxisnahe Erkenntnisse, die die Landwirte mit ihren regionalen Daten abgleichen können. Im Versuchsjahr 2008 wurden ergänzende Nmin-Untersuchungen nach der Ernte bzw. zu Beginn der Sickerwasserperiode in folgenden Feldversuchen durchgeführt:

- Unterschiedliche Bestandesdichte und N-Düngung bei Energiepflanzen
- Drilltechnik Silomais – Einfluss unterschiedlicher Reihenweiten (75, 37,5, 15 cm) auf die N-Dynamik im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende
- Gülleunterfußdüngung zu Silomais
- Gülleunterfußdüngung zu Körnermais

7.2. Standorte

In Abbildung 87 sind die Versuchsstandorte der jeweiligen Feldversuche dargestellt. Durch die Verteilung der Versuchsstandorte in Niedersachsen sollen für nahezu jede Region für die Beratung unterstützende Nmin-Ergebnisse geliefert werden können.

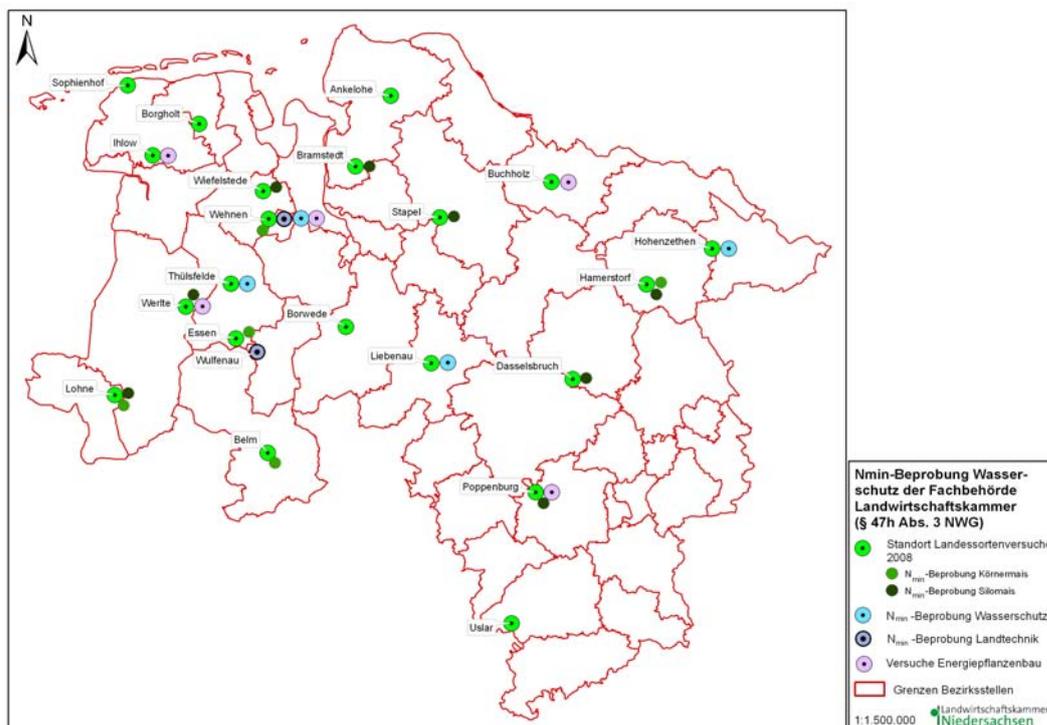


Abbildung 87: Versuchsstandorte für ergänzende Nmin-Beprobung 2008

7.3. Versuchsergebnisse 2008

Unterschiedliche Bestandesdichte und N-Düngung bei Energiepflanzen

In Abbildung 87 sind violett gekennzeichnet, die fünf Standorte dargestellt, an denen Energiepflanzen hinsichtlich ihrer Trockenmasseerträge und Nmin-Werte nach der Ernte untersucht werden bzw. wurden. Die Ergebnisse der mehrfaktoriellen Fruchtfolgeversuche an den Standorten Wehnen (Ackergras, Energiemais und Sudangras) und Ihlow (Mais, Sudangras, Ackergras) wurden in Kapitel 4 und 5 beschrieben.

Sudangras

An den Standorten Buchholz, Poppenburg und Werlte wurde Sudangras mit jeweils unterschiedlichen Bestandesdichten (50, 75 und 100 Pflanzen/ m²) angepflanzt, die wiederum mit zwei Dünge-stufen versehen waren. Nachfolgend werden die ermittelten TM-Erträge und Rest Nmin-Gehalte im Boden dargestellt. Die Ergebnisse vom Standort Poppenburg werden nicht dargestellt werden, da die Nmin-Beprobung nicht durchgeführt wurde.

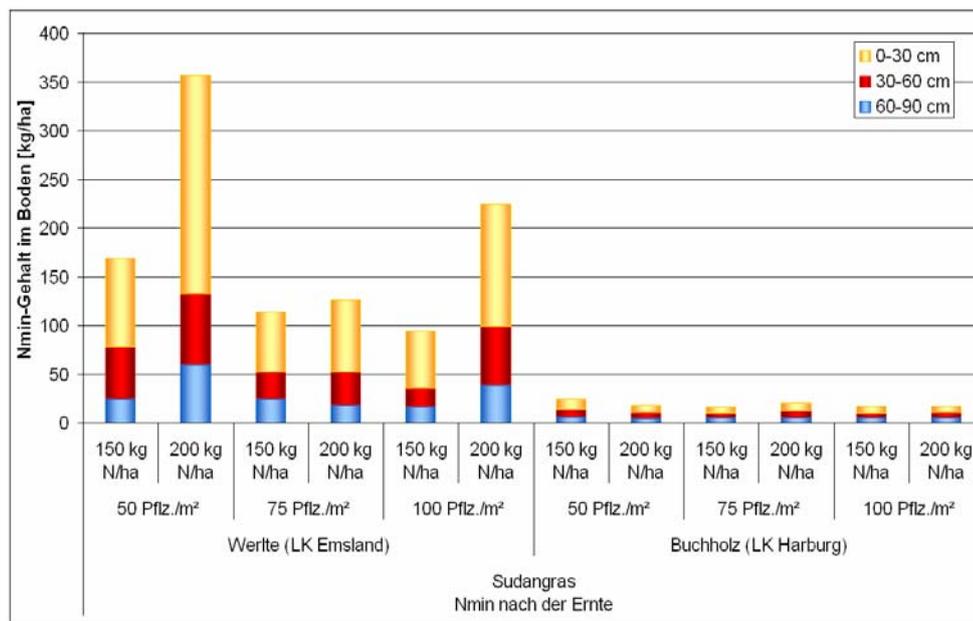


Abbildung 88: Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Sudangras in Abhängigkeit von der Bestandesdichte und N-Düngung, Werlte und Buchholz 2008

Die hohen Nmin-Werte am Standort Werlte (siehe Abbildung 88) sind maßgeblich auf die N-Nachlieferung des Standortes zurückzuführen. Das hohe bodenbürtige N-Angebot konnte von den Pflanzen nicht verwertet werden, zudem der Pflanzenbestand nicht gut aufblühte und die Ernte ausfiel. Eine Darstellung der Sudangraserträge für den Standort Werlte kann daher nicht erfolgen. Daher können keine Rückschlüsse auf die N-Aiswertung der einzelnen Varianten getroffen werden.

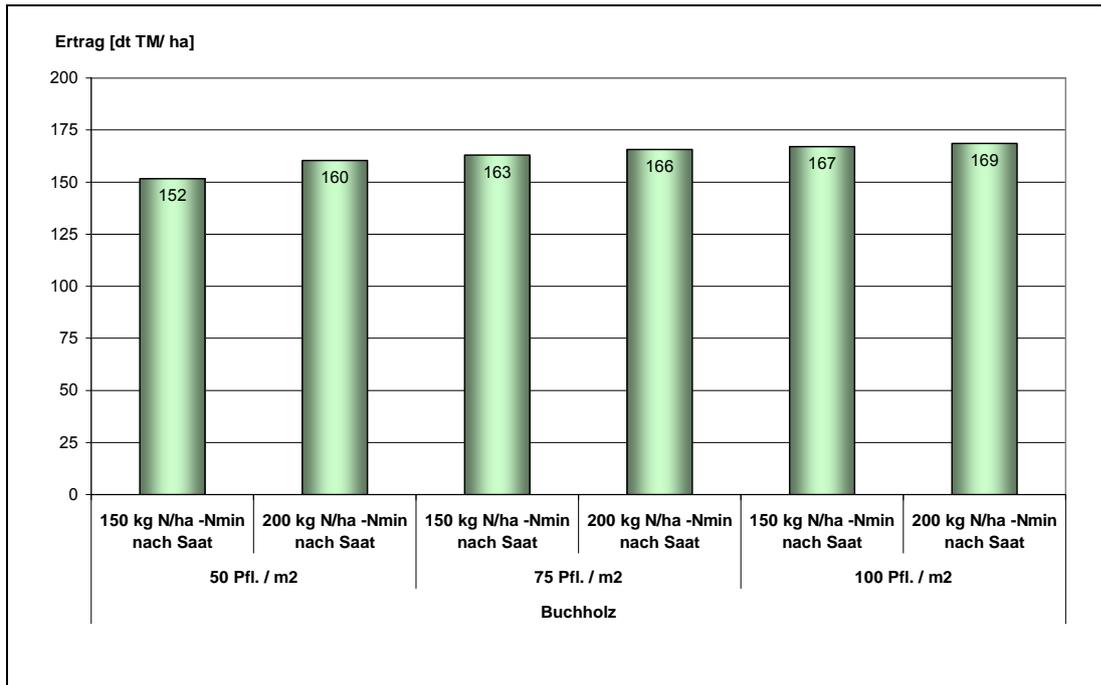


Abbildung 89: Sudangrasertrag in Abhängigkeit von der Bestandesdichte und N-Düngung, Buchholz 2008

Anders ist dieses am Standort Buchholz zu bewerten. Hier konnte der Stickstoff sehr gut verwertet werden, was die sehr niedrigen Nmin-Werte nach der Ernte in Abbildung 88 belegen. In allen Varianten, bzw. den unterschiedlichen Bestandesdichten liegen die Nmin-Werte unter 30 kg N/ha. Die Sudangraserträge am Standort Buchholz (siehe Abbildung 89) zeigen zwischen den Varianten keine deutlichen Unterschiede. So konnte der Ertrag von der Variante mit 50 Pflanzen/ m² (150 kg N/ ha) zu der Variante mit 100 Pflanzen/m² (200 kg N/ ha) lediglich um 10 % gesteigert werden.

Verschiedene Zweitfrüchte nach Roggen

Im nachfolgend dargestellten Versuch wurden verschiedene Zweitfrüchte (Silomais, Sonnenblumen und Sudangras) nach der Erstfrucht Grünroggen und nach der Erstfrucht Roggen GPS am Standort Werlte angebaut.

