**Versuchsbericht 2009**

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

# Versuchsergebnisse zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung

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

**Inhaltsverzeichnis**

Abbildungsverzeichnis ..... 5

Tabellenverzeichnis ..... 9

Fotoverzeichnis ..... 11

1. Einleitung ..... 12

2. Versuchsübersicht ..... 14

3. Versuch 641 - Auswirkungen einer grundwasserschutzorientierte N-Düngung und des Zweitfruchtanbaus im Energiepflanzenanbau auf die N-Dynamik im Boden, Standort Wehnen ..... 16

3.1. Versuchsdurchführung ..... 16

3.1.1. Versuchsaufbau ..... 16

3.1.2. Boden- und Klimakennwerte ..... 16

3.1.3. Düngung ..... 16

3.1.4. Fruchtfolgen ..... 17

3.1.5. Pflanzenschutz ..... 17

3.1.6. Ernte ..... 17

3.1.7. Untersuchungen und Auswertungen ..... 17

3.1.8. Nmin-Beprobungen ..... 18

3.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Versuch 641 ..... 18

3.3. Zusammenfassung Versuch 641 ..... 26

4. Versuch 642 und 643 - Auswirkung verschiedener Stickstoffdüngungssysteme und Fruchtfolgen auf Pflanzenwachstum, Stickstoffsalden und Nmin-Werte im Herbst ..... 27

4.1. Versuchsdurchführung ..... 28

4.1.1. Versuchsaufbau ..... 28

4.1.2. Boden- und Klimakennwerte ..... 28

4.1.3. Fruchtfolge ..... 28

4.1.4. Düngung ..... 29

4.1.5. Pflanzenschutz ..... 30

4.1.6. Ernte ..... 30

4.1.7. Untersuchungen und Auswertungen ..... 31

4.1.8. Nmin-Beprobung ..... 31

4.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Versuch 642 Standort Liebenau ..... 32

4.2.1. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf den Ertrag ..... 32

4.2.2. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Stickstoffsalden ..... 35

4.2.3. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Nmin-Werte im Frühjahr ..... 37
4.2.4. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Nmin-Werte im Herbst ..... 39
4.3. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Versuch 643 Standort Hohenzethen ..... 41
4.3.1. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf den Ertrag ..... 42
4.3.2. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Stickstoffsalden ..... 43
4.3.3. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Nmin-Werte im Frühjahr ..... 45
4.3.4. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Nmin-Werte im Herbst ..... 47
4.3.5. Sickerwasseruntersuchungen LBEG, Versuch 643 ..... 48
4.4. Zusammenfassung Versuche 642 und 643 ..... 50
5. Versuch 644 - Einfluss einer gestaffelten N-Düngung und einer konservierenden Fruchtfolge auf N-Dynamik im Boden, Standort Thülsfelde ..... 52
5.1. Versuchsdurchführung ..... 52
5.1.1. Versuchsaufbau ..... 52
5.1.2. Boden- und Klimakennwerte ..... 52
5.1.3. Fruchtfolgen ..... 53
5.1.4. Düngung ..... 53
5.1.5. Pflanzenschutz ..... 55
5.1.6. Ernte ..... 55
5.1.7. Untersuchungen und Auswertungen ..... 55
5.1.8. Nmin-Beprobungen ..... 55
5.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Winterroggen ..... 56
5.3. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Silomais ..... 60
5.4. Darstellung der N-Bilanzsalden vom Versuch 644 ..... 63
5.5. Sickerwasseruntersuchungen des LBEG, Versuch 644a ..... 63
5.6. Zusammenfassung Versuch 644 ..... 65
6. Versuche 421, 431 und 451 - Einfluss der Düngung mit unterschiedlichen Gärresten auf den Ertrag, die Qualität und auf die Stickstoffdynamik im Boden ..... 66
6.1. Versuchsdurchführung ..... 66
6.1.1. Versuchsaufbau ..... 66
6.1.2. Boden- und Klimakennwerte ..... 67
6.1.3. Fruchtfolgen ..... 67
6.1.4. Düngung ..... 67
6.1.5. Pflanzenschutz ..... 70
6.1.6. Ernte ..... 70
6.1.7. Untersuchungen und Auswertungen ..... 70
6.1.8. Nmin-Beprobungen ..... 70

6.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse ..... 71
6.2.1. Ertragsauswertung Versuch 421 - Wintergerste ..... 71
6.2.2. Ertragsauswertung Versuch 431 - Silomais ..... 74
6.2.3. Ertragsauswertung Versuch 451 – Winterraps ..... 76
6.2.4. Wirkung der Gärreste auf die N-Dynamik im Boden ..... 79
6.3. Zusammenfassung Versuche 421, 431, 451 ..... 82
7. Versuch Ihlow - Grundwasserschonende Anbauverfahren von Biogasfruchtfolgen ..... 83
7.1. Versuchsdurchführung ..... 83
7.1.1. Versuchsaufbau ..... 83
7.1.2. Boden- und Klimakennwerte Ihlowerfehn ..... 85
7.1.3. Düngung ..... 85
7.1.4. Fruchtfolgen ..... 88
7.1.5. Pflanzenschutz ..... 89
7.1.6. Ernte ..... 90
7.1.7. Untersuchungen und Auswertungen ..... 91
7.1.8. Nmin-Beprobungen ..... 91
7.1.9. Bestandesentwicklung der Hauptkultur bzw. Erstkulturen ..... 91
7.1.10. Bestandesentwicklung der Zweitkulturen ..... 93
7.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Versuch Ihlow ..... 94
7.2.1. Trockenmasseerträge der Fruchtfolgeglieder ..... 94
7.2.2. Methanerträge der Fruchtfolgeglieder ..... 96
7.2.3. Stickstoffbilanzen der Fruchtfolgeglieder ..... 97
7.2.4. Nmin-Ergebnisse der Fruchtfolgeglieder ..... 98
7.3. Zusammenfassung Versuch Ihlow ..... 101
8. Ergänzende Nmin-Untersuchungen 2009 ..... 102
8.1. Versuch 619 – Cultan ..... 103
8.2. Versuch 753 - Zweitfruchtanbau von unterschiedlichen Sommerfrüchten nach Roggen ..... 104
8.3. Versuche 768/770/771 - N-Dynamik im Boden im Herbst nach dem Anbau von Energiepflanzen ..... 107
8.4. Versuch 874 - Drilltechnik zu Silomais ..... 112
8.5. Versuch 875/878 - Gülleunterfußdüngung zu Silomais/Körnermais ..... 113
8.6. Versuch 882 - Silomaisanbau unter Folie ..... 115
9. Anhang ..... 116
9.1. Wetterdaten ..... 116
9.2. Versuchsdaten ..... 119
9.2.1. Versuch 641 ..... 119
9.2.2. Versuch 642 ..... 125

9.2.3. Versuch 643 ..... 127
9.2.4. Versuch 644a ..... 129
9.2.5. Versuch 644b Silomais ..... 132
9.2.6. Versuch 644c Winterroggen und Zwischenfrucht Senf ..... 135
9.2.7. Versuch 421/431/451 ..... 138
9.2.8. Ergänzende Nmin-Untersuchungen ..... 141

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1 Trockenmasseabfuhr Silomais mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zum Ackergras, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 20
Abbildung 2 Trockenmasseabfuhr Sudangras mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zum Ackergras, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 20
Abbildung 3 Methangasausbeute Silomais mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zu Ackergras, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 21
Abbildung 4 Methangasausbeute Sudangras mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zu Ackergras, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 21
Abbildung 5 Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Silomais als Haupt- bzw. als Zweitfrucht, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 21
Abbildung 6 Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Sudangras als Haupt- bzw. als Zweitfrucht, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 22
Abbildung 7 Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Silomais im Einfruchtanbau bzw. Roggen-GPS + Silomais im Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 22
Abbildung 8 Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Sudangras im Einfruchtanbau bzw. Roggen-GPS + Sudangras im Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 23
Abbildung 9 Nmin-Gehalte nach der Ernte von Silomais und Sudangras im Einfruchtanbau und zur Sickerwasserspende, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 23
Abbildung 10 Nmin-Gehalte nach der Ernte von Silomais und Sudangras und zur Sickerwasserspende bei Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 24
Abbildung 11 Nmin-Gehalte nach der Ernte von Silomais und Sudangras und zur Sickerwasserspende beim Einsatz von Gärresten zur Düngung, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 25
Abbildung 12 Lage der Versuchsstandorte Liebenau und Hohenzethen ..... 27
Abbildung 13 Winterroggen- und Silomaiserträge 2009, Vergleich der Fruchtfolgesysteme, Versuch 642 Standort Liebenau ..... 32
Abbildung 14 Bilanzsalden und N-Düngung, Versuch 642, Liebenau 2009 ..... 35
Abbildung 15 Herbst und Frühjahrs Nmin-Werte, Versuch 642, Liebenau 2008-2009 ..... 37
Abbildung 16 Übersicht Frühjahrs Nmin-Werte, Versuch 642, Liebenau 1995 – 2009 ..... 38
Abbildung 17 Nmin-Werte im Herbst, konventionelle Fruchtfolge, Versuch 642, Liebenau 2009 ..... 39
Abbildung 18 Nmin-Werte im Herbst, Bioenergie-Fruchtfolge, Versuch 642, Liebenau 2009 ..... 40
Abbildung 19 Kartoffelerträge, Vergleich der Fruchtfolgesysteme, Versuch 643, Hohenzethen 2009 ..... 42

Abbildung 20 Einfluss der Düngermengen auf die Kartoffelerträge, beide Fruchtfolgen, Versuch 643, Hohenzethen 2009 ..... 43
Abbildung 21 N-Saldo Kartoffeln, beide Fruchtfolgesysteme, Versuch 643, Hohenzethen 2009 ..... 44
Abbildung 22 Frühjahrs-Nmin-Werte Kartoffeln, Versuch 643, Hohenzethen 2009 ..... 45
Abbildung 23 Vergleich der Nmin-Werte Versuch 643, Hohenzethen Herbst 2008 und Frühjahr 2009 ..... 46
Abbildung 24 Herbst Nmin-Werte nach Kartoffeln, konventionelle Fruchtfolge, Versuch 643, Hohenzethen 2009 ..... 47
Abbildung 25 Herbst Nmin-Werte nach Kartoffeln, Bioenergie-Fruchtfolge, Versuch 643, Hohenzethen 2009 ..... 48
Abbildung 26 Sickerwassermenge im Winterhalbjahr 2009/2010, Lysimeter Hohenzethen ..... 49
Abbildung 27 Lage des Versuchsstandortes Thülsfelde (LK Cloppenburg) ..... 52
Abbildung 28 Ertragskurve Winterroggen, Ø Versuche 644a und 644c, Thülsfelde 2009 ..... 56
Abbildung 29 Winterroggenertrag und Optimum in Thülsfelde im Laufe der Versuchsjahre, Versuch 644, 1998-2009 ..... 57
Abbildung 30 Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Winterroggen und zur Sickerwasserspende, Versuch 644a und 644c, Thülsfelde 2009 ..... 58
Abbildung 31 Nmin-Verlauf unter der Sollwertvariante, Winterroggen, Versuch 644a „Fruchtfolge Sickerwasseranlage“, Thülsfelde 2009 ..... 59
Abbildung 32 Nmin-Verlauf unter der Sollwertvariante, Versuch 644c „Grundwasserschutzorientierte (GW-) Fruchtfolge“, Winterroggen, Thülsfelde 2009 ..... 59
Abbildung 33 Ertragskurve Silomais, Versuch 644b Thülsfelde 2009 ..... 60
Abbildung 34 Silomaisertragskurven und Optimum in Thülsfelde im Laufe der Versuchsjahre, Versuch 644, 1998-2009 ..... 61
Abbildung 35 Nmin-Verlauf unter der Sollwertvariante, Silomais, Versuch 644b „Konventionelle Fruchtfolge“, Thülsfelde 2009 ..... 61
Abbildung 36 Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte Silomais und zur Sickerwasserspende, Versuch 644b „Konventionelle Fruchtfolge“, Thülsfelde 2009 ..... 62
Abbildung 37 N-Bilanzsalden, Versuch 644, Thülsfelde 2009 ..... 63
Abbildung 38 Sickerwassermenge im Winterhalbjahr 2009/2010, Lysimeter Thülsfelde ..... 64
Abbildung 39 Versuchsstandort Wehnen ..... 66
Abbildung 40 Abhängigkeit NH4-N-Gehalt der Gärreste vom TS-Gehalt Versuche 421, 431, 451, Wehnen 2006-2009 ..... 70
Abbildung 41 Wintergerstenertragskurven, Versuch 421, Wehnen, 2006-2009 ..... 71
Abbildung 42 Wintergerstenertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante, Versuch 421, Wehnen, Ø 2006, 2008, 2009 ..... 72

Abbildung 43 Wintergerstenertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und der NH4-N-Gehalt der Gülle und der Gärreste, Versuch 421, Wehnen, 2006, 2008, 2009 ..... 72
Abbildung 44 N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) Wintergerste, Versuch 421, Wehnen, Ø 2006, 2008, 2009 ..... 73
Abbildung 45 Silomais-TM-Ertrag und TM-Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante, Versuch 431, Wehnen, Ø 2006-2009 ..... 74
Abbildung 46 Silomaisertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem NH4-N-Gehalt der Gülle und der Gärreste, Versuch 431, Wehnen, Ø 2006-2009 ..... 75
Abbildung 47 N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) Silomais, Versuch 431, Wehnen, Ø 2006-2009 ..... 75
Abbildung 48 Winterrapsertragskurven, Versuch 451, Wehnen, 2007, 2009 ..... 76
Abbildung 49 Winterrapsertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegülle-variante, Versuch 451, Wehnen, Ø 2007, 2009 ..... 77
Abbildung 50 Winterrapsertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und NH4-N-Gehalt dem NH4-N-Anteil der Gülle und der Gärreste, Versuch 451, Wehnen, 2006-2009..... 77
Abbildung 51 N-Mineraldüngeräquivalente (N–MDÄ) Winterraps, Versuch 451, Wehnen, Ø 2007, 2009 ..... 78
Abbildung 52 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 421, Wehnen, 2006-2009 ..... 79
Abbildung 53 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 431, Wehnen, 2006-2009 ..... 80
Abbildung 54 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 451, Wehnen, 2006-2009 ..... 81
Abbildung 55 TM - Erträge der Haupt- und Zweitkulturen..... 95
Abbildung 56 TM- Erträge der Zweitfrüchte in Abhängigkeit der Erstkultur ..... 96
Abbildung 57 Abbildung: Methanerträge der Haupt- und Zweitkulturen ..... 97
Abbildung 58 N-Bilanzen der Fruchtfolgeglieder..... 98
Abbildung 59 Nmin-Ergebnisse der Fruchtfolgeglieder im Herbst ..... 99
Abbildung 60 Nmin Gehalte nach der Ernte bei Nutzung des Cultan-Düngungsverfahren im Vergleich zur mineralischen Düngung von Winterweizen, Versuch 619 2009..... 103
Abbildung 61 Durchschnittlicher Trockenmasseerträge der Erst- und Zweitfrucht der Standorte Poppenburg, Rockstedt, Werlte, Versuch 753, 2009..... 105
Abbildung 62 Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende, Versuch 753, Rockstedt, 2009..... 105
Abbildung 63 Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende, Versuch 753, Poppenburg, 2009 ..... 106

Abbildung 64 Nmin Gehalte nach der Ernte und zur Sickerwasserspende, Versuch 753, Werlte 2009 ..... 106
Abbildung 65 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Sonnenblumen in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 768, 2009 ..... 108
Abbildung 66 Trockenmasseerträge Versuch 768, 2009 ..... 108
Abbildung 67 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Zuckerhirse in Abhängigkeit von der Bestandesdichte und Düngung, Versuch 770, 2009 ..... 109
Abbildung 68 Trockenmasseerträge Versuch 770, 2009 ..... 109
Abbildung 69 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Sudangras in Abhängigkeit von der Bestandesdichte und Düngung, Versuch 771, 2009 ..... 110
Abbildung 70 Trockenmasseerträge Versuch 771, 2009 ..... 111
Abbildung 71 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite, Versuch 874, Werlte und Poppenburg, 2009 ..... 112
Abbildung 72 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite, Versuch 874, Wehnen, 2009 ..... 112
Abbildung 73 Nmin-Gehalte im Boden nach der Silomaisernte 2009 der Standorte Wehnen und Rockstedt ..... 113
Abbildung 74 Nmin-Gehalte im Boden nach der Körnermaisernte 2009 der Standorte Wehnen und Rockstedt ..... 114
Abbildung 75 Nmin-Gehalte im Boden nach dem Anbau von Silomais mit und ohne Folienabdeckung zur Einsaat ..... 115
Abbildung 76 Wetterdaten Liebenau 2009 ..... 116
Abbildung 77 Wetterdaten Hohenzethen ..... 116
Abbildung 78 Wetterdaten Thülsfelde 2009 ..... 117
Abbildung 79 Wetterdaten Wehnen 2009 ..... 117
Abbildung 80 Witterungsverlauf 2009 im Mittel der LWK-Wetterstationen ..... 118

**Tabellenverzeichnis**


Tabelle 1 Übersicht der durchgeführten Wasserschutzversuche 2009 ..... 14
Tabelle 2 Boden- und Klimakennwerte Wehnen ..... 16
Tabelle 3 Faktor N-Düngung Silomais und Sudangras, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 17
Tabelle 4 Faktor Fruchtart, Versuch 641, Wehnen 2009 ..... 17
Tabelle 5 Ertragsdaten Versuch 641, Wehnen 2008/2009 ..... 19
Tabelle 6 Boden- und Klimakennwerte der Versuchsstandorte ..... 28
Tabelle 7 Fruchtfolgen Versuch 642 und 643, Standorte Liebenau und Hohenzethen ..... 29
Tabelle 8 Düngermengen und –systeme, Versuch 642 und 643, Standorte Liebenau und Hohenzethen ..... 30
Tabelle 9 Erträge Winterroggen 2009 im Vergleich zu den Vorjahren, Versuch 642, Standort Liebenau ..... 34
Tabelle 10 Erträge Silomais 2009 im Vergleich zu den Vorjahren, Versuch 642, Liebenau ..... 34
Tabelle 11 N-Salden nach Fruchtfolgen und Kulturen, Versuch 642, Liebenau ..... 36
Tabelle 12 N-Salden in Kartoffel, Vergleich Anbaujahr 2009 mit Mittelwert Kartoffelanbaujahre und Versuchsmittelwert, Versuch 643, Hohenzethen ..... 45
Tabelle 13 Fruchtfolge, Versuch 644, Thülsfelde ..... 53
Tabelle 14 N-Düngungsschema Winterroggen, Versuch Nr. 644a und 644c, Thülsfelde 2009 ..... 54
Tabelle 15 N-Düngungsschema Silomais, Versuch Nr. 644b, Thülsfelde 2009 ..... 54
Tabelle 16 Boden- und Klimakennwerte Wehnen ..... 67
Tabelle 17 Versuch 421 - N-Düngung zur Wintergerste ..... 67
Tabelle 18 Versuch 431 - N-Düngung zum Silomais ..... 68
Tabelle 19 Versuch 451 - N-Düngung zum Winterraps ..... 68
Tabelle 20 Gesamt-N-Düngung über Gülle und Gärrest , 2006-2009 ..... 69
Tabelle 21 Analyseergebnisse der Schweinegülle und der Gärreste, Versuche 421, 431, 451, Wehnen 2006-2009 ..... 69
Tabelle 22 Wintergerstenertrag der Kontrollvariante und der mineralischen Sollwertvariante, der Schweinegüllevariante sowie der Gärrestvarianten 2006-2009 ..... 71
Tabelle 23 Silomais-Trockenmasseertrag der mineralischen Sollwertvariante, der Schweinegüllevariante sowie der Gärrestvarianten, Versuch 421, Wehnen, 2006- 2009 ..... 74
Tabelle 24 Winterrapsertrag (in dt/ha) der mineralischen Sollwertvariante, der Schweinegüllevariante sowie der Gärrestvarianten, Versuch 451, Wehnen, 2006- 2009 ..... 76

Tabelle 25 Nitratkonzentrationen im Winterhalbjahr 2009/2010 in 6 dm Tiefe auf dem Feldversuch Thülsfelde, Vorfrucht Winterroggen ..... 64
Tabelle 26 Anbaudaten der Erst- bzw. Hauptkulturen im Erntejahr 2009 ..... 84
Tabelle 27 Anbaudaten der Zweitkulturen im Erntejahr 2009 ..... 85
Tabelle 28 Boden- und Klimakennwerte Ihlowerfehn ..... 85
Tabelle 29 Analysen der Gärreste aus der Biogasanlage Ihlowerfehn 2009 ..... 86
Tabelle 30 N-Düngung der Haupt- und Erstkulturen 2009 ..... 87
Tabelle 31 N-Düngung der Zweitkulturen ..... 87
Tabelle 32 Versuchsvarianten der Energiefruchtfolgeglieder im Versuchszeitraum 2008-2010 ..... 89
Tabelle 33 Pflanzenschutz der Haupt- und Erstkulturen ..... 90
Tabelle 34 Pflanzenschutz im Zweitkulturanbau ..... 90
Tabelle 35 Standorte der ergänzenden Nmin-Untersuchungen ..... 102
Tabelle 36 Übersicht Versuch 753 Zweitfruchtanbau von unterschiedlichen Sommerfrüchten nach Roggen; 2009 ..... 104
Tabelle 37 Übersicht der Versuche 768, 770 und 771; 2009 ..... 107
Tabelle 38 Klimakennwerte der LWK-Wetterstationen ..... 118

**Fotoverzeichnis**


Foto 1 Ernte Sudangras ..... 17
Foto 2 Feldbesichtigung Hohenzethen am 15.07.2009 ..... 27
Foto 3 Ausbringung des Düngers in den Damm mit Injektionslanze, Hohenzethen, April 2010 ..... 41
Foto 4 Ausbringen von Gärsubstrat ..... 84
Foto 5 Ernte von Sudangras (Versuchstechnik) ..... 84
Foto 6 Ernte Sudangras ..... 90
Foto 7 Optimale Bestandesdichten in der Ackergrasvariante 11 nach dem 3. Schnitt ..... 92
Foto 8 Grasuntersaat in Roggen GPS vom April 2008 ..... 92
Foto 9 Hauptkulturen Mais: Referenzsorte S 230 links, rechts S 280 im September 2009 ..... 92
Foto 10 Bestandesentwicklung der Zweitkultur Sudangras nach Grünroggen am 17. Sept. 2009 ..... 93
Foto 11 Bestandesentwicklung der Zweitkulturen Sudangras (links) und Mais (rechts) nach Roggen GPS im Sept. 2009 ..... 93
Foto 12 Bestandesentwicklung der Zweitfrüchte Mais und Sudangras nach Roggen GPS am Erntetag des19. Okt. 2009 nach dem ersten Nachtfrost ..... 93
Foto 13 Grasuntersaaten unter Mais in der Variante 3 kurz nach der Ernte ..... 93
Foto 14 Wurzelbild von Sudangras ..... 100
Foto 15 Wurzelbild von Mais ..... 100

## 1. Einleitung

Der vorliegende Bericht stellt alle Ergebnisse 2009 der Wasserschutzversuche und der ergänzenden Nmin-Untersuchungen der Landwirtschaftskammer (LWK) Niedersachsen zusammenfassend dar.

Die einjährig ermittelten Nmin Werte 2009 sind im Mai 2010 bereits vorab veröffentlicht worden.

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

Vorrangiges Ziel der Versuche ist es, durch Zeitreihen abgesicherte Daten zu gewinnen, um auch die langfristigen Auswirkungen von grundwasserschutzorientierten Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Erträge landwirtschaftlicher Kulturen sowie auf die Stickstoffdynamik im Boden und damit die potentielle Nitratauswaschungsgefahr zu dokumentieren und zu bewerten.

Nur so lassen sich Beratungsempfehlungen ableiten und überprüfen. Im Hinblick auf mögliche Agrarumweltmaßnahmen kommt der Aussagekraft von Exaktversuchen eine noch größere Bedeutung zu.

Seit 1995 führt die LWK an den Standorten Thülsfelde im Landkreis Cloppenburg und Hohenzethen im Landkreis Uelzen Wasserschutzversuche durch. In Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) wird mittels Sickerwasser- und Lysimeteruntersuchungen der direkte Zusammenhang zwischen Stickstoffzufuhr, Stickstoffdynamik im Boden und Nitratgehalt im Sickerwasser untersucht. Die Datenreihen sind mittlerweile fester Bestandteil des Monitorings zur Gewässergüte in Niedersachsen.

Neben der Fortführung der Datenreihen zur Stickstoffdüngung wird der Untersuchungsumfang an aktuelle Fragestellungen aus der Wasserschutzberatung angepasst. Erstmalig wird der Winterrübsenanbau vor Wintergetreide und die Auswirkungen auf die Stickstoffdynamik dargestellt.

Im diesjährigen Bericht können bereits zweijährige Ergebnisse zu verschiedenen Fruchtfolgen im Energiepflanzenanbau sowie erste Schlussfolgerungen für die grundwasserschutzorientierte Bewirtschaftung dargestellt werden.

Die Nmin-Untersuchungen nach der Ernte und zu Beginn der Sickerwasserperiode wurden in produktionstechnischen Versuchen der LWK Niedersachsen 2009 fortgesetzt. Die Werte geben weiteren Aufschluss über den Nutzen von Anbaumaßnahmen oder -techniken wie der Maisengsaat oder der Gülleunterfußdüngung für den Wasserschutz.

Nmin Gehalte aus den Versuchen mit unterschiedlich hoher Stickstoffdüngung liefern jahresspezifische Rest-Nmin-Werte unter den einzelnen Kulturen und unterstützen die Beratung in der Beurteilung der ermittelten Praxiswerte in den verschiedenen Trinkwassereinzugsgebieten.

Mit der vorliegenden Auswertung des Versuchsjahres 2009 finden die Versuche zum Energiepflanzenbau in Ihlow sowie die Versuche zu verschiedenen Stickstoffdüngungssystemen und Fruchtfolgen in Liebenau ihren Abschluss. In Liebenau wurde eine regionaltypische konventionelle Fruchtfolge mit einer grundwasserschutzorientierten auf den Bioenergiepflanzenbau ausgerichtete Fruchtfolge verglichen.

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

## 2. Versuchsübersicht

**Tabelle 1 Übersicht der durchgeführten Wasserschutzversuche 2009**

| Versuch-Nr. LWK | Fruchtarten 2009 | Standort | Versuchsbezeichnung |
|---|---|---|---|
| **Versuche finanziert aus der Wasserentnahmegebühr** | | | |
| **641** | Roggen GPS Silomais, Sudangras, Ackergras | Wehnen (LK Ammerland) | Welche Auswirkungen haben eine grundwasserschutzorientierte N-Düngung und der Zweitfruchtanbau im Energiepflanzenanbau auf Gasausbeute, Erträge und N-Dynamik im Boden? |
| **642** | Winterroggen/ Silomais | Liebenau (LK Nienburg) | Welchen Einfluss haben eine Energiepflanzenfruchtfolge und eine suboptimale N-Düngung auf die N-Dynamik im Boden, N-Gehalte im Sickerwasser, die Erträge und die Produktqualitäten? |
| **643** | Kartoffeln | Hohenzethen (LK Uelzen) | Welchen Einfluss haben die gestaffelte N-Düngung mit dem Cultan-Düngeverfahren und die Düngung mit Gärresten auf die Erträge, die Produktqualitäten und Stickstoffdynamik im Boden? |
| **644a** | Winterroggen + Zwischenfrucht Winterrübsen | Thülsfelde (LK Cloppenburg | Welchen Einfluss hat der Anbau von Winterrübsen als Zwischenfrucht zwischen Wintergetreide auf die N-Dynamik im Herbst und im Winter? |
| **644b** | Silomais | | Welchen Einfluss hat eine gestaffelte N-Düngung bzw. eine grundwasserschutzorientierte Fruchtfolge auf die langjährige N-Dynamik im Boden, N-Gehalte im Sickerwasser, die Erträge und die Produktqualitäten? |
| **644c** | Winterroggen+ Zwischenfrucht Senf | | |
| **Ihlow** | versch. Energiefrüchte | Ihlow (LK Aurich) | Grundwasserschonende Anbauverfahren von Biogasfruchtfruchtfolgen |
| **Komplementärfinanzierung der 4 Gärsubstratvarianten** | | | |
| **421** | Wintergerste | Wehnen (LK Ammerland) | Welchen Einfluss hat die Düngung mit vier unterschiedlichen Gärresten aus der Biogasgewinnung auf die Erträge, Produktqualitäten und die Stickstoffdynamik im Boden im Vergleich zur Düngung mit Schweinegülle bzw. mit einer mineralischen Stickstoffdüngung? |
| **431** | Silomais | | |
| **451** | Winterraps | | |

| Versuch-Nr. LWK | Fruchtarten 2009 | Standort | Versuchsbezeichnung |
|---|---|---|---|
| **Komplementärfinanzierung Nmin Untersuchungen** | | | |
| **619** | Winterweizen | Otterndorf | Cultanversuche |
| | | Hamerstorf | |
| **753** | versch. Energie-früchte | Rockstedt | Zweitfruchtanbau von unterschiedlichen Sommerfrüchten nach Roggen |
| | | Poppenburg | |
| | | Werlte | |
| **768** | Sonnenblumen | Rockstedt | Unterschiedliche N-Düngung bei Sonnen-blumen |
| | | Poppenburg | |
| | | Werlte | |
| **770** | Zuckerhirse | Rockstedt | Unterschiedliche Bestandesdichte und N-Düngung bei Zuckerhirse |
| | | Poppenburg | |
| **771** | Sudangras | Rockstedt | Bestandesdichte und N-Düngung bei Su-dangras |
| | | Poppenburg | |
| **874** | Silomais | Poppenburg | Drilltechnik Silomais |
| | | Wehnen | |
| | | Werlte | |
| **875** | Silomais | Rockstedt | Gülleunterfußdüngung zu Silomais |
| | | Wehnen | |
| **878** | Körnermais | Rockstedt | Gülleunterfußdüngung zu Körnermais |
| | | Wehnen | |
| **881** | Silomais | Wehnen | Silomais unter Folie |

# 3. Versuch 641 - Auswirkungen einer grundwasserschutzorientierte N-Düngung und des Zweitfruchtanbaus im Energiepflanzenanbau auf die N-Dynamik im Boden, Standort Wehnen

## 3.1. Versuchsdurchführung

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

### 3.1.1. Versuchsaufbau

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

### 3.1.2. Boden- und Klimakennwerte

**Tabelle 2 Boden- und Klimakennwerte Wehnen**

| **Standort** | **Wehnen** |
|---|---|
| Höhe über NN (m) | 7 |
| Bodentyp | Pseudogley-Podsol |
| Bodenart | S |
| Ackerzahl | 30 |
| | **Wetterstation Wehnen** |
| mittl. Temperatur (Ø 2006-2009) | 9,8 °C |
| langj. Niederschlagssumme (Ø 2006-2009) | 740 mm |
| Sommerniederschläge 2009 April – Sept. | 318 mm |

### 3.1.3. Düngung

Die mineralische N-Düngung wird in gestaffelten Gaben gegeben. Die jeweiligen N-Mengen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Bei der Gärrestvariante ist der Gesamt-Stickstoff angegeben. Beim Ackergras gibt es nur eine Düngungsvariante (jahresabhängig nach Absprache mit dem Fachbereich Grünland/Futterbau). Der Roggen-GPS als Erstfrucht wurde in allen Varianten nach Sollwert (140 kg N/ha) gedüngt.

**Tabelle 3 Faktor N-Düngung Silomais und Sudangras, Versuch 641, Wehnen 2009**

| Variante | N-Düngung |
|---|---|
| Ackergras | 350 kg N/ha; Staffelung 40, 70, 80, 60, 60, 40 (6 Schnitte) |
| 1 | Ohne N-Düngung |
| 2 | 75 kg N-Düngung |
| 3 | 150 kg Mineral-N |
| 4 | 225 kg Mineral-N |
| 5 | 300 kg Mineral-N |
| 6 | 120 kg Gärrest-N (Gesamt-N) |
| 7 | 120 kg Gärrest-N (Gesamt-N) + 100 kg Mineral-N |

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

### 3.1.4. Fruchtfolgen

Neben der N-Düngung wird der Einfluss der Fruchtart auf Gasausbeute, Ertrag und N-Dynamik untersucht. Als Alternative zum Silomaisanbau wird der Anbau von Ackergras bzw. Sudangras untersucht. In Tabelle 4 sind die untersuchten Fruchtarten aufgeführt.

**Tabelle 4 Faktor Fruchtart, Versuch 641, Wehnen 2009**

| Variante | Fruchtart |
|---|---|
| 1 | Ackergras 6 Schnitte |
| 2 | Silomais |
| 3 | Sudangras |
| 4 | Silomais nach Roggen GPS |
| 5 | Sudangras nach Roggen GPS |

### 3.1.5. Pflanzenschutz

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

### 3.1.6. Ernte

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

**Foto 1 Ernte Sudangras**

### 3.1.7. Untersuchungen und Auswertungen

Die TS-Bestimmungen werden nach der Richtlinie des Bundessortenamtes vom Versuchsansteller durchgeführt. Erntegutanalysen (NIRS-Verfahren und chemische Untersuchungen) erfolgen ent-

sprechend den geltenden Untersuchungsstandards der VDLUFA. Gleiches gilt für die Bodenuntersuchungen auf die Grundnährstoffe P, K, Mg und pH-Wert, die Nmin-Untersuchungen und für die Gärrestuntersuchungen.

### 3.1.8. Nmin-Beprobungen

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

## 3.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Versuch 641

Im Jahr 2009 konnte der Energiepflanzenversuch am Standort Wehnen wie geplant durchgeführt werden. In der Tabelle 5 sind die Trockenmasseerträge und Methanerträge der verschiedenen Varianten und Kulturen aufgeführt.

## Tabelle 5 Ertragsdaten Versuch 641, Wehnen 2008/2009

| Erstfrucht/ Hauptfrucht | N-Düngung [kg/ha] | Zweitfrucht | N-Düngung [kg/ha] | TM-Ertrag (dt/ha) | | | | | | Methanertrag [m³/ha] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 2008 | | | 2009 | | | 2008 | | | 2009 | | |
| | | | | Haupt., Erstfrucht | Zweit-frucht | Gesamt-ertrag | Haupt., Erstfrucht | Zweit-frucht | Gesamt-ertrag | Haupt., Erstfrucht | Zweit-frucht | Gesamt-ertrag | Haupt., Erstfrucht | Zweit-frucht | Gesamt-ertrag |
| Ackergras | 2008: 280 Mineral-N 2009: 350 Mineral-N | | | 114,3 | | 114,3 | 155,0 | | 155,0 | | 3.080 | 3.080 | 4.177 | | 4.154 |
| Silomais | ohne Mineral-N | | | 118,2 | | 119,2 | 130,4 | | 130,4 | 3.392 | | 3.423 | 3.663 | | 3.671 |
| | 75 Mineral-N | | | 149,3 | | 155,9 | 153,1 | | 153,1 | 4.296 | | 4.496 | 4.298 | | 4.308 |
| | 150 Mineral-N | | | 199,1 | | 197,7 | 169,8 | | 169,8 | 5.755 | | 5.724 | 4.767 | | 4.778 |
| | 225 Mineral-N | | | 193,7 | | 195,2 | 198,1 | | 198,1 | 5.610 | | 5.652 | 5.564 | | 5.577 |
| | 300 Mineral-N | | | 208,7 | | 208,9 | 189,6 | | 189,6 | 6.022 | | 6.046 | 5.323 | | 5.336 |
| | 120 Gärrest-N | | | 168,1 | | 172,6 | 163,2 | | 163,2 | 4.841 | | 4.980 | 4.583 | | 4.594 |
| | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | | | 189,3 | | 193,6 | 176,5 | | 176,5 | 5.476 | | 5.598 | 4.957 | | 4.969 |
| Sudangras | ohne Mineral-N | | | 98,4 | | 98,1 | 105,0 | | 105,0 | 2.829 | | 2.822 | 2.947 | | 2.943 |
| | 75 Mineral-N | | | 123,7 | | 119,2 | 141,9 | | 141,9 | 3.553 | | 3.436 | 3.985 | | 3.978 |
| | 150 Mineral-N | | | 125,0 | | 124,1 | 141,0 | | 141,0 | 3.609 | | 3.568 | 3.958 | | 3.952 |
| | 225 Mineral-N | | | 126,1 | | 131,2 | 174,9 | | 174,9 | 3.636 | | 3.801 | 4.911 | | 4.904 |
| | 300 Mineral-N | | | 126,9 | | 125,4 | 164,3 | | 164,3 | 3.681 | | 3.639 | 4.613 | | 4.605 |
| | 120 Gärrest-N | | | 118,0 | | 115,5 | 145,0 | | 145,0 | 3.371 | | 3.324 | 4.073 | | 4.066 |
| | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | | | 125,9 | | 126,0 | 157,6 | | 157,6 | 3.668 | | 3.648 | 4.424 | | 4.418 |
| Roggen GPS | 120 Mineral-N | Silomais | ohne Mineral-N | -,-* | 120,1 | 120,1 | 43,1 | 69,4 | 112,5 | -,-* | 3.455 | 3.455 | 1.166 | 1.949 | 3.043 |
| | | | 75 Mineral-N | -,-* | 162,5 | 162,5 | 49,6 | 98,1 | 147,7 | -,-* | 4.695 | 4.695 | 1.341 | 2.754 | 3.993 |
| | | | 150 Mineral-N | -,-* | 196,3 | 196,3 | 50,9 | 120,0 | 170,9 | -,-* | 5.692 | 5.692 | 1.376 | 3.369 | 4.620 |
| | | | 225 Mineral-N | -,-* | 196,8 | 196,8 | 49,0 | 116,2 | 165,2 | -,-* | 5.694 | 5.694 | 1.326 | 3.263 | 4.468 |
| | | | 300 Mineral-N | -,-* | 209,2 | 209,2 | 53,2 | 111,4 | 164,6 | -,-* | 6.071 | 6.071 | 1.438 | 3.129 | 4.451 |
| | | | 120 Gärrest-N | -,-* | 177,1 | 177,1 | 51,6 | 112,8 | 164,5 | -,-* | 5.120 | 5.120 | 1.396 | 3.168 | 4.447 |
| | | | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | -,-* | 197,9 | 197,9 | 47,5 | 125,7 | 173,2 | -,-* | 5.719 | 5.719 | 1.285 | 3.529 | 4.683 |
| Roggen GPS | 120 Mineral-N | Sudangras | ohne Mineral-N | -,-* | 97,9 | 97,9 | 50,9 | 52,4 | 103,2 | -,-* | 2.815 | 2.815 | 1.375 | 1.470 | 2.791 |
| | | | 75 Mineral-N | -,-* | 114,8 | 114,8 | 48,2 | 77,3 | 125,5 | -,-* | 3.319 | 3.319 | 1.302 | 2.172 | 3.394 |
| | | | 150 Mineral-N | -,-* | 123,2 | 123,2 | 47,7 | 91,6 | 139,3 | -,-* | 3.528 | 3.528 | 1.291 | 2.572 | 3.768 |
| | | | 225 Mineral-N | -,-* | 136,4 | 136,4 | 43,0 | 96,8 | 139,8 | -,-* | 3.966 | 3.966 | 1.164 | 2.718 | 3.781 |
| | | | 300 Mineral-N | -,-* | 124,0 | 124,0 | 54,5 | 100,9 | 155,4 | -,-* | 3.597 | 3.597 | 1.474 | 2.834 | 4.203 |
| | | | 120 Gärrest-N | -,-* | 113,0 | 113,0 | 51,6 | 88,4 | 140,0 | -,-* | 3.276 | 3.276 | 1.395 | 2.481 | 3.785 |
| | | | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | -,-* | 126,0 | 126,0 | 49,9 | 100,9 | 150,8 | -,-* | 3.627 | 3.627 | 1.349 | 2.834 | 4.079 |

*) in 2008 konnte kein Roggen-GPS als Erstfrucht nicht angebaut werden aufgrund der späten Zusage des Versuchs

Das Ackergras brachte 2009 mit sechs Schnitten und einer Gesamttrockenmasse von 155 dt/ha einen sehr hohen Ertrag. Gedüngt wurde das Ackergras insgesamt mit 350 kg N/ha.

Beim Silomais wurde der höchste Ertrag beim Einfruchtanbau und einer N-Düngung von 225 kg/ha erreicht. Insgesamt gesehen war der Einfruchtanbau dem Zweitfruchtanbau im Jahr 2009 überlegen (siehe Abbildung 1).

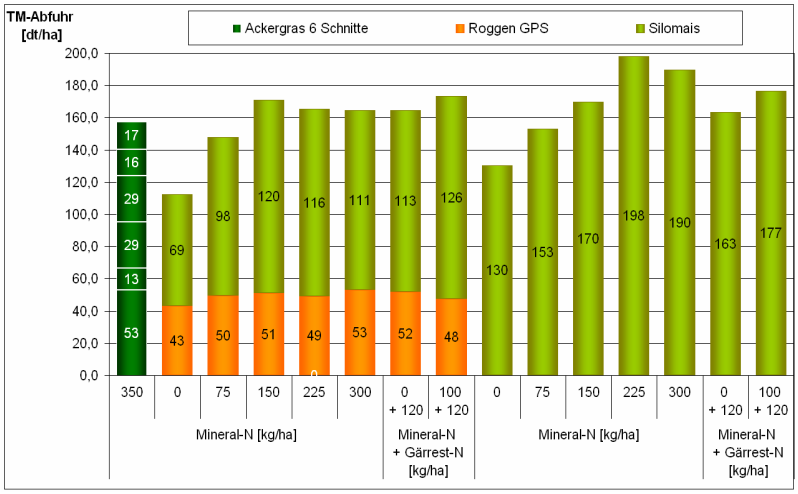



**Abbildung 1** **Trockenmasseabfuhr Silomais mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zum Ackergras, Versuch 641, Wehnen 2009**

Die Variante 120 kg Gärrest-N lag ertraglich auf dem Niveau der 150 kg Mineral-N-Variante. Die mineralische Ergänzung von 100 kg N/ha zur Gärrestdüngung von 120 kg N/ha brachte nur einen geringen Mehrertrag. Die gleiche Beobachtung konnte beim Sudangras gemacht werden.

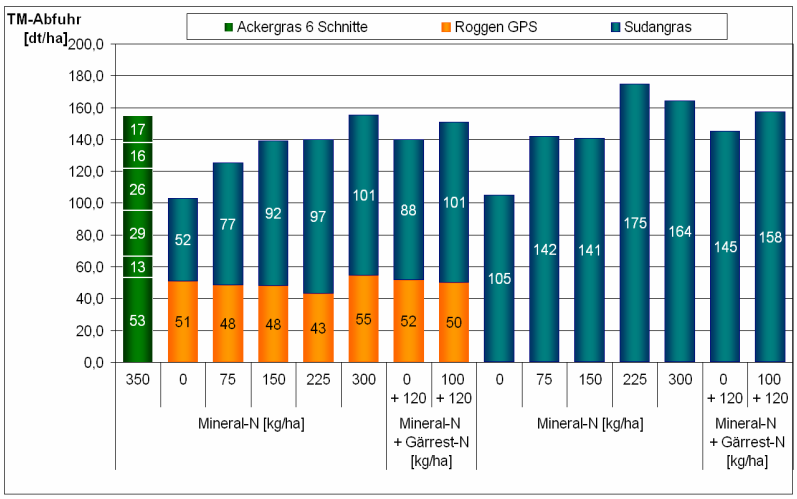



**Abbildung 2** **Trockenmasseabfuhr Sudangras mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zum Ackergras, Versuch 641, Wehnen 2009**

Insgesamt lag das Sudangras ertraglich hinter dem Silomais. Auch hier wurde der Höchstertrag bei einer N-Düngung von 225 kg N/ha erreicht (siehe Abbildung 2). Dabei wurde ein Ertrag von 175 dt /ha Trockenmasse geerntet. Im Vergleich dazu lag der Ertrag beim Silomais in der gleichen Variante bei 190 dt TM/ha.

Auch beim Sudangras war der Einfruchtanbau dem Zweitfruchtanbau überlegen. Der Zweitfruchtanbau brachte bei deutlich höherem Einsatz (Düngung, Arbeit) keine Mehrerträge.

Das gleiche Bild zeigte sich beim Vergleich der Methanerträge (Abbildung 3 und Abbildung 4). Die Gasausbeute lag sowohl beim Silomais als auch beim Sudangras bei rund 5,4 m³/dt TM. Beim Ackergras lag der Wert bei 4,9 m³/dt TM. Der Methangehalt betrug beim Ackergras rd. 55%, beim Silomais und beim Sudangras rd. 52%.

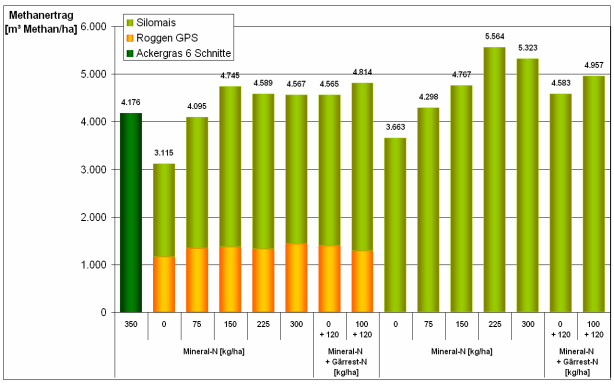



**Abbildung 3** **Methangasausbeute Silomais mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zu Ackergras, Versuch 641, Wehnen 2009**

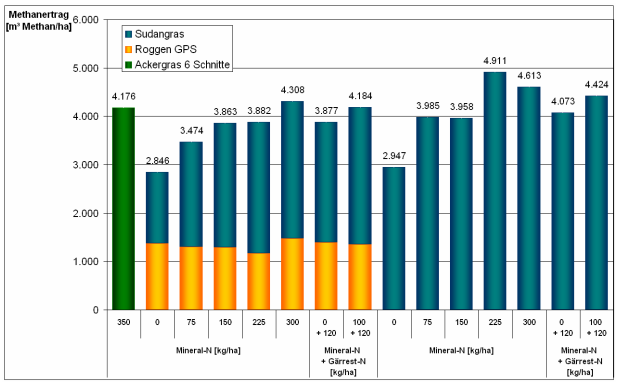



**Abbildung 4** **Methangasausbeute Sudangras mit und ohne Roggen-GPS als Erstfrucht im Vergleich zu Ackergras, Versuch 641, Wehnen 2009**

In den Abbildung 5 bis Abbildung 8 wurde der Methangasertrag in elektrische Leistung umgerechnet. Hierbei wurde der Trockenmasseertrag mit 8,40 €/dt bewertet. Sowohl beim Silomais als auch beim Sudangras erzielte der Einfruchtanbau deutlich höhere Energieerträge als der Anbau als Zweitfrucht nach Roggen-GPS. Das optimale N-Angebot beim Silomais als Hauptfrucht lag bei 185 kg N/ha. Das Optimum des Silomais als Zweitfrucht lag mit 135 kg N/ha um 50 kg niedriger. Auch der Energieertrag lag beim Silomais als Zweitfrucht um 40 % niedriger im Vergleich zum Hauptfruchtanbau.

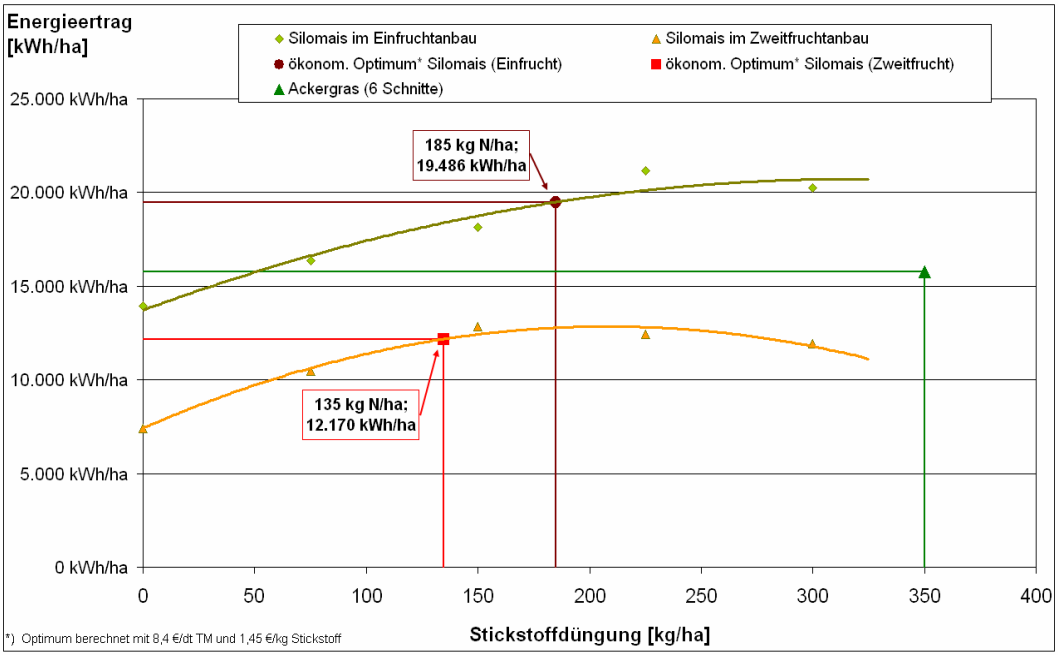



**Abbildung 5** **Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Silomais als Haupt- bzw. als Zweitfrucht, Versuch 641, Wehnen 2009**

Das gleiche Bild zeigt sich beim Sudangras (siehe Abbildung 6). Hier lag das Optimum beim Anbau als Hauptfrucht bei 169 kg N/ha.

Beim Anbau als Zweitfrucht nach Roggen-GPS lag das Optimum mit 137 kg N/ha um 30 kg N/ha niedriger als beim Hauptfruchtanbau. Auch der Ertrag fiel deutlich niedriger aus. Der Zweitfruchtanbau brachte nur die Hälfte des Energieertrages im Vergleich zum Hauptfruchtanbau.

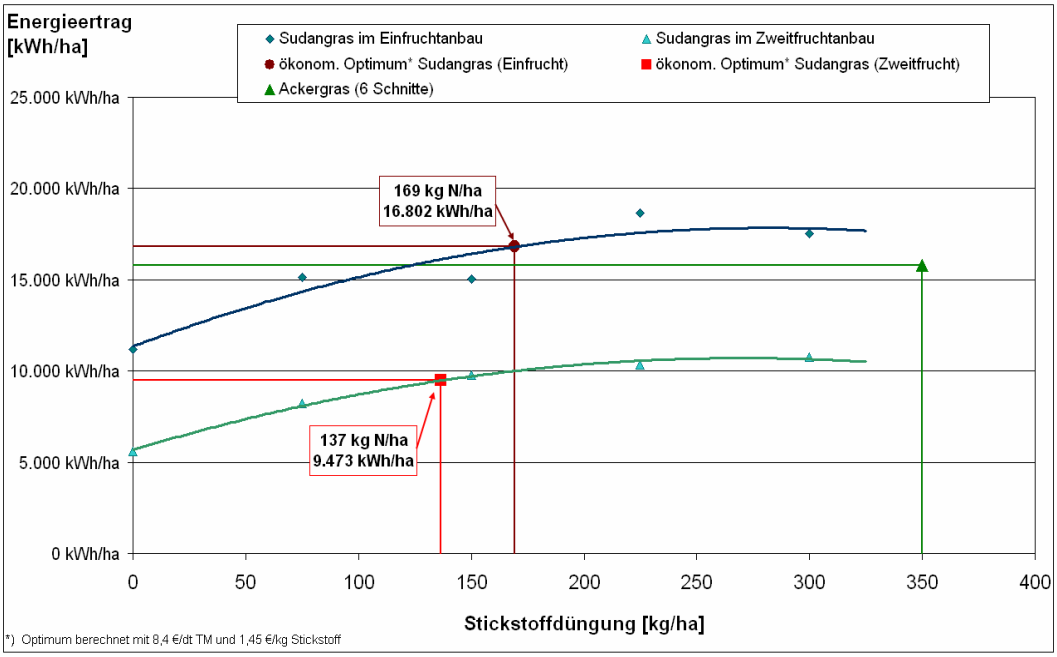



**Abbildung 6 Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Sudangras als Haupt- bzw. als Zweitfrucht, Versuch 641, Wehnen 2009**

Es zeigte sich somit eine N-Nachlieferung aus der N-Düngung zum Roggen-GPS abhängig von der Kultur von 30-50 kg/ha.

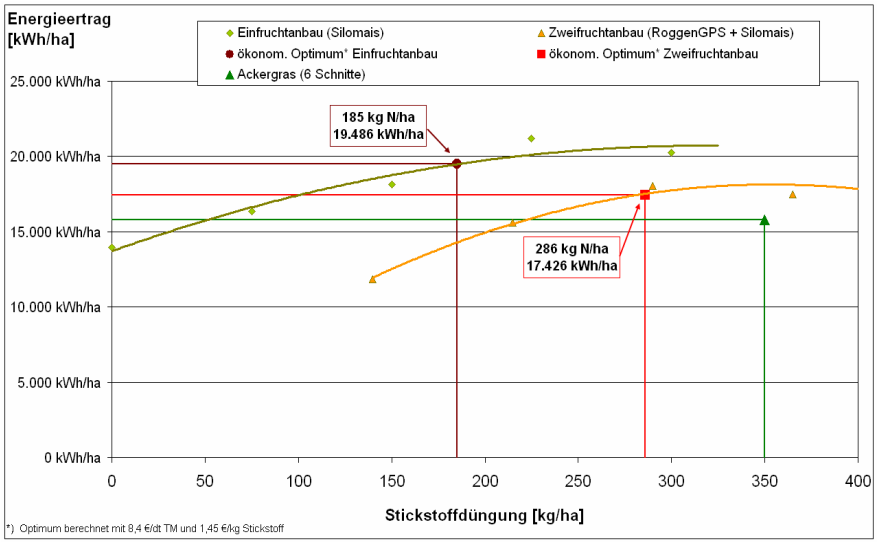



**Abbildung 7 Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Silomais im Einfruchtanbau bzw. Roggen-GPS + Silomais im Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen 2009**

Betrachtet man die Gesamtenergieerträge, sprich beim Zweifruchtanbau Düngung und Ertrag des Roggen-GPS summiert mit der Düngung und dem Energieertrag der Zweitfrucht zeigt sich deutlich der Vorteil des Einfruchtanbaus (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8). Der deutlich höhere Input (Düngung) beim Zweifruchtanbau spiegelt sich nicht in höheren Energieerträgen wider.

Der Roggen-GPS wurde dabei in allen Varianten nach Sollwert (140 kg N/ha) gedüngt.

Allein bei Betrachtung des Düngeaufwands war der Einfruchtanbau dem Zweifruchtanbau im Jahr 2009 sowohl beim Silomais als auch beim Sudangras überlegen. Hinzu muss noch die deutliche Mehrarbeit beim Anbau von zwei Kulturen in einem Jahr auf der gleichen Fläche (Bodenbearbeitung, Aussaat, Ernte, Silierung) betrachtet werden. Dieser Mehraufwand ist in den Abbildungen nicht dargestellt.

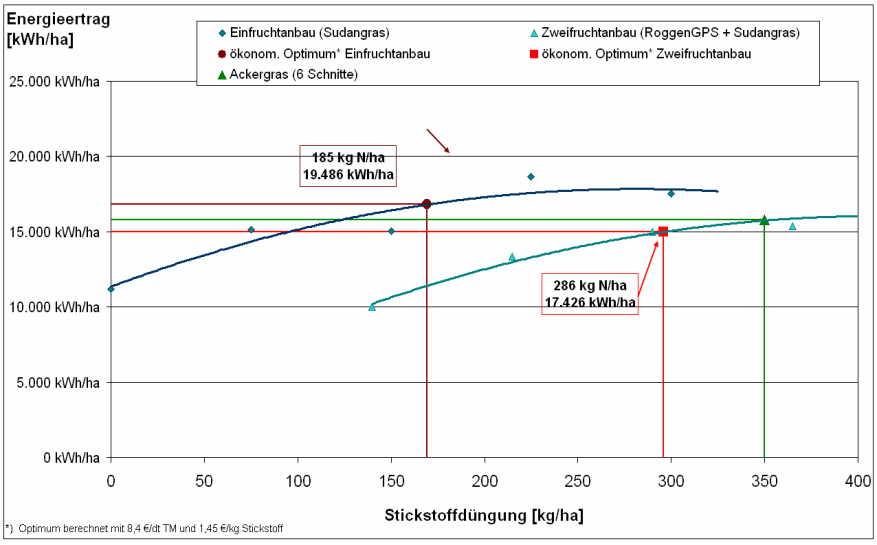



**Abbildung 8 Einfluss steigender N-Gaben auf die elektrische Leistung beim Anbau von Sudangras im Einfruchtanbau bzw. Roggen-GPS + Sudangras im Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen 2009**

In Abbildung 9 sind die Nmin-Werte nach der Ernte und zur Sickerwasserspende nach dem Anbau von Silomais und Sudangras dargestellt. Erwartungsgemäß stiegen die Nmin-Gehalte im Boden mit steigender N-Düngung an. Die Nmin-Werte nach dem Anbau von Sudangras unterschieden sich nur unwesentlich von den Rest-Nmin-Gehalten nach dem Anbau von Silomais.

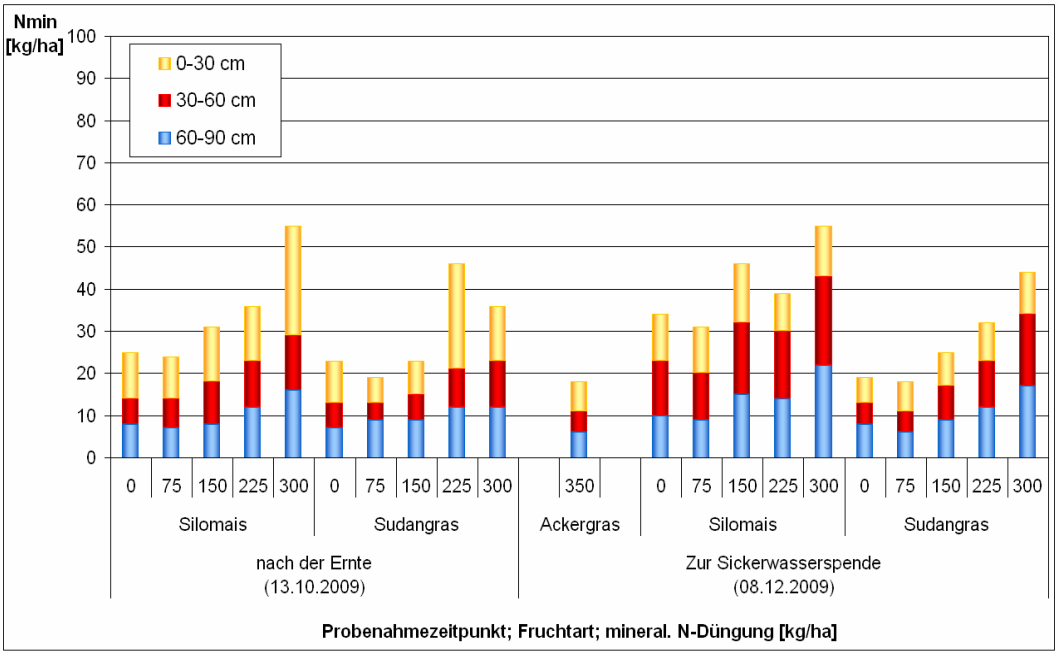



**Abbildung 9 Nmin-Gehalte nach der Ernte von Silomais und Sudangras im Einfruchtanbau und zur Sickerwasserspende, Versuch 641, Wehnen 2009**

Bei einer über dem Optimum liegenden Düngung stiegen die Gehalte zu beiden Terminen und bei beiden Kulturen deutlich an. Zur Sickerwasserspende lagen die Rest-Nmin-Gehalte nach Silomais auf vergleichbaren N-Stufen höher als auf den Parzellen mit Sudangras. Die gemessenen Werte lagen insgesamt auf relativ niedrigem Niveau.

In Abbildung 10 wurden die Nmin-Gehalte beim Zweifruchtanbau dargestellt. Das berechnetet N-Optimum sowohl beim Silomais als auch beim Sudangras als Zweitfrucht lag bei rund 135 kg/ha. Dies zeigte sich auch an den dargestellten Nmin-Werten. Vor allem beim Silomais stiegen die Nmin-Werte bei der Düngung über dem Optimum (150 kg N/ha) deutlich an und zeigten auch eine Verlagerung in die tieferen Bodenschichten zum Zeitpunkt zur Sickerwasserspende. Das Sudangras zeigte im Jahr 2009 niedrigere Rest-Nmin-Gehalte im Boden im Vergleich zum Silomais. Aber auch hier stiegen die Werte bei einer über dem N-Optimum liegenden Düngung und auch die Auswaschung in tiefere Bodenschichten zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende ist deutlich abzulesen. Im Vergleich lag der unter Ackergras ermittelte Nmin Gehalt unter 20 kg N/ha.

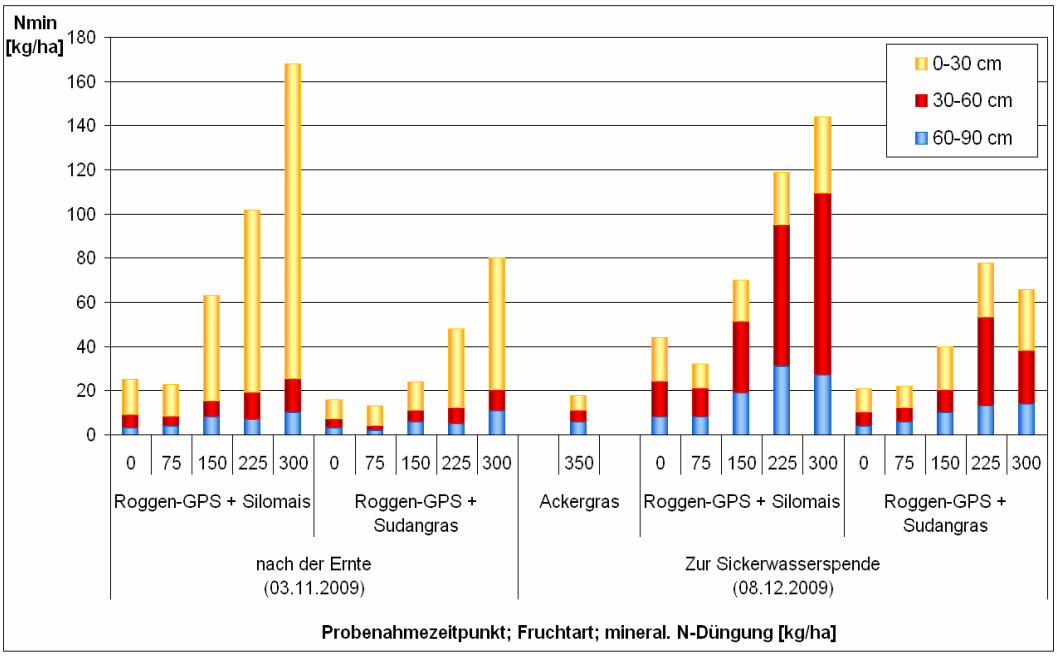



**Abbildung 10 Nmin-Gehalte nach der Ernte von Silomais und Sudangras und zur Sickerwasserspende bei Zweitfruchtanbau, Versuch 641, Wehnen 2009**

In Abbildung 11 sind die Nmin Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende der Varianten mit organischer bzw. organisch-mineralischer Düngung zusammengestellt.

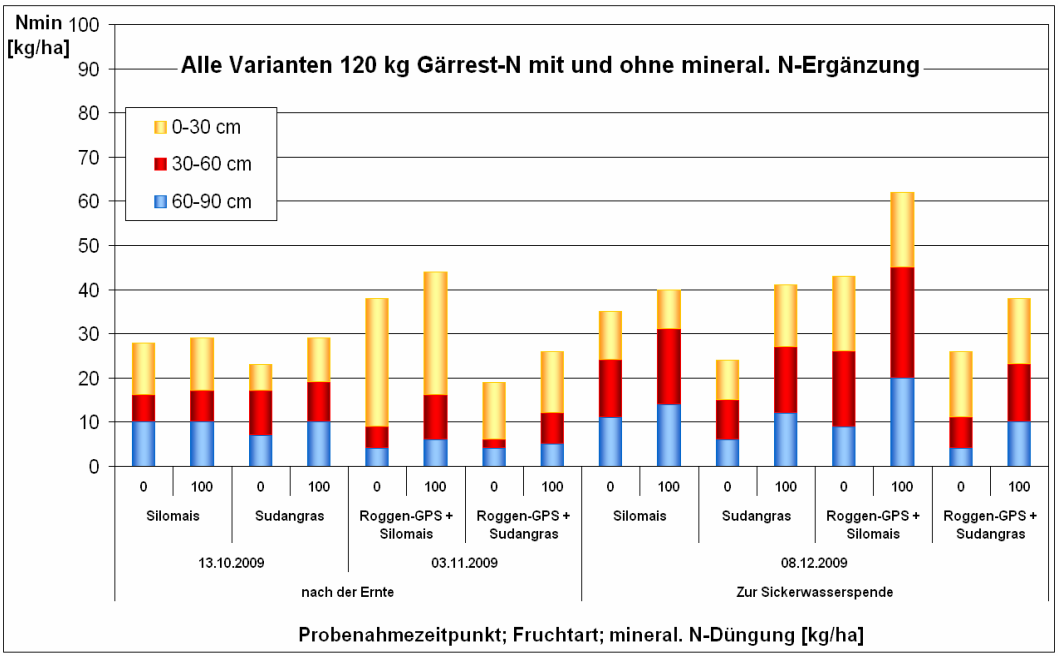



**Abbildung 11 Nmin-Gehalte nach der Ernte von Silomais und Sudangras und zur Sickerwasserspende beim Einsatz von Gärresten zur Düngung, Versuch 641, Wehnen 2009**

In der Tendenz wurden nach dem Anbau von Silomais zu beiden Beprobungsterminen höhere Rest-Nmin-Gehalte gemessen als beim Anbau von Sudangras. Im Zweitfruchtanbau von Silomais wurden vergleichsweise höhere Rest-Nmin-Gehalte gemessen als im Einfruchtanbau. Die zusätzliche Mineral-N-Gabe von 100 kg N/ha spiegelte sich in allen Varianten durch höhere Nmin-Gehalte wieder im Vergleich zur rein organisch gedüngten Variante. Insgesamt betrachtet, lagen die Werte auf vergleichsweise niedrigem Niveau. In allen Varianten war die Verlagerung des Stickstoffs zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende in tiefere Bodenschichten zu beobachten.

### 3.3. Zusammenfassung Versuch 641

Das Jahr 2009 zeigte deutlich eine Überlegenheit des Einfruchtanbaus im Vergleich zum Zweifruchtanbau. Dabei war der Silomaisanbau dem Sudangrasanbau ertraglich überlegen. Die Erträge stiegen sowohl beim Silomais als auch beim Sudangras im Einfruchtanbau bis zur Stufe 225 kg N/ha an. Im Vergleich dazu stiegen die Erträge der beiden Kulturen im Zweifruchtanbau nur bis zur Stufe 150 kg N/ha an. Es zeigte sich, dass die N-Nachlieferung aus der N-Düngung zum Roggen-GPS mit rd. 50 kg N/ha beziffert werden konnte und dass der Sollwert zur nachfolgenden Kultur entsprechend reduziert werden muss, um hohe Rest-Nmin-Gehalte zu vermeiden.

Vergleicht man die Ergebnisse mit den Ergebnissen vom Standort Ihlow (Kap.7) schnitt der Einfruchtanbau in Wehnen hinsichtlich des Trockenmasseertrags besser ab als der Zweitfruchtanbau. Ausschlaggebend dafür waren die besseren Feuchtigkeitsverhältnisse am Standort Ihlow. Hier konnten in einigen Varianten Zweitfruchtanbau über 200 dt TM/ ha erzielt werden. Der Zweitfruchtanbau führte an beiden Standorten in 2009 zu keiner Minderung des Herbst Nmin Gehaltes. Unter den Ackergrasvarianten wurden an beiden Standorten die niedrigsten Nmin Werte ermittelt. Aus Sicht des Wasserschutzes stellt Ackergras die beste Garantie für geringe Herbst-Nmin-Gehalte dar. In Wehnen waren unter den Sudangrasvarianten im Vergleich zu den Maisvarianten bei gleichen N-Düngungsstufen vergleichsweise geringere Rest Nmin Gehalte festzustellen.

## 4. Versuch 642 und 643 - Auswirkung verschiedener Stickstoffdüngungssysteme und Fruchtfolgen auf Pflanzenwachstum, Stickstoffsalden und Nmin-Werte im Herbst

Nunmehr im 14. Versuchsjahr werden die Auswirkungen verschiedener Stickstoffdüngungssysteme und Fruchtfolgen auf den Standorten Liebenau (LK Nienburg) und Hohenzethen (LK Uelzen) als randomisiert angelegter Kleinparzellenversuch bearbeitet (Abbildung 12).

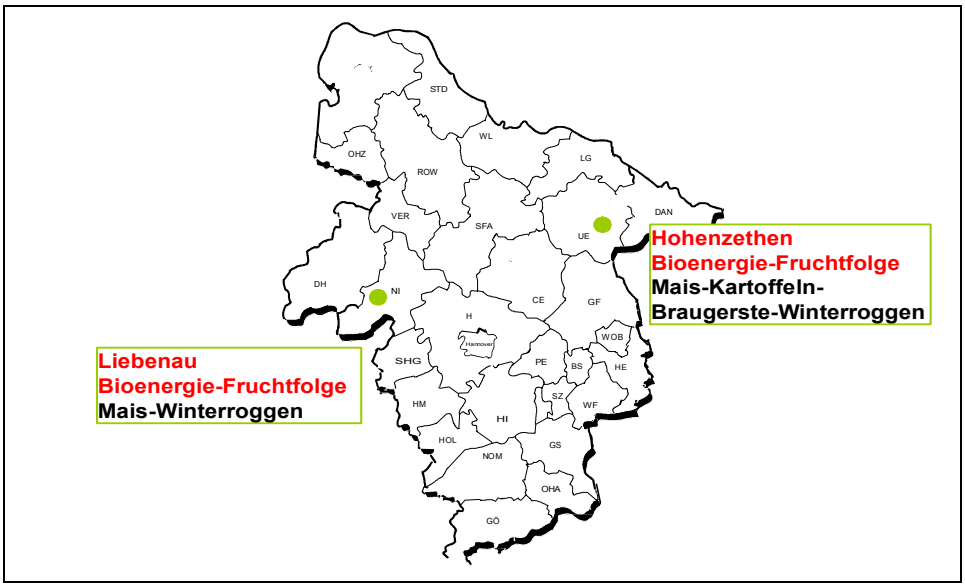



**Abbildung 12 Lage der Versuchsstandorte Liebenau und Hohenzethen**

Die Fruchtfolgen orientieren sich an den typischen Fruchtfolgen in der Region. Da das Interesse an der Prüfung von Fruchtfolgen mit hohem Anteil an Bioenergiepflanzen seitens der Wasserschutzberatung sehr hoch war, wurden die seit 1995 festgelegten Fruchtfolgen geändert. Seit 2006 werden die Bioenergie-Fruchtfolgen hinsichtlich ertragsrelevanter Parameter und Verminderung der Nitratauswaschung über Winter geprüft.

**Foto 2 Feldbesichtigung Hohenzethen am 15.07.2009**

## 4.1. Versuchsdurchführung

### 4.1.1. Versuchsaufbau

Die jeweils ca. 1 ha großen Versuchsflächen befinden sich in Wasserschutzgebieten (WSG Wibbese und Liebenau) und werden von den Landwirten bewirtschaftet, die beide jeweils gemeinschaftlich Biogasanlagen betreiben bzw. beliefern. Die Versuche sind so angelegt, dass Bodenbearbeitung, Bestellung, Pflanzenschutzmaßnahmen und Ernte durch die Landwirte betriebsüblich durchgeführt werden können.

### 4.1.2. Boden- und Klimakennwerte

Die Boden- und Klimakennwerte der Standorte sind bereits in den Vorjahren ausführlich beschrieben worden. Im Anhang sind für die beiden Versuchsstandorte die Witterungsverläufe für 2009 abgebildet (Abbildung 76 und Abbildung 77). Im Vergleich dazu werden die Monatsmittelwerte für Niederschlag und Temperatur abgebildet, für Liebenau der Zeitraum 1995 – 2009 und für Hohenzethen der Zeitraum 2001 – 2009. Die Daten aus Hohenzethen werden vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) aus der dort unterhaltenen Wetterstation an der Lysimeteranlage zur Verfügung gestellt.