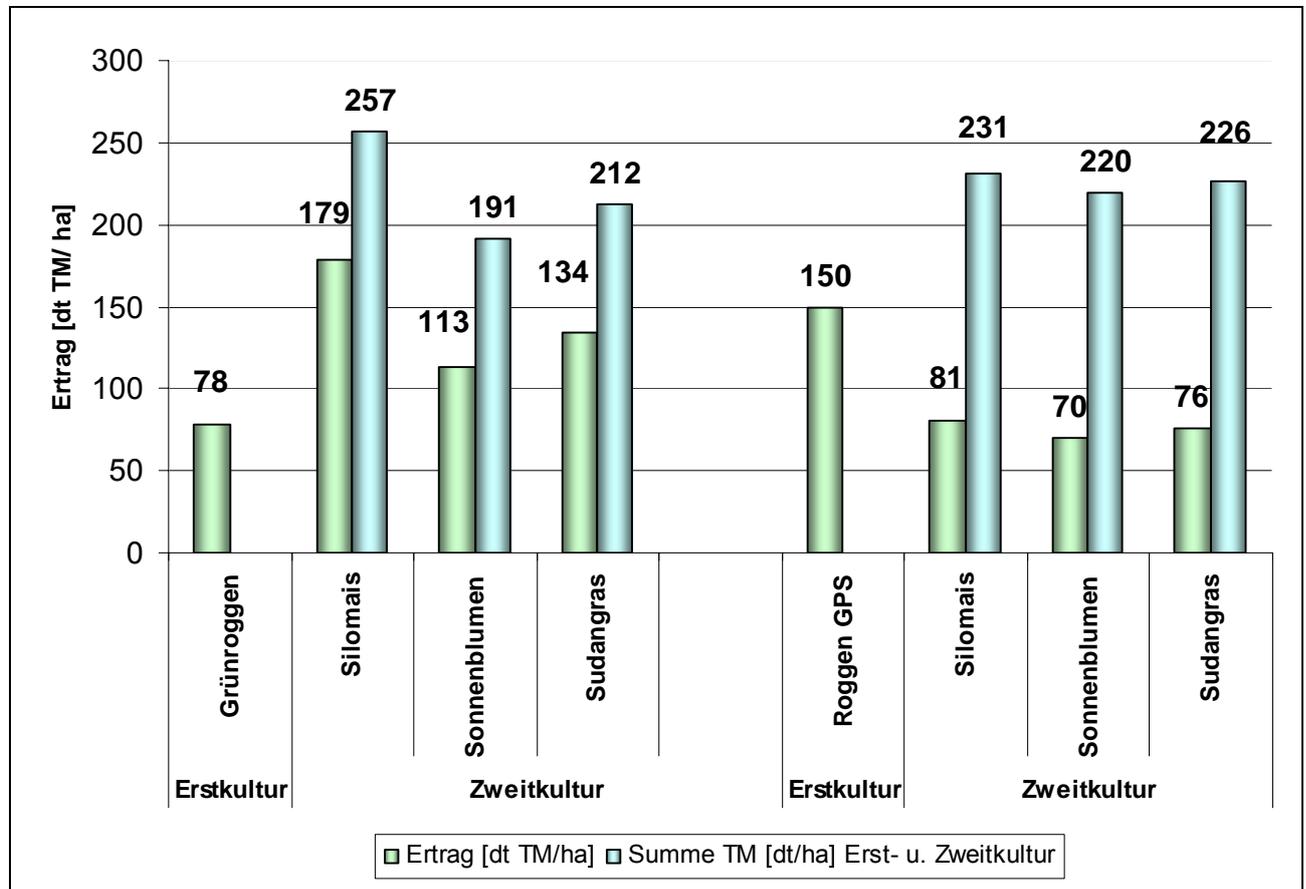


Abbildung 90: Erträge der verschiedenen Zweitfrüchte Silomais, Sonnenblumen und Sudangras sowie der Erstfrüchte Grünroggen und Roggen GPS, Werlte 2008

Betrachtet man die Summe der Trockenmasseerträge nach Grünroggen und die Summe der Erträge nach Roggen GPS bewegen sich diese durchschnittlich zwischen 220 und 225 dt TM/ ha.

Eine Differenzierung ist hier bei den einzelnen Kulturen erkennbar. Der Ertrag der nachfolgenden Zweitfrucht wird von den Standortfaktoren – insbesondere, ob genügend Niederschläge gefallen sind- beeinflusst. In 2008 wurde der Höchstertrag von 257 dt TM/ha in der Kombination von Grünroggen mit Silomais erzielt. Grünroggen wird in der Regel 4-6 Wochen vor Roggen GPS geerntet, so dass z.B. 2008 dem Mais nach Grünroggen fast die volle Vegetationszeit zur Ertragsbildung zur Verfügung stand.

In Abbildung 91 sind die Rest-Nmin-Gehalte am Standort Werlte nach verschiedenen Zweitfruchtssystemen dargestellt.

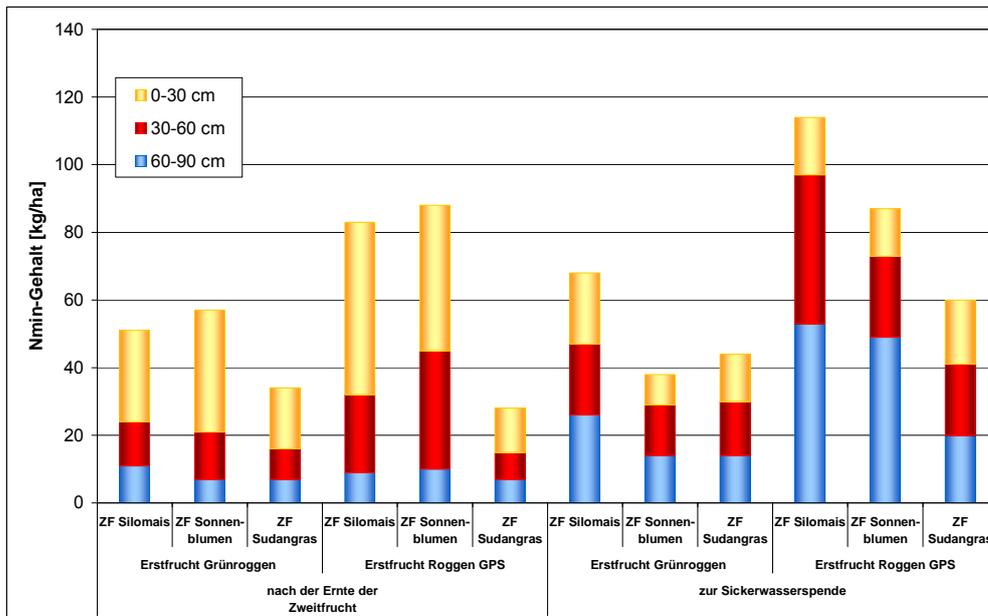


Abbildung 91: Nmin-Gehalte im Boden in Abhängigkeit vom Zweitfruchtanbau, Werlte 2008

Nach Roggen GPS lagen die Rest-Nmin-Gehalte gegenüber den Grünroggenvarianten auf einem deutlich höheren Niveau. Im Gegensatz zu den Versuchsergebnissen am Standort Ihlow (s. Kap. 5) waren nach dem Anbau von Roggen GPS höhere Reststickstoffgehalte als nach dem Anbau von Grünroggen festzustellen. Es bleibt abzuwarten, inwieweit sich diese unterschiedlichen Ergebnisse wiederholen. Gegenüber dem Silomais und der Sonnenblume waren nach dem Anbau von Sudangras deutlich geringere Rest-Nmin-Gehalte festzustellen, was auf eine höhere N-Aufnahme zurückzuführen sein dürfte.

Sonnenblumen

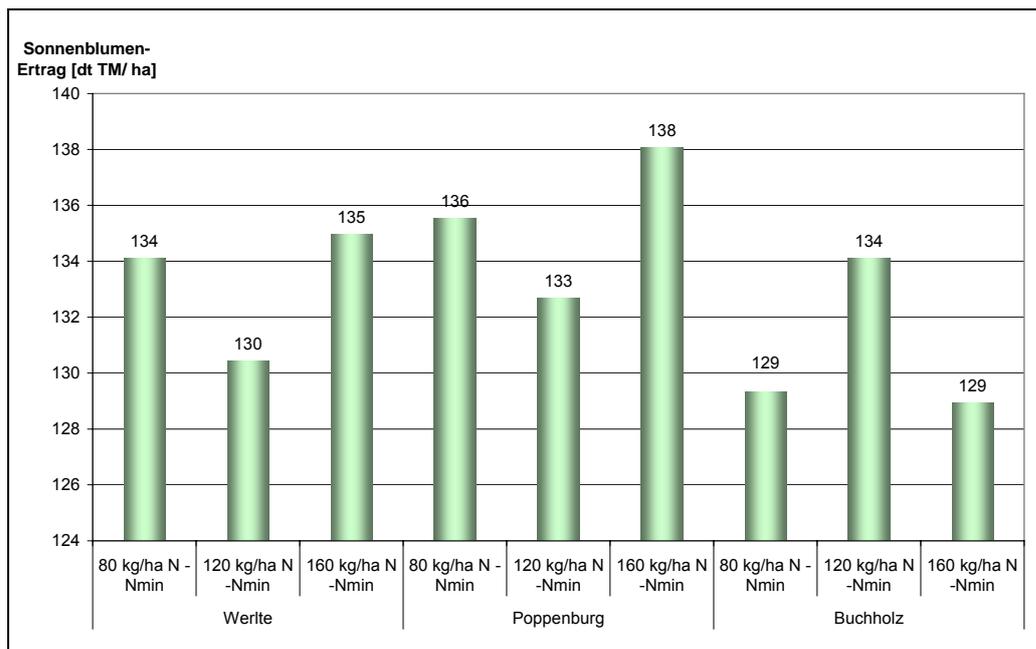


Abbildung 92: Sonnenblumenenerträge in Abhängigkeit von der N-Düngung, Werlte, Poppenburg, Buchholz 2008

Abbildung 92 stellt die TM-Erträge der Sonnenblume an drei Standorten dar. Am Standort Werlte, der 2008 eine hohe N-Mineralisation aufwies, konnten ähnlich wie in Poppenburg schon bei 80 kgN/ ha Höchstserträge erzielt werden. In Buchholz wurde bei 120 kg N/ ha der Höchstsertrag an Trockenmasse erreicht..

In Abbildung 93 sind die Rest-Nmin-Gehalte nach dem Anbau von Sonnenblumen bei unterschiedlicher mineralischer N-Düngung an den Standorten Werlte, Poppenburg und Buchholz dargestellt.

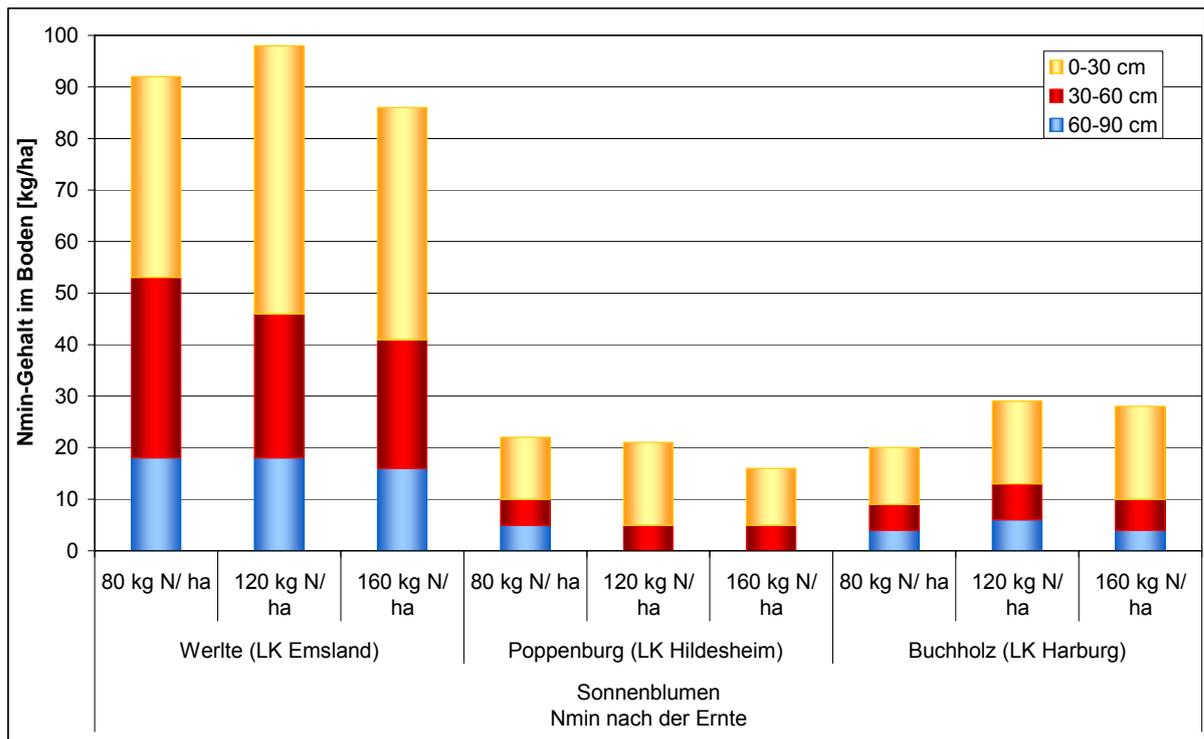


Abbildung 93: Nmin-Gehalte in Abhängigkeit von der N-Düngung nach dem Anbau von Sonnenblumen, Werlte, Poppenburg, Buchholz 2008

Analog zu den Nmin-Gehalten nach dem Anbau von Sudangras sind die hohen Nmin-Gehalte am Standort Werlte generell in allen Düngungsvarianten auf die hohe standörtliche N-Nachlieferung zurückzuführen. An allen drei Standorten hatte die mineralische N-Düngung keinen gerichteten Einfluss auf die Rest-Nmin-Gehalte.

Zuckerhirse

Im nachfolgend abgebildeten Versuch wurde Zuckerhirse mit unterschiedlichen Bestandesdichten sowie zwei Düngungsstufen (150 bzw. 200 kg N/ ha) in Poppenburg, Buchholz und Werlte angepflanzt. Die Ergebnisse am Standort Werlte konnten aufgrund von Pflanzenschäden nicht ausgewertet werden.

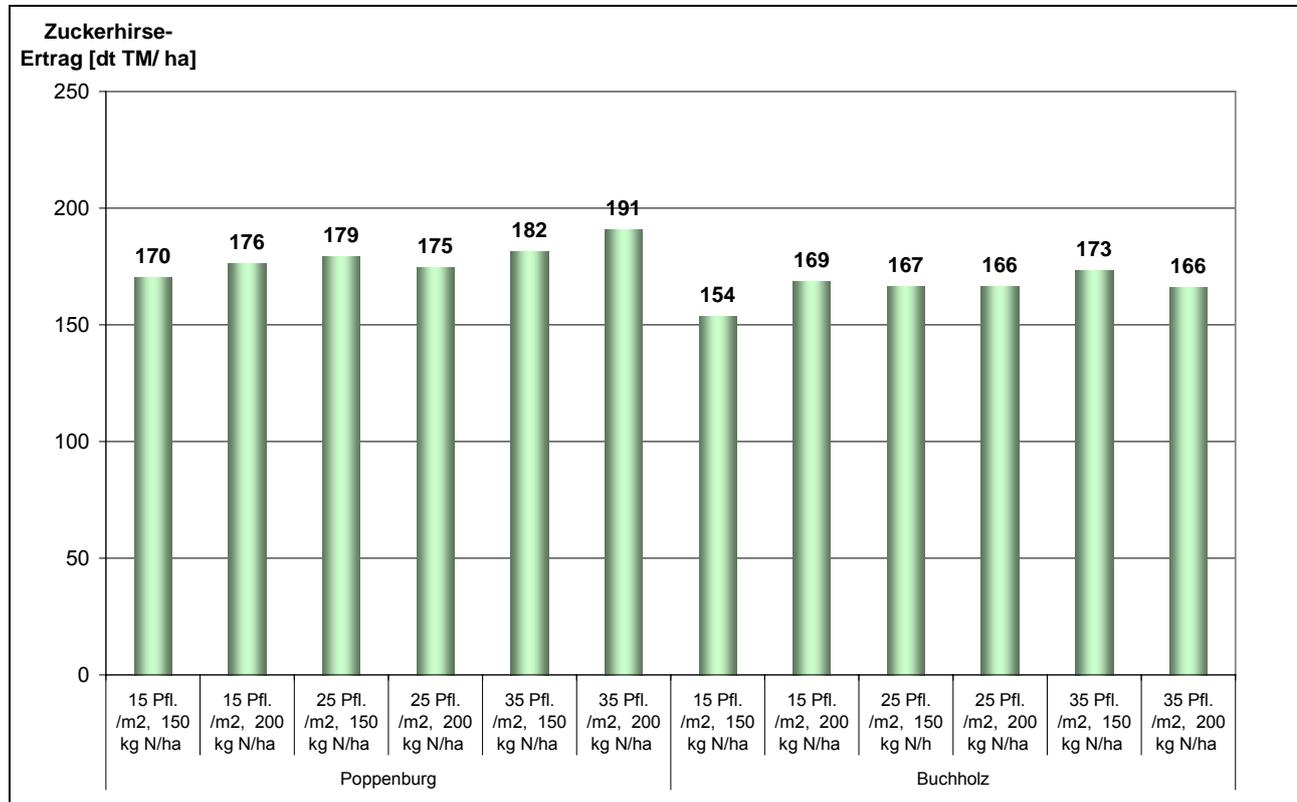


Abbildung 94: Zuckerhirseerträge in Abhängigkeit von der N-Düngung, Poppenburg und Buchholz 2008

Die Varianten Pflanzdichte 35 Pfl./m² mit einer Düngung von 200 kg N/ha erzielten am Standort Poppenburg und in Buchholz in Kombination mit einer Düngung von 150 kg N/ ha die höchsten Trockenmasseerträge

In Abbildung 95 ist der Einfluss der Pflanzendichte (15, 25 und 35 Pflanzen/ m²) und der mineralischen N-Düngung auf die Rest-Nmin-Gehalte nach der Ernte nach dem Anbau von Zuckerhirse dargestellt.

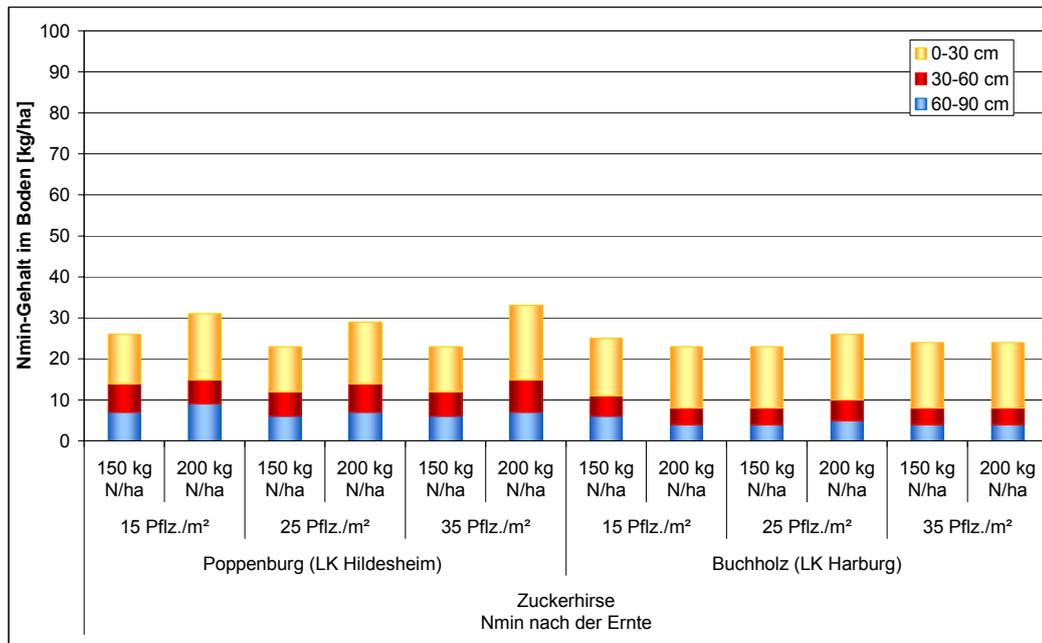


Abbildung 95: Nmin-Werte in Abhängigkeit von der Zuckerhirsebestandesdichte, Poppenburg und Buchholz 2008

Die Erhöhung der Pflanzenzahl hatte in 2008 keinen Einfluss auf die Reststickstoff-Gehalte nach der Ernte. Lediglich die Erhöhung der N-Düngung führte am Standort Poppenburg zu einem geringfügigen Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte.

Drilltechnik Silomais – Einfluss unterschiedlicher Reihenweiten (75, 37,5, 15 cm) auf die N-Dynamik im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende

Auf zwei Standorten (Werlte, LK Emsland und Wehnen, LK Ammerland) wurde der Einfluss der Reihenweite und der Drilltechnik auf den Ertrag und den Rest-Nmin-Gehalt untersucht. Die Düngung erfolgte nach dem N-Sollwertschema (180 kg/ha N minus Nmin-Wert) mit mineralischer Unterfußdüngung.