**Tabelle 6 Boden- und Klimakennwerte der Versuchsstandorte**

| Standorte | Liebenau | Hohenzethen |
|---|---|---|
| **Höhe über NN (m)** | 47 | 60 |
| **Bodentyp** | Podsol-Pseudogley | Braunerde |
| **geologische Herkunft** | Diluvium | Diluvium |
| **Bodenart** | lS | S |
| **Ackerzahl** | 28 | 25 |
| **mittl. Temperatur °C** | 8,9 | 8,6 |
| **langj. Niederschlagssumme (mm)** | 680 | 615 |
| **Grundwasserstand** | | 2 – 4 m |
| **Sommerniederschläge April – Sept.** | 360 mm | 330 mm* |
| **Beregnung** | -- | Kartoffeln 2009<br>80 mm |

*Beregnungsstandort

### 4.1.3. Fruchtfolge

Hintergrund der langjährigen Untersuchungen ist die Überprüfung der Nitratkonservierung über Winter in regionaltypischen Fruchtfolgen. Die Nitratkonservierung erfolgt über Zwischenfruchtanbau, Untersaaten oder Brache. Die Änderung der Fruchtfolgen mit höherem Bioenergiepflanzenanteil ab 2008 wird aufgrund des zunehmenden Anbaus von Mais in Wasserschutzgebieten in das Versuchsprogramm aufgenommen. Die Nitratkonservierung über Zwischenfrüchte etc. wird in der

ehemals konservierenden Fruchtfolge beibehalten (Tabelle 7). Die Düngungsstufen auf der Basis der Sollwert-Düngung und verschiedenen Düngungssystemen bleiben ebenfalls konstant.

**Tabelle 7 Fruchtfolgen Versuch 642 und 643, Standorte Liebenau und Hohenzethen**

| Jahr | Liebenau | | Hohenzethen | |
|---|---|---|---|---|
| | konventionelle Fruchtfolge | Bioenergie-fruchtfolge konservierend | konventionelle Fruchtfolge | Bioenergie-fruchtfolge 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 * |
| Fortlaufende Wiederholung der Fruchtfolgen bis 2006;<br>* in Hohenzethen ab 2006 Anbau von Silomais statt Winterroggen bzw. Brache; | | | | |
| **Änderung der Fruchtfolge ab 2008 in Bioenergiepflanzenfruchtfolge** | | | | |
| **2008** | Silomais | Silomais | Zuckerrüben | Zuckerrüben |
| **2009** | **Winterroggen** | **Silomais** | **Kartoffel** | **Kartoffel + Zwischenfrucht** |

Auf dem durch intensive Viehhaltung geprägten Standort Liebenau rotieren die Kulturen Silomais und Winterroggen. Durch die Änderung in Bioenergiepflanzenanbau wurde in der konservierenden Fruchtfolge auf eine reine Mais-Fruchtfolge umgestellt.

In Hohenzethen wurden in der regional stark auf Hackfrucht ausgerichteten Fruchtfolge die Zuckerrüben durch Bioenergie-Mais ersetzt. Die Nitratkonservierung erfolgte nach wie vor über Zwischenfrüchte bzw. Untersaaten in der konservierenden Bioenergiepflanzen-Fruchtfolge.

### 4.1.4. Düngung

Auf der Basis der Sollwert-Düngung wird zu Beginn der Vegetation die Referenzdüngermenge festgelegt (N-Düngebedarf – Frühjahrs-Nmin (verfügbarer Stickstoff im Boden zu Beginn der Vegetation).

Neben der Staffelung der Sollwert-Düngermengen werden der Einfluss verschiedener Düngungssysteme und die Kombination organischer mit mineralischer Düngung untersucht. Die Düngungssysteme unterscheiden sich durch die Bemessung der Düngermengen, die Düngungstermine und die Düngerformen (Tabelle 8).

**Tabelle 8 Düngermengen und –systeme, Versuch 642 und 643, Standorte Liebenau und Hohenzethen**

| Variante | | Fruchtfolge Liebenau | Fruchtfolge Hohenzethen |
|---|---|---|---|
| 1 | Nmin | ohne N | |
| 2 | SW-40% | Sollwert -40 % | |
| 3 | SW-20% | Sollwert -20 % | |
| 4 | SW | Sollwert | |
| 5 | SW+30% | Sollwert + 30 % | |
| 6 | SW ENTEC | N - Sollwertdüngung mit ENTEC | N - Sollwertdüngung Cultan-Verfahren |
| 7 | Entzug FF | Bilanzmethode (Modell: N-Düngung errechnet aus Bedarf der Pflanze und max- tol. N-Überschuss im SW) | Bilanzmethode (Modell: N-Düngung errechnet aus Bedarf der Pflanze und max- tol. N-Überschuss im SW) |
| 8 | SW Gülle | N-Sollwertdüngung + anteilige Gülledüngung | N - Sollwertdüngung + anteiliger Düngung mit Gärresten |
| 9 | SW Biogas Gärrest | N-Sollwertdüngung + anteiliger Düngung mit Gärresten | |
| 10 | SW Gülle + Piadin | N-Sollwertdüngung - 30% + anteiliger Gülledüngung und Piadin | |

In den Varianten mit anteiliger Gülledüngung (Liebenau, Var. 8 + 10, Hohenzethen Var.8) richtet sich die auszubringende Gülle- bzw. Gärrestmenge nach dem P- und K-Bedarf der Pflanzen (= Gehaltsklassen C). Der Stickstoff der Rindergülle bzw. des Gärrestes wird zu 70 % angerechnet. Die restliche N-Düngung erfolgt mit Mineraldüngern. Das Gesamt-N-Angebot entspricht der Sollwert-Düngermenge. Die Düngung nach dem Cultan-Verfahren (Hohenzethen, Var. 6) wird im 2. Jahr geprüft.

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

### 4.1.5. Pflanzenschutz

Die Pflanzenschutzmaßnahmen werden durch die Betriebsleiter in enger Abstimmung mit den Versuchstechnikern nach den Grundsätzen des integrierten Pflanzenschutzes durchgeführt.

### 4.1.6. Ernte

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

### 4.1.7. Untersuchungen und Auswertungen

Die TKM- und TS-Bestimmungen werden nach der Richtlinie des Bundessortenamtes vom Versuchsansteller durchgeführt. Erntegutanalysen (NIRS-Verfahren und chemische Untersuchungen) erfolgen 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 Gärrestuntersuchungen.

### 4.1.8. Nmin-Beprobung

Die Nmin-Beprobungen erfolgen zur Aussaat (Bemessung der N-Düngung), nach der Ernte (Rest-Nmin) und ab Beginn der Grundwasserneubildung jeweils nach 90 mm Niederschlag über die Herbst- und Wintermonate (Beprobungstiefe von 0 – 90 cm).

## 4.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Versuch 642 Standort Liebenau

### 4.2.1. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf den Ertrag

Nach Vorgabe des Versuchsplans standen in diesem Jahr in der konventionellen Fruchtfolge Winterroggen und in der konservierenden „Bioenergiefruchtfolge“ Silomais als Hauptfrucht.

Der Winterroggen wurde am 10.10.2007 ausgesät und entwickelte sich über das Winterhalbjahr normal. Bedingt durch die lang anhaltende kühle Witterung im Frühjahr 2009 kam der Güllestickstoff in den Gülle-Düngungsvarianten kaum zur Wirkung. Dieses war optisch in den einzelnen Parzellen gut sichtbar.

Nach der schnellen Erwärmung ab Mitte April hatte sich der Roggenbestand enorm entwickelt. Durch die ausgebliebenen Niederschläge im Mai kam es auf dem leichten Standort zu ersten Pflanzenreduktionen beim Winterroggen. Die Ernte erfolgte dann am 4. August 2009. Die Ertragsdepressionen waren so hoch, dass das Ertragsniveau mit Ausnahme der Varianten SW+30% und Entzug nach FF unter 50 dt/ha lag (Abbildung 13).

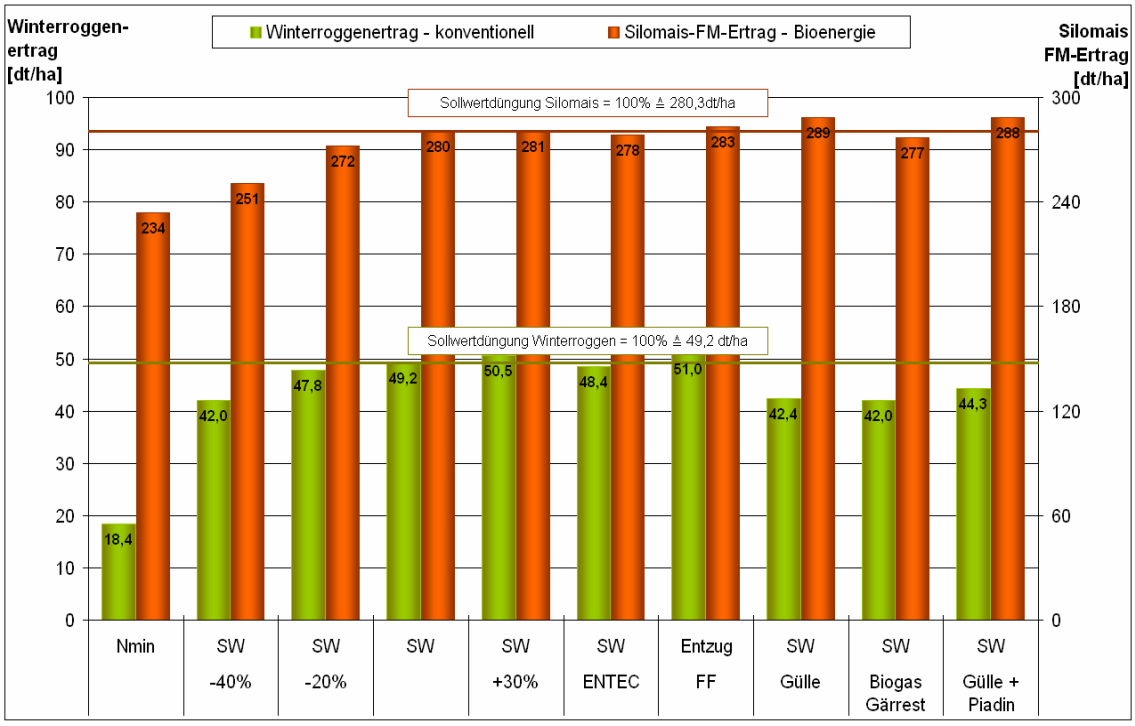



**Abbildung 13 Winterroggen- und Silomaiserträge 2009, Vergleich der Fruchtfolgesysteme, Versuch 642 Standort Liebenau**

Im Winterroggen konnten bei einer Grenzdifferenz von 4,14 dt/ha statistische Unterschiede nur zwischen den niedrig (Nmin und SW-40%) und organisch gedüngten Varianten (Gülle, Gülle+Piadin, Gärrest) zu den nach SW-gedüngten Varianten ermittelt werden.

Die Varianten SW, SW+30% und Entzug FF zeigten die höchsten Erträge. Die insgesamt schwache Ertragsleistung wies aber auf ungenutzte N-Vorräte hin. Für die organisch gedüngten Varianten bedeutete dies, dass die Wirkung des organisch gebundenen Stickstoffs durch zu späte Umsetzung und mangelnde Feuchtigkeit im Boden nicht ausreichend zur Ertragsbildung beitragen konnte.

Der Silomais wurde am 25.04.09 gelegt. Der Feldaufgang und die Bestandesentwicklung beim Silomais verliefen normal. Die Gülledüngung erfolgte in den Varianten mit organischer Düngung am 24.04.09, die Stickstoffgabe mit AHL zu Vegetationsbeginn und zum Reihenschluss wurde am 29.04.09 und am 02.06.09 durchgeführt. Die Ausbringung von ENTEC in der entsprechenden Düngevariante erfolgte am 04.05.09. Die Niederschläge Anfang Juni waren für eine gute Wachstumsentwicklung beim Mais förderlich. Insgesamt fielen in den Monaten April, Mai, Juni, August und September jedoch deutlich weniger Niederschläge als im langjährigen Durchschnitt, so dass auch im Silomais Ertragsdefizite auftraten. In keiner der Varianten wurde bei der Ernte am 04. September ein Frischmassegewicht von 30 t/ha erreicht.

Mit zunehmender Düngung stiegen die Erträge im Silomais an und die gute Wasserversorgung im Juli deutete auf eine gute Umsetzung der organischen Dünger aufgrund der längeren Vegetationszeit hin, da die Varianten Gülle und Gülle+Piadin höhere Erträge als die mineralisch gedüngten Varianten brachten. Statistisch abgesichert war aber hier nur die Ertragsdifferenz zu den Varianten Nmin und SW-40%. Auch galt für den Silomais die gleiche Aussage wie für den Winterroggen. Die Ertragserwartung lag deutlich unter der der Vorjahre und war auf die unbefriedigende Wasserversorgung zurückzuführen. Die folgende Tabelle 9 zeigt die Erträge im Winterroggen von 2009 im Vergleich zu den Vorjahren.

**Tabelle 9 Erträge Winterroggen 2009 im Vergleich zu den Vorjahren, Versuch 642, Standort Liebenau**

| Varianten | Erträge – konventionelle Fruchtfolge [dt/ha] | | | Erträge – Bioenergie-Fruchtfolge [dt/ha] | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2009 | MW 95-09 [1)] | Min-Max | MW 95-09 [2)] | Min-Max |
| **Nmin** | 18,4 | 26,5 | 18,4-34,8 | 26,7 | 25,1-28,6 |
| **SW-40%** | 42,0 | 59,2 | 42,0-69,6 | 59,5 | 56,1-65,7 |
| **SW-20%** | 47,8 | 66,4 | 47,8-82,1 | 65,1 | 62,4-70,1 |
| **SW** | 49,2 | 70,0 | 49,2-89,7 | 68,4 | 64,4-70,7 |
| **SW+30%** | 50,5 | 72,7 | 50,5-99,6 | 68,2 | 62,7-72,0 |
| **SW ENTEC** | 48,4 | * | - | - | - |
| **Entzug FF** | 51,0 | 73,5 | 51,0-99,5 | 68,4 | 61,5-73,8 |
| **SW Gülle** | 42,4 | 64,2 | 42,4-86,0 | 63,2 | 55,0-68,5 |
| **SW Gärrest** | 42,0 | * | - | - | - |
| **SW Gülle+Piadin** | 44,3 | * | - | - | - |

[1)] MW aus 7 Versuchsjahren
[2)] MW aus 3 Versuchsjahren
* durch geänderte Düngungsvarianten bisher nur 1mal geprüft

Das zurückliegende Versuchsjahr war für Winterroggen das deutlich schlechteste Versuchsjahr im Versuchszeitraum. Im Durchschnitt aller Varianten lag der Ertrag in der konventionellen Fruchtfolge rd. 27% unter dem mittleren Ertragsniveau. In der Sollwertvariante lag der Ertrag sogar 34% unter dem Ertragsmittel. Zum Vergleich mit der nitratkonservierenden Bioenergiefruchtfolge konnten nur die Durchschnittserträge vom Winterroggen aus 3 Anbaujahren hinzugezogen werden, da Winterroggen 2009 nur in der konventionellen Fruchtfolge angebaut wurde.

**Tabelle 10 Erträge Silomais 2009 im Vergleich zu den Vorjahren, Versuch 642, Liebenau**

| Varianten | Erträge – Bioenergie Fruchtfolge [dt/ha] | | | Erträge – konventionelle – Fruchtfolge [dt/ha] | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2009 | MW 95-09 [1)] | Min-Max | MW 95-09 [2)] | Min-Max |
| **Nmin** | 234 | 288 | 209-419 | 312 | 202-409 |
| **SW-40%** | 251 | 329 | 204-425 | 360 | 211-520 |
| **SW-20%** | 272 | 357 | 208-528 | 382 | 213-579 |
| **SW** | 280 | 373 | 202-558 | 391 | 222-549 |
| **SW+30%** | 281 | 384 | 213-556 | 401 | 199-575 |
| **SW ENTEC** | 279 | 334* | 279-389 | 400** | - |
| **Entzug FF** | 283 | 384 | 202-545 | 393 | 211-550 |
| **SW Gülle** | 289 | 361 | 208-530 | 399 | 199-576 |
| **SW Gärrest** | 277 | 297* | 277-317 | 398* | - |
| **SW Gülle+Piadin** | 288 | 297* | 288-306 | 368* | - |

[1)] MW aus 9 Versuchsjahren
[2)] MW aus 8 Versuchsjahren
* Bioenergiefruchtfolge 2 Versuchsjahre, konventionelle Fruchtfolge 1 Versuchsjahr

Auch beim Silomais blieben die Erträge 2009 unter den Ertragserwartungen (Tabelle 10). Die geringsten Erträge wurden im 1. Versuchsjahr 1995 geerntet, die max. Erträge im Jahr 2000. Das verdeutlicht den Einfluss des jeweiligen Jahres auf die Erträge.

### 4.2.2. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Stickstoffsalden

Für die Berechnung der N-Salden wurde von der N-Zufuhr über Düngemittel die N-Abfuhr durch das Erntegut abgezogen. Ernterückstände verblieben auf der Fläche.

Durch die ertraglich nicht ausgeschöpften N-Vorräte lagen die Bilanzsalden im Versuchsjahr 2009 für Winterroggen - konventionell sehr hoch, für Silomais – Bioenergie auch höher als im Durchschnitt der Jahre (Abbildung 14).

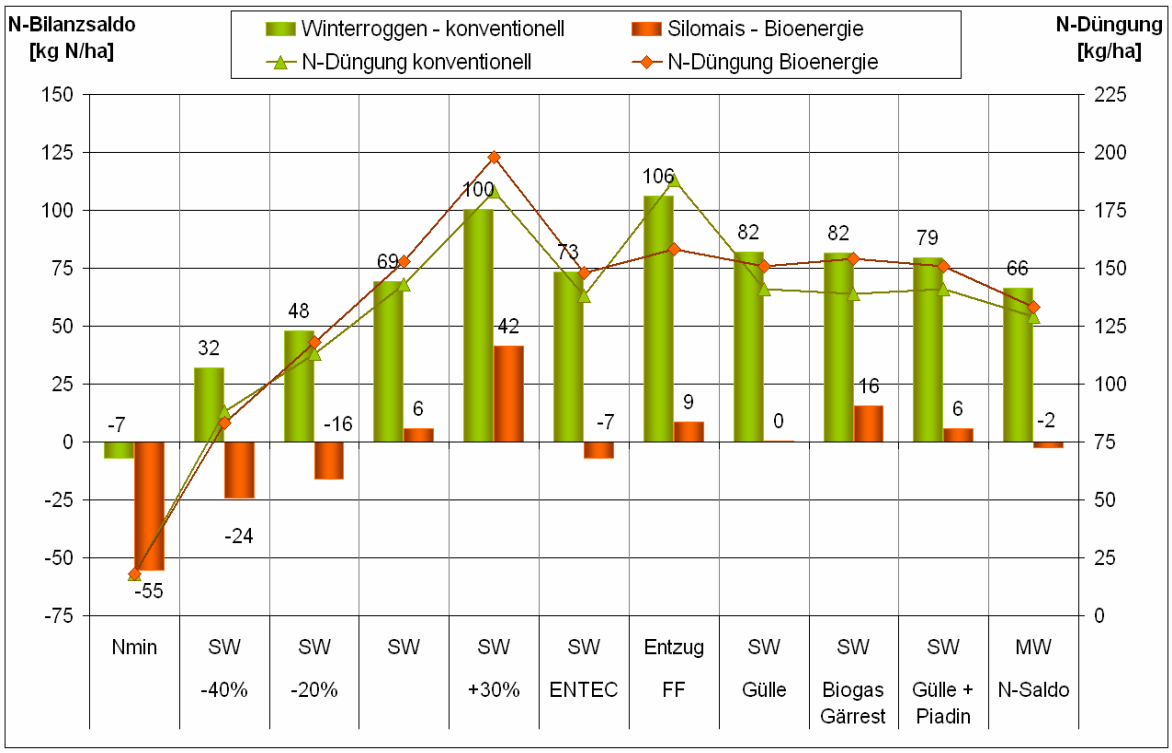



**Abbildung 14 Bilanzsalden und N-Düngung, Versuch 642, Liebenau 2009**

Bis 100 bzw. 106 kg N/ha in den Varianten SW+30% und Entzug FF reichten die N-Salden im Winterroggen in der konventionellen Fruchtfolge. Auch im Mittel der Jahre wurde im Winterroggen - konventionell angebaut – kein ausgeglichener Bilanzsaldo erreicht. Der Ausgleich fand über den Silomais statt, der einen großen Anteil seines N-Bedarfs aus dem freigesetzten Stickstoffs des Bodens deckte (vgl. Tabelle).

Die N-Salden in der konventionellen Fruchtfolge bewegten sich im Durchschnitt aller Jahre bei Düngung nach Sollwert relativ ausgeglichen um 5 kg N/ha, wobei sich für die einzelnen Kulturen unterschiedliche Salden errechneten. Im Winterroggen betrug der Saldo im Mittel der Anbaujahre 47 kg N/ha und bei Silomais -32 kg N/ha. Mit 106 kg N/ha erreichte die Variante Entzug der FF der

höchsten N-Saldo im Winterroggen. In Liebenau ergaben sich im Versuchszeitraum immer höhere Düngergaben für die Düngung nach der Bilanzmethode (≙ Düngung nach Entzug FF), die aber in der Regel nicht immer zu höheren Erträgen und damit N-Abfuhr vom Feld führten. Außerdem berücksichtigte dieses System nicht die Nachlieferung bodenbürtigen Stickstoffs, was dann zu überhöhten Düngeempfehlungen führte.

In der Bioenergie-Fruchtfolge lagen die Salden bei Düngung nach Sollwert im Durchschnitt aller Jahre bei -15 kg N/ha. Für Winterroggen in ergab sich ebenfalls ein positiver N-Saldo von 59 kg N/ha und im Silomais von -42 kg N/ha.

**Tabelle 11 N-Salden nach Fruchtfolgen und Kulturen, Versuch 642, Liebenau**

| Varianten | N-Salden – konventionell [kg N/ha] | | | | N-Salden – Bioenergie [kg N/ha] | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1995-2009 | W-Roggen 2009 | MW WR (Ø 7 Jahre) | MW Silomais (Ø 8 Jahre) | 1995-2009 | Silomais 2009 | MW WR (Ø 3 Jahre) | MW Silomais (Ø 9 Jahre) |
| **Nmin** | -59 | -7 | -32 | -83 | -60 | -55 | -36 | -77 |
| **SW -40%** | -28 | 32 | 12 | -64 | -37 | -24 | 16 | -64 |
| **SW -20%** | -15 | 48 | 26 | -51 | -28 | -16 | 37 | -58 |
| **SW** | **5** | **69** | **47** | **-32** | **-10** | **-6** | **59** | **-42** |
| **SW +30%** | 40 | 100 | 78 | 8 | 21 | 42 | 98 | -11 |
| **SW ENTEC** | 1 | 73 | 73 | -71 | -40 | -7 | - | -40 |
| **Entzug FF** | 25 | 106 | 73 | -17 | 9 | 9 | 86 | -14 |
| **SW Gülle** | 33 | 82 | 80 | -7 | 17 | 0 | 94 | -9 |
| **SW Gärrest** | 16 | 82 | 82 | -50 | -6 | 16 | - | -6 |
| **SW Gülle + Piadin** | 24 | 79 | 79 | -32 | -5 | 6 | - | -5 |

Der 50 %ige Anteil von Silomais in der Fruchtfolge und die hohe N-Abfuhr (im Schnitt ~200 kg N/ha) tragen zu einer ausgeglichenen Bilanz im Durchschnitt aller Jahre bei.

### 4.2.3. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Nmin-Werte im Frühjahr

Die Nmin-Werte im Frühjahr 2009 sind in der folgenden Abbildung gemeinsam mit der letzten Messung der Nmin-Werte im Herbst 2008 dargestellt (Abbildung 15). Im Mittel aller Varianten betrugen die Nmin-Werte zum letzten Herbsttermin am 08.12.2008 für die konventionelle Fruchtfolge 44 kg N/ha, in der Bioenergiefruchtfolge 39 kg N/ha, zeigten also keine Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen (beide Silomais 2008). Die Werte innerhalb der Fruchtfolgen streuten zwischen 35 (SW Gülle + Piadin) und 53 (SW + 30%) kg N/ha in konventionell, sowie 35 (Nmin) und 50 (Entzug FF) kg N/ha.

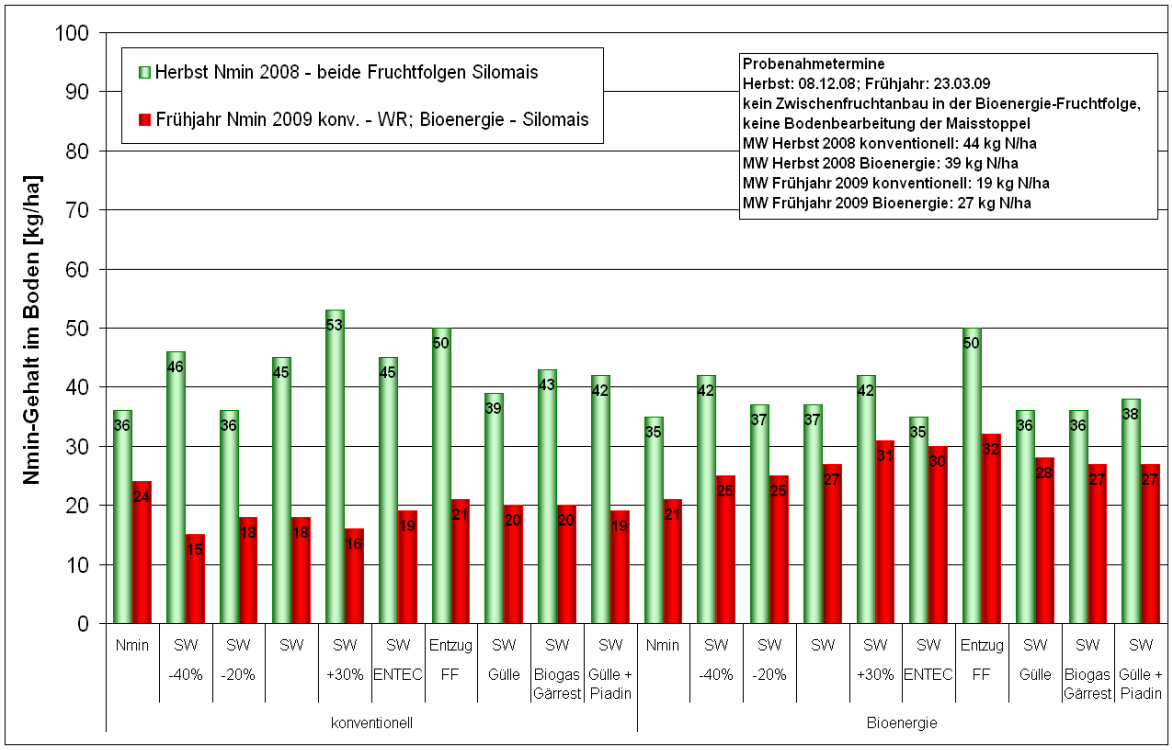



**Abbildung 15 Herbst und Frühjahrs Nmin-Werte, Versuch 642, Liebenau 2008-2009**

Zum Frühjahr hin sanken die Nmin-Werte in der konventionellen Fruchtfolge im Schnitt um 25 kg auf 19 kg N/ha, in der Bioenergiefruchtfolge im Schnitt um ca. 12 kg auf 27 kg N/ha.

Die folgende Abbildung zeigt die Frühjahrs-Nmin-Werte im gesamten Versuchszeitraum als Vergleich der beiden Fruchtfolgen, gemittelt über alle Varianten.

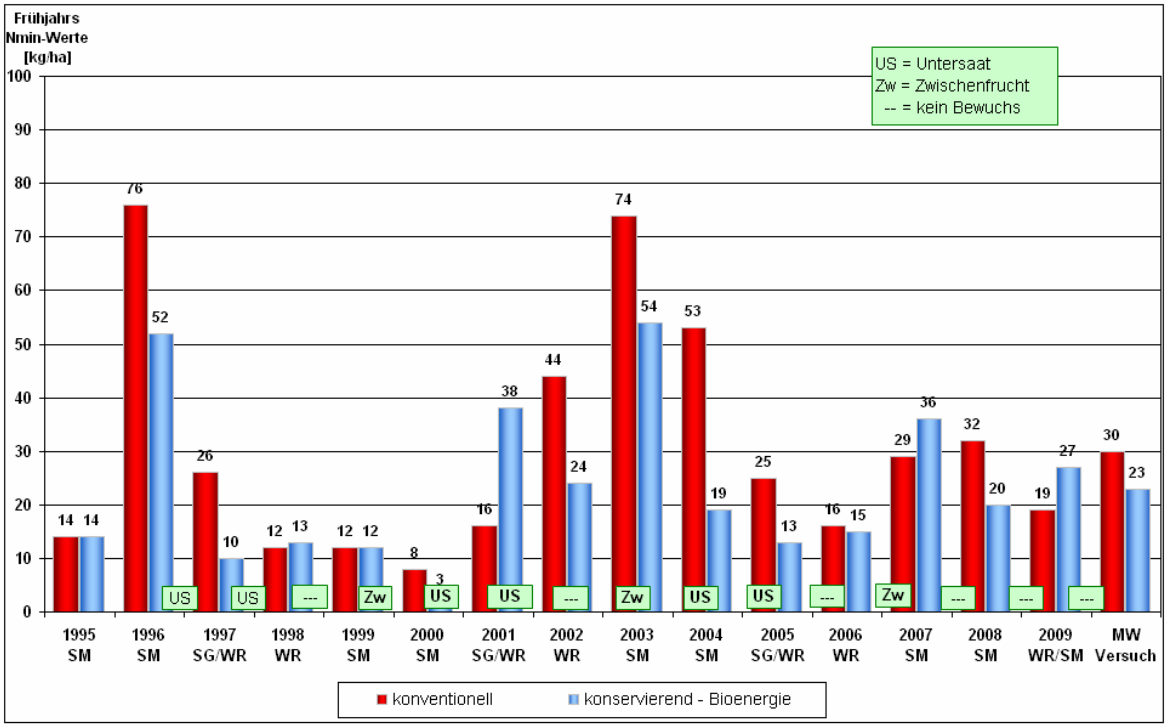



**Abbildung 16 Übersicht Frühjahrs Nmin-Werte, Versuch 642, Liebenau 1995 – 2009**

Im Mittel zeigte sich, dass in der nitratkonservierenden Fruchtfolge die Nmin-Werte im Frühjahr im Schnitt um 7 kg N/ha niedriger lagen, mit deutlichen Schwankungen zwischen den Jahren. Bis auf wenige Ausnahmen, 2001 und 2007, waren die Werte in der nitratkonservierenden Fruchtfolge immer niedriger als bei konventioneller Bewirtschaftung. Wurden die Nmin-Werte ohne die Jahre 2001, 2007 und 2009 berechnet, so vergrößerte sich die Differenz zwischen konventioneller (33 kg N/ha) und nitratkonservierender (21 kg N/ha) Bewirtschaftung.

### 4.2.4. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Nmin-Werte im Herbst

Die Nmin-Probenahme in Liebenau erfolgte jeweils direkt nach der Ernte der Hauptfrüchte (Winterroggen – 13.08. und Silomais – 14.09.2009), in diesem Jahr demzufolge zu unterschiedlichen Zeitpunkten in den Fruchtfolgeblöcken. Mit Beginn der Sickerwasserperiode wurden wie in den Vorjahren weitere Nmin-Proben nach jeweils 90 mm Niederschlag gezogen. In diesem Jahr wurden an 2 Terminen weitere Proben gezogen.

Nach der Winterroggenernte lagen die Restnitratwerte im konventionellen Fruchtfolgeblock recht niedrig, wobei einzelne Düngungsstufen durchaus erkennbar waren. Im Durchschnitt lagen die Nmin-Werte in der Größenordnung von 35 kg /ha – entsprechend dem Wert, der in der SW-Variante gemessen wurde.

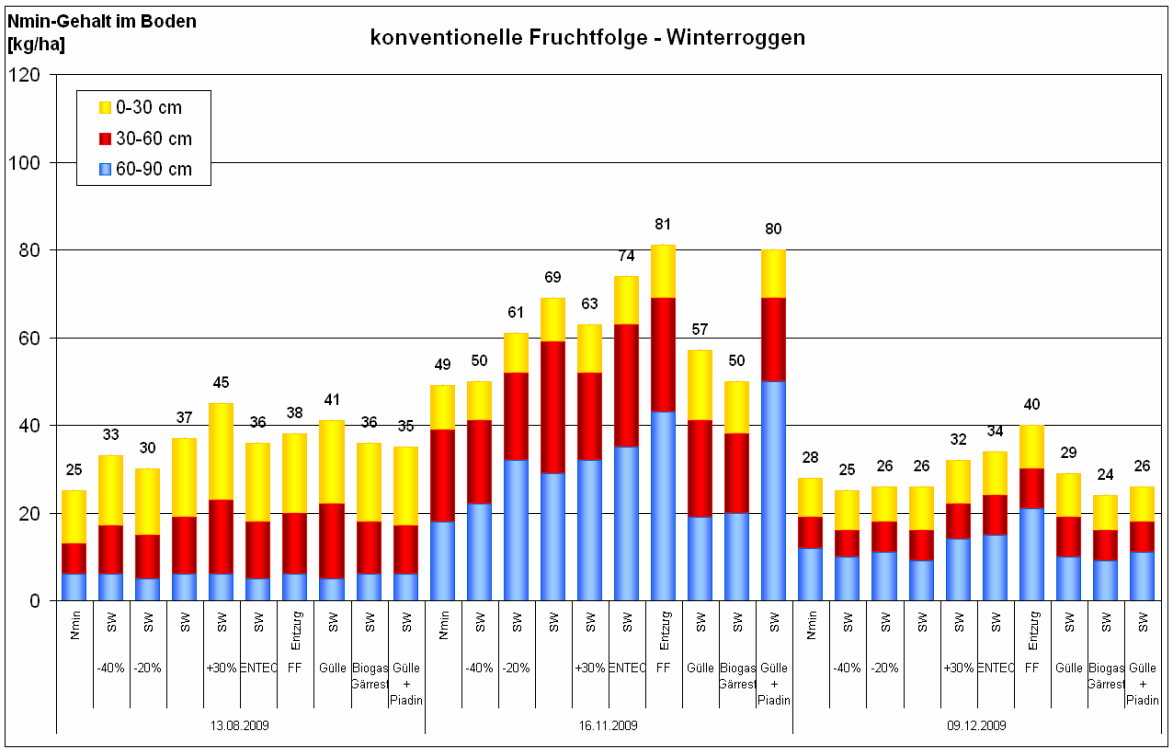



**Abbildung 17 Nmin-Werte im Herbst, konventionelle Fruchtfolge, Versuch 642, Liebenau 2009**

Durch die milden Temperaturen im Herbst und dann zunehmenden Niederschläge stiegen die Werte im November an. Weiterhin gut abgebildet blieben die Düngungsstufen. Die Werte nahmen in den einzelnen Varianten zwischen 15 und 45 kg N/ha zu. Dieses zeigten insbesondere die Varianten Entzug FF und Gülle + Piadin. Auch fand bereits Nitratverlagerung in die unteren Schichten bis 90 cm statt.

Die für das folgende Versuchsjahr geplante Gründüngung in der Bioenergie-Fruchtfolge (Grünroggen im Frühjahr als GPS für die Biogasanlage, dann späte Maisaussaat)) wurde am 23.09.2009 ausgesät. Die Entwicklung vor Winter war sehr gut, der Grünroggen bildete viel Blattmasse. Der Bodenstickstoff konnte so bis zum letzten Beprobungstermin am 09.12.2009 sehr gut verwertet werden, daher wurden vermutlich nur geringe Mengen mit den Niederschlägen verlagert.

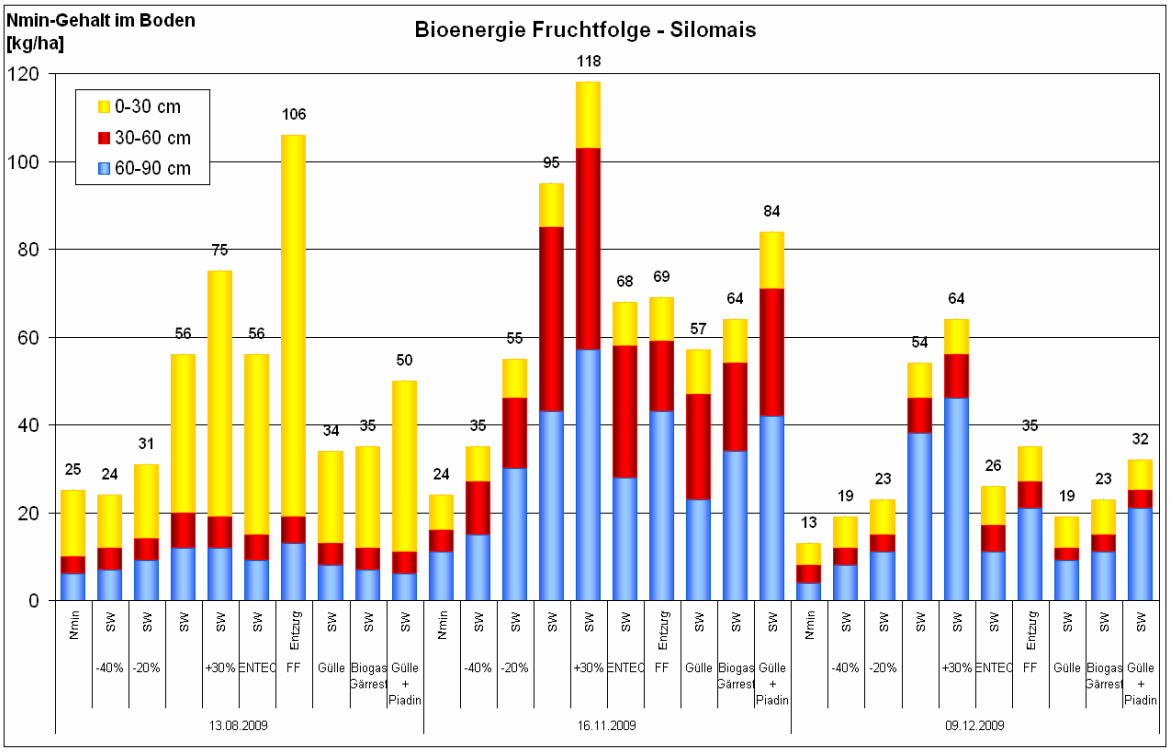



**Abbildung 18 Nmin-Werte im Herbst, Bioenergie-Fruchtfolge, Versuch 642, Liebenau 2009**

Die höchsten Nmin-Werte nach der Ernte zeigten die Varianten Entzug FF (106 kg/ha) und SW+30% (75 kg /ha), es folgten SW, SW + ENTEC und SW Gülle + Piadin mit 50 – 56 kg N/ha. In diesen Varianten stiegen die Nmin-Werte auch zum 2. Termin stark um 35 – 60 kg /ha an, in der Var. Entzug FF wurden 40 kg weniger gemessen. Zum 3. Termin dann nahmen die Werte insgesamt dann ab, wobei die Abfolge der Düngungsstufen zum vorhergehenden Termin gleich blieb. Dieser Stickstoff konnte vermutlich zum großen Anteil über die Gründüngung erfasst und konserviert werden. Eine Frühjahrs-Nmin-Untersuchung fand wegen Beendigung des Versuchs nicht mehr statt.

## 4.3. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Versuch 643 Standort Hohenzethen

In Hohenzethen blieben die Düngungsvarianten im Versuchsjahr 2009 konstant und unverändert. Für das im letzten Bericht ausführlich beschrieben Cultan-Verfahren erfolgte das 2. Prüfjahr. Auf dem Dauerversuchstandort standen nach der Vorfrucht Zuckerrüben in diesem Jahr Kartoffeln. Gepflanzt wurden am 03.04.09 Industriekartoffeln der Sorte Donald mit einer Pflanzmenge von 25 dt/ha. Die Grunddüngung mit einem PK-Dünger erfolgte am 02.04.09 (144 kg/ha $K_2O$ und 90 kg/ha $P_2O_5$). Die 1. N-Düngung erfolgte ebenfalls am 02.04. über AHL. Die Düngung der Gärrest-Variante Nr. 8 wurde am Vortag mit Gärsubstrat durchgeführt.

Am 07.04.09 wurde in der Cultan-Variante Nr. 6 der Dünger ASS in der vorgegebenen Menge mittels Hochdruckpumpe und Injektionslanze von Hand in den Damm injiziert. Diese aufwändige Technik war notwendig, da auf dem Markt z. Zt. noch keine praxisreifen Lösungen für die Ausbringung des Düngers in den Kartoffeldamm nach dem Cultan-Verfahren vorhanden sind.

**Foto 3 Ausbringung des Düngers in den Damm mit Injektionslanze, Hohenzethen, April 2010**

Die Kartoffeln waren trotz Trockenheit im April und Mai gut entwickelt und standen am 10.06.09 kurz vor Reihenschluss, so dass an diesem Datum die 2. N-Gabe erfolgte.

Der Bestand zeigte ein zügiges Wachstum, litt aber unter der extremen Trockenheit. Die Kartoffeln wurden viermal mit jeweils 20 mm beregnet. Die hohen Temperaturen im August ließen die Kartoffeln relativ früh abreifen, so dass der Versuch am 25.08.09 unter guten Rodebedingungen beerntet werden konnte.

Die nach der Ernte der Kartoffeln in der Bioenergie-Fruchtfolge geplante Zwischenfrucht mit Grünroggen wurde aufgrund des ausgetrockneten Bodens erst am 16.10.09 ausgedrillt. Hier mussten zwei Risiken gegeneinander abgewogen werden: Das Risiko einer frühen, aber dann vertrocknenden Zwischenfrucht gegen das Risiko einer späten Aussaat nach gut durchfeuchtetem Boden, aber relativ geringen Masseentwicklung vor Winter. Die Wahl fiel auf den späteren Aussaattermin, da bei normaler Aussaat und dann notwendiger Beregnung bereits die Verlagerung von Stickstoff stattgefunden hätte. Dieses sollte vermieden werden.

### 4.3.1. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf den Ertrag

Die Abbildung 19 zeigt die Wirkung von Fruchtfolge und N-Düngung auf den Ertrag der Kartoffeln im Versuchsjahr 2009.

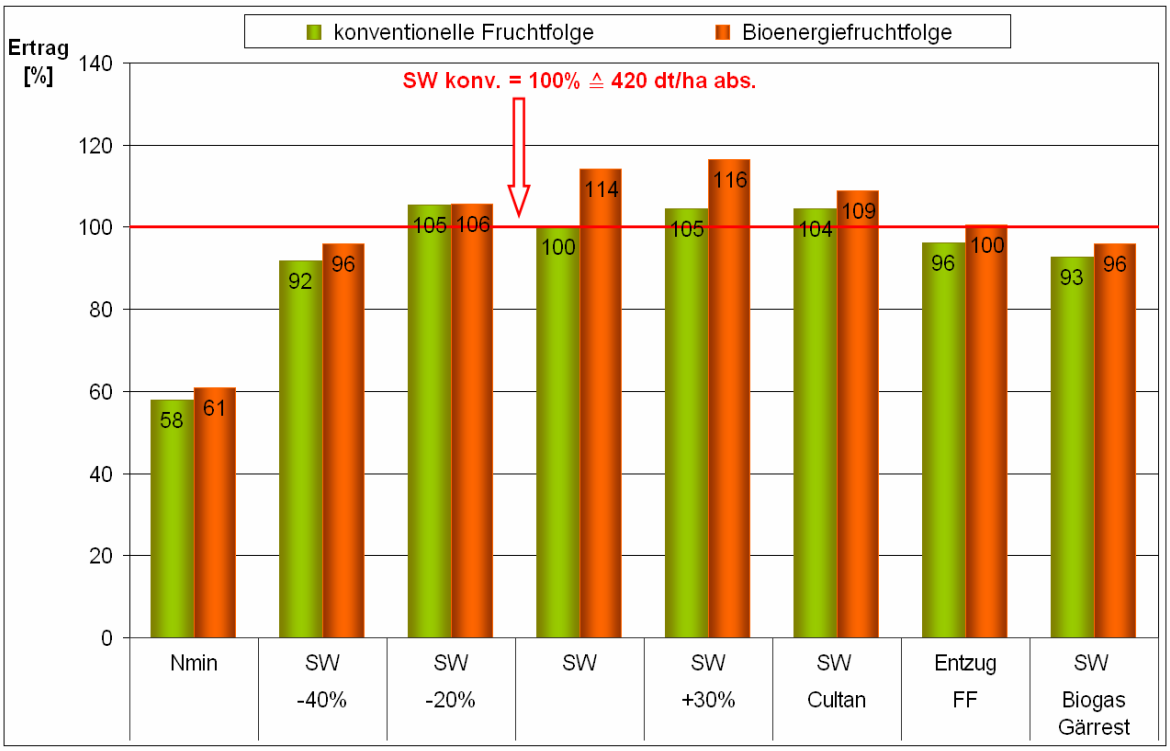



**Abbildung 19 Kartoffelerträge, Vergleich der Fruchtfolgesysteme, Versuch 643, Hohenzethen 2009**

Die Erträge in den beiden Fruchtfolgen verhielten sich 2009 unterschiedlich. Während es in der konventionellen Fruchtfolge zwischen den Varianten SW -20%, SW und SW +30% keine signifikanten Ertragsunterschiede gab (GD 13,8% bzw. 58 dt/ha) und sich ebenfalls kein Ertragsoptimum abzeichnete, stieg der Ertrag in der Bioenergie-Fruchtfolge bis zur SW+30% an. Nur der Ertrag dieser Variante konnte statistisch abgesichert werden. Die hohe GD von 13,8% bzw. 58 dt/ha zeigt die große Streubreite der Erträge in den einzelnen Parzellen. Aufgrund der Trockenheit im letzten Jahr konnte der Stickstoff in den einzelnen Varianten möglicherweise nicht vollständig ausgeschöpft werden. Durch die Beregnung mit 80 mm wurde der Ausnutzungsgrad des Stickstoffs allerdings maßgeblich erhöht, so dass trockenheitsbedingte Ertragsverluste vermieden werden konnten. Mit 420 dt/ha Ertrag in der SW konventionell blieb das Ertragspotential in diesem System etwas hinter den Ertragserwartungen zurück. Die SW-Variante erreichte mit 479 dt/ha das Ertragsniveau des Praxisschlages (480 dt/ha).

Beim Vergleich der Düngesysteme Cultan, Entzug FF und der Gärrest-Variante zeigte die Cultan-Variante den höchsten Ertrag. Die Düngung nach Entzug FF (96 bzw. 100%) lag im Bereich der SW-Düngung, die Gärrestdüngung erreicht ertraglich die SW-40%. Die Bioenergie-Fruchtfolge zeigte in allen Düngungs-Varianten leichte Ertragsvorteile.

Die Höhe der Düngermengen im Verhältnis zur Ertragsleistung zeigt die nächste Abbildung 21. Die Abbildung soll veranschaulichen, ob das Stickstoffpotential der Düngung ertraglich umgesetzt werden konnte.

Zutreffend war dieses für die Varianten Nmin, SW-20, SW-40 und SW, SW Cultan in der Bioenergie-Fruchtfolge. Relativ ausgeglichen war das Verhältnis zwischen Düngermenge und Ertrag in der SW und SW Cultan konventionell.

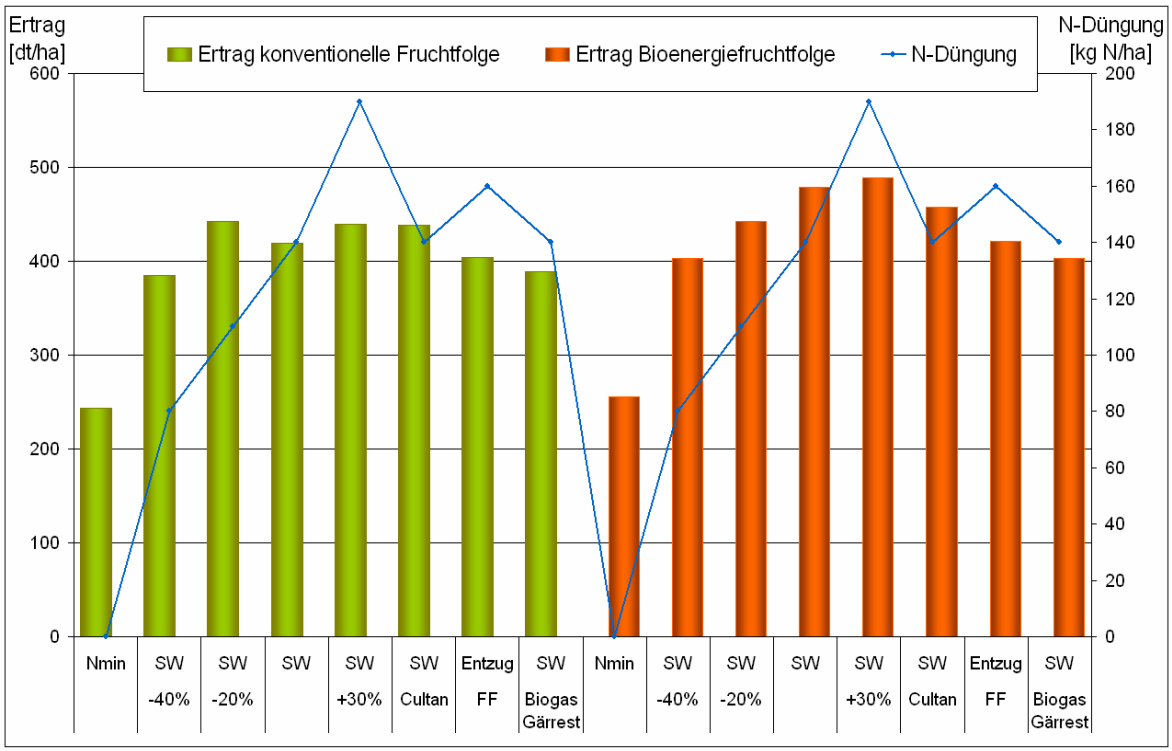



**Abbildung 20 Einfluss der Düngermengen auf die Kartoffelerträge, beide Fruchtfolgen, Versuch 643, Hohenzethen 2009**

Überschüsse in der Düngermenge zeichneten sich deutlich in den Varianten SW+30% und Entzug FF sowie beim Gärrest ab, und zwar in beiden Fruchtfolgesystemen. Da keine Zwischenfrucht zwischen den Kartoffeln und Vorfrucht Zuckerrüben angebaut wurde, waren die Düngermengen in beiden Systemen gleich. Dieses Ergebnis spiegelte sich auch in den N-Salden wider.

### 4.3.2. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Stickstoffsalden

In den Sollwert-Düngungsstufen lagen alle N-Salden mit Ausnahme der SW+30% im negativen Bereich, d.h. die Abfuhr war größer als die Zufuhr über mineralischen Stickstoffdünger. Die Fruchtfolgen unterschieden sich in der SW-Variante folgendermaßen: konventionell -7 kg und in der Bioenergie-Fruchtfolge -28 kg N/ha (siehe Abbildung 21).

In den Varianten Entzug FF und Gärrest konventionell (bei 70%iger Anrechnung des Gesamt-N aus dem Gärrest) errechneten sich positive Bilanzsalden. Im Mittel für das Jahr 2009 lagen die N-Salden für die Versuchsfrucht Kartoffel, als Gesamtmittelwert für die Fruchtfolgesysteme über alle

Düngungsvarianten, bei -26 kg N/ha in konventionell und -27 kg N/ha in der Bioenergie-Fruchtfolge gleichauf, das bedeutet, dass sich beide Fruchtfolgesysteme ausglichen.

Auch in der Cultan-Variante lagen die N-Salden in etwa gleich mit der SW-Variante, was auf die gute Ertragsleistung 2009 zurückzuführen ist. In der Vorfrucht Zuckerrüben leistete die Cultan-Variante nur in der konventionellen Fruchtfolge einen Mehrertrag gegenüber der SW-Variante. Die Ertragsleistung in der Bioenergie-Fruchtfolge blieb 2008 mit -14% gegenüber SW hinter den Erwartungen zurück. Dies führte auch zu einem positiven Saldo von 31 kg N/ha führte und damit zu einer guten Leistung für das Cultan-Verfahren in diesem Jahr.

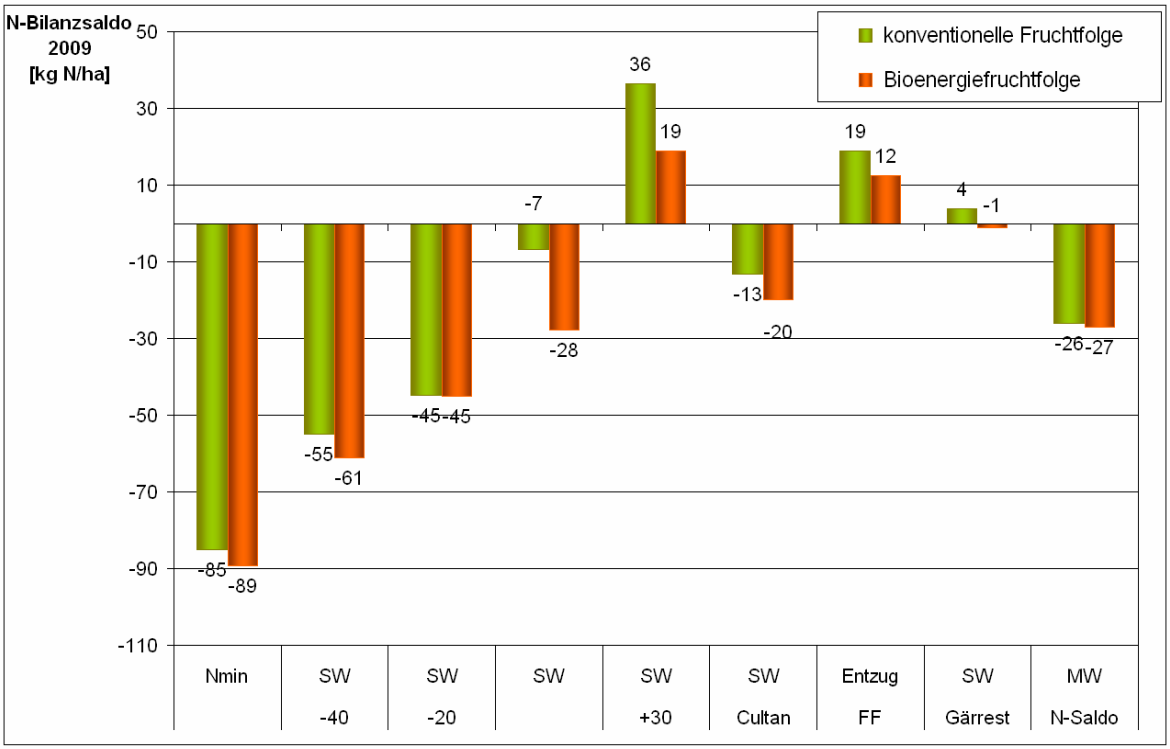



**Abbildung 21 N-Saldo Kartoffeln, beide Fruchtfolgesysteme, Versuch 643, Hohenzethen 2009**

Die Tabelle 12 zeigt eine kurze Übersicht über die Kartoffel-Anbaujahre im Versuchszeitraum seit 1995. Im Mittel über alle Versuchsjahre mit Kartoffelanbau lag der N-Saldo bei -18 kg N/ha im konventionellen System in der kons./Bioenergie-Fruchtfolge bei -21 kg N/ha, also nur ein geringfügiger Unterschied, der in der Regel hauptsächlich auf Jahreseinflüsse zurückgeht, wie die Tabelle beschreibt. Im Gesamtversuch über alle Kulturen gemittelt war die kons./Bioenergie-Fruchtfolge mit 6 kg N/ha deutlich im Vorteil vor konventionell mit 21 kg N/ha.

**Tabelle 12 N-Salden in Kartoffel, Vergleich Anbaujahr 2009 mit Mittelwert Kartoffelanbaujahre und Versuchsmittelwert, Versuch 643, Hohenzethen**

| N-Saldo kg N/ha | Kartoffel 1997 | Kartoffel 2001 | Kartoffel 2005 | Kartoffel 2009 | MW Kartoffeln | MW Gesamtversuch |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **SW konventionell** | -32 | 25 | -57 | -7 | **-18** | **21** |
| **SW kons./Bioenergie** | -18 | 31 | -69 | -28 | **-21** | **6** |

### 4.3.3. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Nmin-Werte im Frühjahr

Die folgende Abbildung 22 zeigt die Frühjahrs-Nmin-Werte 2009 in Hohenzethen, gesplittet nach den einzelnen Beprobungsschichten.

In der Bioenergie-Fruchtfolge lagen die Werte nach der Vorfrucht Zuckerrüben ohne Zwischenfruchtanbau auf einem Niveau von etwa 30 kg N/ha. In der konventionellen Fruchtfolge lagen die Werte um etwa 20 kg niedriger, und zeigten insbesondere in den niedrigen Düngungsstufen höhere N-Mengen von bis zu 41 kg N/ha an.

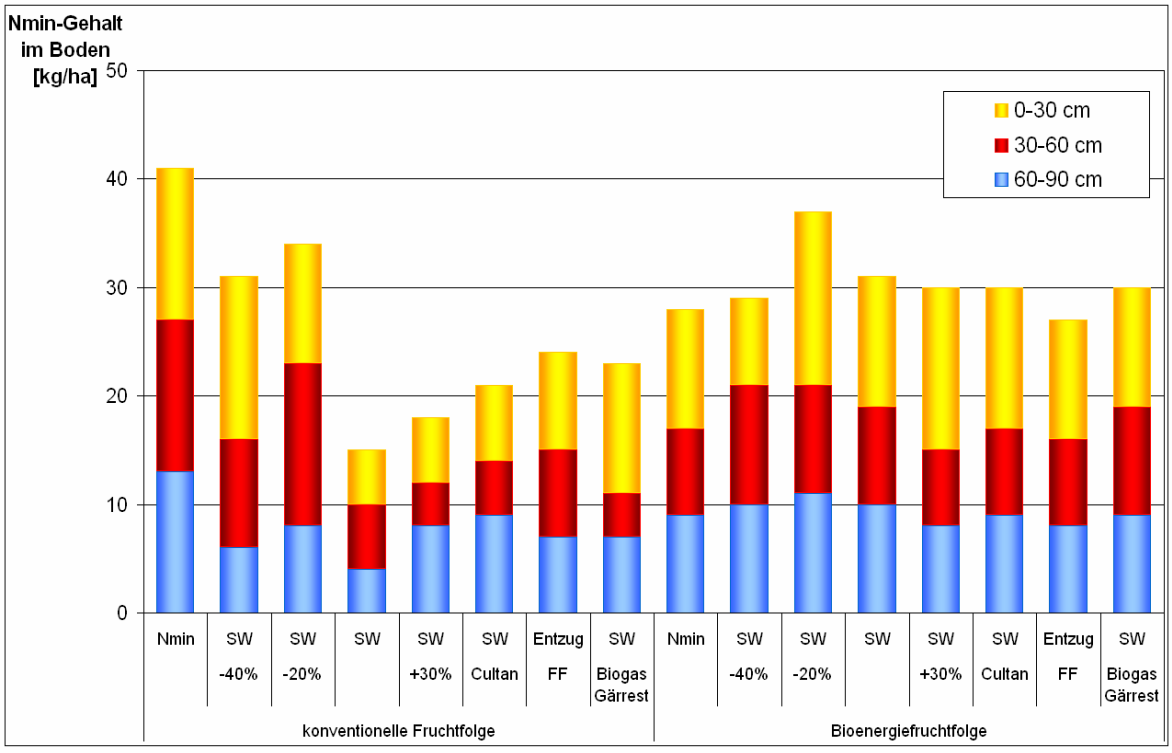



**Abbildung 22 Frühjahrs-Nmin-Werte Kartoffeln, Versuch 643, Hohenzethen 2009**

Im Vergleich zum letzten Probenahmetermin im Herbst, der nach Zuckerrüben am 30.10.2008 erfolgte, waren in allen Varianten etwas höhere Nmin-Werte im Frühjahr zu finden (Abbildung 23).

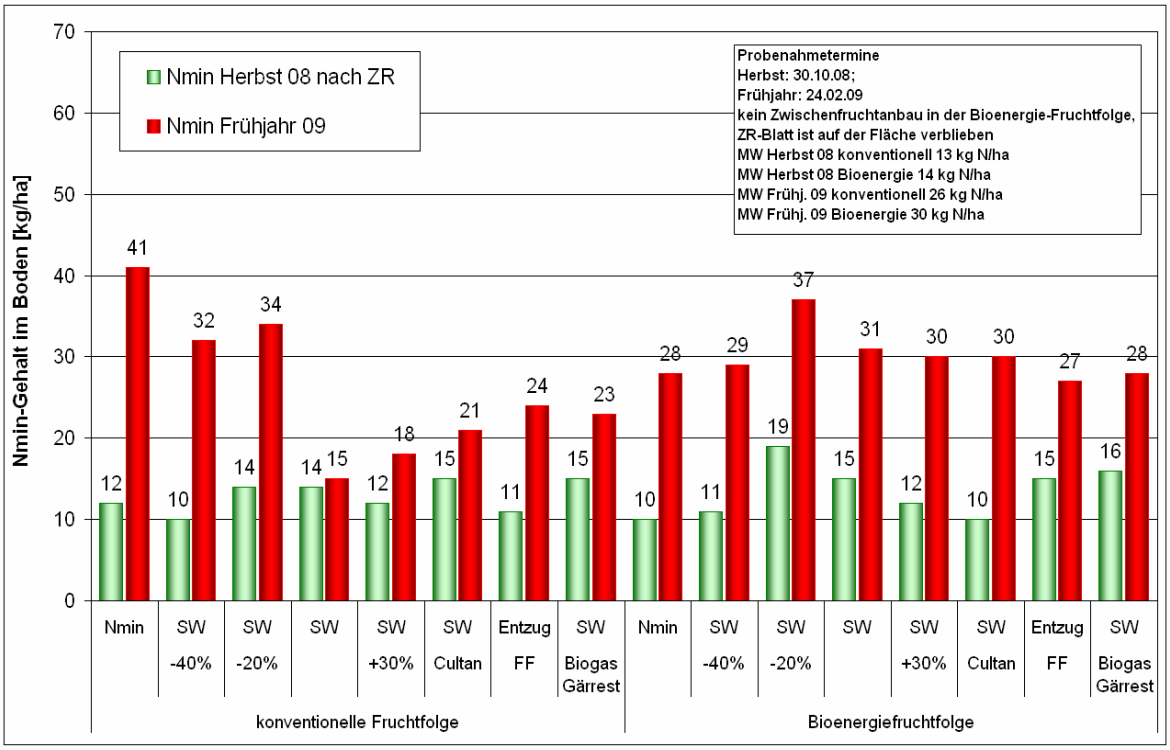



**Abbildung 23 Vergleich der Nmin-Werte Versuch 643, Hohenzethen Herbst 2008 und Frühjahr 2009**

Möglicherweise trugen etwas mildere Temperaturen über Winter schon geringfügig zu Mineralisierung des Rübenblattes und damit leichten Anstieg der Werte bei. Üblicherweise liegen die Nmin-Werte für diesen Standort im Bereich zwischen 15 – 25 kg N/ha.

### 4.3.4. Einfluss von Fruchtfolge und N-Düngung auf die Nmin-Werte im Herbst

Die Nmin-Probenahme in Hohenzethen erfolgte nach der Ernte der Hauptfrucht und bisher nach jeweils 90 mm Niederschlag. Im Versuchsjahr 2009 wurde die Niederschlagsmenge auf 60 mm reduziert, da diese Menge eher der Auswaschungspotenzial dieses Standortes gerecht wird. Die Abbildung 24 stellt die Entwicklung der Nmin-Werte im Herbst dar.

Nach der Ernte 23.08. erfolgte die erste Probenahme. Nach jeweils 60 mm Niederschlag wurde der Versuch dann am 12.10. und am 27.11 nochmals beprobt.

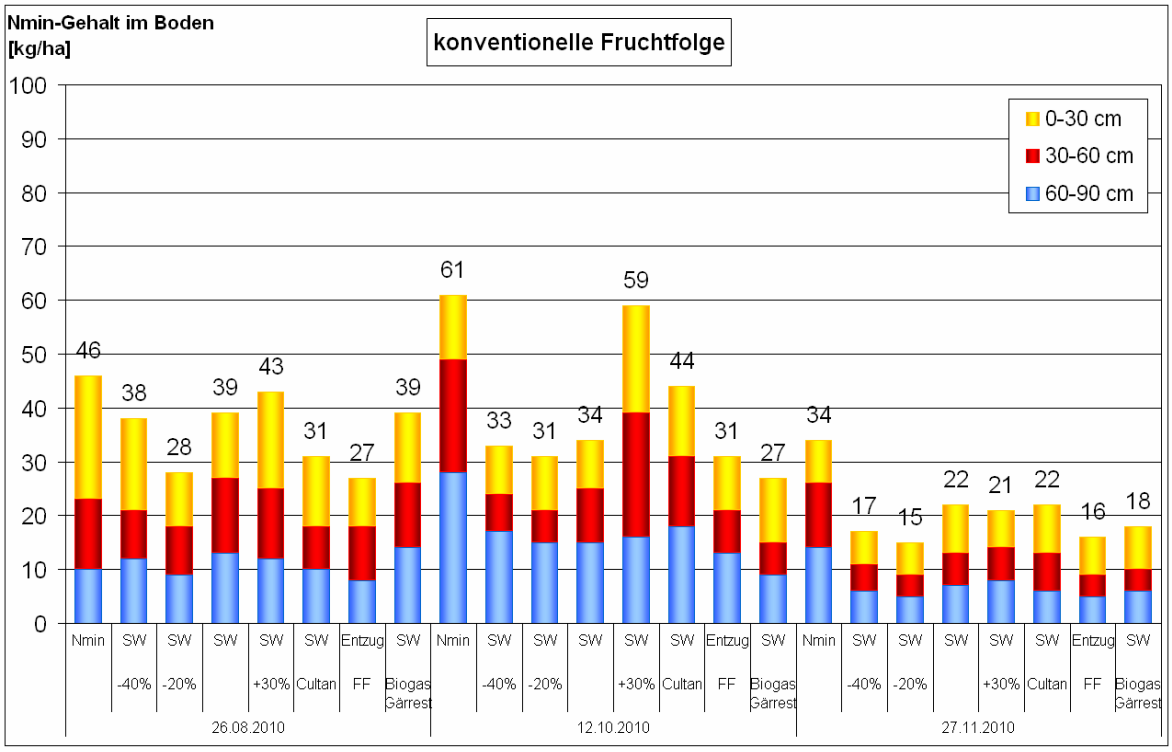



**Abbildung 24 Herbst Nmin-Werte nach Kartoffeln, konventionelle Fruchtfolge, Versuch 643, Hohenzethen 2009**

Unmittelbar nach der Ernte der Kartoffel wiesen die Werte in der konventionellen Fruchtfolge eine relativ starke Streuung von 27 kg N/ha in der Variante Entzug FF bis 46 kg N/ha in der Nmin Kontrolle auf. Zum 2. Termin blieb diese Streuung der Werte erhalten. Ein leichter Anstieg der Nmin-Werte in der Schicht von 60-90 cm deutete sich an. Durch die noch milden Temperaturen im September konnte vermutlich noch genügend N nachmineralisiert werden, dieses wurde dann aber durch den Niederschlag bereits verlagert. Deutlich ist dieses zum 3. Probenahmetermin zu erkennen. Die Nmin-Werte in der Schicht 60 -90 cm lagen zu diesem Zeitpunkt nur noch in einer Größenordnung zwischen 6 bis 9 kg N/ha. In den Schichten selbst ist der Stickstoff recht gleichmäßig verteilt. Nach weiteren 60 mm Niederschlag war der größte Teil des Nmin-Vorrats ausgewaschen.

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch in der Bioenergie-Fruchtfolge (Abbildung 25).

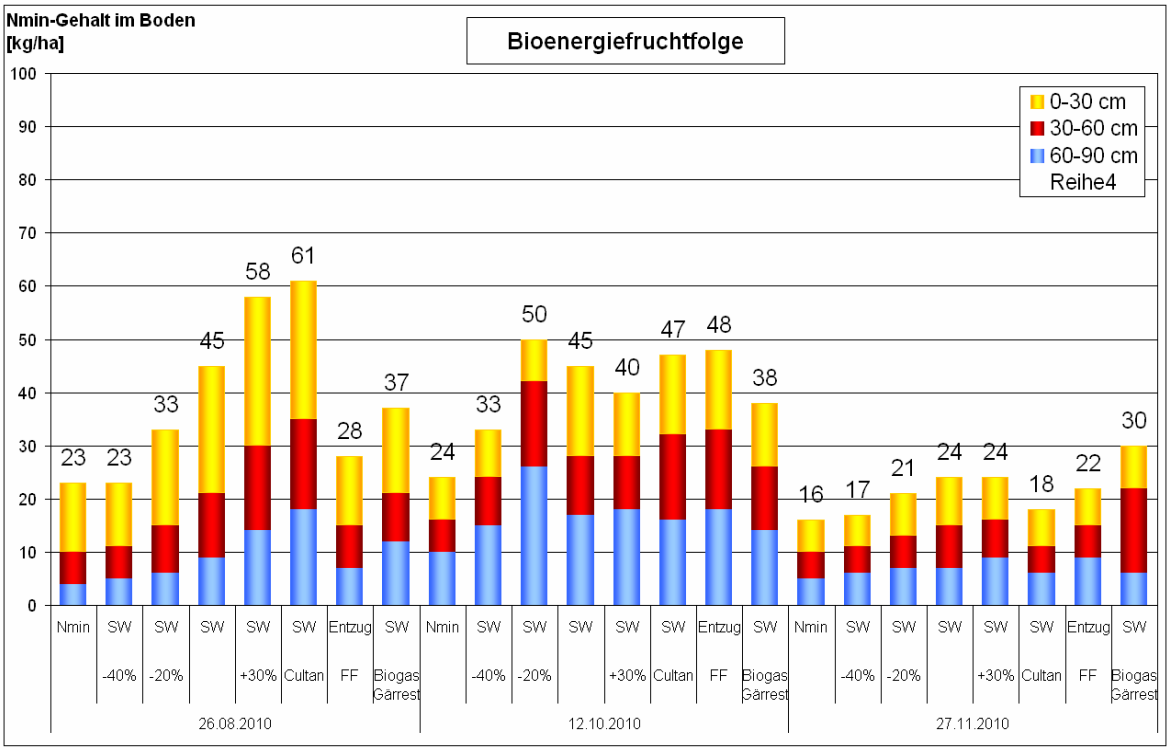



**Abbildung 25 Herbst Nmin-Werte nach Kartoffeln, Bioenergie-Fruchtfolge, Versuch 643, Hohenzethen 2009**

Zum Nacherntetermin bildeten sich die einzelnen Düngungsstufen in der Bioenergie-Fruchtfolge in den Nmin-Werten deutlich ab, hohe Werte erwartungsgemäß in der SW+30%, aber auch in der Cultan-Variante. Zum 2.Termin war auch hier schon eine leichte Abnahme der Werte und Verschiebung zur letzten Schicht festzustellen. Zum letzten Termin waren dann wie in der konventionellen Fruchtfolge alle Werte auf recht gleichem Niveau, da ein großer Teil des Stickstoffs ausgewaschen wurde. Durch die späte Aussaat des Grünroggens entwickelte sich zu wenig Blattmasse, die noch entsprechend N aus dem Boden hätte aufnehmen können.

Aufgrund der in den letzten beiden Jahren gleichen Vorgeschichte (kein Unterschiede in der Fruchtfolge, keine Zwischenfrucht) waren die Unterschiede zwischen den Herbst Nmin-Werten nicht konkret zu erklären. Bei Kartoffeln konnte es durch den ehemaligen Damm- und Furchenbereich auch hierdurch zu Unterschieden in den Nmin-Werten kommen.