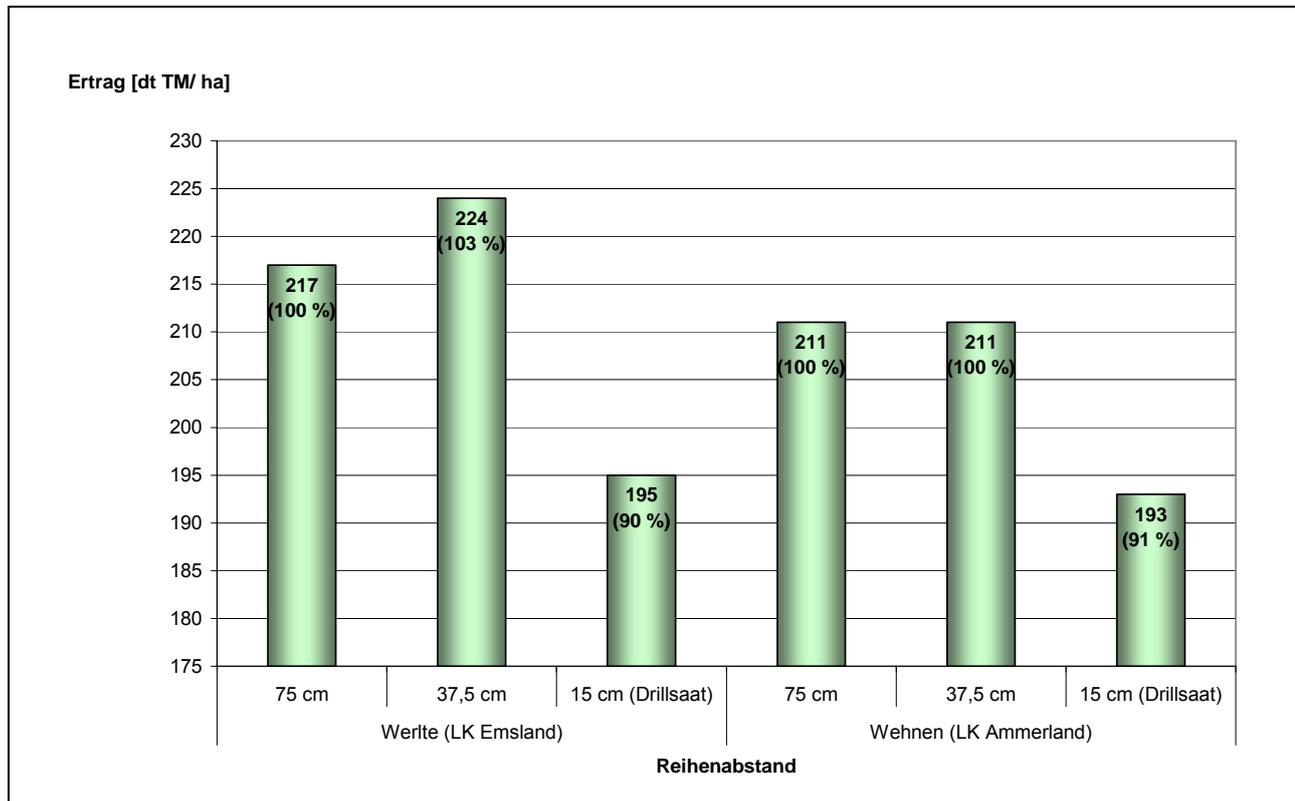


Abbildung 96: Silomaiserträge in Abhängigkeit von der Reihenweite und Drilltechnik, Werlte und Wehnen 2008

Ertraglich stellten sich diese Versuche eindeutig zugunsten der Einzelkornsaat dar, welche am Standort Wehnen in beiden Varianten (75 cm und 37,5 cm Reihenabstand) den gleichen Ertrag erreichten (siehe Abbildung 96). In Werlte zeigte sich ein Ertragsvorteil der Engsaat von 3 %.

Die zusätzliche Variante einer Drillsaat von Mais schnitt auf beiden Standorten deutlich schlechter ab, hier wurden 8 % (Wehnen) und 10 % (Werlte) weniger geerntet als im Standardverfahren.

Die Energiedichte aller Verfahren war hingegen sehr einheitlich bei ca. 6,9 MJ NEL und zeigte nur minimale Schwankungen.

Anders hingegen die Stärkeerträge und -gehalte. Hier zeigten sich am Standort Wehnen zwischen Normal- und Engsaat annähernd keine Unterschiede, bei der Drillsaat hingegen eine leicht geringere Stärkekonzentration (-3 %) und ein deutlich geringerer Stärkeertrag (-11 %)

Am Standort Werlte konnte die Variante Engsaat einen um 4 % höheren Stärkegehalt realisieren, was in Verbindung mit dem TM-Ertrag zu einem um 8 % höheren Stärkeertrag führte.

Die Drillsaat erreichte hier einen gegenüber dem Standard leicht erhöhten Stärkegehalt und in der Folge einen um 9% geringeren Stärkeertrag.

Erstaunlich ist die Ertragssteigerung durch die Engsaat am Standort Werlte, die in der Form eher bei einer kompakten Maissorte zu erwarten gewesen wäre. Eingesetzt war hier eine massenwüchsige Sorte aus dem mittelspäten Sortenspektrum.

Weitere Ergebnisse zu den Erträgen und Qualitäten sind dem „Versuchsbericht Mais 2008“ der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zu entnehmen.

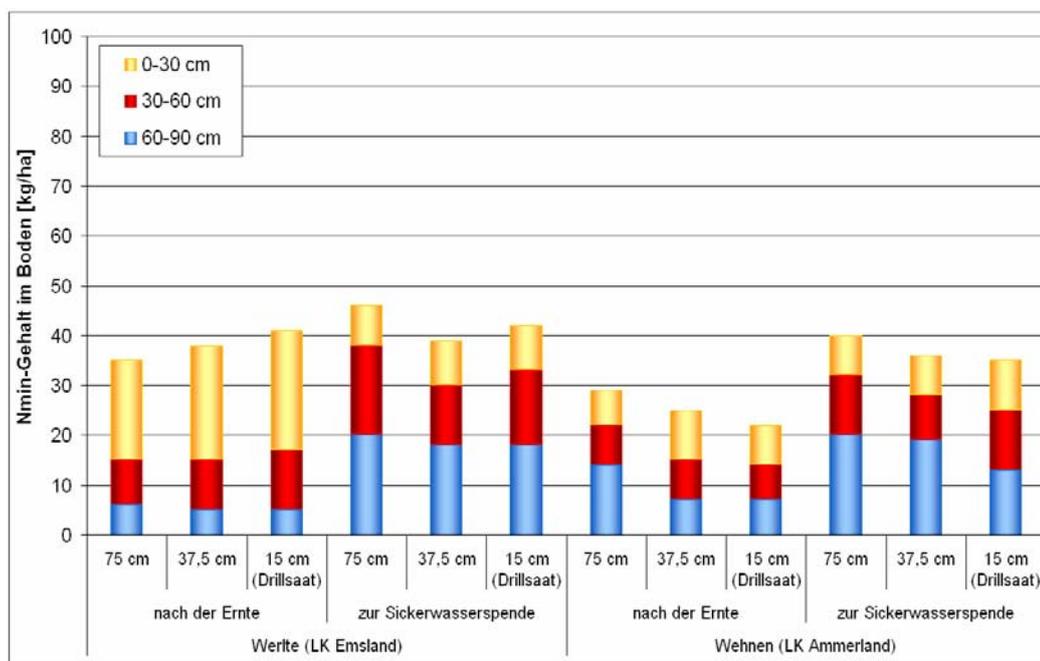


Abbildung 97: Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite und Drilltechnik, Werlte und Wehnen 2008

Die Nmin-Werte nach der Ernte lagen sowohl am Standort Werlte als auch am Standort Wehnen mit Werten zwischen 22 und 43 kg N/ha auf einem niedrigen Niveau und stiegen zum Zeitpunkt der Sickerwasserspense nur geringfügig an..

Eine Verlagerung des Stickstoffs zum Zeitpunkt der Sickerwasserspense war auf beiden Standorten zu erkennen (siehe Abbildung 97). So stieg der Anteil an Nmin in der Schicht von 60 bis 90 cm um ca. 10 kg N/ha an.

Signifikante Unterschiede bei den Nmin-Gehalten aufgrund der verringerten Reihenweite waren nicht festzustellen.

Gülleunterfußdüngung zu Silomais

Der Einsatz von Gülle in verschiedenen Ausbringverfahren hat in 2008 in Dasselsbruch (LK Celle) zu allgemein sehr guten Ertragsergebnissen geführt (Abbildung 98).

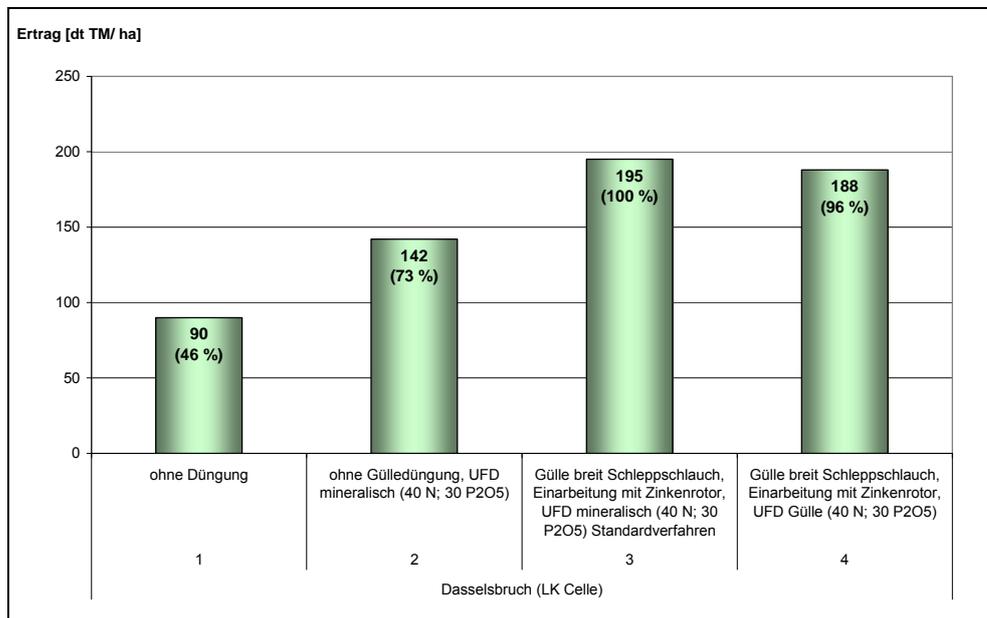


Abbildung 98: Silomaiserträge in Abhängigkeit von der Unterfußdüngung, Dasselsbruch 2008

Hier wurde Silomais der Sorte Gavott S 250 angepflanzt und mit verschiedenen Verfahren gedüngt. Die Vergleichsvariante (=100%) ist die Güllebreitverteilung mit mineralischer Unterfußdüngung. Bei diesem Verfahren wurden 195 dt/ha erreicht. Vergleichbare Erträge wurden in der Variante Gülle breit + Gülle-UFD erzielt. In der Kontrollvariante wurden lediglich ca. 50 % des Ertrages der Standardvariante erreicht. Dieses Ergebnis deutet auf eine geringere standörtliche N-Nachlieferung hin.