### 4.3.5. Sickerwasseruntersuchungen LBEG, Versuch 643

In Abbildung 26 ist der kumulierten Verlauf der Sickerwasserspende der Lysimeterstation der Bodendauerbeobachtungsfläche Hohenzethen dargestellt.

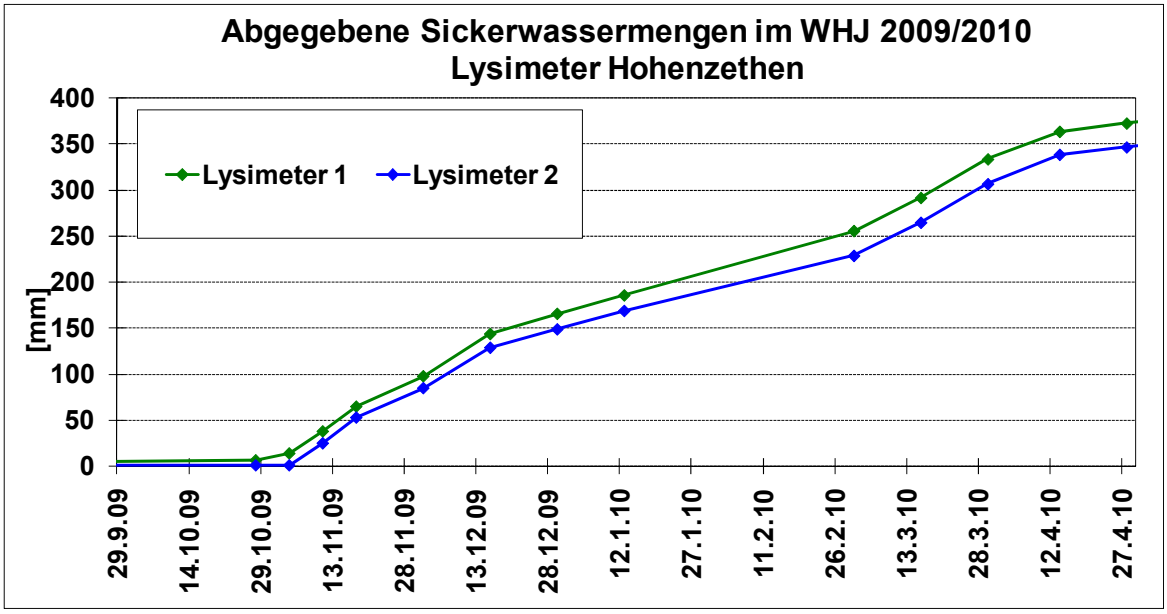



**Abbildung 26 Sickerwassermenge im Winterhalbjahr 2009/2010, Lysimeter Hohenzethen**

Insgesamt wurden 360 mm Sickerwasser (Mittelwert der beiden Einzellysimeter) gemessen. Das entspricht dem Durchschnitt der zurückliegenden 9 Winterhalbjahre.

Die in den Saugsonden gemessenen Nitratkonzentrationen sind Tabelle 13 zu entnehmen.

**Tabelle 13 Nitratkonzentrationen im Winterhalbjahr 2009/2010 in 8 und 14 dm Tiefe auf dem Versuch 643 Hohenzethen (Vorfrucht Kartoffeln) und der BDF (Vorfrucht Wintergerste und Ackergras)**

| Probenahmedatum | BDF | BDF | Var. 4 kons. Sollwert | Var. 4 konv. Sollwert |
|---|---|---|---|---|
| | (8dm) | (14 dm) | (8 dm) | (8 dm) |
| | Nitrat [mg/l] | | | |
| **20.07.2009** | 28,3 | 105,7 | 51,3 | 107,7 |
| **02.12.2009** | | 94,2 | | |
| **16.12.2009** | 7,2 | 37,7 | 69,6 | |
| **30.12.2009** | 13,2 | 48,4 | | |
| **13.01.2010** | 0,9 | 31,9 | | |

Ergebnisse aus März und April sind vorhanden und werden nachgereicht

Auf Grund eines Schadens an der Unterdruckstation konnten auf dem Feldversuch nur wenige Proben genommen werden. Um diesen Fehler zu beheben und um Aussagen über die anderen Düngestufen treffen zu können, werden im November 2010 weitere Düngestufen mit Saugsonden ausgestattet: 0, 100, 200 kg N auf der konventionell bewirtschafteten Variante und 200 kg auf der konservierend bewirtschafteten Variante.

### 4.4. Zusammenfassung Versuche 642 und 643

Aus den Ergebnissen des Versuchsjahres 2009 lassen sich für die Wasserschutzversuche in Liebenau und Hohenzethen folgende Schlüsse ziehen:

**Liebenau:**

Nach 15 Versuchsjahren wird dieser Versuch nach Abschluss des Jahres 2009 beendet. Als Fazit aus diesem Versuchszeitraum können folgende Schlüsse abgeleitet werden.

- Die Erträge im letzten Versuchsjahr 2009 lagen in beiden Fruchtfolgesystemen deutlich unter den Erwartungen. Sowohl im konventionellen Winterroggen mit 49,2 dt/ha in der SW-Variante, als auch im Silomais mit 280 dt/ha FM in der Bioenergie-Fruchtfolge. Bei beiden Kulturen hatte die Frühjahrstrockenheit erhebliche Ertragsverluste zur Folge. Auch die letzten beiden Versuchsjahre waren schon durch mehr oder minder starke niederschlagsarme Sommer gekennzeichnet, so dass sich die Varianten nicht so wie erwartet, voneinander differenzierten. Statistisch waren damit die Unterschiede im Winterroggen nur zwischen stark reduziert und organisch gedüngten Varianten abzusichern (GD 4,1 dt/ha). Im Silomais (GD 14,1 dt/ha) war nur die Differenz zu den stark reduzierten Varianten abgesichert. Die organisch gedüngten Varianten zeigten ähnlich gute Erträge wie die mineralische Düngung.
- Damit wird noch einmal der Vorteil des Silomaises deutlich, durch die längere Vegetationszeit die später mineralisierenden organischen Dünger besser zu verwerten als Getreide.
- Besser als im ersten Prüfjahr 2008 schnitten die Varianten ENTEC, Gärrestdüngung und Gülle + Piadin ab. Zwischen 14 und 22 % fielen die Erträge höher aus, so dass auch hier auf einen Jahreseinfluss geschlossen werden kann.
- Entsprechend des geringen Düngerumsatzes fielen auch die Bilanzsalden im Winterroggen deutlich höher aus. Da Wintergetreide in der Regel nicht mehr Dünger verbraucht als über die Sollwertdüngung verabreicht wird, werden die Im Vegetationsverlauf mineralisierten N-Vorräte nicht vollständig ausgeschöpft. So ist immer mit höheren positiven N-Salden zu rechnen.
- Demgegenüber schöpfte der Silomais diese Vorräte besser aus, da der Entzug höher ist als die Abfuhr vom Feld. Bei ordnungsgemäßer Düngung des Maises waren die N-Salden in der Regel ausgeglichenen bzw. negativ.
- In Liebenau fielen, entgegen vieler langjähriger Versuche, die Nmin-Werte im Frühjahr bei Zwischenfrucht oder Anbau von Untersaaten eher niedriger aus. Erst zum Ende der Versuchsserie, bei nicht mehr konsequenter Einhaltung des Zwischenfruchtanbaus, lagen die N-min-Werte in der nitratkonservierenden Fruchtfolge auch z. T. höher. Zurückzuführen ist dieser Tatbestand möglicherweise auf das veränderte Verhalten des Stickstoffs im Boden bei nitratkonservierender Bewirtschaftung – relativ späte Einarbeitung der Zwischenfrucht oder Untersaat im Frühjahr

- nahe am nächsten Aussaattermin der Hauptkultur und dem ersten Düngungstermin – so dass zum Zeitpunkt der Nmin-Probenahme noch kein Stickstoff aus der Zwischenfrucht mineralisiert wurde, sondern erst später. Dieser Stickstoff blieb somit vorerst erhalten.

- Als Gesamtergebnis kann festgehalten werden, dass mit einer konsequenten Einhaltung der ordnungsgemäßen Düngung in Höhe des Sollwertes und bei guter Wasserversorgung auch mit Düngermengen unterhalb des Sollwertes - dieses gilt insbesondere für Silomais – Höchsterträge erzielt werden konnten. Dieses gilt auch für Silomais bei vorwiegend organischer Düngung plus mineralischer Ergänzungsdüngung. Durch die Mehrerträge in den Varianten mit organischer Düngung wurde deutlich, dass Silomais auch mit geringeren Düngermengen bzw. mit später Mineralisierung des Bodenstickstoffs sehr gute Erträge lieferte. Unter der Voraussetzung, der guten Wasserversorgung,

Eine gleichzeitig durchgeführte, konsequente Begrünung über Winter führte zu einer Verminderung der Herbst Nmin-Werte, aber insbesondere der Frühjahr Nmin-Werte (in der überwiegenden Anzahl der Versuchjahre nachweisbar) und verringerte damit das Risiko der Nitratauswaschung über Winter.

**Hohenzethen:**

- Die Kartoffel Erträge in 2009 lagen mit 420 dt/ha in der konventionellen Fruchtfolge etwas unter den Erwartungen (500 dt/ha), ertraglich lag die Bioenergie-Fruchtfolge in allen Düngungsvarianten vor der konventionellen Fruchtfolge (3 – 14 % Mehrertrag), statistisch abgesichert werden konnte nur der Mehrertrag von 14 % in der SW +30%.

- Die Düngung in Höhe des Sollwertes mit 140 kg N/ha war als standortgerecht zu betrachten. Da nach der Vorfrucht Zuckerrüben keine Zwischenfrucht angebaut wurde, lagen die Düngermengen in beiden Fruchtfolgesystemen gleich. Deshalb dürften die geringfügigen Ertragsunterschiede weitestgehend auf natürliche Streuung zurückzuführen sein.

- Die N-Salden lagen in der konventionellen SW bei -7 kg N/ha, in der Bioenergie bei -28 kg N/ha. Im Mittel über beide Fruchtfolgesysteme gab es keine Unterschiede (konv. -26 kg N/ha, Bioenergie -27 kg N/ha).

- Bei den Herbst Nmin-Werten waren die Unterschiede zwischen den Systemen gering und die Streubreite macht eine Aussage schwierig. Um eine Aussage hinsichtlich des N-Austrags zu treffen, ist es notwendig, die Ergebnisse des LBEG zu den jährlichen Sickerwasseruntersuchungen heranzuziehen.

- Die Unterschiede der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser waren nach wie vor erheblichen Einfluss der Fruchtart und des Jahres unterlegen.

# 5. Versuch 644 - Einfluss einer gestaffelten N-Düngung und einer konservierenden Fruchtfolge auf N-Dynamik im Boden, Standort Thülsfelde

## 5.1. Versuchsdurchführung

### 5.1.1. Versuchsaufbau

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

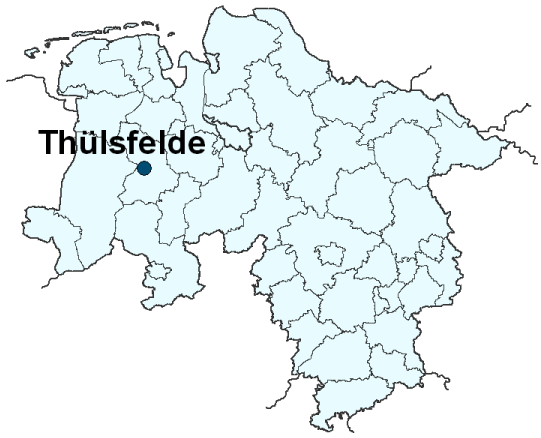



**Abbildung 27 Lage des Versuchsstandortes Thülsfelde (LK Cloppenburg)**

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

### 5.1.2. Boden- und Klimakennwerte

| **Standort** | **Thülsfelde** |
|---|---|
| Höhe über NN (m) | 6 m |
| Bodentyp | Pseudogley-Podsol |
| Bodenart | S |
| Ackerzahl | 25 |
| | **Wetterstation Thülsfelde** |
| mittl. Temperatur (Ø 2000-2009) | 9,5°C |
| langj. Niederschlagssumme (Ø 2000-2009) | 689 mm |
| Sommerniederschläge 2009 April – Sept.<br>(Durchschnittl. Sommerniederschläge 200-2009 April – Sept.) | 297 mm<br>(359 mm) |

### 5.1.3. Fruchtfolgen

Die Fruchtfolgen der Teilstücke a, b und c sind in Tabelle 14 aufgeführt. Wurden bis 2007 die Früchte Silomais-Winterroggen-Wintergerste im Rahmen der konventionellen Fruchtfolge angebaut, so wurde aufgrund regionalspezifischer Gegebenheiten seit dem Jahr 2008 der Silomaisanteil in den Rotationen auf 66 % erhöht.

**Tabelle 14 Fruchtfolge, Versuch 644, Thülsfelde**

| Jahr | Fruchtart | | |
|---|---|---|---|
| | 644a | 644b | 644c |
| | Fruchtfolge Sickerwasseranlage | Konventionelle (Konv.) Fruchtfolge | Grundwasserschutz-orientierte (GW-) Fruchtfolge |
| **2006** | Winterroggen | Silomais | Silomais mit Untersaat |
| **2007** | Wintergerste | Winterroggen | Sommergerste<br>+ Zwischenfrucht Senf |
| **Fruchtfolgeumstellung ab 2008** | | | |
| **2008** | Silomais<br>(Engsaat, 37,5 cm) | Silomais<br>(Normalsaat, 75 cm) | Silomais<br>(Engsaat, 37,5 cm) |
| **2009** | **Winterroggen + Zwischenfrucht Winterrübsen** | **Silomais (Normalsaat, 75 cm)** | **Winterroggen +Zwischenfrucht Senf** |
| **2010** | Winterroggen + Zwischenfrucht Senf | Winterroggen | Sommergerste |
| **2011** | Silomais<br>(Engsaat, 37,5 cm) | Silomais<br>(Normalsaat, 75 cm) | Silomais<br>(Engsaat, 37,5 cm) |

### 5.1.4. Düngung

Die mineralische N-Düngung wird in gestaffelten Gaben gegeben. Die jeweiligen N-Mengen sind in Tabelle 15 und Tabelle 16 aufgeführt. Die Sollwertvariante kann im Rahmen der Wasserschutzberatung als Referenzvariante herangezogen werden. Bei der Güllemenge ist der anrechenbare Stickstoff angegeben.

**Tabelle 15 N-Düngungsschema Winterroggen, Versuch Nr. 644a und 644c, Thülsfelde 2009**

| Variante | Düngungsvarianten | | Nmin 18.02.2009 | Verteilung | | Summe inkl. Nmin |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Vegetationsbeginn EC 5 24.02.2009 | Spätgabe EC 19 20.04.2009 | |
| | | | 0-90 cm | kg/ha | kg/ha | kg/ha |
| 1 | ohne N-Düngung | | | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 40 kg Mineral-N | | | 20 | 20 | 40 |
| 3 | 80 kg Mineral-N | | | 60 | 20 | 80 |
| 4 | 120 kg Mineral-N | | | 80 | 40 | 120 |
| 5 | 160 kg Mineral-N | | | 100 | 60 | 160 |
| 6 | Sollwert-Düngung | Versuch 644a | 30 kg/ha | 20 Mineral-N + 80 Gülle-N | 40 | 170 |
| | | Versuch 644c | 40 kg/ha | 20 Mineral-N + 80 Gülle-N | 40 | 180 |
| 7* | 200 kg Mineral-N | | | 120 | 80 | 200 |

*) Diese Variante nur im Teilstück Versuch 644c

**Tabelle 16 N-Düngungsschema Silomais, Versuch Nr. 644b, Thülsfelde 2009**

| Variante | Düngungsvarianten | Nmin 18.02.2009 | Verteilung | | Summe inkl. Nmin |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Vor Aussaat 28.04.09 | Spätgabe EC 19 10.06.09 | |
| | | 0-90 cm | kg/ha | kg/ha | kg/ha |
| 1 | ohne N-Düngung | | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 50 kg Mineral-N | | 50 | 0 | 50 |
| 3 | 100 kg Mineral-N | | 100 | 0 | 100 |
| 4 | 150 kg Mineral-N | | 100 | 50 | 150 |
| 5 | 200 kg Mineral-N | | 100 | 100 | 200 |
| 6 | Sollwert-Düngung | 25 kg/ha | 75 Mineral-N + 75 Gülle-N | 0 | 175 |
| 7 | 250 kg Mineral-N | | 150 | 100 | 250 |

Die Versuchsanlage eröffnet neben der deskriptiven und varianzanalytischen Auswertung auch eine funktionale Analyse der Ergebnisse durch entsprechende Regressionsberechnungen. So kann 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.

### 5.1.5. Pflanzenschutz

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

### 5.1.6. Ernte

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

### 5.1.7. Untersuchungen und Auswertungen

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

### 5.1.8. Nmin-Beprobungen

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

Die Nmin-Probenahme erfolgt monatlich auf den Sollwertparzellen und zu den Zeitpunkten Frühjahr, nach der Ernte und zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende auf allen Varianten. 2009 wurden zusätzlich Nmin-Proben auf allen Varianten des Versuchs 644a kurz vorm Umbruch der Winterrübsen gezogen.

## 5.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Winterroggen

Der Winterroggen zeigte im Jahr 2009 sehr gute Erträge. Die optimale mineralische Düngung lag deutlich über der Sollwertvariante. Jedoch erzielte die Sollwertvariante (organisch-mineralische Düngung) im Vergleich zur rein mineralischen Düngung einen höheren Ertrag.

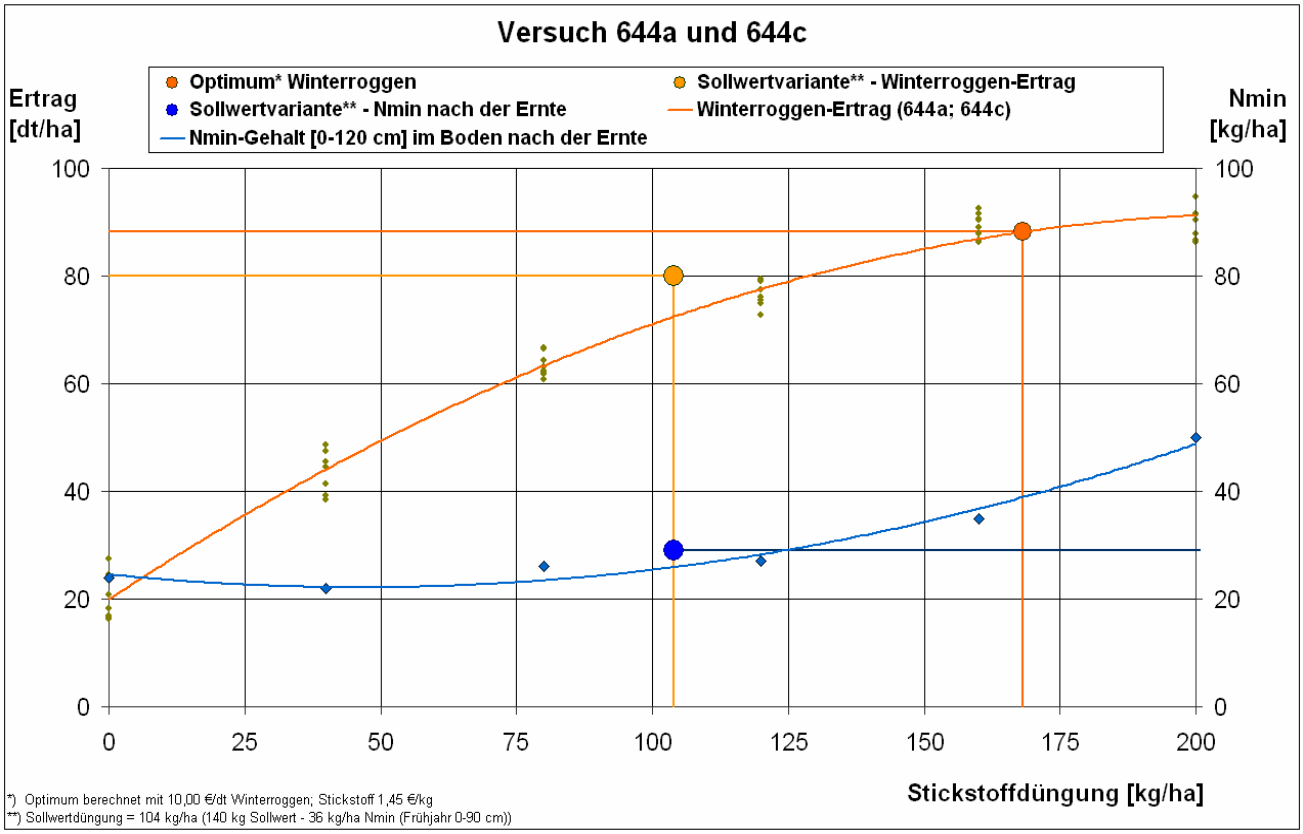



**Abbildung 28 Ertragskurve Winterroggen, Ø Versuche 644a und 644c, Thülsfelde 2009**

Die Nmin-Werte lagen im Durchschnitt auf einem niedrigen Niveau. Es zeigte sich, dass mit einer optimalen N-Düngung bzw. mit einer Düngung nach Sollwert keine hohen Rest-Nmin-Gehalte (> 50 kg/ha) erzielt wurden (siehe Abbildung 28).

Die langjährigen Untersuchungen zeigten jedoch, dass die Variabilität der Nmin-Gehalte mit ansteigender Düngung deutlich zunimmt. (Abbildung 29). Das bedeutet, dass mit einer über dem Optimum liegenden N-Düngung, die Wahrscheinlichkeit von erhöhten Rest-Nmin-Mengen im Boden ansteigt.

Um die N-Aushagerung des Standortes über die Jahre infolge einer verringerten N-Düngung darzustellen, wurden die Ertrags- und Nmin-Ergebnisse zu Vierjahreszeiträumen zusammengefasst. Wie die Abbildung 29 belegt, fiel der Ertrag innerhalb des Versuchszeitraumes infolge einer unterlassenen N-Düngung um ca. 10 dt/ha ab. Neben dem Einfluss gestaffelter N-Gaben zeigten die Verläufe der Ertragskurven eine deutliche Abhängigkeit von den Sommerniederschlägen. So fielen im Zeitraum 1998-2001 (Summe April-Juni) 137 mm und im Zeitraum 2006-2009 (Summe April-Juni) 121 mm. Im Vergleich dazu lag die Niederschlagsmenge im Zeitraum 2003-2005 (Summe April-Juni) bei 176 mm. Infolge der höheren Sommerniederschläge wurden in diesem Zeitraum die höchsten Getreideerträge erzielt.

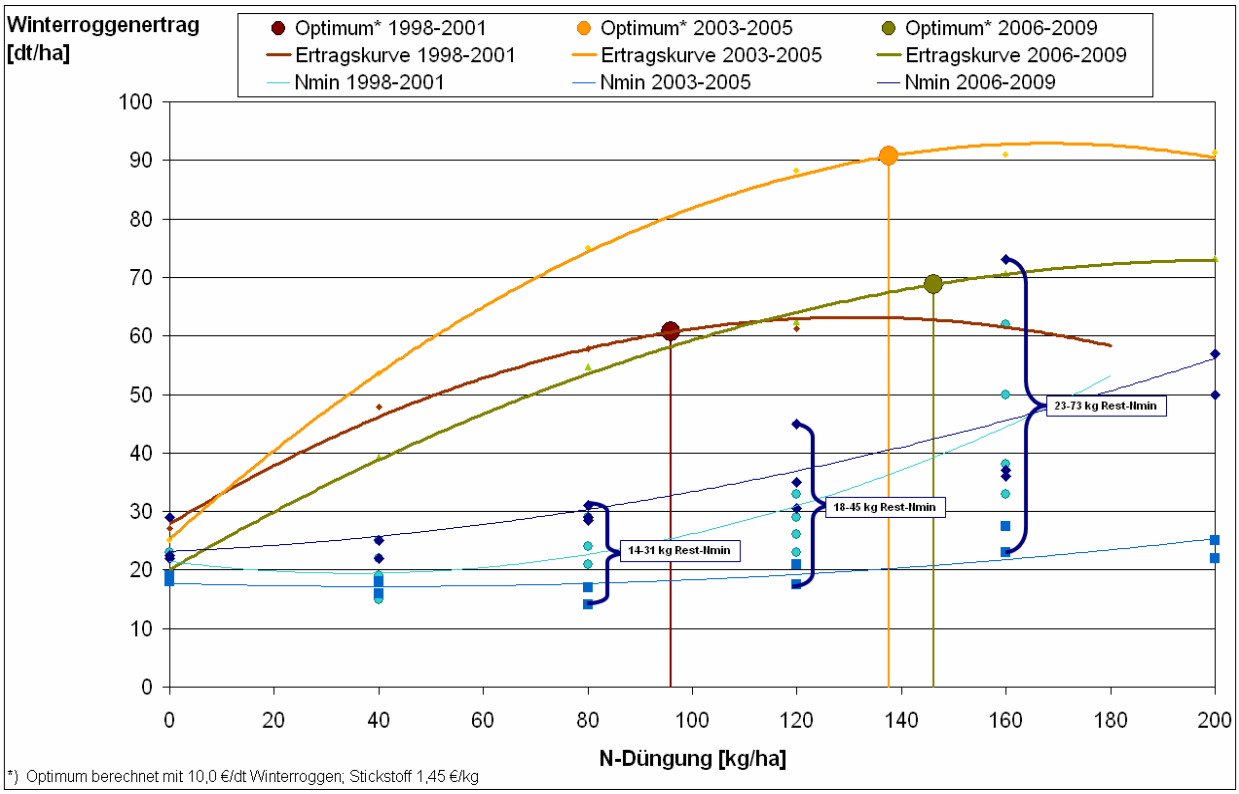



**Abbildung 29 Winterroggenertrag und Optimum in Thülsfelde im Laufe der Versuchsjahre, Versuch 644, 1998-2009**

Die Nmin-Werte 2009 im Herbst unter Winterroggen lagen sowohl beim Versuch 644a als auch auf dem Versuch 644b auf niedrigem Niveau. Wie die Abbildung 30 zeigt, wiesen die Rest-Nmin-Gehalte im Boden durchaus einen Anstieg bis zur höchsten N-Stufe auf, jedoch wurden keine Werte über 50 kg Rest-Nmin/ha gemessen.

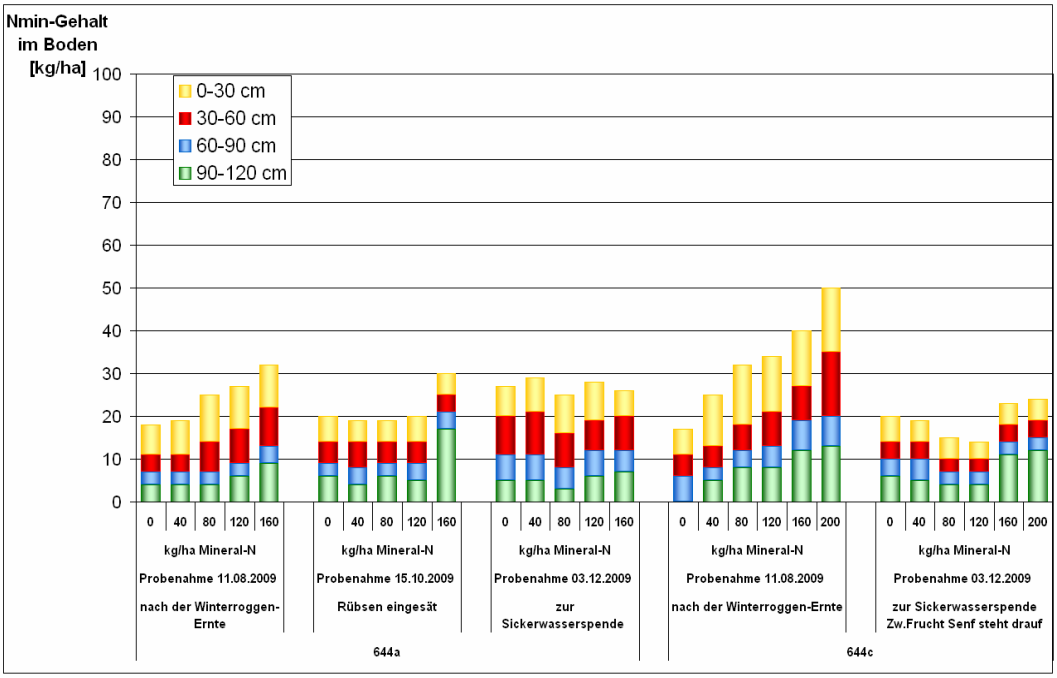
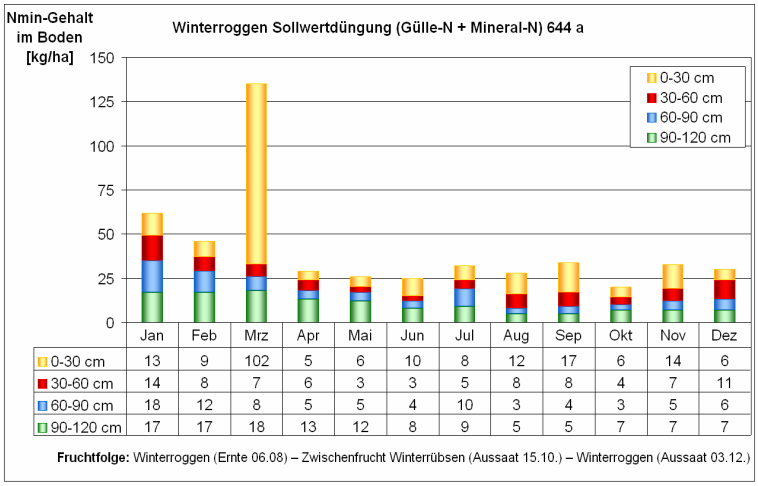



**Abbildung 30 Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Winterroggen und zur Sickerwasserspende, Versuch 644a und 644c, Thülsfelde 2009**

Die oberen Bodenschichten wiesen i.d.R. etwas höhere Gehalte als die tieferen Bodenschichten auf. Nach der Einsaat der Zwischenfrucht im Herbst wurde der Stickstoff von den Pflanzen fast restlos aufgenommen, s. d. bei der Beprobung im Dezember keine unterschiedlichen Nmin-Gehalte infolge der vorherigen Düngungsmaßnahmen zu erkennen waren.

In der Sollwertvariante wurden monatlich Nmin-Proben gezogen (Abbildung 31 und Abbildung 32). Nach der Ernte zeigten sich moderate Werte von 25 kg Rest-Nmin/ha nach der Ernte. Es konnte bei Betrachtung des Nmin-Verlaufs im Herbst kein signifikanter Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte festgestellt werden.




| | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-30 cm | 13 | 9 | 102 | 5 | 6 | 10 | 8 | 12 | 17 | 6 | 14 | 6 |
| 30-60 cm | 14 | 8 | 7 | 6 | 3 | 3 | 5 | 8 | 8 | 4 | 7 | 11 |
| 60-90 cm | 18 | 12 | 8 | 5 | 5 | 4 | 10 | 3 | 4 | 3 | 5 | 6 |
| 90-120 cm | 17 | 17 | 18 | 13 | 12 | 8 | 9 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 |

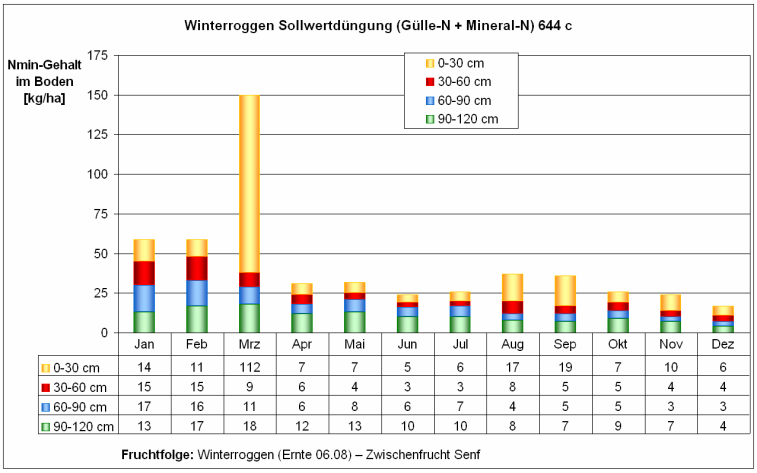
**Abbildung 31 Nmin-Verlauf unter der Sollwertvariante, Winterroggen, Versuch 644a „Fruchtfolge Sickerwasseranlage“, Thülsfelde 2009**

Die nach dem Winterroggen eingesäten Zwischenfrucht Winterrübsen (644a) standen vom Aufwuchs her, aufgrund fehlender Feuchtigkeit und geringem N-Angebot (geringe Nmin-Gehalte im Boden), nicht optimal auf der Fläche. Aufgrund der Umstellung des Versuches standen im Jahr 2009 die Winterrübsen als Zwischenfrucht nach Winterroggen statt wie zukünftig geplant nach Wintergerste.

Die Wintergerste hinterlässt in der Regel höhere Rest-Nmin-Gehalte im Boden im Vergleich zum Winterroggen. Inwiefern die Rübsen einen positiven Einfluss auf die Rest-Nmin-Gehalte im Boden haben werden die weiteren Versuchsjahre zeigen.

Nach der Einarbeitung der Winterrübsen als Zwischenfrucht stiegen mit beginnender Mineralisation bei hohen Temperaturen im November die Gehalte zum Termin Sickerwasserspende geringfügig an. Die Nmin-Gehalte verteilten sich über alle Schichten gleichmäßig.

Beim Senf war eine deutlichere Wirkung erkennbar (Abbildung 30 und Abbildung 32). Vor allem in den hoch gedüngten Varianten wurde der Rest-Stickstoff durch die Zwischenfrucht gebunden, aber auch unter der Sollwertvariante zeigte sich eine Abnahme der Nmin-Gehalte in der oberen Bodenschicht, ohne das zeitgleich eine Verlagerung zu erkennen war.




| | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-30 cm | 14 | 11 | 112 | 7 | 7 | 5 | 6 | 17 | 19 | 7 | 10 | 6 |
| 30-60 cm | 15 | 15 | 9 | 6 | 4 | 3 | 3 | 8 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 60-90 cm | 17 | 16 | 11 | 6 | 8 | 6 | 7 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| 90-120 cm | 13 | 17 | 18 | 12 | 13 | 10 | 10 | 8 | 7 | 9 | 7 | 4 |

**Abbildung 32 Nmin-Verlauf unter der Sollwertvariante, Versuch 644c „Grundwasserschutzorientierte (GW-) Fruchtfolge“, Winterroggen, Thülsfelde 2009**

### 5.3. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Silomais

Der Silomais zeigte ebenfalls im Jahr 2009 sehr gute Erträge. Die optimale mineralische Stickstoffdüngung (149 kg/ha) lag geringfügig über der Sollwertvariante (organisch-mineralische Düngung) und erzielte dabei den gleichen Ertrag (Abbildung 33). Der Silomais zeigte, wie erwartet einen deutlich flacheren Kurvenverlauf im Vergleich zum Winterroggen.