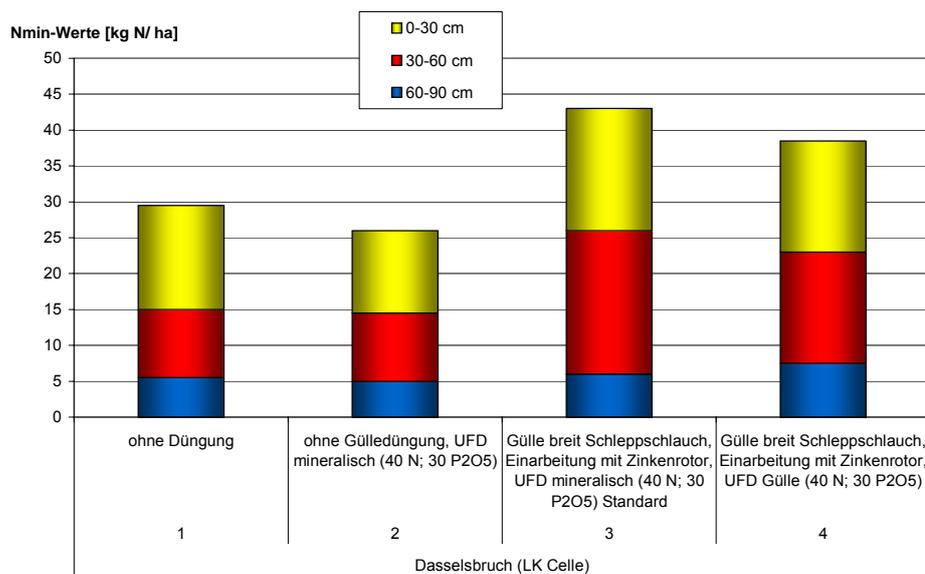


Abbildung 99: Nmin-Gehalte nach dem Anbau von Silomais in Abhängigkeit von der Unterfußdüngung, Dasselsbruch 2008

Die Reststickstoffgehalte nach der Ernte lagen unter 50 kg Nmin/ ha (Abbildung 99). Gegenüber der ungedüngten Kontrollvariante erreichen die auf Sollwert gedüngten Varianten zu geringfügig höheren Rest-Nmin-Gehalten, die innerhalb der Fehlergrenze lagen. Die Gülleunterfußdüngung führte gegenüber der mineralischen Unterfußdüngung zu keinen signifikant höheren Rest-Nmin-Gehalten im Boden.

Gülleunterfußdüngung zu Körnermais

Die nachfolgende Abbildung stellt die Körnermaiserträge mit Gülleunterfußdüngung zu Körnermais (Padrino K 210) an den Standorten Wehnen und Werlte dar. Die Vergleichsvariante (=100%) ist auch hier die Güllebreitverteilung mit mineralischer Unterfußdüngung.

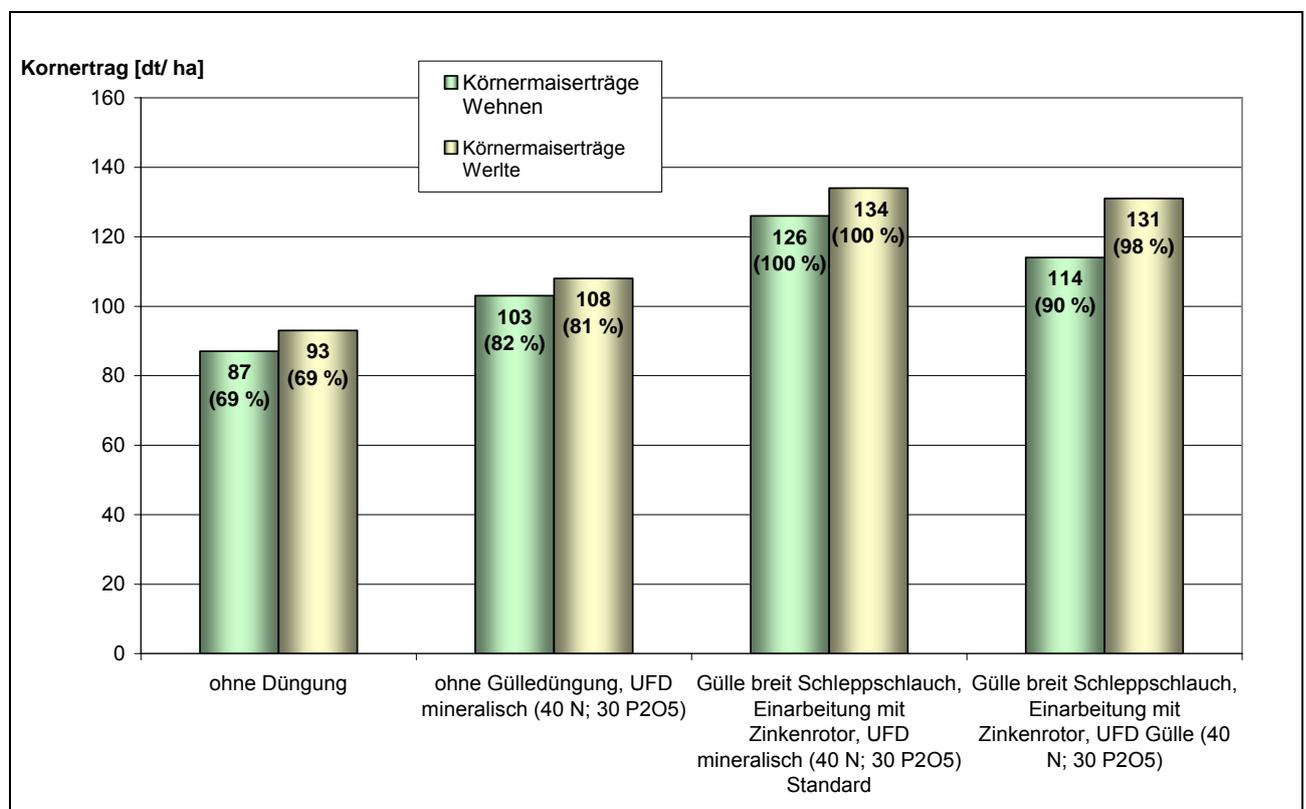


Abbildung 100: Körnermaiserträge in Abhängigkeit von der Unterfußdüngung, Wehnen und Werlte 2008

Gleichgerichtet zu den Silomaiserträgen am Standort Dasselsbruch führte die Gülleunterfußdüngung gegenüber der mineralischen Unterfußdüngung nicht zu signifikanten Mindererträgen

In der Kontrollvariante ohne Düngung wurden ca. 70 % des Ertrages der Vergleichsvariante erzielt. Dieses Ergebnis deutet auf eine hohe standörtliche N-Nachlieferung im Vergleich zum Standort Dasselsbruch hin.

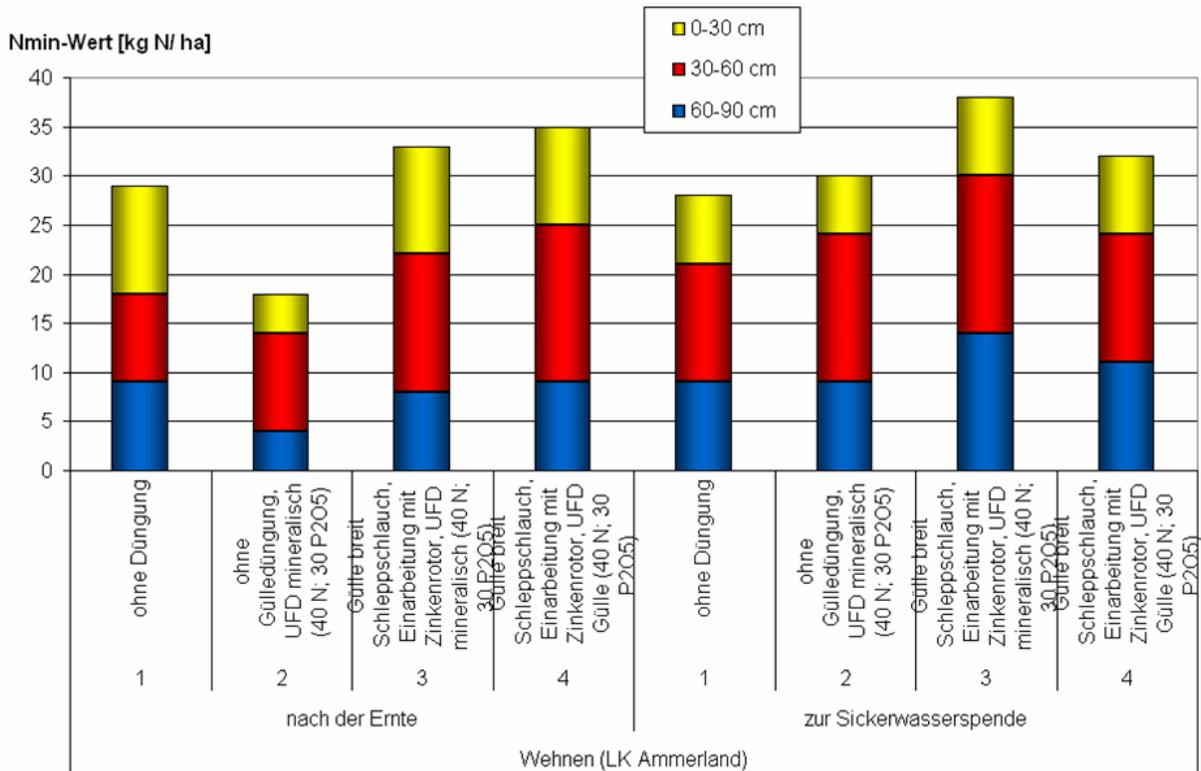


Abbildung 101: Nmin-Gehalte nach dem Anbau von Körnermais in Abhängigkeit von der Unterfußdüngung, Wehnen 2008

Am Standort Wehnen lagen die Reststickstoffgehalte nach der Ernte in allen Varianten unter 40 kg Nmin/ ha (siehe Abbildung 101). Dort führte die Gülleunterfußdüngung im Vergleich zur mineralischen Unterfußdüngung gleichgerichtet zu den Ergebnissen am Standort Dasselsbruch nicht zu signifikant erhöhten Nmin-Gehalten im Boden.

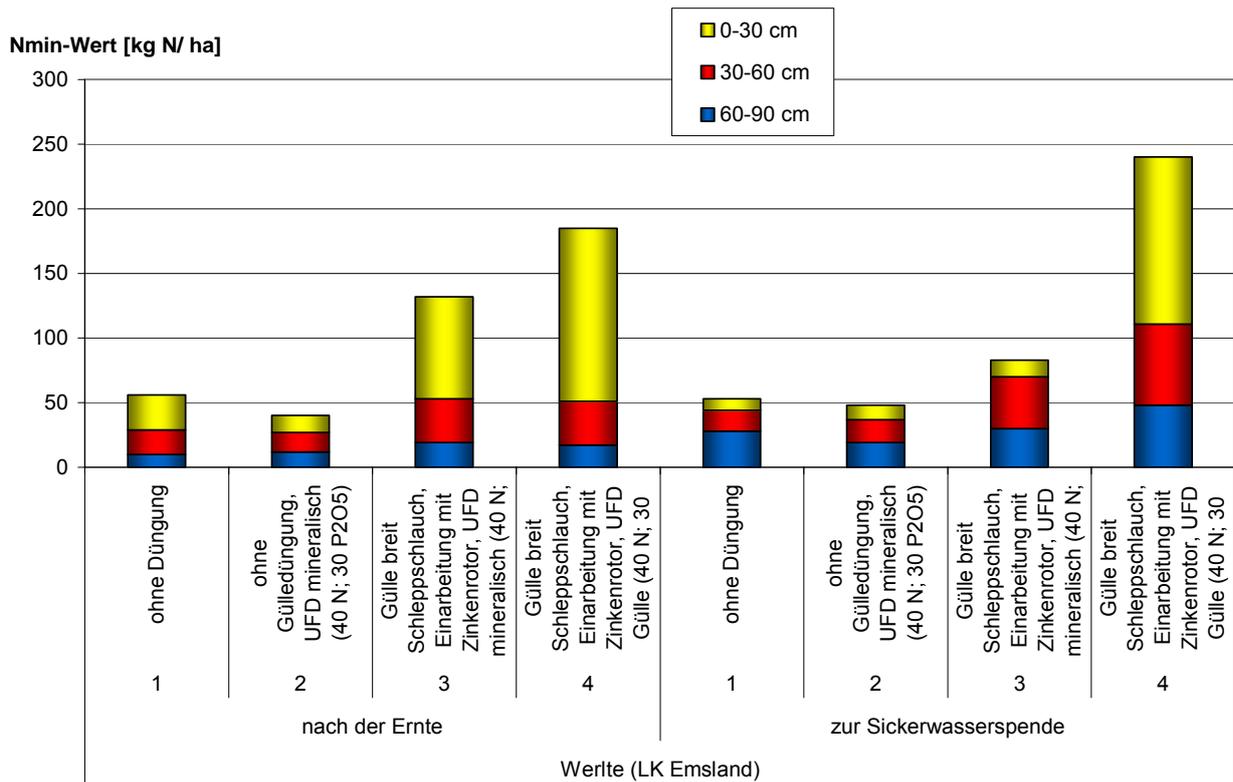


Abbildung 102: Nmin-Gehalte nach dem Anbau von Körnermais in Abhängigkeit von der Unterfußdüngung, Werlte 2008

Auffällig ist das hohe Nmin-Niveau am Standort Werlte (siehe Abbildung 102). Die hohen Reststickstoffgehalte im Boden sind maßgeblich auf die hohe N-Nachlieferung zurückzuführen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um einen Eschboden mit einem sehr hohen N-Nachlieferungspotential handelt. Im Gegensatz zu den übrigen Standorten führte eine Gülleunterfußdüngung gegenüber einer mineralischen Unterfußdüngung 2008 zu signifikant höheren Nmin-Gehalten. Dieses lässt sich eigentlich nur mit einem zusätzlichen „Mineralisationsschub“ erklären, der in diesem Versuchsjahr durch die Gülleunterfußdüngung ausgelöst wurde. Es bleibt abzuwarten, ob dieses Versuchsergebnis an vergleichbaren Versuchsstandorten in den Folgejahren bestätigt wird.

8. Literatur

FIER, A.; SCHÄFER, W. (2009): Landwirtschaftliche Bodennutzung und Gewässerschutz in Wasserschutzgebieten – Berechnung des Wasserhaushaltes, der Nitratkonzentrationen und der Nitratfrachten am Standort Hohenzethen, Auswaschungsperiode 2007/2008

FIER, A.; SCHÄFER, W.; UHLMANN, J.; EILER, T. (2009): Stickstoffdüngung und Grundwasserschutz – Ergebnisse aus dem Feldversuch Thülsfelde. Link: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/197/article/12030.html>, web-code: 01012030

Versuchsbericht Mais 2008 – Ergebnisse von Prüfungen und Feldversuchen mit Mais; Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2009