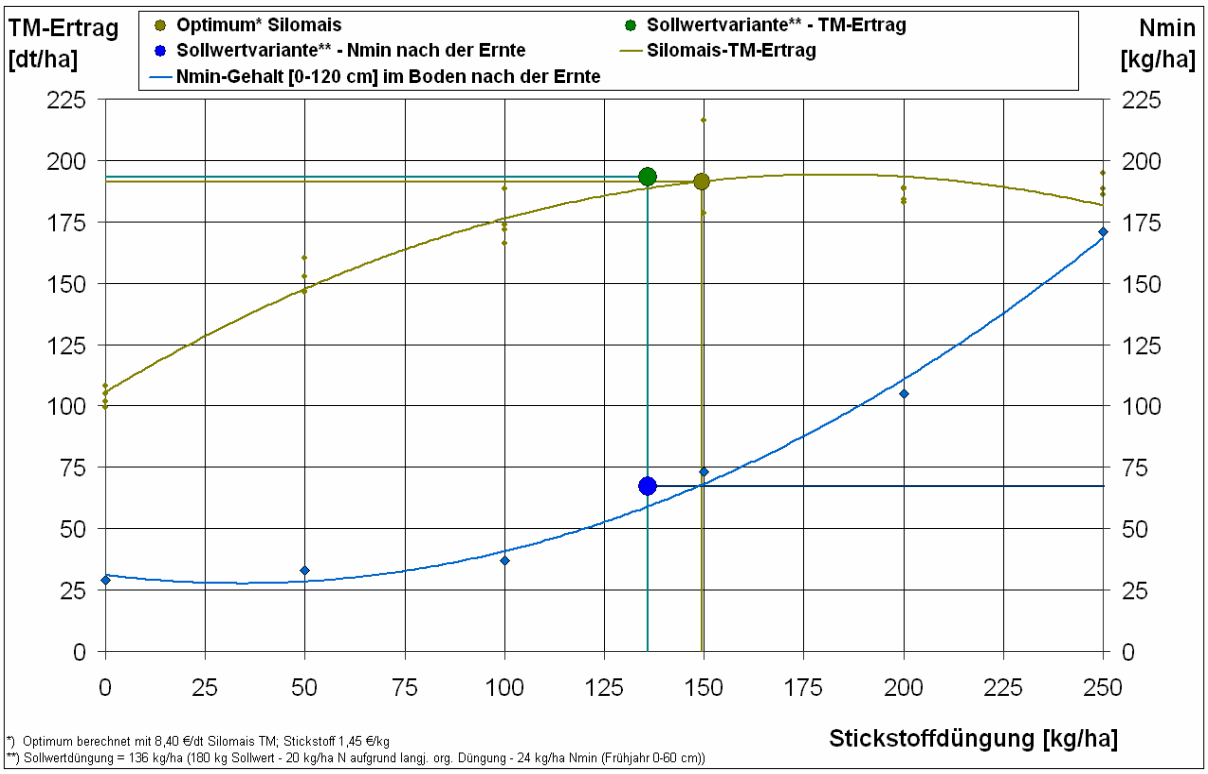



**Abbildung 33 Ertragskurve Silomais, Versuch 644b Thülsfelde 2009**

Der Verlauf der Nmin-Kurve wies im Unterschied dazu einen deutlich höheren Anstieg im Vergleich zum Winterroggen auf. Es zeigte sich, dass bei einer optimalen N-Düngung bzw. bei einer N-Düngung nach Sollwert der Rest-Nmin-Gehalt im Boden geringfügig über dem Zielwert von 50 kg Nmin/ha lag (siehe Abbildung 33).

Beim Silomais zeigen die langjährigen Untersuchungen einen deutlichen Anstieg der Variabilität der Nmin-Gehalte mit ansteigender N-Düngung (Abbildung 34). Bei einer über dem N-Optimum liegenden N-Düngung zu Silomais stieg die Gefahr von erhöhten Rest-Nmin-Mengen im Boden an.

Bei der Betrachtung der Ertragskurven zeigte sich in der Kontrollparzelle ebenfalls eine Abnahme des Ertrages mit steigender Versuchslaufzeit, was gleichfalls auf eine N-Aushagerung des Bodens zurückzuführen sein dürfte.

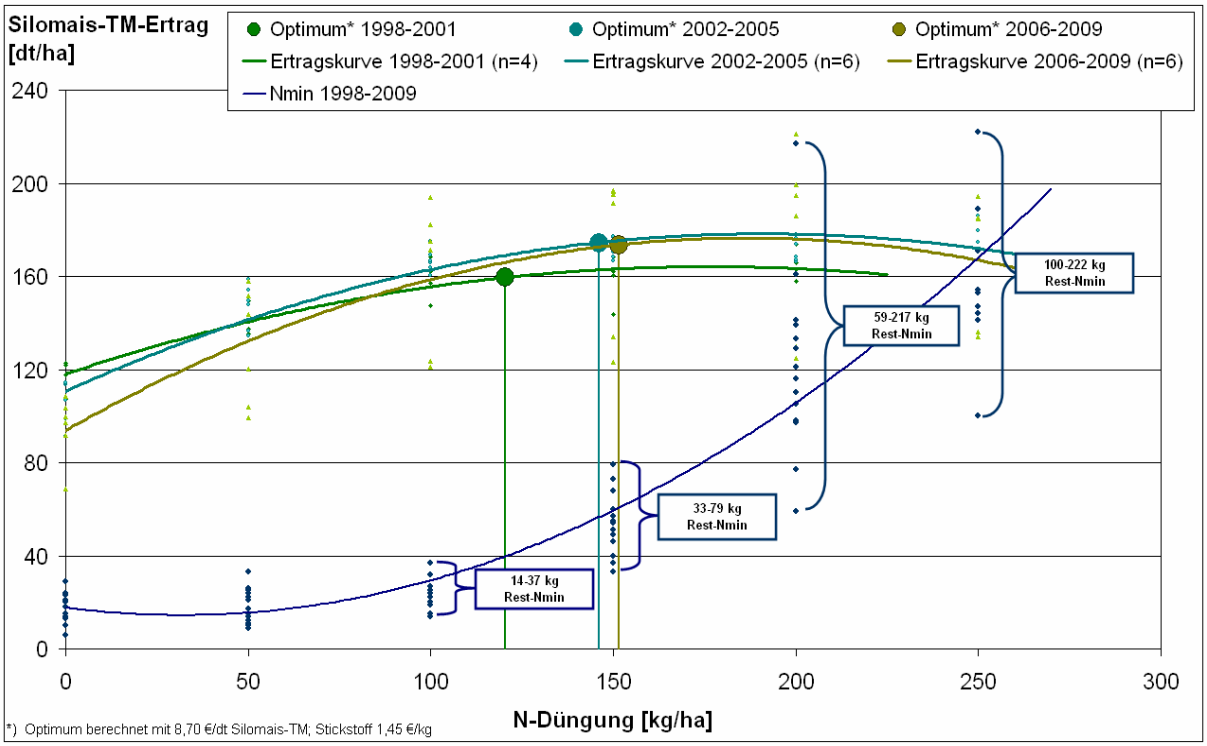
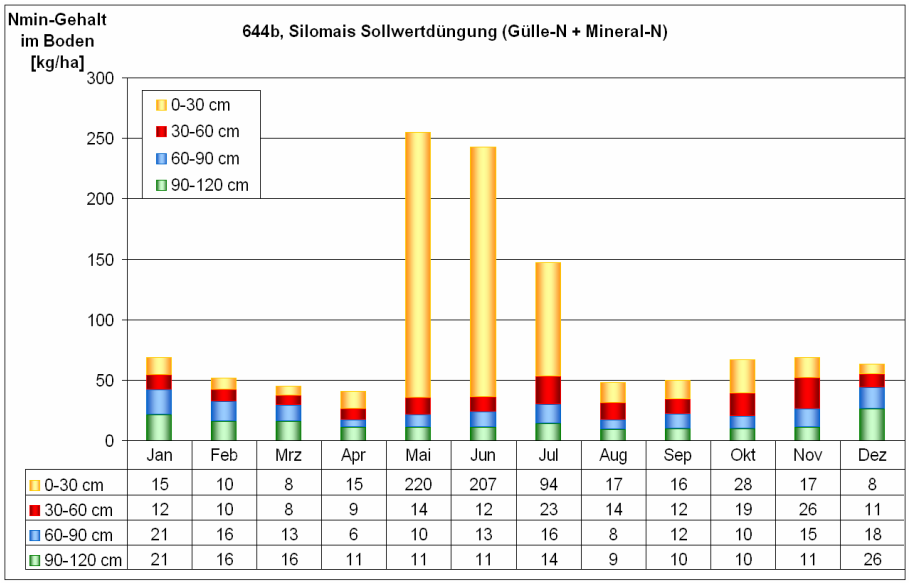



**Abbildung 34 Silomaisertragskurven und Optimum in Thülsfelde im Laufe der Versuchsjahre, Versuch 644, 1998-2009**

In der folgenden Abbildung 35 sind die Nmin-Gehalte im Boden unter Silomais bei einer N-Sollwertdüngung abgebildet.

Die Grafik zeigt einen typischen Verlauf der Nmin-Gehalte im Boden unter Mais mit einem Anstieg der Nmin-Gehalte im Mai aufgrund der vorausgegangenen N-Düngung sowie einem Anstieg der Nmin-Gehalte in den Sommermonaten infolge der N-Mineralisation im Boden.




| | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-30 cm | 15 | 10 | 8 | 15 | 220 | 207 | 94 | 17 | 16 | 28 | 17 | 8 |
| 30-60 cm | 12 | 10 | 8 | 9 | 14 | 12 | 23 | 14 | 12 | 19 | 26 | 11 |
| 60-90 cm | 21 | 16 | 13 | 6 | 10 | 13 | 16 | 8 | 12 | 10 | 15 | 18 |
| 90-120 cm | 21 | 16 | 16 | 11 | 11 | 11 | 14 | 9 | 10 | 10 | 11 | 26 |

**Abbildung 35 Nmin-Verlauf unter der Sollwertvariante, Silomais, Versuch 644b „Konventionelle Fruchtfolge“, Thülsfelde 2009**

Im August und September lagen die Nmin-Gehalte im Boden bei 50 kg Nmin/ha. Anschließend war ein Anstieg der Nmin-Gehalte - bedingt durch z. T. deutlich über dem Durchschnitt liegenden Temperaturen im Spätherbst und daraus resultierender hoher Mineralisationsrate - zu erkennen. Der lösliche Stickstoff wurde im November und Dezember durch hohe Niederschläge in tiefere Bodenschichten verlagert.

In der Abbildung 36 sind die Nmin-Gehalte im Boden (0-120 cm) nach der Maisernte am Standort Thülsfelde dargestellt. Analog zu den Vorjahren führte eine steigende N-Düngung i. d. R. zu einem Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte im Boden. Auffällig war der extreme Anstieg der Nmin-Gehalte bei einer über dem N-Optimum liegenden N-Düngung (≥ 200 kg N/ha). Unter Berücksichtigung der standörtlichen N-Korrekturfaktoren führte eine bedarfsgerechte N-Düngung (Standort Thülsfelde ca. 150 kg N/ha) mit 70 kg N/ha zu geringfügig erhöhten Rest-Nmin-Gehalten.

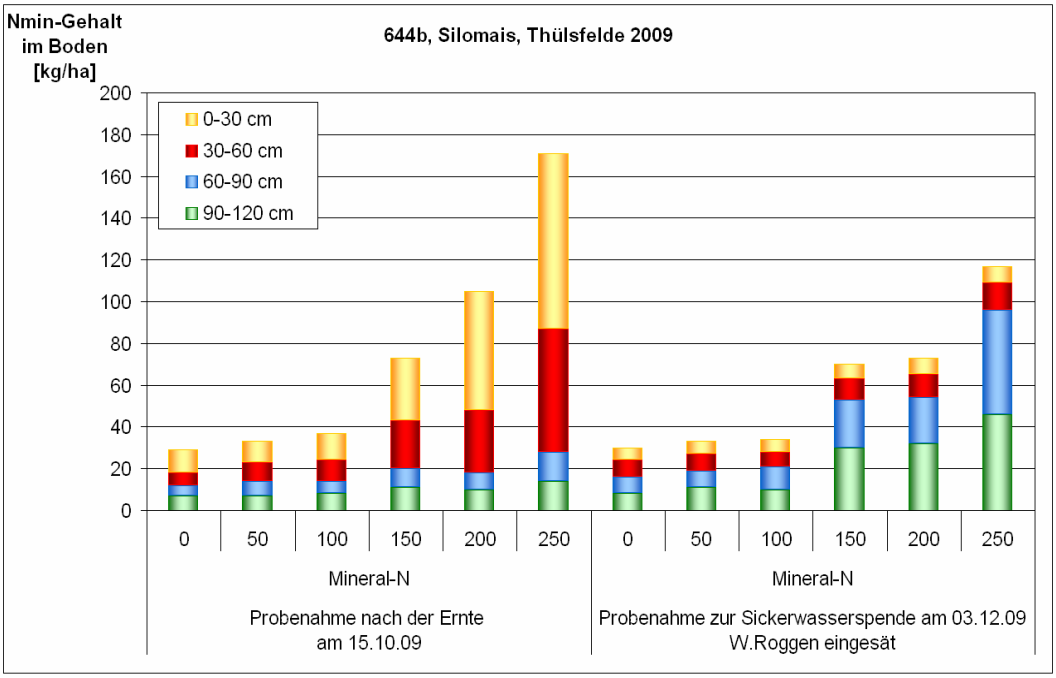



**Abbildung 36 Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte Silomais und zur Sickerwasserspende, Versuch 644b „Konventionelle Fruchtfolge“, Thülsfelde 2009**

Während beim ersten Probenahmetermin nach der Ernte der Hauptanteil des löslichen Stickstoffs sich noch in der oberen Bodenschicht befand, war beim zweiten Termin zur Sickerwasserspende eine deutliche Verlagerung des Stickstoffs in tiefere Bodenschichten zu erkennen.

### 5.4. Darstellung der N-Bilanzsalden vom Versuch 644

In Abbildung 37 werden auf der Grundlage der N-Zufuhren und der N-Abfuhren die N-Salden berechnet. Gemäß der Vorgaben der Düngeverordnung wurden die N-Ausbringungsverluste bei den Sollwertvarianten angerechnet.

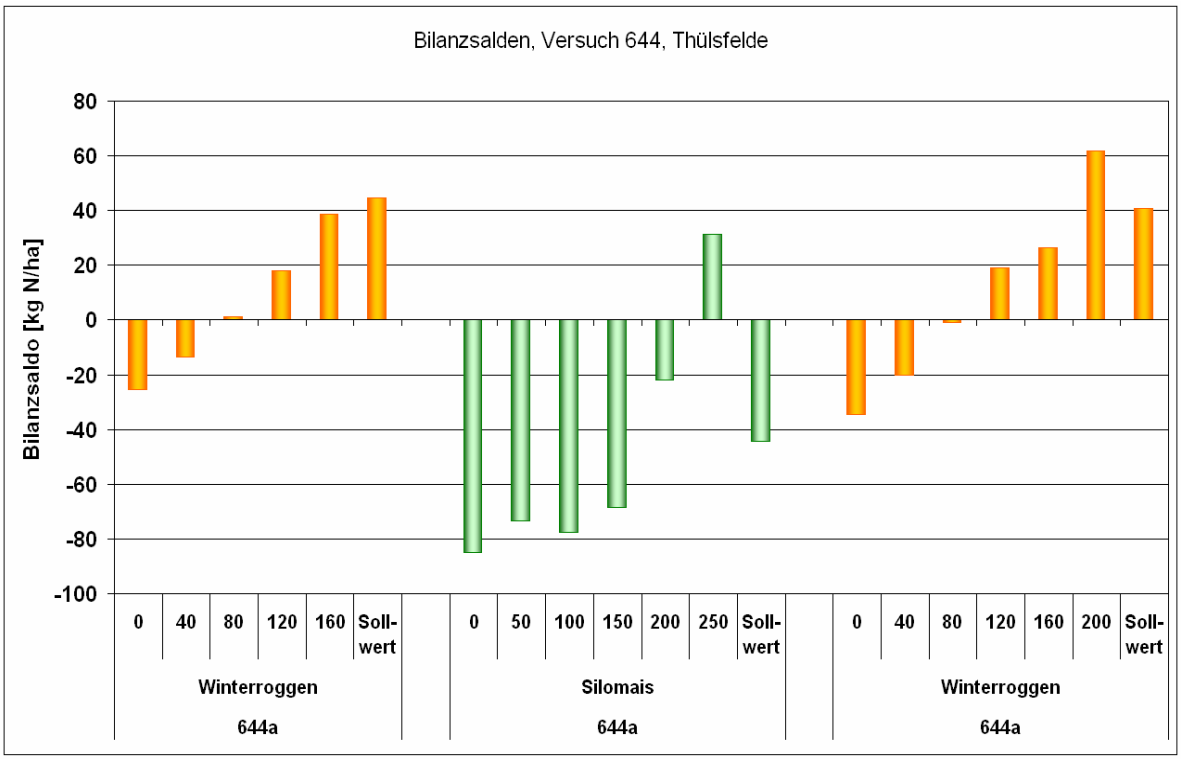



**Abbildung 37 N-Bilanzsalden, Versuch 644, Thülsfelde 2009**

Die Bilanzsalden spiegeln nur bedingt die gemessenen Nmin-Werte wider. Der Silomais wies erwartungsgemäß aufgrund seiner hohen TM-Abfuhr niedrige Salden auf. Die Salden der Sollwertdüngung lagen beim Winterroggen in der Höhe von 40 kg N/ha und beim Silomais bei – 40 kg N/ha. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um Erträge aus Feldversuchen handelt, die unter Praxisbedingungen in der Regel geringer ausfallen. Die N-Salden bei einer bedarfsgerechten N-Düngung in der Praxis dürften die hier dargestellten Werte übersteigen.

### 5.5. Sickerwasseruntersuchungen des LBEG, Versuch 644a

Das Winterhalbjahr 2009/2010 war von lang anhaltenden Frostperioden insbesondere im Januar und Februar 2010 geprägt. Die niederschlagsreichsten Wintermonate waren Oktober/November 2009 und März 2010. Den kumulierten Verlauf der Sickerwasserspende der Lysimeterstation am Standort Thülsfelde zeigt Abbildung 38.

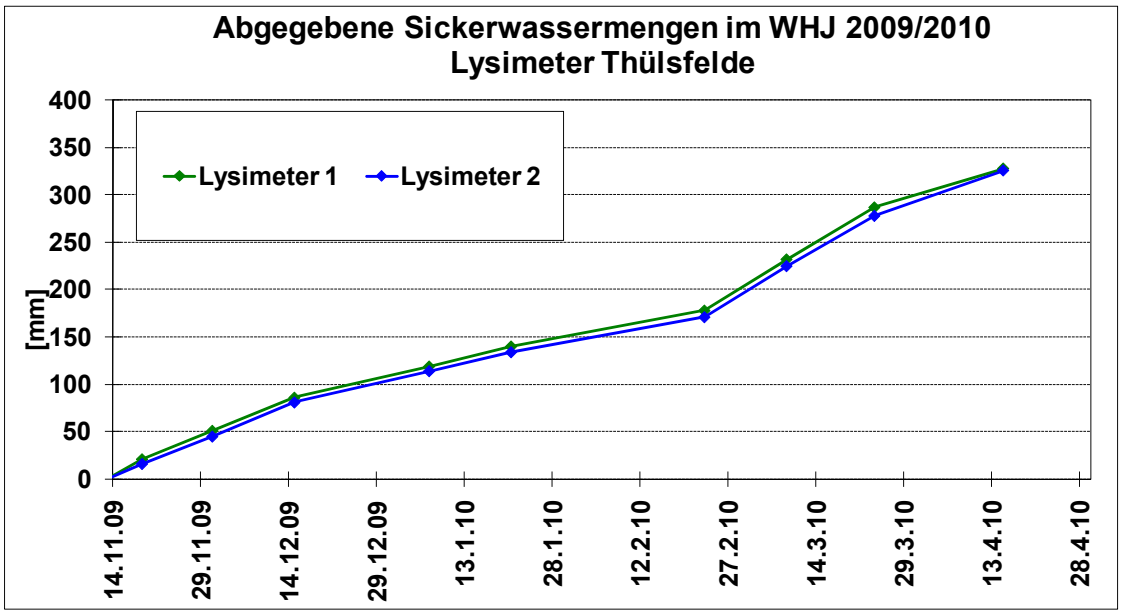



**Abbildung 38 Sickerwassermenge im Winterhalbjahr 2009/2010, Lysimeter Thülsfelde**

In der Lysimeterstation wurden 327 mm Sickerwasser gemessen (Mittelwert der beiden Einzellysimeter). Dies lag unter dem Mittelwert der zurückliegenden 9 Winterhalbjahre von ca. 475 mm. In Tabelle 17 sind die Nitratkonzentrationen der Saugsondenanlage in 6 dm Tiefe dargestellt.

**Tabelle 17 Nitratkonzentrationen im Winterhalbjahr 2009/2010 in 6 dm Tiefe auf dem Feldversuch Thülsfelde, Vorfrucht Winterroggen**

| Probenahme-datum | Var. 1 | Var. 2 | Var. 3 | Var. 4 | Var. 5 | Var. 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 kg N/ha | 40 kg N/ha | 80 kg N/ha | 120 kg N/ha | 160 kg N/ha | Sollwert (min.+org.) |
| | Nitrat [mg/l] | | | | | |
| 05.11.2009 | 15,5 | 11,5 | 8,1 | 6,8 | 3,4 | 3,6 |
| 19.11.2009 | 16,4 | 8,6 | 6,0 | 3,3 | 3,8 | 3,5 |
| 01.12.2009 | 15,6 | 18,8 | 12,9 | 22,9 | 14,9 | 13,5 |
| 09.03.2010 | 22,3 | 52,5 | 30,9 | 22,9 | 27,8 | 56,3 |
| 24.03.2010 | 30,6 | 38,3 | 40,7 | 32,6 | 34,9 | 36,6 |

Ergebnisse aus April sind vorhanden und werden nachgereicht

Die unterschiedlichen Düngestufen wirkten sich im Winterhalbjahr 2009/2010 nicht signifikant auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser aus. Die lang anhaltenden Frostperioden haben die Nitratverlagerung verlangsamt, die höchsten Nitratkonzentrationen traten erst im März auf. Die absolute Höhe der Nitratkonzentrationen war mit maximal 56 mg $NO_3$/l insbesondere im Vergleich zu Vorjahren mit Maisanbau eher niedrig. Bereits in den vergangenen Versuchsjahren zeigte sich, dass Winterroggen insbesondere auf den Varianten 3 bis 6 im Vergleich zu Mais und Wintergerste die niedrigste N-Auswaschung aufwies.

### 5.6. Zusammenfassung Versuch 644

Im Jahr 2009 wurden der Anbau von Winterroggen mit nachfolgendem Winterrübsenanbau und der Anbau von Winterroggen mit anschließendem Senfanbau sowie der Silomaisanbau u. a. hinsichtlich der N-Dynamik im Boden untersucht.

Wie die Auswertung der Versuchsergebnisse der zurückliegenden Jahre belegt, kam es infolge einer unterlassenen N-Düngung zu einer deutlichen Verringerung der bodenbürtigen N-Nachlieferung. Neben der N-Düngung hatte die Niederschlagsmenge im Frühsommer einen entscheidenden Einfluss auf den Winterroggenertrag. Sowohl beim Winterroggen als auch beim Silomais stiegen die Nmin-Gehalte nach der Ernte und zur Sickerwasserspende mit steigender N-Düngung an, wobei beim Mais eine höhere Variabilität der Rest-Nmin-Gehalte zu verzeichnen war.

# 6. Versuche 421, 431 und 451 - Einfluss der Düngung mit unterschiedlichen Gärresten auf den Ertrag, die Qualität und auf die Stickstoffdynamik im Boden

Mit der Erzeugung von Biogas besteht die Möglichkeit zur Einsparung fossiler Energieträger. In diesem Zusammenhang stellt sich nicht nur die Frage nach der Energieausbeute, sondern auch die Frage hinsichtlich der Düngewirkung der anfallenden Gärreste.
Darüber hinaus werden die Wirtschaftlichkeit und der Betrieb einer Biogasanlage nicht nur durch die Anlagentechnik und Biomassebeschaffung, sondern auch von der Gärrestverwertung bestimmt.

## 6.1. Versuchsdurchführung

### 6.1.1. Versuchsaufbau

Seit 2006 wird durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen in einem Feldversuch auf einem schwach humosen Sandboden die Düngewirkung vier unterschiedlicher Gärreste untersucht.

In dem Versuch sollen die folgenden Versuchsfragen beantwortet werden:

- Unterscheiden sich Gärreste in ihrer Wirkung von normaler Schweinegülle?
- Welchen Einfluss haben unterschiedliche Gärreste auf Ertrag, Qualität und Rest-Nmin-Gehalte im Boden?

**Abbildung 39 Versuchsstandort Wehnen**

Die Gärrestvarianten wurden 2009 letztmalig durch die Wasserentnahmegebühr finanziert.

### 6.1.2. Boden- und Klimakennwerte

**Tabelle 18 Boden- und Klimakennwerte Wehnen**

| Standort | Wehnen |
|---|---|
| Höhe über NN (m) | 7 |
| Bodentyp | Pseudogley-Podsol / Gley |
| Bodenart | S |
| Ackerzahl | 30 |
| | **Wetterstation Wehnen** |
| mittl. Temperatur (Ø 2006-2009) | 9,8 °C |
| langj. Niederschlagssumme (Ø 2006-2009) | 740 mm |
| Sommerniederschläge 2009 April – Sept. | 318 mm |

### 6.1.3. Fruchtfolgen

In den vier Versuchsjahren wurden die Früchte Wintergerste, Winterraps und Silomais angebaut.

### 6.1.4. Düngung

Die Versuche sind in bestehende N-Düngungsversuche der Landwirtschaftskammer integriert, so dass auch eine Berechnung der N-Optima anhand der jeweiligen Stickstoffstaffeln möglich ist und die Berechnung der N-MDÄ durchgeführt werden kann.

**Tabelle 19 Versuch 421 - 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 | Gärrest 1 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - | - |
| 9 | Gärrest 2 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - | - |
| 10 | Gärrest 3 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - | - |
| 11 | Gärrest 4 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - | - |

**Tabelle 20 Versuch 431 - N-Düngung zum Silomais**

| Nr. | Variante | N-Düngung gesamt | Org-N-Gesamt vor Einsaat | Mineral-N vor Einsaat | Mineral-N vor Öffnen Blatttüllen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | [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 | Gärrest 1 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - |
| 10 | Gärrest 2 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - |
| 11 | Gärrest 3 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - |
| 12 | Gärrest 4 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - |

**Tabelle 21 Versuch 451 - 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 | - | - | - |
| 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 | - | - |
| 8 | Gärrest 1 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - |
| 9 | Gärrest 2 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - |
| 10 | Gärrest 3 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - |
| 11 | Gärrest 4 - 120 Ges.-N | 120 | 120 | - | - |

Die Gärrestgabe in Höhe von rund 120 kg Gesamt-N/ha (abhängig vom N-Gehalt) wird zur Wintergerste und zum Winterraps als Kopfdünger zu Vegetationsbeginn und zu Silomais unmittelbar vor der Maisbestellung auf die Pflugfurche ausgebracht. Die tatsächlich ausgebrachten Gesamt-N-Gaben der organisch gedüngten Varianten können der Tabelle 22 entnommen werden. Wie die Tabelle belegt, wurden ca. 120 kg N/ha über Gärreste ausgebracht. Die bedarfsgerechte Phosphat-, Kalium-, Magnesium- und Kalkdüngung wurde unter Beachtung der jährlichen Bodenuntersuchung vorgenommen.

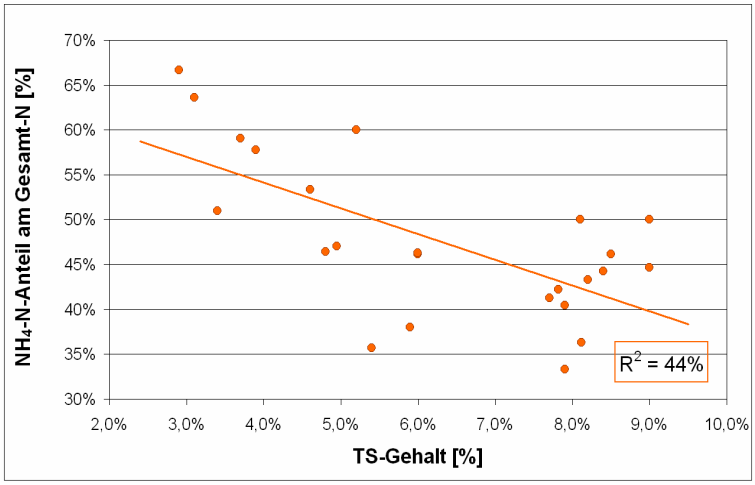
**Tabelle 22 Gesamt-N-Düngung über Gülle und Gärrest , 2006-2009**

| Variante | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|---|---|---|---|
| **Versuch 421 – Gesamt-N-Düngung Gülle-Gärrest zur Wintergerste** | | | | |
| **Gülle 120 N** | 132 kg N/ha | 119 kg N/ha | 130 kg N/ha | 118 kg N/ha |
| **Gärrest 1** | 120 kg N/ha | 132 kg N/ha | 123 kg N/ha | 122 kg N/ha |
| **Gärrest 2** | 120 kg N/ha | 130 kg N/ha | 112 kg N/ha | 119 kg N/ha |
| **Gärrest 3** | 122 kg N/ha | 113 kg N/ha | 130 kg N/ha | 116 kg N/ha |
| **Gärrest 4** | 124 kg N/ha | 124 kg N/ha | 115 kg N/ha | 117 kg N/ha |
| **Versuch 431 – Gesamt-N-Düngung Gülle-Gärrest zum Silomais** | | | | |
| **Gülle 120 N** | 120 kg N/ha | 120 kg N/ha | 120 kg N/ha | 121 kg N/ha |
| **Gärrest 1** | 132 kg N/ha | 112 kg N/ha | 124 kg N/ha | 120 kg N/ha |
| **Gärrest 2** | 130 kg N/ha | 114 kg N/ha | 124 kg N/ha | 120 kg N/ha |
| **Gärrest 3** | 113 kg N/ha | 118 kg N/ha | 134 kg N/ha | 123 kg N/ha |
| **Gärrest 4** | 124 kg N/ha | 110 kg N/ha | 121 kg N/ha | 122 kg N/ha |
| **Versuch 451 – Gesamt-N-Düngung Gülle-Gärrest zum Winterraps** | | | | |
| **Gülle 120 N** | 132 kg N/ha | 119 kg N/ha | 130 kg N/ha | 118 kg N/ha |
| **Gärrest 1** | 120 kg N/ha | 132 kg N/ha | 123 kg N/ha | 122 kg N/ha |
| **Gärrest 2** | 120 kg N/ha | 130 kg N/ha | 112 kg N/ha | 119 kg N/ha |
| **Gärrest 3** | 122 kg N/ha | 113 kg N/ha | 130 kg N/ha | 116 kg N/ha |
| **Gärrest 4** | 124 kg N/ha | 124 kg N/ha | 115 kg N/ha | 117 kg N/ha |

**Tabelle 23 Analyseergebnisse der Schweinegülle und der Gärreste, Versuche 421, 431, 451, Wehnen 2006-2009**

| | | ∅-Analyse 2006-2009 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Schweine-gülle** | **Gärrest 1**<br>**Input jährlich:**<br>• 2/3 Gülle<br>• 1/3 Kofermente | **Gärrest 2**<br>**Input täglich:**<br>• 20 t Maissilage<br>• 5-6 m³ Rinder- und Schweine-gülle | **Gärrest 3**<br>**Input täglich:**<br>• 30 t Maissilage<br>• 15 m3 Sauen- und Mast-schweinegülle | **Gärrest 4**<br>**Input jährlich:**<br>• ¼ Sauenmist<br>• ¾ Maissilage<br>• 200 m³ Rindergülle zum Start der Anla-ge (2006) |
| **TS** | **[%]** | 4,4 | 5,3 | 8,3 | 5,1 | 7,7 |
| **Ges. N** | **[kg/m³]** | 4,8 | 6,1 | 5,5 | 4,6 | 5,2 |
| **Ammonium-N** | **[kg/m³]** | 2,8 | 3,4 | 2,2 | 2,2 | 2,2 |
| **$P_2O_5$** | **[kg/m³]** | 2,0 | 2,6 | 2,4 | 1,4 | 2,1 |
| **$K_2O$** | **[kg/m³]** | 2,9 | 3,4 | 4,9 | 4,2 | 5,1 |
| **CaO** | **[kg/m³]** | 1,4 | 2,1 | 2,8 | 1,1 | 1,7 |

Die Trockensubstanz- und Nährstoffgehalte sind jeweils abhängig von den eingesetzten Ausgangssubstraten. Je geringer die Verweildauer der Gärsubstrate bei der Nassvergärung in der Biogasanlage, desto höher sind in der Regel auch die TS-Gehalte in den Gärresten und um so niedriger ist in der Regel der Ammoniumgehalt im Gärsubstrat.




Wie Abbildung 40 belegt, bestand analog zur Gülle ein Zusammenhang zwischen dem TS-Gehalt und dem Ammonium-Anteil am Gesamt-N-Gehalt. So war mit steigenden TS-Gehalten ein Rückgang der Ammonium-Gehalte zu verzeichnen.

**Abbildung 40 Abhängigkeit NH4-N-Gehalt der Gärreste vom TS-Gehalt Versuche 421, 431, 451, Wehnen 2006-2009**

### 6.1.5. Pflanzenschutz

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

### 6.1.6. Ernte

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

### 6.1.7. Untersuchungen und Auswertungen

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

### 6.1.8. Nmin-Beprobungen

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

## 6.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse

### 6.2.1. Ertragsauswertung Versuch 421 - Wintergerste

**Tabelle 24 Wintergerstenertrag der Kontrollvariante und der mineralischen Sollwertvariante, der Schweinegüllevariante sowie der Gärrestvarianten 2006- 2009**

| Daten | | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Ø (2006, 2008, 2009) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ohne N-Düngung | | 58,6 | 17,6 | 32,6 | 53,7 | 48,3 |
| Sollwert mineralisch | | 78,2 | 26,3 | 68,1 | 89,7 | 78,7 |
| Schweinegülle | 120 Ges-N | 71,3 | 30,7 | 69,1 | 82,9 | 74,4 |
| Gärrest 1 | 120 Ges-N | 71,3 | 28,4 | 62,7 | 55,4 | 63,1 |
| Gärrest 2 | 120 Ges-N | 65,4 | 26,9 | 50,5 | 55,0 | 57,0 |
| Gärrest 3 | 120 Ges-N | 70,8 | 28,1 | 61,9 | 49,3 | 60,7 |
| Gärrest 4 | 120 Ges-N | 67,4 | 23,9 | 54,4 | 44,3 | 55,3 |

Im Jahre 2009 wurden in der Sollwert- und Schweinegüllevariante deutlich höhere Erträge erzielt als mit den geprüften Gärsubstraten. Die gute Ertragswirkung der Schweinegülle im Jahr 2009 war vermutlich auf den niedrigen TS-Gehalt und den hohen $NH_4$-Gehalt der eingesetzten Schweinegülle zurückzuführen. Auch beim Ertragsvergleich der Gärsubstrate wurden im Jahr 2009 in den Varianten mit höheren TS-Gehalten niedrigere Erträge erzielt als beim Einsatz von Gärresten mit geringeren TS-Gehalten. Im Mittel der Jahre 2006, 2008, 2009 wurde dieses bestätigt.

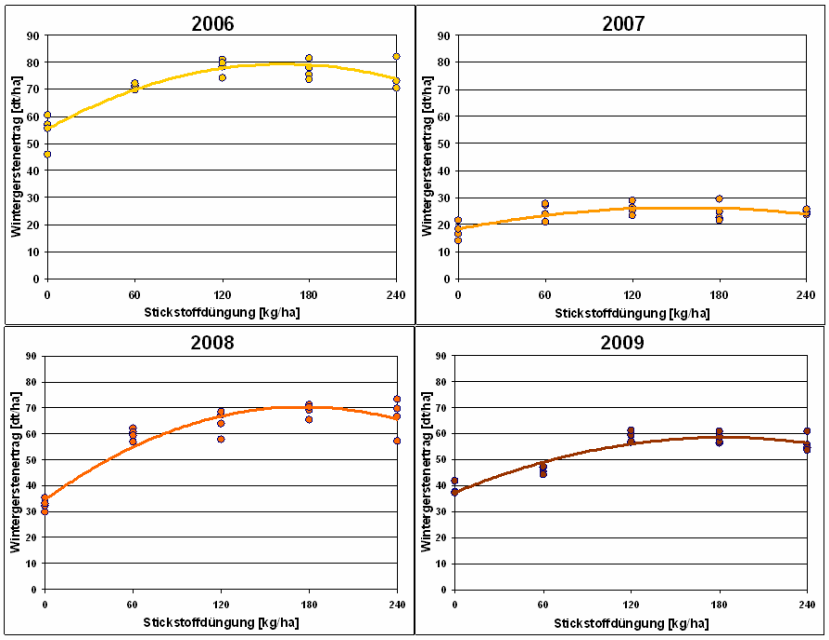



**Abbildung 41 Wintergerstenertragskurven, Versuch 421, Wehnen, 2006-2009**

In der Abbildung 41 ist der Einfluss der gestaffelten N-Gaben auf den Wintergerstenertrag in den jeweiligen Versuchsjahren dargestellt. Während die Jahre 2006, 2008 und 2009 ein ähnliches Ertragsniveau zeigten, waren im Jahr 2007 bedingt durch sehr geringe Niederschläge während der

Hauptvegetationszeit lediglich sehr geringe Erträge zu verzeichnen. In der Auswertung wurde dieses Jahr nicht berücksichtigt.