9. Anhang

9.1. Wetterdaten

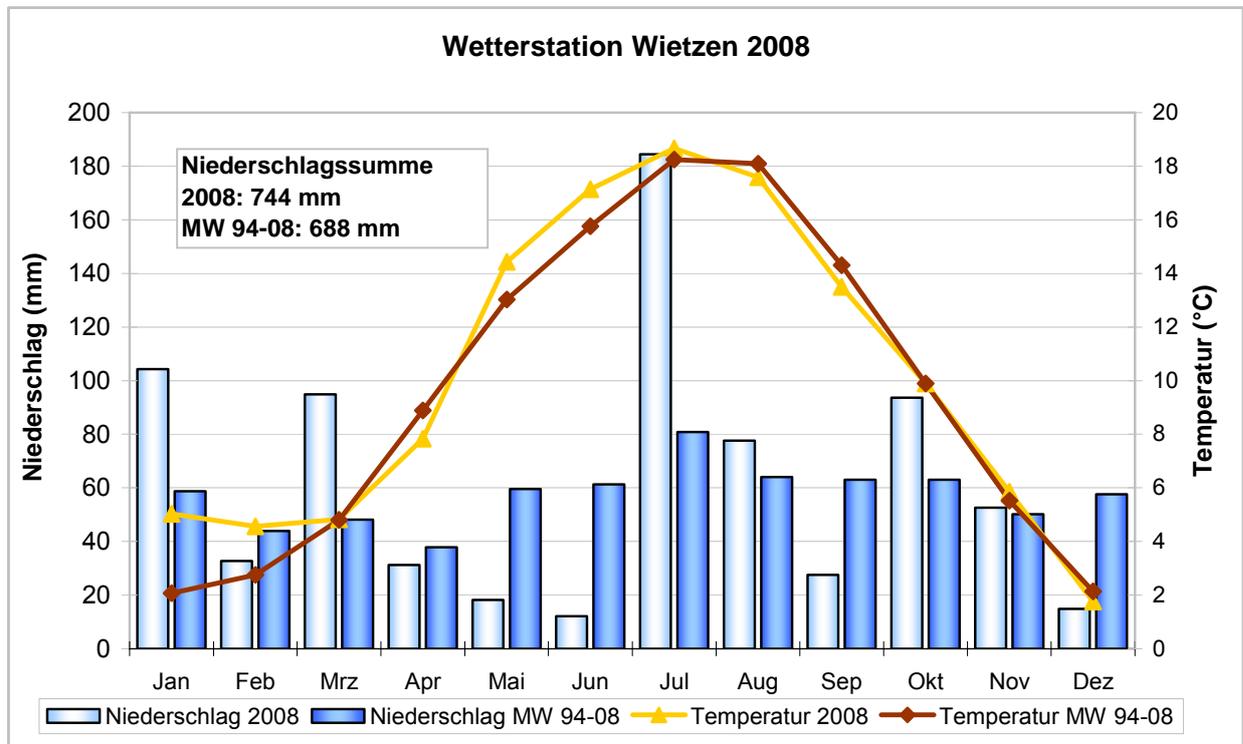


Abbildung 103: Wetterdaten Liebenau 2008

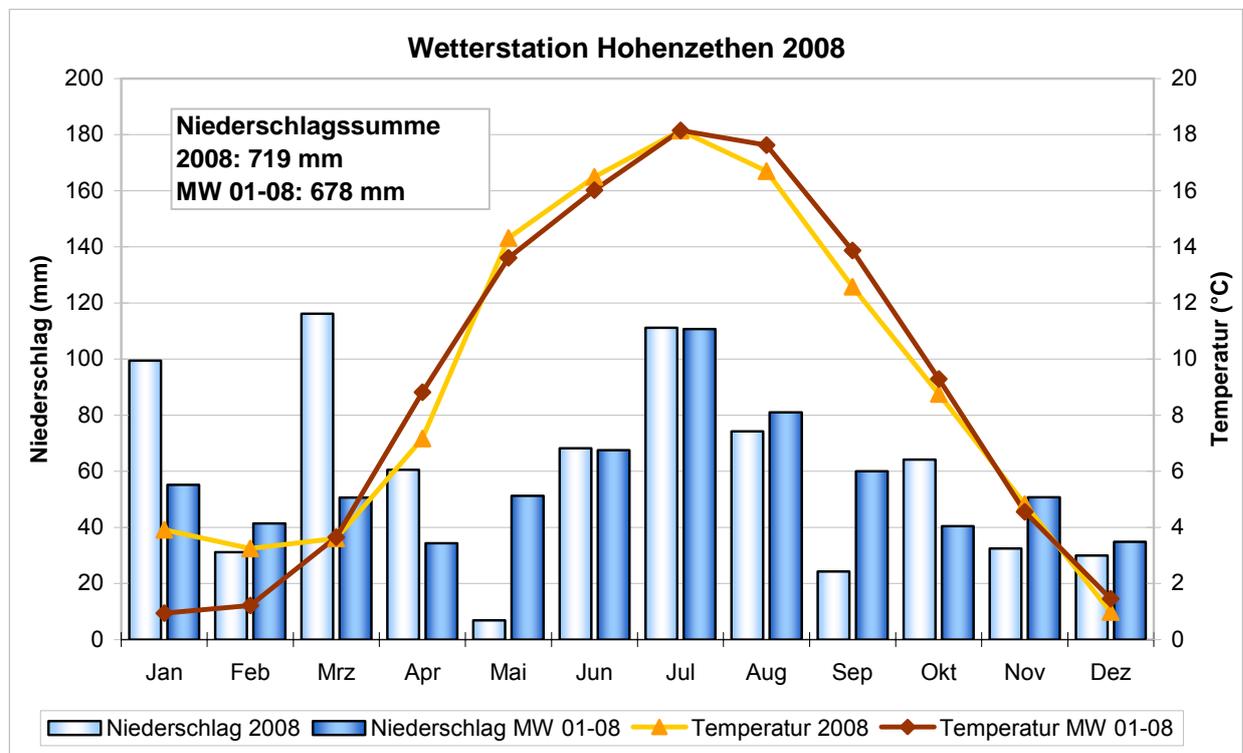


Abbildung 104: Wetterdaten Hohenzethen 2008

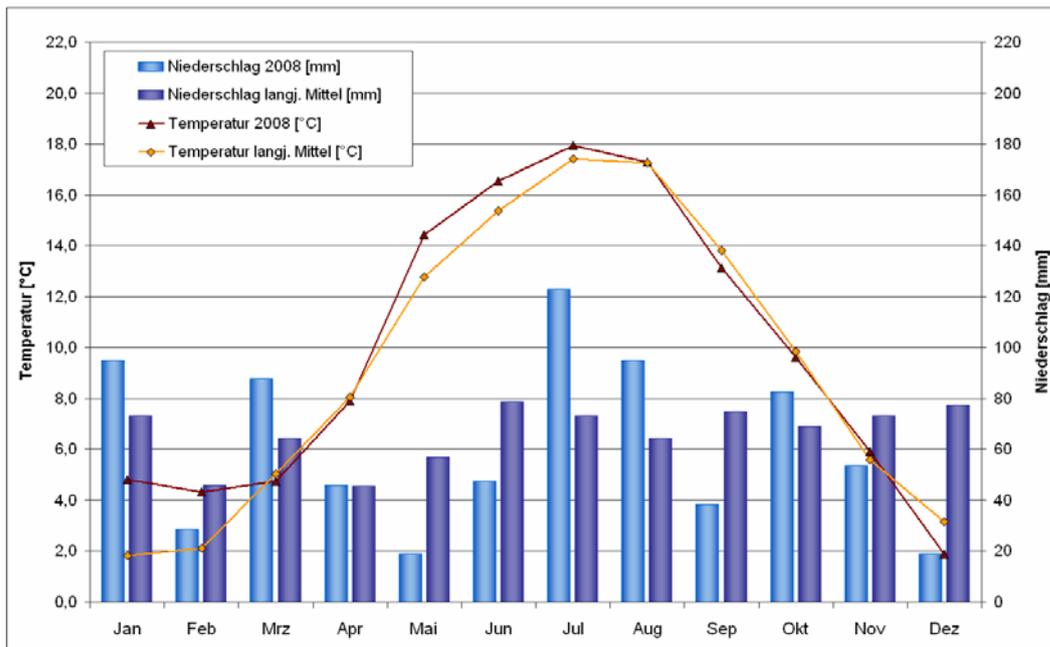


Abbildung 105: Witterungsverlauf im Mittel der LWK- Wetterstationen (Barnstorf, Carolinensiel, Cloppenburg, Hamerstorf, Höckelheim, Holtorfsloh, Krummendeich, Lindloh, Poppenburg, Wehnen, Wietze) für 2008 im Vergleich zum langjährigen Witterungsverlauf (Daten DWD für Niedersachsen 1971-2006)

9.2. Weitere Versuchsdaten

Tabelle 29: Silomaiserträge Liebenau; Vergleich aller Anbaujahre und Fruchtfolgesysteme

Erträge (rel.) Silomais-Anbaujahre Standort Liebenau Vergleich konventionell - konservierend									
Varianten	1995	1996	1999	2000	2003	2004	2007	2008	MW Gesamt
konventionell									
1. ohne N	91	96	75	74	97	69	81	70	82
2. SW-40%	95	103	91	95	103	82	94	81	93
3. SW-20%	96	105	98	106	96	92	96	92	97
4. SW	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5. SW+30%	89	107	101	105	102	99	103	109	102
6. SW AWG	88	109	95	102	92	98	97	-	97
6a. SW ENTEC	-	-	-	-	-	-	-	105	105
7. Entzug FF	95	107	97	100	96	100	101	106	100
8. SW Gülle	90	112	99	105	105	102	100	100	102
9. SW Gülle+Didin	95	112	103	105	104	103	98	-	103
9a. SW Gärrest	-	-	-	-	-	-	-	105	105
10. SW-30%+Didin	96	105	95	100	109	93	91	-	98
10a. SW Gülle+Piad	-	-	-	-	-	-	-	97	97
MW Jahre	94	106	95	99	100	94	96	97	98
konservierend/Bioenergie									
1. ohne N	94	87	72	64	98	61	91	59	78
2. SW-40%	92	98	83	87	99	73	92	78	88
3. SW-20%	94	104	93	96	104	81	99	88	95
4. SW	91	108	96	102	100	88	107	92	98
5. SW+30%	96	112	103	101	105	92	103	101	102
6. SW AWG	94	111	99	103	98	83	105	-	99
6a. SW ENTEC	-	-	-	-	-	-	-	102	102
7. Entzug FF	91	112	96	99	100	95	109	106	101
8. SW Gülle	94	109	89	97	105	87	97	84	95
9. SW Gülle+Didin	94	113	95	96	103	83	102	-	98
9a. SW Gärrest	-	-	-	-	-	-	-	83	83
10. SW-30%+Didin	92	106	87	89	102	81	94	-	93
10a. SW Gülle+Piad	-	-	-	-	-	-	-	81	81
MW Jahre	93	106	91	93	101	83	100	87	94

Tabelle 30: Relativerträge Standort Hohenzethen, Mittelwert 1995-2004, 2006 bis 2008

Relativerträge in % (Sollwert=100%); konventionelle Fruchtfolge					
Standort Hohenzethen ; Versuchsjahre Mittel 1995-2004, 2005, 2006, 2007 und 2008					
Anbaufrucht Düngung	Kartoffel		Silomais	RW	Zuckerrüben
	1995-2004	2005	2006	2007	2008
ohne	57	52	60	40	71
Sollwert -40%	87	80	75	96	94
Sollwert -20%	94	89	76	107	99
Sollwert (SW)	100	100	100	100	100
Sollwert +30%	104	100	91	115	97
Sollwert AWG	99	93	92	89	/
Sollwert Cultan-Verfahren	/	/	/	/	107
Abfuhr FF	94	91	85	110	95
Sollwert Gülle	88	90	/	/	/
SW Abfuhr Biogas Gärrest	/	/	86	105	106
Ertrag absolut (dt/ha) in SW		562	384	49	838
Grenzdifferenz			10,00	15,06	11,8
Relativerträge in % (Sollwert=100%); konservierende Fruchtfolge					
Standort Hohenzethen ; Versuchsjahre Mittel 1995-2004, 2005, 2006, 2007 und 2008					
Anbaufrucht Düngung	Kartoffel		Silomais	RW	Zuckerrüben
	1995-2004	2005	2006	2007	2008
ohne	69	59	64	52	72
Sollwert -40%	84	85	85	109	84
Sollwert -20%	89	95	91	120	94
Sollwert (SW)	96	91	91	119	96
Sollwert +30%	99	93	93	115	97
Sollwert AWG	98	106	88	106	/
Sollwert Cultan-Verfahren	/	/	/	/	86
Abfuhr FF	89	88	88	123	94
Sollwert Gülle	95	99	/	/	/
SW Abfuhr Biogas Gärrest	/	/	89	96	99
Ertrag absolut (dt/ha) in SW		562	384	49	838
Grenzdifferenz			10,00	15,06	11,8

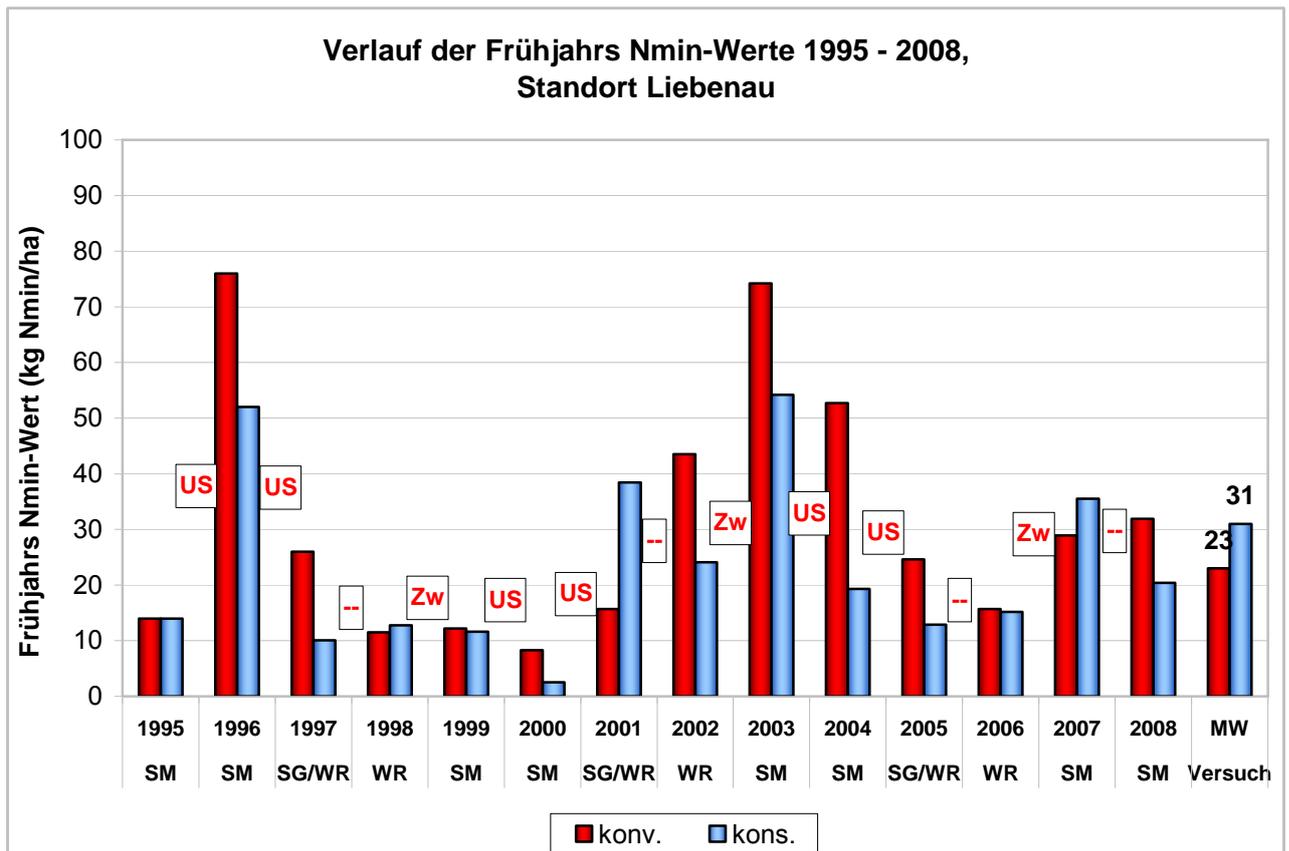


Abbildung 106: Übersicht Frühjahrs Nmin-Werte 1995 - 2008, Standort Liebenau

Tabelle 31: Analyseergebnisse Energiepflanzen, Wehnen 2008

641-2008; Wehnen						
Fruchtart/ Düngung		Gasausb. l/kg TM	Gasausb./kg OTS	Methan %	Grünmasse dt/ha	TM-Ertrag dt/ha
Ackergras/ 1 N-Variante	1. Schnitt	496,0	557,0	54,2	147,78	29,3
	2. Schnitt	481,0	555,0	54,9	186,36	25,1
	3. Schnitt	485,0	555,0	54,3	177,22	24,7
	4. Schnitt	496,0	553,0	55,4	150,56	19,5
	5. Schnitt				105,55	15,8
Fruchtart	Düngung	Gasausb. l/kg TM	Gasausb./kg OTS	Methan %	TM-Ertrag dt/ha	
Energiemais I	ohne Mineral-N	540,0	564,0	51,7	118,2	
	75 Mineral-N	541,0	564,0	51,9	149,3	
	150 Mineral-N	538,0	564,0	52,2	199,1	
	225 Mineral-N	543,0	564,0	52,2	193,7	
	300 Mineral-N	537,0	563,0	52,2	208,7	
	120 Gärrest-N	542,0	565,0	51,8	168,1	
	120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N	540,0	564,0	52,2	189,3	
Energiemais II	ohne Mineral-N	537,0	564,0	51,9	120,1	
	75 Mineral-N	544,0	564,0	52,0	162,5	
	150 Mineral-N	542,0	564,0	52,2	196,3	
	225 Mineral-N	542,0	563,0	52,2	196,8	
	300 Mineral-N	542,0	563,0	52,3	209,2	
	120 Gärrest-N	542,0	563,0	52,2	177,1	
	120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N	542,0	563,0	52,1	197,9	
Fruchtart	Düngung	Gasausb. l/kg TM	Gasausb./kg OTS	Methan %	TM-Ertrag dt/ha	
Sudangras I	ohne Mineral-N	542,0	566,0	51,5	98,4	
	75 Mineral-N	543,0	566,0	51,4	123,7	
	150 Mineral-N	536,0	563,0	52,1	125,0	
	225 Mineral-N	542,0	564,0	51,8	126,1	
	300 Mineral-N	533,0	559,0	52,6	126,9	
	120 Gärrest-N	545,0	565,0	51,2	118,0	
	120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N	537,0	562,0	52,5	125,9	
Sudangras II	ohne Mineral-N	545,0	568,0	51,3	97,9	
	75 Mineral-N	539,0	564,0	52,0	114,8	
	150 Mineral-N	544,0	564,0	51,4	123,2	
	225 Mineral-N	535,0	561,0	52,5	136,4	
	300 Mineral-N	541,0	563,0	52,2	124,0	
	120 Gärrest-N	540,0	565,0	52,0	113,0	

Tabelle 32: Gülleuntersuchungswn in Wehnen, Teil 1

	Befund i.d. Originalprobe kg/m³				
	Analyse vom 02.03.2006				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	3,1	4,8	8,4	3,9	9
Ges. N	4,4	6	5,2	4,5	5,4
Ammonium-N	2,8	3,5	2,3	2,6	2,7
Anteil NH ₄ N	64%	58%	44%	58%	50%
P ₂ O ₅	1,7	2,4	2,4	1,3	2,8
K ₂ O	2,7	3,4	5,3	4,2	5,4
CaO	0,7	1,7	0,6	1,1	0,9

	Befund i.d. Originalprobe kg/m³				
	Analyse vom 26.02.2007				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	3,4	5,4	7,7	4,8	6
Ges. N	5,1	7,6	6,3	5,6	5,4
Ammonium-N	2,6	4,2	2,6	2,6	2,5
Anteil NH ₄ N	51%	55%	41%	46%	46%
P ₂ O ₅	2	2,3	2,3	1,4	2
K ₂ O	2,8	2,9	5	4,8	4,9
CaO	1,1	2,2	3,0	1,0	2,1

	Befund i.d. Originalprobe kg/m³				
	Analyse vom 22.02.2008				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	5,2	4,5	8,1	5,0	7,8
Ges. N	5,0	5,6	5,2	4,1	5,2
Ammonium-N	3,0	3,6	1,9	1,9	2,2
Anteil NH ₄ N	60%	65%	36%	47%	42%
P ₂ O ₅	2,1	2,2	2,2	1,4	1,8
K ₂ O	2,9	2,9	4,6	3,7	5,5
CaO	1,6	1,9	4,4	1,1	1,7

	⌘-Analyse 2006-2008				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	3,9	4,9	8,1	4,6	7,6
Ges. N	4,8	6,4	5,6	4,7	5,3
Ammonium-N	2,8	3,8	2,3	2,4	2,5
Anteil NH ₄ N	58%	59%	41%	50%	46%
P ₂ O ₅	1,9	2,3	2,3	1,4	2,2
K ₂ O	2,8	3,1	5,0	4,2	5,3
CaO	1,1	1,9	2,7	1,1	1,6

Tabelle 33: Gülleuntersuchungen in Wehnen, Teil 2

	Befund i.d. Originalprobe kg/m³				
	Analyse vom 12.05.2006				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	4,6	5,3	9	3,7	8,1
Ges. N	4,5	6	5,6	4,4	5,4
Ammonium-N	2,4	3,4	2,5	2,6	2,7
Anteil NH ₄ N	53%	57%	45%	59%	50%
P ₂ O ₅	2	2,1	2,3	1,2	2,8
K ₂ O	2,9	3,8	5,4	4,1	5,4
CaO	1,0	2,0	2,3	0,9	1,8

	Befund i.d. Originalprobe kg/m³				
	Analyse vom 10.05.2007				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	8,2	5,1	7,9	5,4	5,9
Ges. N	6	7	6	5,6	5
Ammonium-N	2,6	3,3	2	2	1,9
Anteil NH ₄ N	43%	47%	33%	36%	38%
P ₂ O ₅	3,1	2	2,3	1,2	1,6
K ₂ O	3,2	2,8	4,7	4,8	4,8
CaO	2,2	2,0	2,7	0,9	2,0

	Befund i.d. Originalprobe kg/m³				
	Analyse vom 07.04.2008				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	5,2	7,4	8,0	6,3	8,9
Ges. N	5,0	6,5	5,0	4,5	5,5
Ammonium-N	3,0	2,9	1,7	1,9	2,1
Anteil NH ₄ N	60%	44%	34%	43%	37%
P ₂ O ₅	2,1	4,6	2,1	1,7	2,8
K ₂ O	2,9	2,7	4,4	4,0	5,6
CaO	1,6	2,8	3,9	1,5	1,8

	☞-Analyse 2006-2008				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	6,0	5,9	8,3	5,1	7,6
Ges. N	5,2	6,5	5,5	4,8	5,3
Ammonium-N	2,7	3,2	2,1	2,2	2,2
Anteil NH ₄ N	52%	49%	37%	45%	42%
P ₂ O ₅	2,4	2,9	2,2	1,4	2,4
K ₂ O	3,0	3,1	4,8	4,3	5,3
CaO	1,6	2,3	3,0	1,1	1,9

Tabelle 34: Anbaudaten der Erst- bzw. Hauptkulturen, Ihlowerfehn, Erntejahr 2008

VG	Variante	Saattermin	Sorte	Aussaatstärke	Erntetermin
1	Energiemais S 230	05.05.2008	Clemente S230	10 Pfl/m ² ; 75 cm	25.09.08
2	Energiemais S280	05.05.2008	Atletico S280	10 Pfl/m ² ; 75 cm	13.10.08
3	Grünschnittroggen	13.10.2007	Vitallo	320 Kö/m ² (147 kg/ha)	13.05.08
4	Grünschnittroggen	13.10.2007	Vitallo	320 Kö/m ² (147 kg/ha)	13.05.08
5	Grünschnittroggen	13.10.2007	Vitallo	320 Kö/m ² (147 kg/ha)	13.05.08
6	Grünschnittroggen	13.10.2007	Vitallo	320 Kö/m ² (147 kg/ha)	13.05.08
7	Roggen GPS	13.10.2007	Balistic	230 Kö/m ² (98 kg/ha)	12.06.08
8	Roggen GPS	13.10.2007	Balistic	230 Kö/m ² (98 kg/ha)	12.06.08
9	Roggen GPS	13.10.2007	Balistic	230 Kö/m ² (98 kg/ha)	12.06.08
10	Roggen GPS	13.10.2007	Balistic	230 Kö/m ² (98 kg/ha)	12.06.08
11	Ackergras A1 (W. Weidelgras)	13.10.2007	Zarastro, Fabio, Taurus	40 kg /ha	13.05.08 26.06.08 13.08.08 20.10.08
12	Ackergras A 3 (W. Weidelgr. + Dt. W. + Bastard W.)	13.10.2007	Fabio WW, Enduro BW, Twins Dt. W, Roy Dt. W.	40 kg/ha	13.05.08 26.06.08 13.08.08 20.10.08

Tabelle 35: Pflanzenschutz der Haupt- und Erstkulturen, Ihlowerfehn 2008

Nr.	Varianten	Datum	Mittel	Aufwandmenge l/ha
1	Mais	05.06.	Successor T + Mikado + Milagro + Peak	3 + 0,75 + 0,5 + 10 g
2	Mais	05.06.	Successor T + Mikado + Milagro + Peak	3 + 0,75 + 0,5 + 10 g
3	Grünschnittroggen	-	keine	-
4	Grünschnittroggen	-	keine	-
5	Grünschnittroggen	-	keine	-
6	Grünschnittroggen	-	keine	-
7	Roggen GPS	14.04. 05.05.	Starane XL + CCC Fandango + Input	1,5 + 1,0 0,6 + 0,6
8	Roggen GPS	14.04. 05.05.	Starane XL + CCC Fandango + Input	1,5 + 1,0 0,6 + 0,6
9	Roggen GPS	14.04. 05.05.	Starane XL + CCC Fandango + Input	1,5 + 1,0 0,6 + 0,6
10	Roggen GPS	14.04. 05.05.	Starane XL + CCC Fandango + Input	1,5 + 1,0 0,6 + 0,6
11	Ackergras A1	-	keine	-
12	Ackergras A3	-	keine	-

Tabelle 36: Pflanzenschutz im Zweitkulturanbau, Ihlowerfehn 2008

Erst- kultur	Variante	Datum	Mittel	Aufwandmenge l/kg/ha
Grünroggen	3. Mais mit U-Saat	17.06.	Mikado + Certrol B +Motivell	1 + 0,3 + 0,3
	4. Sudangras	17.06.	Gardo Gold + Mais Banvel WG	3 + 0,25
	5. Mais	17.06.	Successor T + Mikado + Motivell	3 + 0,75 + 0,5
	6. Ackergras	-	Starane + U 46 M	1,0 + 1,0
Roggen GPS	7. Grasuntersaat	14.07.	Starane	1,2
	8. Sudangras	14.07.	Gardo Gold + Mais-Banvell WG	3,0 + 0,25 kg
	9. Energiemais	14.07.	Successor T + Mikado + Motivell + Mais Banvell WG	3,0 + 0,75 + 0,5 + 0,2
	10. Ackergras	14.07.	Starane + U 46 M	1,0 + 1,0



Kontakt:

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Geschäftsbereich Landwirtschaft

Fachbereich Nachhaltige Landnutzung, Ländlicher Raum

Tim Eiler

Mars-la-Tour-Str. 1-13

26121 Oldenburg

Tel.: 0441 801-735

Fax: 0441 801-440

Email: tim.eiler@lwk-niedersachsen.de

Internet: www.lwk-niedersachsen.de