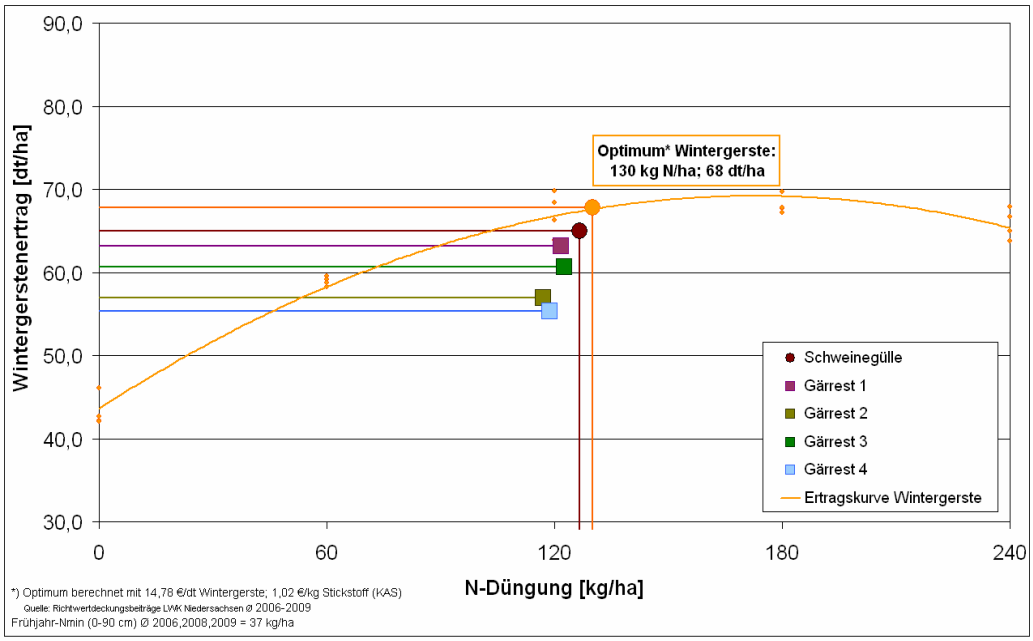



**Abbildung 42 Wintergerstenertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante, Versuch 421, Wehnen, Ø 2006, 2008, 2009**

Im Mittel der drei auswertbaren Jahre wurde eine optimale Düngermenge von 130 kg/ha Mineral-N errechnet. Die in allen Jahren angestrebte N-Menge von 120 kg/ha Gesamt-N über organische Düngemittel ohne mineralische N-Ergänzung reichten bei der Anwendung der Gärreste nicht aus, um den optimalen Ertrag zu erzielen.

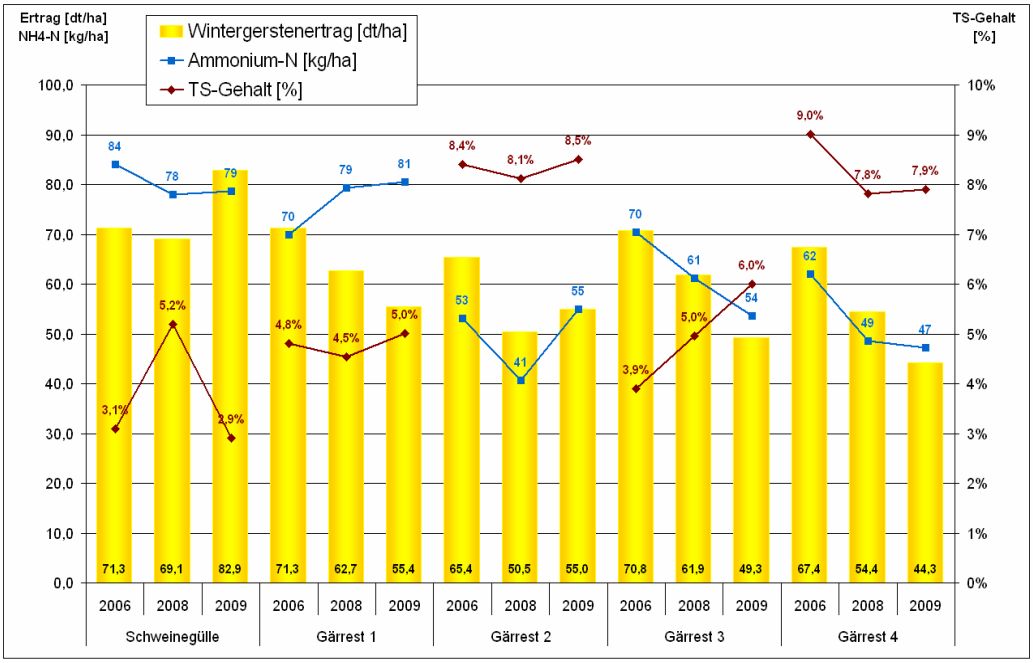



**Abbildung 43 Wintergerstenertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und der $NH_4$-N-Gehalt der Gülle und der Gärreste, Versuch 421, Wehnen, 2006, 2008, 2009**

Der Einfluss des TS-Gehaltes und des $NH_4$-N-Anteils am Gesamt-N-Gehalt in organischen Düngern auf den Wintergerstenertrag zeigen die Abbildung 43 und Abbildung 44. Bei hohen TS-Gehalten und niedrigen $NH_4$-N-Gehalten war die Ertragswirkung der geprüften organischen Dünger - deutlich geringer als bei niedrigen TS-Gehalten und hohen $NH_4$-N-Werten. Die TS-und $NH_4$-N-Gehalte der Gärreste hatten im Jahr 2009 eine geringere Auswirkung auf die Wintergerstenerträge als in den Vorjahren. Der Gerstenertrag hingegen wurde in diesem Jahr durch die sehr dünnflüssige Schweinegülle stark erhöht.

In dieser Darstellung zeigt sich ein ähnliches Bild wie in den vorherigen Abbildungen. Mit der Schweinegülle wurde das höchste N-MDÄ erreicht, was insbesondere auf die gute Ertragswirkung der eingesetzten Schweinegülle im letzten Versuchsjahr zurückzuführen war.

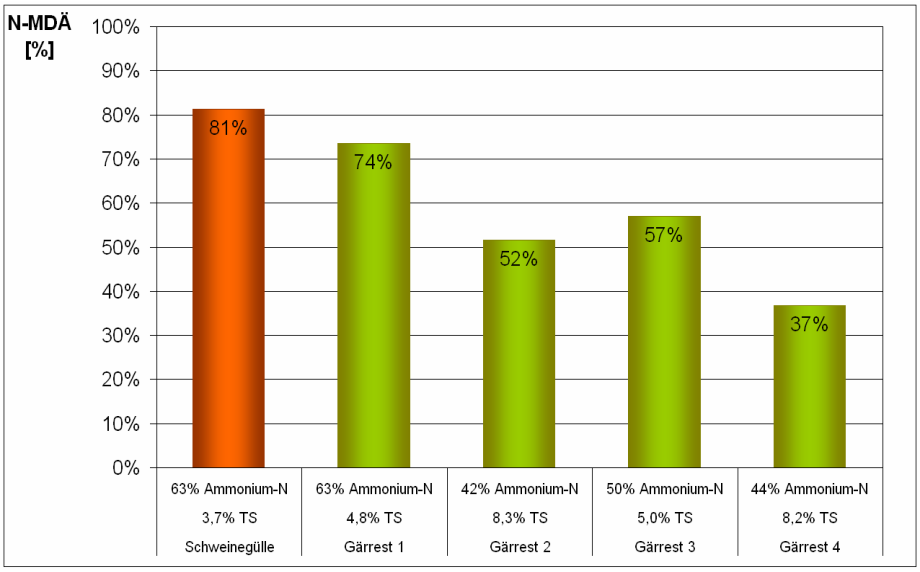



**Abbildung 44 N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) Wintergerste, Versuch 421, Wehnen, Ø 2006, 2008, 2009**

Bei den Gärresten wurde die N-Anrechenbarkeit maßgeblich von den TS-Gehalten und den Ammoniumfrachten bestimmt.

### 6.2.2. Ertragsauswertung Versuch 431 - Silomais

**Tabelle 25 Silomais-Trockenmasseertrag der mineralischen Sollwertvariante, der Schweinegüllevariante sowie der Gärrestvarianten, Versuch 421, Wehnen, 2006- 2009**

| Daten | | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Ø (2006-2009) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ohne N-Düngung | | 162,3 | 187,6 | 170,3 | 134,6 | **163,7** |
| Sollwert mineralisch | | 184,9 | 224,4 | 194,1 | 188,3 | **197,9** |
| Schweinegülle | 120 Ges-N | 187,8 | 207,2 | 194,5 | 175,2 | **191,2** |
| Gärrest 1 | 120 Ges-N | 188,0 | 199,9 | 189,3 | 156,2 | **183,4** |
| Gärrest 2 | 120 Ges-N | 205,1 | 208,5 | 194,6 | 173,4 | **195,4** |
| Gärrest 3 | 120 Ges-N | 195,2 | 208,8 | 195,8 | 167,8 | **191,9** |
| Gärrest 4 | 120 Ges-N | 180,4 | 201,0 | 199,4 | 173,6 | **188,6** |

Die Höhe der Silomaiserträge variierte in den Einzeljahren im Vergleich zur Wintergerste nur geringfügig. So waren im Jahr 2007 aufgrund der ausreichenden Niederschläge im Juli/August keine Ertragsverluste festzustellen. Durch eine mineralische oder organische N-Düngung wurde lediglich ein Ertragsanstieg von 12-20 % erreicht, was die gute Ausnutzung des bodenbürtigen Stickstoffs unterstreicht.

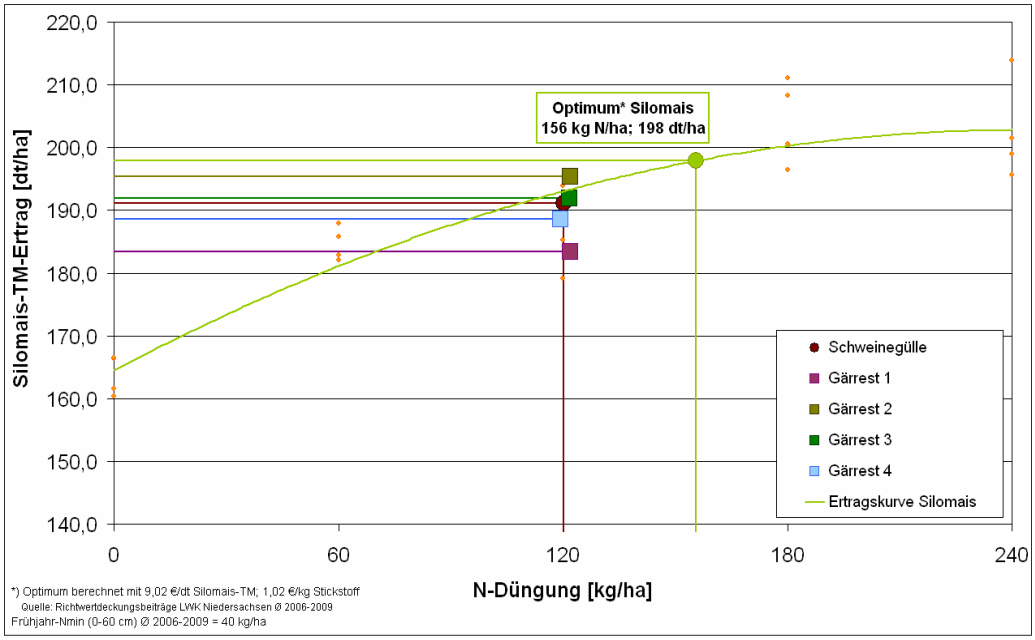



**Abbildung 45 Silomais-TM-Ertrag und TM-Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegülleva-riante, Versuch 431, Wehnen, Ø 2006-2009**

Die Ertragskurve (gebildet aus den Erträgen der Jahre 2006-2009) stieg bis zur höchsten N-Gabe an. Das Ertragsoptimum wurde bei einer N-Düngung von 156 kg N/ha erreicht. Mit der Anwendung der organischen Düngemittel wurden Erträge in ähnlicher Höhe erzielt. Der Gärrest 2, der die höchsten TS-Gehalte aufwies, erzielte einen Durchschnittsertrag, der im Ertragsbereich der opti-

malen N-Gabe lag. Die Schweinegülle und der Gärrest 3 brachten Silomaiserträge im Bereich des berechneten N-Optimums. Die Gärreste 1 und 4 fielen hingegen ertraglich ab.

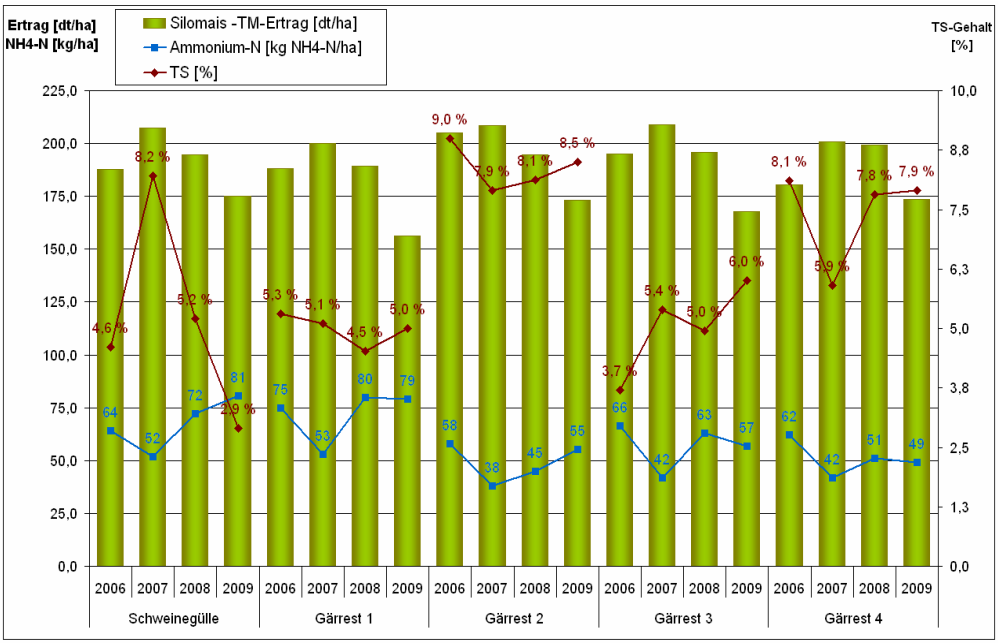



**Abbildung 46 Silomaisertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem $NH_4$-N-Gehalt der Gülle und der Gärreste, Versuch 431, Wehnen, Ø 2006-2009**

Die TS-und NH4-N-Gehalte hatten beim Anbau von Silomais keinen entscheidenden Einfluss auf die TM-Erträge. So führten im Unterschied zur Wintergerste Gärreste mit niedrigen TS-Gehalten und höheren NH4-N-Gehalten nicht zwangsläufig zu höheren Silomaiserträgen, was vermutlich auf die gute Ausnutzung des organisch gebundenen Stickstoffs durch die Maispflanzen infolge der langen Wachstumszeit zurückzuführen war.

Insgesamt wurde der Stickstoff der geprüften organischen Düngemittel mit 76 bis 95 % gegenüber der mineralischen Düngung sehr gut ausgenutzt. Lediglich die Variante Gärrest 1 lag mit 58 % deutlich niedriger. Das N-MDÄ ist gegenüber dem Vorjahr noch weiter gesunken, was auf einen nicht erklärbar niedrigen Ertrag im Jahr 2009 zurückzuführen war.

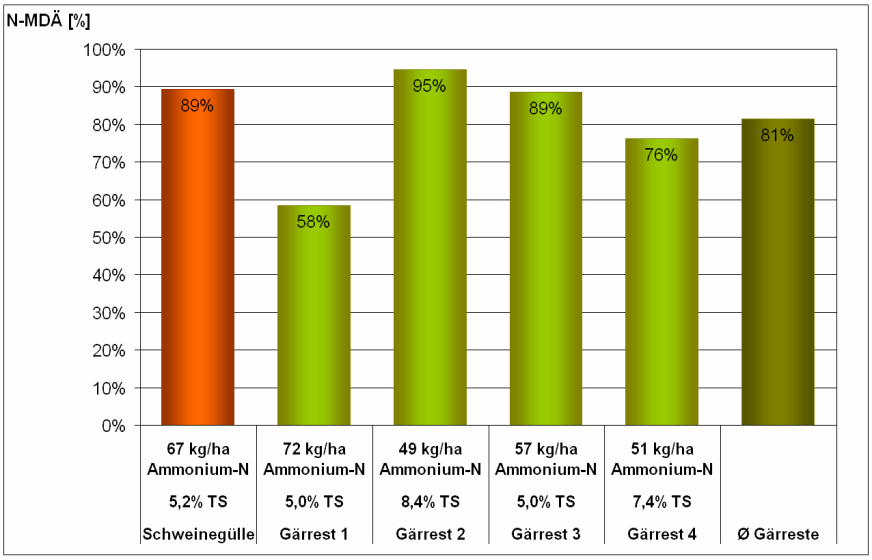



**Abbildung 47 N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) Silomais, Versuch 431, Wehnen, Ø 2006-2009**

### 6.2.3. Ertragsauswertung Versuch 451 – Winterraps

Die Winterrapserträge stiegen in allen Jahren durch die N-Düngung stetig an. Die Ertragshöhe variierte in den einzelnen Jahren zwischen 22 und 38 dt/ha. Die Jahre 2006 und 2008 werden bei den weitergehenden Auswertung nicht berücksichtig, da die Einzelerträge innerhalb der Varianten stark schwankten und somit nicht belastbar waren.

**Tabelle 26 Winterrapsertrag (in dt/ha) der mineralischen Sollwertvariante, der Schweinegüllevariante sowie der Gärrestvarianten, Versuch 451, Wehnen, 2006- 2009**

| Daten | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Ø (2007, 2009) |
|---|---|---|---|---|---|
| ohne N-Düngung | 22,1 | 21,0 | 28,6 | 22,2 | 21,6 |
| Sollwert mineralisch | 29,7 | 33,4 | 36,1 | 37,8 | 35,6 |
| Schweinegülle 120 Ges-N | 24,1 | 28,3 | 38,4 | 28,3 | 28,3 |
| Gärreste 1 120 Ges-N | 28,3 | 28,6 | 37,2 | 36,2 | 32,4 |
| Gärreste 2 120 Ges-N | 25,0 | 25,5 | 32,2 | 25,9 | 25,7 |
| Gärreste 3 120 Ges-N | 24,5 | 26,6 | 36,5 | 26,8 | 26,7 |
| Gärreste 4 120 Ges-N | 28,3 | 24,4 | 34,7 | 29,3 | 26,9 |

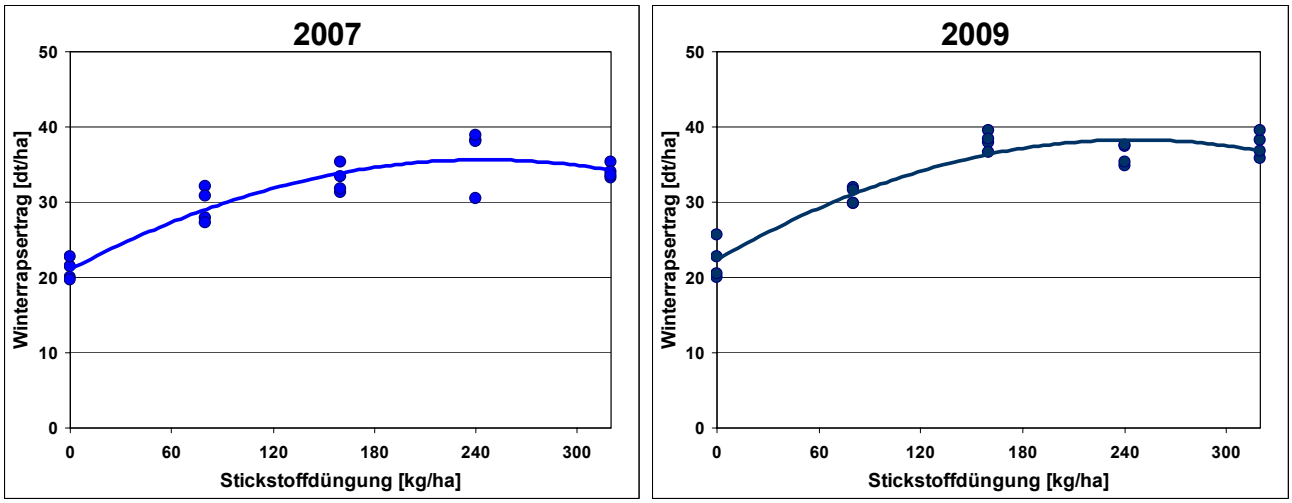



**Abbildung 48 Winterrapsertragskurven, Versuch 451, Wehnen, 2007, 2009**

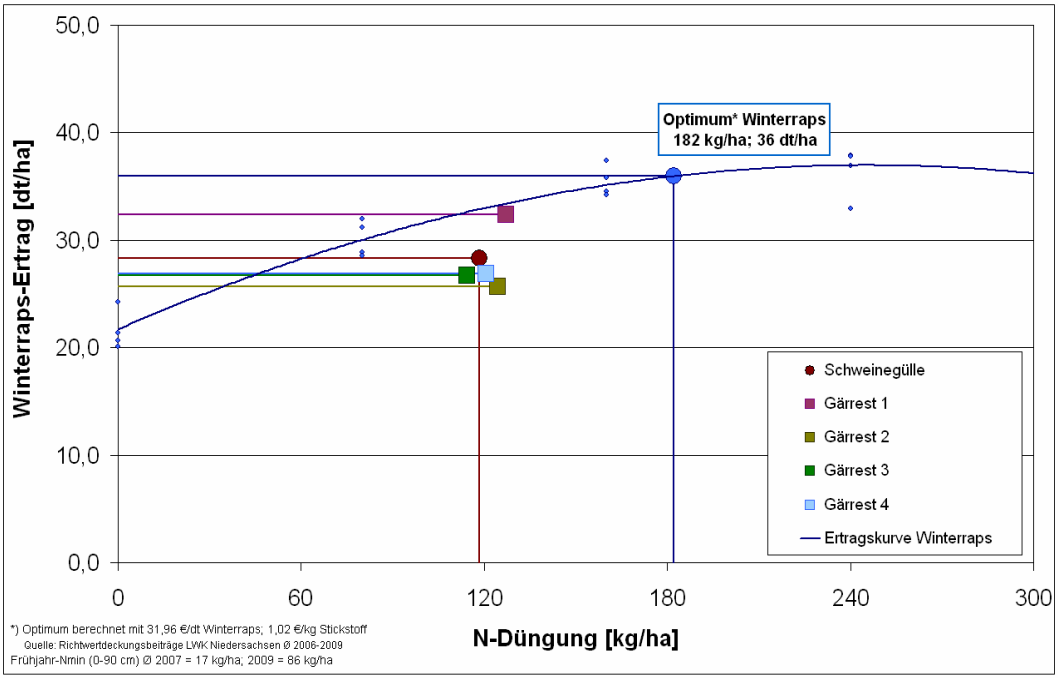



**Abbildung 49 Winterrapsertrag und Erträge der Gärrestvarianten sowie der Schweinegüllevariante, Versuch 451, Wehnen, Ø 2007, 2009**

Im Mittel der Jahre 2007 und 2009 wurde ein Ertragsoptimum von 36 dt/ha Winterraps bei einer N-Düngermenge von 182 kg/ha errechnet. Lediglich mit dem Gärrest 1 wurde diese Ertragshöhe in etwa erreicht. Schweinegülle und die übrigen Gärrestvarianten lagen ertraglich deutlich niedriger.

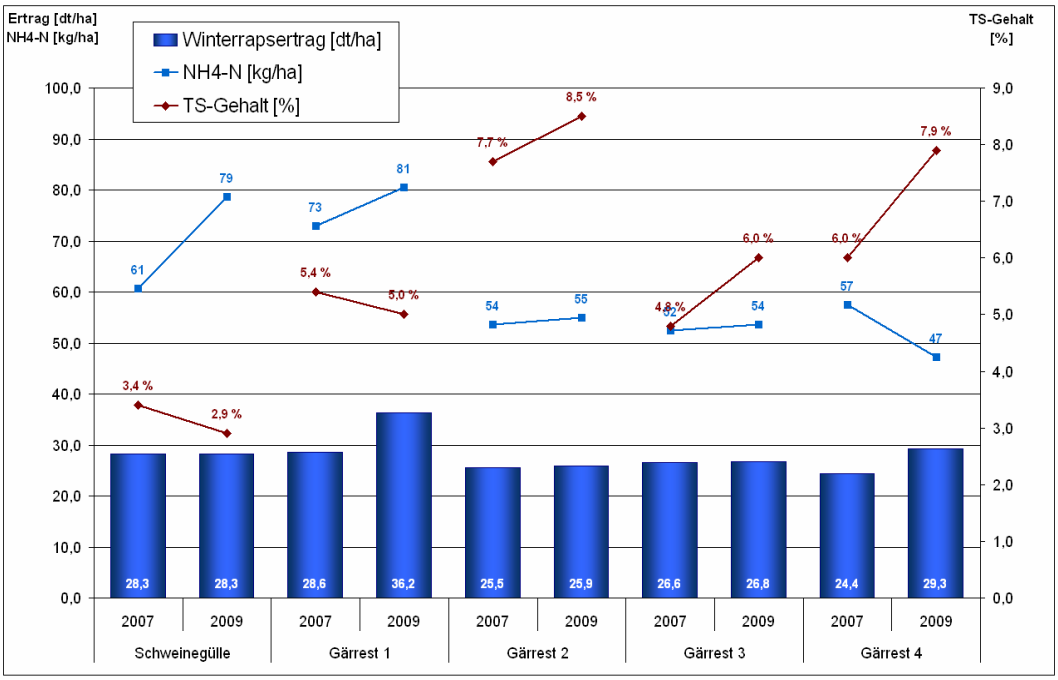



**Abbildung 50 Winterrapsertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und NH4-N-Gehalt dem $NH_4$-N-Anteil der Gülle und der Gärreste, Versuch 451, Wehnen, 2006-2009**

Wie bereits im Versuchsbericht aus dem Jahr 2008 angedeutet, ist auch im Mittel der Jahre eine Tendenz zu höheren Erträgen beim Einsatz von organischen Düngern mit hohen $NH_4$-N-Gehalten festzustellen.

Die geringen N-Anrechenbarkeiten der eingesetzten Gärreste sind möglicherweise auf höhere $NH_3$-Verluste infolge eines zeitverzögerten Ablaufens der Gärrest von den Rapspflanzen zurückzuführen. Zur Überprüfung dieser Annahme wären weitere Versuche unter anderen Standortbedingungen wünschenswert.

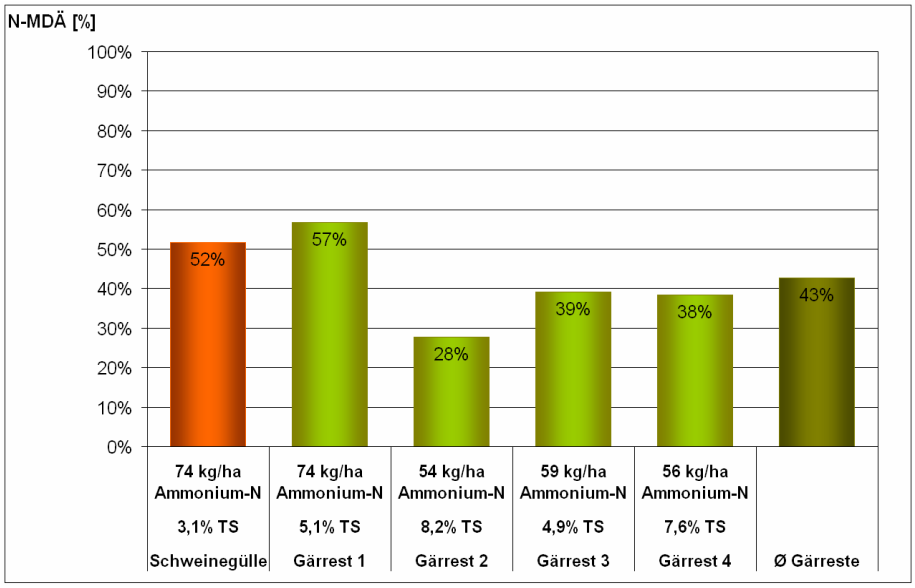



**Abbildung 51 N-Mineraldüngeräquivalente (N–MDÄ) Winterraps, Versuch 451, Wehnen, Ø 2007, 2009**

### 6.2.4. Wirkung der Gärreste auf die N-Dynamik im Boden

Im vorliegenden Versuch wurden jeweils nach der Ernte der Hauptfrucht und zum Zeitpunkt Beginn der Sickerwasserspende Nmin-Proben (0-90 cm) untersucht. Beprobt wurden die Varianten Düngung mit Gärrest, Düngung mit Schweinegülle, Nulldüngung (Kontrollvariante) sowie die mineralisch nach Sollwert gedüngte Variante.

**Wintergerste**

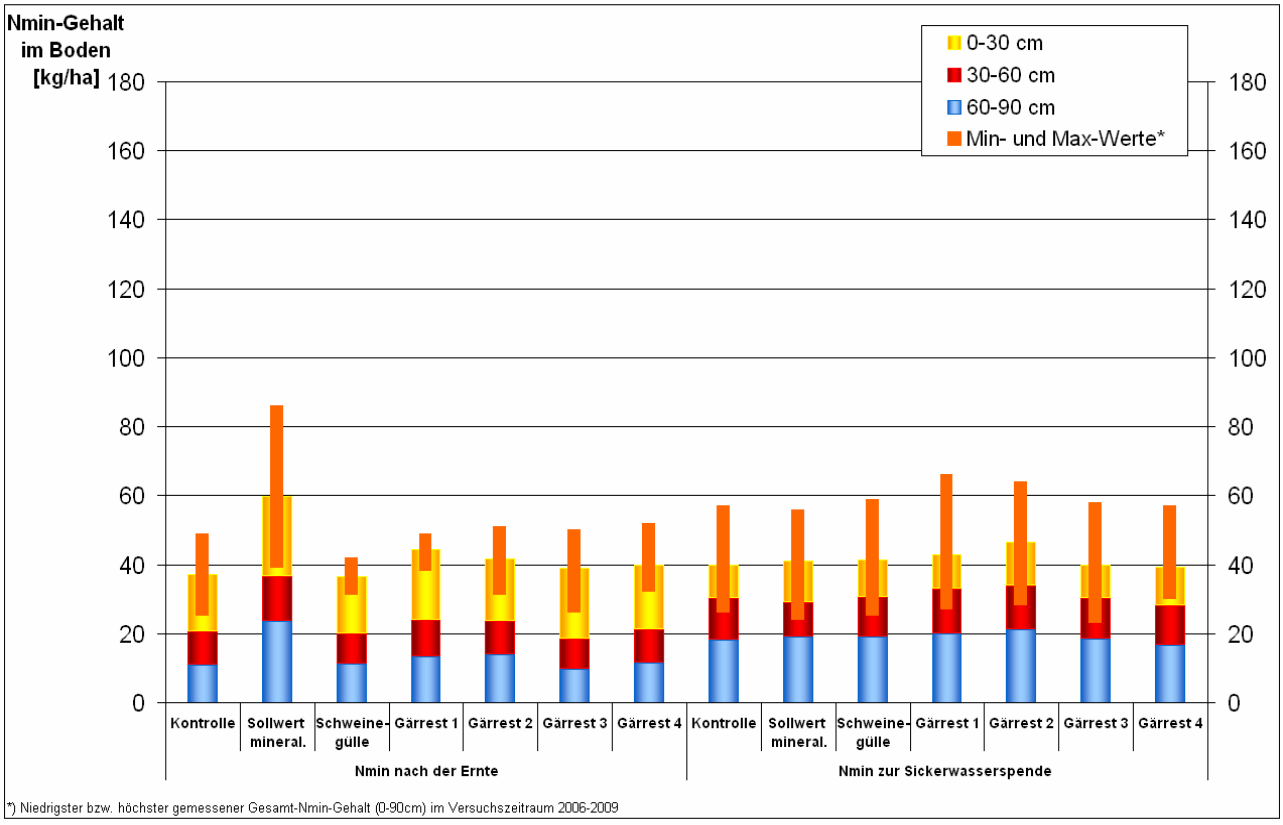



**Abbildung 52 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 421, Wehnen, 2006-2009**

In Abbildung 15 sind die Ergebnisse der Nmin Untersuchungen nach der Ernte der Wintergerste und zur Sickerwasserspende im Mittel der Jahre abgebildet. Die Rest-Nmin-Gehalte lagen im Mittel der Jahre 2006 – 2009 zwischen 35 und 60 kg/ha Nmin. Die Min-Max-Werte geben ein Überblick über die Spannbreite der gemessen Nmin-Werte in 0-90 cm Tiefe während des gesamten Versuchszeitraumes.

In der Sollwertvariante wurden nach der Ernte häufig höhere Gehalte gemessen als in den Gärrestvarianten. Diese Unterschiede traten zur Sickerwasserspende nicht mehr auf.

Die Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte der Wintergerste lagen sowohl bei der Schweinegülle-variante als auch bei den Gärrestvarianten im Mittel der Jahre auf dem Niveau der Kontrollvarian-

te. Während direkt nach der Ernte der größte N-Anteil noch in der Bodenschicht 0-30 cm zu finden war, war zur Sickerwasserspende eine Verlagerung des löslichen Stickstoffs in tiefere Bodenschichten festzustellen.

### Silomais

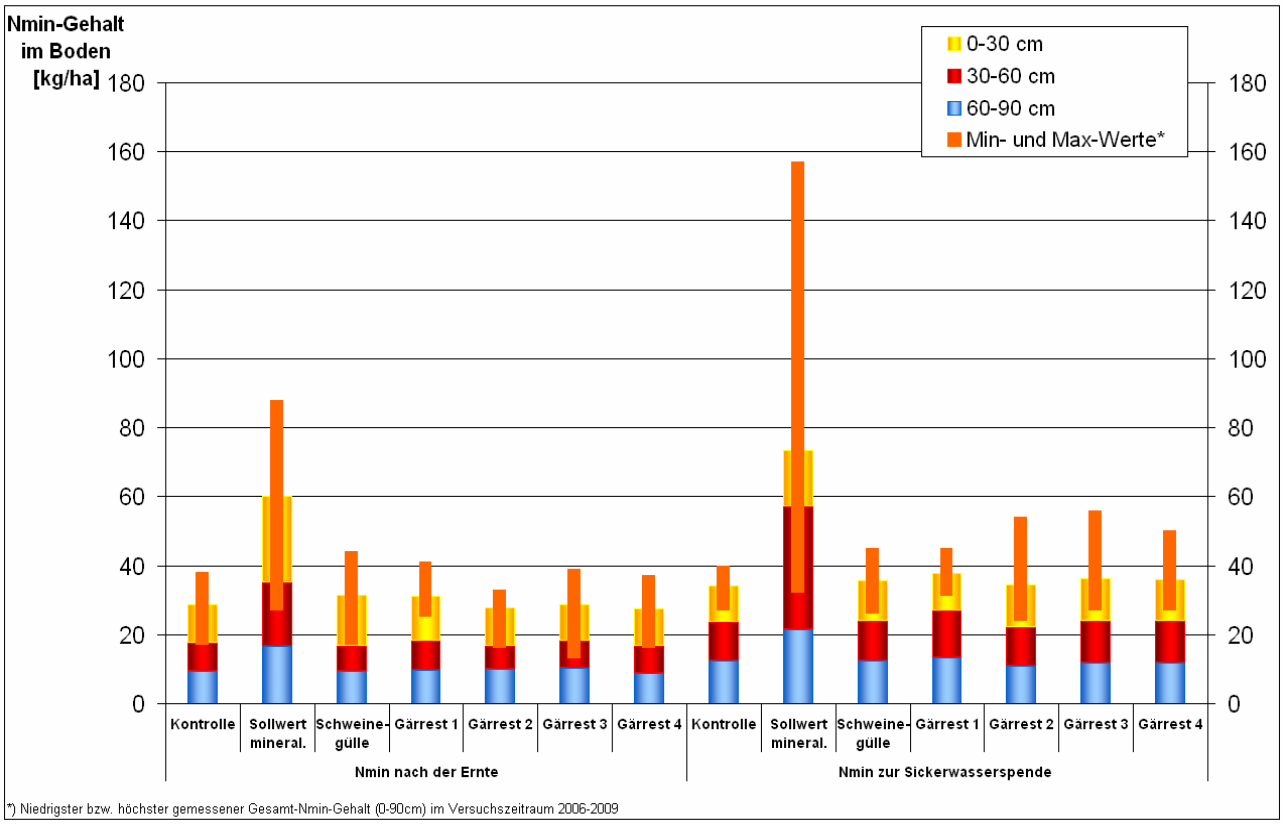



**Abbildung 53 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 431, Wehnen, 2006-2009**

Die Nmin Gehalte nach der Ernte von Silomais lagen im Mittel des Versuchszeitraumes auf einem niedrigen Niveau und meist im Bereich der Kontrollvariante.,

Die Nmin-Gehalte waren zu beiden Terminen auf alle Bodenschichten gleichmäßig verteilt.

In den Varianten mit der mineralischen Sollwertdüngung wurden häufig die höchsten Gehalte gefunden, was sowohl durch die Mittelwerte als auch durch die Min-Max-Werte unterstrichen wird.

### Winterraps

Auch nach dem Anbau von W-Raps wurden in den mineralischen Sollwertvarianten die höchsten Nmin Werte im Mittel des Versuchszeitraumes gemessen.

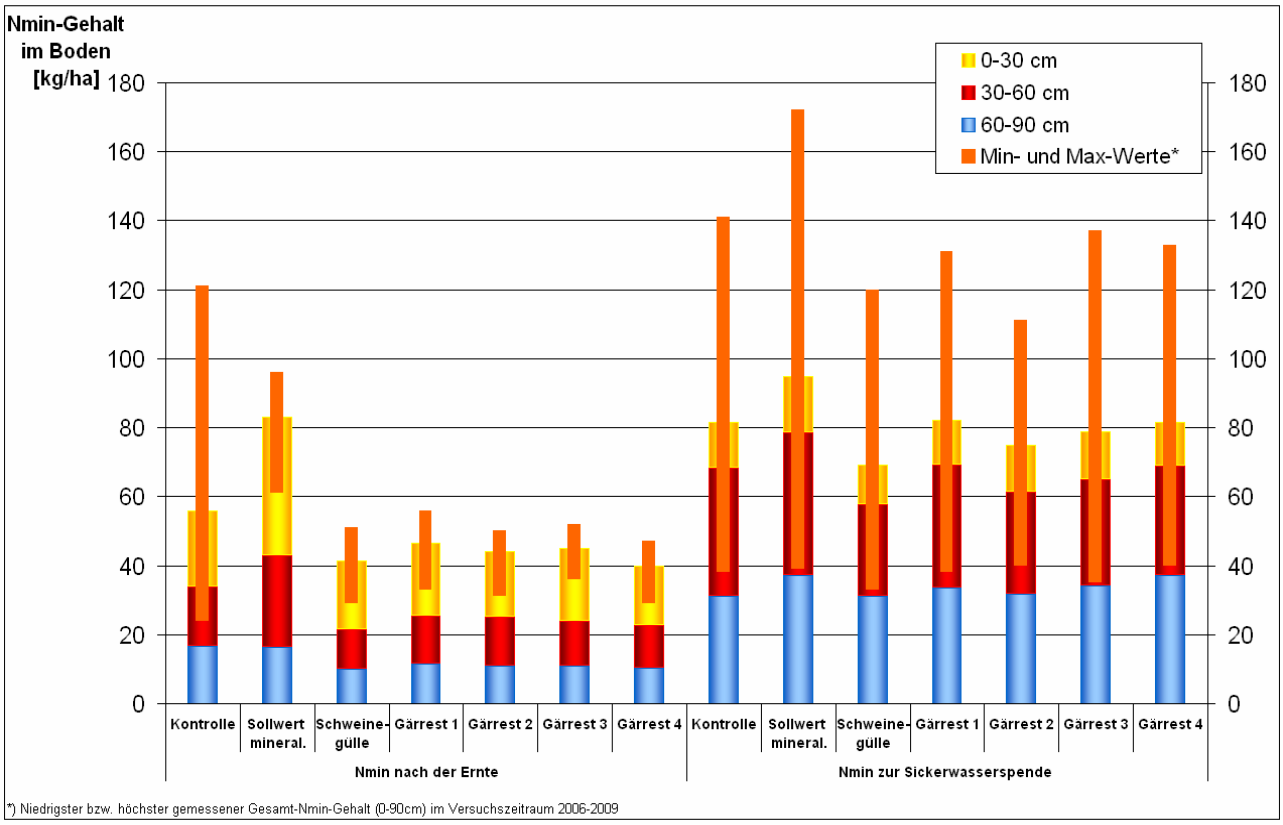



**Abbildung 54 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 451, Wehnen, 2006-2009**

Nach der Ernte lagen die Werte nach der Rapsernte 2009 kaum höher als nach dem Anbau von Wintergerste. Aufgrund der N-Mineralisation aus den Vegetationsrückständen des Winterraps (Ernte- und Wurzelrückstände) kam es im Vergleich zu den anderen Früchten zu einem deutlichen Anstieg der Nmin-Gehalte im Boden. Zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende stiegen die durchschnittlichen Nmin-Werte im Vergleich zu den Werten nach der Rapsernte fast auf das Doppelte an und auch eine Verlagerung des Stickstoffs in tiefere Bodenschichten war deutlich festzustellen. Die höchsten Gehalte wurden, analog zu den anderen Früchten in der mineralischen Sollwertvariante gefunden.

### 6.3. Zusammenfassung Versuche 421, 431, 451

Hinsichtlich der Düngewirkung ist die Zusammensetzung der Biogasgülle von entscheidender Bedeutung. Wie Analysewerte belegen, wird durch die anaerobe Vergärung der TS-Gehalt der Inputstoffe in der Regel deutlich reduziert. Wie die Ergebnisse aus Feldversuchen belegen, wird die N-Wirkung der Biogasgülle sowohl durch den Anteil an $NH_4$-N als auch durch den TS-Gehalt und die angebaute Fruchtart bestimmt.

Im Unterschied zur Wintergerste und zum Winterraps führen beim Silomais die Gärreste mit niedrigen TS-Gehalten und höheren $NH_4$-N-Gehalten nicht zwangsläufig zu höheren Silomaiserträgen, was vermutlich auf die gute Ausnutzung des org. gebundenen Stickstoffs durch die Maispflanzen infolge der langen Wachstumszeit zurückzuführen ist. Die Ergebnisse aus diesem Feldversuch bestätigten die Empfehlungen der Landwirtschaftskammer zur Anrechenbarkeit der Gärreste zur Kultur Mais, die mit 70 % höher angesetzt ist als die Empfehlung zu Getreide. Dabei muss beachtet werden, dass die ermittelten N-MDÄ's (zu Silomais Ø 80%) aus den Ergebnissen von Feldversuchen stammen und in der Praxis nicht unter diesen idealen Bedingungen gearbeitet werden kann. Daher sind dort die Werte i.d.R. etwas niedriger anzusetzen.

Die Anwendung von Gärresten führte gegenüber einer mineralischen N-Düngung nicht zu erhöhten Rest-Nmin-Gehalten im Boden.

# 7. Versuch Ihlow - Grundwasserschonende Anbauverfahren von Biogasfruchtfolgen

Nach Auskunft des Gewerbeaufsichtsamtes Emden vom Dezember 2009 wird die Anzahl Biogasanlagen in Ostfriesland mit 43 angegeben. Gegenüber dem Vorjahr sind also weitere 13 neue Anlagen ans Netz angeschlossen und folglich der Silomaisanbau deutlich weiter ausgedehnt worden. Für zusätzliche Anbauflächen wurde bzw. wird in der überwiegend vom Futterbau geprägten Region Ostfriesland zunehmend Grünland umgebrochen. Die Auswirkungen des gestiegenen Maisanbaues spiegeln sich v. a. auf den Grünlandumbruchflächen mit z. T. stark überhöhten Nmin-Werten im Herbst wider. Zur Entschärfung der Problematik werden bereits bewährte Instrumente der grundwasserschonenden Wirtschaftsweisen wie z.B. verringerte Reihenabstände oder Grasuntersaaten im Mais angewendet. Die bedarfsgerechte Stickstoffdüngung steht dabei im Vordergrund der Beratungstätigkeiten.

Um das Hauptziel im Grundwasserschutz, die Minimierung der Nitratkonzentration im Sickerwasser zu erreichen, sind jedoch weitere Maßnahmen wie beispielsweise Umstellungen der Fruchtfolgeglieder bzw. Fruchtfolgerotationen unumgänglich.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Kultur bzw. welches Fruchtfolgesystem im Vergleich zum mehrjährigen Maisanbau für die Region Ostfriesland/vergleichbare Regionen geeignet ist, die gleiche Leistungsanforderungen als Energiepflanze zu erfüllen und dabei die Nitratauswaschung über Winter auf ein Minimum zu begrenzen.

Zur Klärung dieser Versuchsfrage wurde im Herbst 2007 ein Feldversuch angelegt, in dem alternative Hauptkulturen und Zweikulturfruchtfolgen im Vergleich zum mehrjährigen Maisanbau auf Ertragsparameter der Methanerzeugung sowie auf ihre N-Dynamik im Boden untersucht werden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des zweiten Prüfjahres dargestellt und erläutert.

## 7.1. Versuchsdurchführung

### 7.1.1. 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 Lenhard 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 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.

Die Grundboden- und Saatbettbearbeitung, die Aussaaten sowie die Ausbringung der organischen Düngemittel erfolgt mit betriebsüblicher Technik. Das Gärsubstrat wird mit der Schleppschlauch- bzw. Schleppschuhtechnik ausgebracht. Die mineralische Ergänzungsdüngung wie auch die Anwendung der Pflanzenschutzmittel erfolgt mit der Versuchstechnik der Versuchsstation Sophienhof. Die Beerntung wird in allen Parzellen als Kernbeerntung von je 10 m² vorgenommen.

**Foto 4 Ausbringen von Gärsubstrat**

**Foto 5 Ernte von Sudangras (Versuchstechnik)**

**Tabelle 27 Anbaudaten der Erst- bzw. Hauptkulturen im Erntejahr 2009**

| Variante, Fruchtart | | Saattermin | Sorte | Aussaatstärke | Erntetermin |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Silomais | 04.05.2009 | Clemente S230 | 10 Pfl./m² | 06.10.2009 |
| **2** | Silomais | 04.05.2009 | Atletico S280 | 10 Pfl./m² | 06.10.2009 |
| **3** | Silomais mit Untersaat | 04.05.2009 | Clemente S230 | 10 Pfl./m² | 06.10.2009 |
| **4.<br>5.** | Grünschnittroggen | 23.10.2008 | Vitallo | 360 Kö/m²<br>(170 kg/ha) | 07.05.2009 |
| **8.<br>9.** | Roggen GPS | 23.10.2008 | Visello | 220 Kö/m²<br>(96 kg/ha) | 18.06.2009 |
| **11.** | Ackergras A1<br>(Welsches Weidelgras) | 13.10.2007 | Zarastro, Fabio, Taurus | 40 kg/ha | 07.05.2009<br>18.06.2009<br>04.08.2009<br>08.10.2009 |
| **12.** | Ackergras A3<br>(Welsches W.<br>+ Deutsches W.<br>+ Bastard W.) | 13.10.2007 | Fabio WW, Enduro BW, Twins Dt. W., Roy Dt. W. | 40 kg/ha | 07.05.2009<br>18.06.2009<br>04.08.2009<br>08.10.2009 |

Die Anbaudaten der Haupt- bzw. Erstkulturen (siehe Tabelle 27) richten sich nach den regionalen Pflanzenbauempfehlungen sowie den Angaben des Züchters. Die Aussaat der Ackergrasmischungen der Var. 11 und 12. wurde für den gesamten Versuchszeitraum am 13.10.2007 durchgeführt. Der Grünschnittroggen hatte die Ähre schon geschoben und erreichte den Beginn der Blüte, so dass am Erntetermin die gesamte Frischmasse einen Trockensubstanzgehalt von im Mittel 17,6 % aufwies. Mit einer Gesamttrockensubstanz (GTS) von über 38 % wurde der Hybridroggen in der

Milchreife am 18. Juni geerntet. Sowohl beim Grünroggen als auch beim Hybridroggen lagen somit die Trockensubstanzgehalte der Ganzpflanzenernte (GPS) im Bereich der Zielwerte. Für die Beerntung dieser Gräser im 2. Nutzungsjahr waren wiederum 4 Schnitte erforderlich.

**Tabelle 28 Anbaudaten der Zweitkulturen im Erntejahr 2009**

| Erstkultur | Zweitfrucht-Varianten | Saattermin | Sorte | Aussaatstärke | Ernte |
|---|---|---|---|---|---|
| **Grünroggen** | 4. Sudangras | 18.05.2009 | Lussi | 65 Pfl./m² | 17.06.2009 |
| | 5. Silomais | 18.05.2009 | Clemente S230 | 10 Pfl./m² | 06.10.2009 |
| **Roggen GPS** | 8. Sudangras | 23.06.2009 | Lussi | 65 Pfl./m² | 19.10.2009 |
| | 9. Silomais | 22.06.2009 | Saludo S210 | 10 Pfl./m² | 19.10.2009 |

Die Aussaattermine der Zweitkulturen (siehe Tabelle 28) hängen von den jeweiligen Ernteterminen der Erstkulturen ab. Hinsichtlich der Maissorten, die als Zweitkulturen fungieren, wurde nach der späten Roggen GPS-Ernte statt einer mittelfrühen nun wiederum die frühe Silomaissorte Saludo ausgewählt, um die kürzere Vegetationszeit besser auszunutzen.

### 7.1.2. Boden- und Klimakennwerte Ihlowerfehn

Der Versuchsstandort - Bodentyp Gley – Podsol- ist ein humose Sandboden mit 7,1 % Humus auf. Bis zum Jahr 2004 wurde die Fläche als Grünland genutzt. Seitdem wurde diese Fläche ausschließlich für den Silomaisanbau genutzt.

**Tabelle 29 Boden- und Klimakennwerte Ihlowerfehn**

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

### 7.1.3. Düngung

Mit Ausnahme der Ackergrasvarianten wurde bei den Haupt- und Erstkulturen bei der N-Düngung die N-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. Wie die drei Analysen der Gärreste zeigen, wurde zwischenzeitlich eine starke Abweichung der Analysenwerte ermittelt. Während die Gärreste im Februar und Juli (siehe Tabelle 30) durchschnittliche Gesamt N-Gehalt von 4,30 bis 4,70 % enthielten, wurde schon bei der Ausbringung im Mai erkennbar, dass die wässrige Konsistenz des Substrates entsprechend geringere Werte zur Folge haben musste (siehe Tabelle 30). Die angeordnete Analyse bestätigte die Annahme, dass eine erhebliche Abweichung der Inhaltsstoffe um minus 50 % vom Normalwert vorlag. Die Ursache könnte mit einem Ausfall der Rühranlage im Fermenter begründet werden. Wie bereits im Vorjahr wurde zu Vegetationsbeginn mit einer N-Anrechenbarkeit von 70 % gerechnet. Trotz der bodennahen Ausbringung mit Schleppschuhtechnik konnten bei den Ackergrasparzellen wiederum nur max. 50 % angesetzt werden, da nach der Ausbringung im Mai und Juni Niederschläge unmittelbar nach der Ausbringung ausblieben.

**Tabelle 30 Analysen der Gärreste aus der Biogasanlage Ihlowerfehn 2009**

| | **Analyse vom 24.02.09** | **Analyse vom 18.05.09** | **Analyse vom 01.07.09** |
|---|---|---|---|
| **Gärrest Ihowerfehn** | 7,09 % TS | 1,72 % TS | 7,27 % TS |
| ▪ **Input jährlich:** 100 % Mais | 4,30 kg/m³ N (1,72 kg /m³ $NH_4$-N) | 2,0 kg/m³ N (1,3 kg /m³ $NH_4$-N) | 4,69 kg/m³ N (1,89 kg /m³ $NH_4$-N) |
| | 1,72 kg/m³ $P_2O_5$ | 0,35 kg/m³ $P_2O_5$ | 1,98 kg/m³ $P_2O_5$ |
| | 4,73 kg/m³ $K_2O$ | 3,32 kg/m³ $K_2O$ | 4,64 kg/m³ $K_2O$ |

**Tabelle 31 N-Düngung der Haupt- und Erstkulturen 2009**

| Variante | | Gärrest-N[1)] | | | Mineral-N | | | | Nmin | N-Düngung | N-Angebot inkl. Nmin |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | N1 | N2 | N3 | N1 | N2 | N3 | N4 | | | |
| | | [kg/ha] | | | [kg/ha] | | | | [kg/ha] | [kg/ha] | [kg/ha] |
| 1 | Silomais S230 | 102 | | | 18 | | | | 33 | 120 | 153 |
| 2 | Silomais S280 | 102 | | | 18 | | | | 42 | 120 | 162 |
| 3 | Silomais mit Untersaat | 129 | | | 18 | | | | 22 | 147 | 169 |
| 4 | Grünschnittroggen | 69 | | | 30 | | | | 51 | 99 | 150 |
| 5 | Grünschnittroggen | 69 | | | 17 | | | | 64 | 86 | 150 |
| 6 | Ackergras | 69 | 32 | 56 | 51 | 48 | 40 | 40 | 39 | 336 | 375 |
| 7 | Ackergras als Untersaat | 69 | 32 | 56 | 51 | 48 | 40 | 40 | 18 | 336 | 354 |
| 8 | Roggen GPS | 69 | | | 49 | | | | 42 | 118 | 160 |
| 9 | Roggen GPS | 69 | | | 60 | | | | 31 | 129 | 160 |
| 10 | Ackergras | 69 | 32 | 56 | 51 | 48 | 40 | 40 | 16 | 336 | 352 |
| 11 | Ackergras A1 | 69 | 32 | 56 | 51 | 48 | 40 | 40 | 29 | 336 | 365 |
| 12 | Ackergras A3 | 69 | 32 | 56 | 51 | 48 | 40 | 40 | 22 | 336 | 358 |

[1)] anrechenbar N

Angesichts des erhöhten Humusgehaltes von 7,1 % auf diesem Standort und der überhöhten Nmin-Restgehalte im ersten Versuchsjahr wurden zur Bemessung des N-Angebotes in den Varianten 1 und 2 gemäß des Nmin-Sollwert-Schemas nun Korrekturwerte um minus 20 bzw. 30 kg N /ha berücksichtigt.

Der hohe Nährstoffanspruch bei Ackergräsern, wird mit einer Gesamt-N-Düngung von über 330 kg/ha dokumentiert. Dieser resultiert aus den 4 Schnittnutzungen pro Jahr.

Die Düngung der Zweitkulturen 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 (siehe Tabelle 32). Da die N-Sollwert-Methode in Zweitkultursystemen noch nicht übertragbar ist, beschränken sich die Angaben hierbei nur auf die N-Zufuhr.

**Tabelle 32 N-Düngung der Zweitkulturen**

| Erstkultur | Zweitfrucht-Varianten | Gärrest-N | Mineralische N-Düngung [kg/ha] | | N-Zufuhr |
|---|---|---|---|---|---|
| | | [kg/ha] | 1 | 2 | [kg/ha] |
| Grünroggen | 4. Sudangras | 45[1)] | 105 | | 150 |
| | 5. Silomais | 45[1)] | 18 | 87 | 150 |
| Roggen GPS | 8. Sudangras | 167[2)] | | | 167 |
| | 9. Silomais | 154[2)] | 18 | | 172 |

[1)] MDÄ = 1,40 kg

[2)] MDÄ = 3,28 kg

### 7.1.4. Fruchtfolgen

Ein wesentlicher Aspekt der Versuchskonzeption zielt darauf ab, möglichst praxisnahe Bedingungen im Bereich der Düngung bei einem Biogasfruchtfolge-Versuch zu realisieren. Demzufolge ist der Einsatz von Gärsubstrat aus der benachbarten Biogasanlage eine unabdingbare Vorrausetzung für dieses Versuchsvorhaben insbesondere dann, wenn Auswirkungen auf die Nmin-Dynamik dargestellt werden sollen.

Die Konzeption der Versuchsvarianten beinhaltet (siehe Tabelle 33) zunächst die wiederkehrenden Hauptkulturen Mais, die sich durch eine mittelfrühe Referenz-Sorte (S230) in der Variante 1 und einer mittelspäten Sorte (S280) in der Variante 2 unterscheiden. 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 konzipiert.

Im Zweikulturnutzungssystem bestehen die Erstkulturen in den Varianten 4 – 5 aus Grünschnittroggen und in den Varianten 8 - 9 aus Roggen - GPS. Orthogonal erfolgt in jedem Prüfjahr nach beiden Kulturen jeweils der Anbau von Mais und Sudangras in diesen Varianten. Durch die konsequente dreimalige Wiederholung der Prüfglieder 4 und 5 bzw. 8 und 9 sind Ableitungen von Zweikultursystemen hinsichtlich der o. g. Aspekte für die nördliche Region möglich..

Energiefruchtfolgen, die sich mit wechselnden Kulturen über einen Zeitraum von 3 Jahren erstrecken und für eine Übertragung in die Praxis gedacht sind, finden sich bei der Variante 3, 6, 7 und 10. Mit Ausnahme der Variante 3, bei der Grasuntersaaten im Mais etabliert wurden, enthalten die Prüfglieder 6, 7 und 10 das grundwasserschonende Ackergras, das nach Grünroggen bzw. Roggen GPS gut anderthalb Jahre genutzt wird und so über zwei Sickerwasserperioden Nitratverluste minimieren kann. Dabei erlangen die Ackergräser im Folgejahr den Status einer Hauptfrucht mit 4 Schnittnutzungen. Erst im dritten Anbaujahr folgt schließlich der Silomais.

**Tabelle 33 Versuchsvarianten der Energiefruchtfolgeglieder im Versuchszeitraum 2008-2010**

| Variante | 2008 | | 2009 | | 2010 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Mais S 230 | | Mais S 230 | | Mais S 230 | |
| **2** | Mais S 280 | | Mais S 280 | | Mais S 280 | |
| **3** | Grünroggen | Mais S 230 + U-Saat | Mais S 230 + U-Saat | | Mais S 230 + U-Saat | |
| **4** | Grünroggen | Sudangras | Grünroggen | Sudangras | Grünroggen | Sudangras |
| **5** | Grünroggen | Mais S 230 | Grünroggen | Mais S 230 | Grünroggen | Mais S 230 |
| **6** | Grünroggen | A-Gras A1 | A-Gras A1 | | Mais S 230 | |
| **7** | Roggen GPS | Gras-U-Saat | A-Gras A1 | | Mais S 230 | |
| **8** | Roggen GPS | Sudangras | Roggen GPS | Sudangras | Roggen GPS | Sudangras |
| **9** | Roggen GPS | Mais S 210 | Roggen GPS | Mais S 210 | Roggen GPS | Mais S 210 |
| **10** | Roggen GPS | A-Gras A1 | A-Gras A1 | | Mais S 230 | |
| **11** | A-Gras A1 | | A-Gras A1 | | A-Gras A1 | |
| **12** | A-Gras A3 | | A-Gras A3 | | A-Gras A3 | |

### 7.1.5. Pflanzenschutz

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (siehe Tabelle 34) wird 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 34 Pflanzenschutz der Haupt- und Erstkulturen**

| Variante | | Datum | Mittel | Aufwandmenge l/ha |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **Mais S230** | 04.06.09 | Successor T + Mikado + Milagro + Certrol B | 3 + 0,75 + 0,5 + 0,3 |
| **2** | **Mais S280** | 04.06.09 | Successor T + Mikado + Milagro + Certrol B | 3 + 0,75 + 0,5 + 0,3 |
| **3** | **Mais mit Untersaat** | 04.06.09 | Mikado + Milagro + Certrol B | 0,8 + 0,3 + 0,3 |
| **4** | **Grünschnittroggen** | - | Keine | |
| **5** | **Grünschnittroggen** | - | Keine | |
| **6** | **Ackergras** | - | Keine | |
| **7** | **Ackergras als Untersaat** | - | Keine | |
| **8** | **Roggen GPS** | 30.04.09 | CCC + Moddus + Fandango + Input | 1 + 0,2 + 0,6 + 0,6 |
| **9** | **Roggen GPS** | 30.04.09 | CCC + Moddus + Fandango + Input | 1 + 0,2 + 0,6 + 0,6 |
| **10** | **Ackergras** | - | keine | |
| **11** | **Ackergras A1** | - | keine | |
| **12** | **Ackergras A3** | - | keine | |

**Tabelle 35 Pflanzenschutz im Zweitkulturanbau**

| Erstkultur | Zweitfrucht-Varianten | Datum | Mittel | Aufwandmenge kg/ha |
|---|---|---|---|---|
| **Grünroggen** | 4. Sudangras | 18.05.2009 | Gardo Gold + Mais Banvel WG | 3 + 0,25 |
| | 5. Silomais | 18.05.2009 | Successor T + Mikado + Milagro + Peak | 3 + 0,75 + 0,5 + 10g |
| **Roggen GPS** | 8. Sudangras | 23.06.2009 | Gardo Gold + Mais Banvel WG | 3 + 0,25 |
| | 9. Silomais | 22.06.2009 | Successor T + Mikado + Milagro + Peak | 3 + 0,75 + 0,5 + 10g |

### 7.1.6. Ernte

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

**Foto 6 Ernte Sudangras**

### 7.1.7. Untersuchungen und Auswertungen

Die TKM- und TS-Bestimmungen werden nach der Richtlinie des Bundessortenamtes vom Versuchsansteller durchgeführt. Erntegutanalysen (NIRS-Verfahren und chemische Untersuchungen) erfolgen 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 Gärrestuntersuchungen.

### 7.1.8. Nmin-Beprobungen

Die Bodenproben zur Nmin-Untersuchung wurden im Frühjahr, nach der Ernte und zur Sickerwasserspende gezogen. Die Beprobungstiefe war 0 bis 90 cm. Die Probendichte pro Flächeneinheit und die Analyse erfolgte nach den einschlägigen Verfahrensvorschriften des VDLUFA. Die Bezeichnung Rest-Nmin bezieht sich in diesem Bericht auf die Nmin-Werte im Boden nach der Ernte der Versuchsfrucht.

### 7.1.9. Bestandesentwicklung der Hauptkultur bzw. Erstkulturen

Die Erstkulturen Grünschnitt- und Hybridroggen entwickelten sich über Winter zu normalen Bestandesdichten im Frühjahr. Es lagen allerdings Bestandesdichten von 385 bzw. 363 Ähren/m² vor, die eher unterdurchschnittlich einzustufen sind und mit dem späteren Aussaattermin in Verbindung zu bringen sind. Das Krankheitsgeschehen beim Grünschnittroggen trat latent mit Rhynchsporium Blattflecken in Erscheinung. Die Einmalanwendung mit Fungiziden und Wachstumsregulatoren im Hybridroggen hielt auch hierbei die Blattflecken und den Braunrost auf ein tolerierbares Maß in Grenzen. Der Wasserverbrauch dieser Erstkulturen war angesichts der Restfeuchte im Boden beispielsweise nach der Grünroggen - Ernte deutlich erkennbar: Kritische Trockenphasen traten durch ausreichende Niederschläge jedoch nicht auf.

Die langjährigen Ackergras-Hauptkulturen in der Variante 11 und 12 überstanden den zweiten Winter gut und verfügten über Kulturdeckungsgrade mit jeweils 97 %. Die Deckungsgrade der Ackergrasmischungen, die Bestandteil einer Fruchtfolge-Rotation waren, nahmen in der Reihenfolge bei den Varianten 10, 6 und 7 von 95 über 86 auf 79 % ab. Der Deckungsgrad von 79 % in der der Variante 7 resultierte aus Bestandeslücken, die eine Folge des Grasuntersaat-Verfahrens war. (Siehe Versuchsbericht zum Erntejahr 2008).

Vereinzelt sorgten Maulwürfe über Winter mit ihren Gängen und Hügeln für zusätzliche Bestandeslücken.

**Foto 7 Optimale Bestandesdichten in der Ackergras-variante 11 nach dem 3. Schnitt**

Lückenhafter Auflauf im Versuchsglied 7. im Okt. 2009 nach dem 4. Schnitt

**Foto 8 Grasuntersaat in Roggen GPS vom April 2008**

Der Aussaattermin der Hauptkulturen Silomais war am 5. Mai wie im Vorjahr. Die Vegetationszeit war gekennzeichnet von einer normalen Bestandesentwicklung, die im Spätsommer unter dem Einfluss einer niederschlagarmen Zeit stand.

**Foto 9 Hauptkulturen Mais: Referenzsorte S 230 links, rechts S 280 im September 2009**

### 7.1.10. Bestandesentwicklung der Zweitkulturen

Die Aussaat und der Auflauf der Zweitkulturen waren nach der Beerntung von Grünroggen im Gegensatz zum Vorjahr von einer günstigen Witterung gekennzeichnet, so dass optimale Bestandesdichten erzielt werden konnten. Dennoch war der Boden beim Umbruch durch den Wasserverbrauch der Erstkulturen spürbar ausgetrocknet.

**Foto 10 Bestandesentwicklung der Zweitkultur Sudangras nach Grünroggen am 17. Sept. 2009**

**Foto 11 Bestandesentwicklung der Zweitkulturen Sudangras (links) und Mais (rechts) nach Roggen GPS im Sept. 2009**

**Foto 12 Bestandesentwicklung der Zweitfrüchte Mais und Sudangras nach Roggen GPS am Erntetag des19. Okt. 2009 nach dem ersten Nachtfrost**

**Foto 13 Grasuntersaaten unter Mais in der Variante 3 kurz nach der Ernte**

Der erfolgreiche Anbau von Zweitfrüchten insbesondere von Ackergräsern wird maßgeblich durch den Wasserverbrauch der Erstkultur bestimmt und ist von der nachfolgenden Niederschlagsverteilung im Sommer abhängig.

Der Einsatz von Deutschem Weidelgras als Untersaat unter Mais sollte den Nitrataustrag über Winter reduzieren. So konnte sich in der Variante 3 die Untersaat bis zur Maisernte infolge der späteren Abreife des Maises, die mit einer starken Beschattung verbunden war, nur in 2 von den 3 Wiederholungen ausreichend etablieren.

## 7.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse zum Versuch Ihlow

### 7.2.1. Trockenmasseerträge der Fruchtfolgeglieder

In der Abbildung 55 sind die Gesamttrockenmasseerträge in dt/ha aller geprüften Fruchtfolgeglieder dargestellt. Ausgehend von der Referenz – Variante 1 lag mit 175 dt/ha für die mittelfrühe Maissorte S 230 ein Ertrag vor, der zwar den durchschnittlichen Ertrag von 213 dt/ha des LSV – Silomais im Raum Wittmund unterschreitet, sich jedoch noch im Bereich der praxisüblichen Ergebnisse befindet. Der Anbau der mittelspäten Silomaissorte „Atletico“ erbrachte nur einen Mehrertrag von 2 dt/ha. Variante 3 erbrachte mit Grasuntersaaten einem Spitzenertrag von 190 dt/ha TM. Ursache waren möglicherweise positive Vorfruchtwirkungen der Grasuntersaaten aus dem Vorjahr.

Zur Ausschöpfung der Ertragspotentiale bei den Ackergräsern im Versuchsglied 11 und 12 waren 4 Schnitttermine erforderlich. Insbesondere bei den Ackergrasmischungen, die Welsches Weidelgras enthielten („A1“), lagen die Ertragsleistungen der Prüfglieder 6, 10, 11 auf gleichen Niveau zur Referenzfrucht Mais, während die „A3 Mischung“ in der Variante 12, die neben Welschem. Weidelgras auch Dt. und Bastard Weidelgras enthält, deutlich abfiel.

Trotz lückenhaften Bestandes erreichte die Grasuntersaat unter Roggen GPS (Var. 7) vom Frühjahr 2008, im folgenden Erntejahr als Hauptfrucht gleich hohe Trockenmasseerträge wie die Referenzfrucht Mais.

Im Zweikultursystem auf Basis von Grünschnittroggen, ließ sich wieder ein signifikanter Mehrertrag bei der Folgefrucht Mais in der Variante 5 erzielen, obwohl der Trockenmasseertrag von Grünroggen in diesem Jahr mit 41 dt/ha verglichen mit dem Vorjahr eher schwach ausfiel. Somit führte wiederum die spätere Aussaat bei der Folgefrucht Mais zu keinem Minderertrag. Im Gegenteil, sie überragte die Standardvariante um mehr als 5 dt TM/ha. Dagegen lagen die Ertragsleistungen im System Grünroggen - Sudangras zwar niedriger als die Standard-Hauptfrucht Mais; dieses war jedoch statistisch nicht abzusichern.

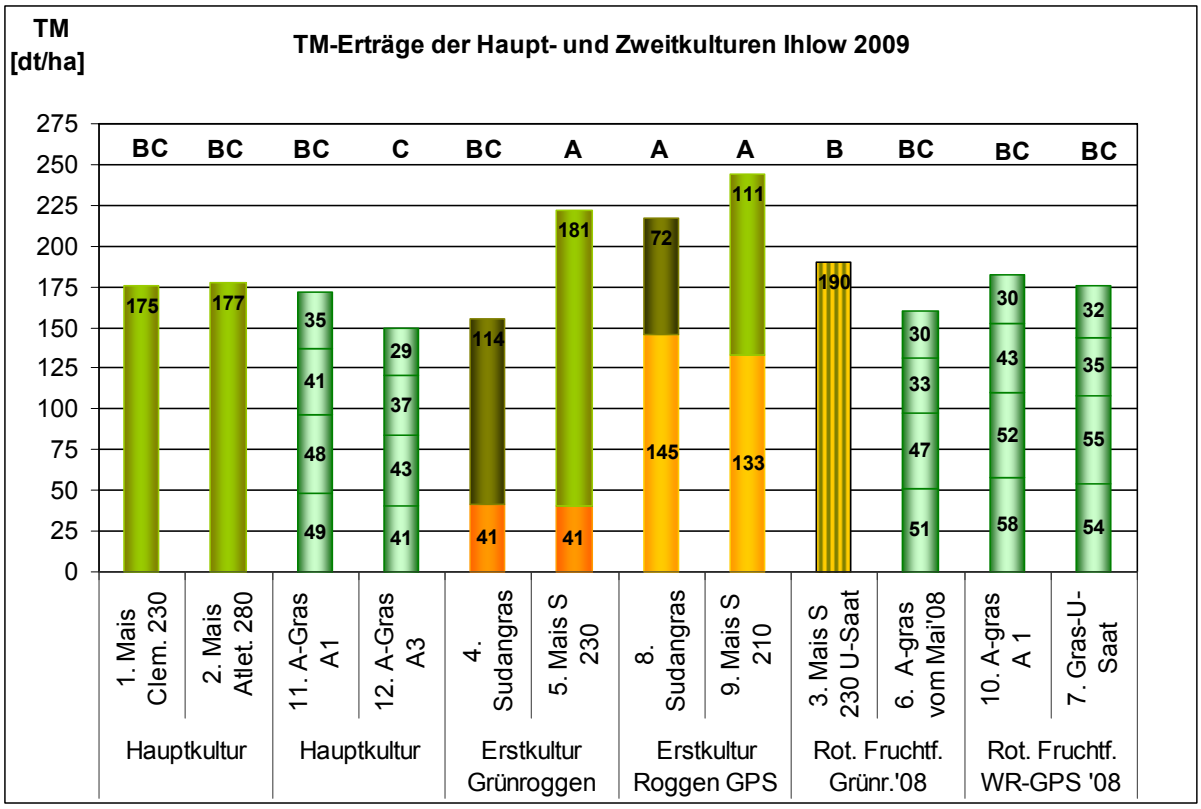



**Abbildung 55 TM - Erträge der Haupt- und Zweitkulturen**

Der Hydridroggen –als Roggen GPS - sorgte dieses Jahr für einen deutlichen Ertragsvorsprung, den sowohl die Nachfrucht Mais als auch das Sudangras für einen gesicherten Mehrertrag benötigten. Obwohl hierbei die Leistungen der beiden Zweitfrüchte geringer ausfielen als nach der Vorfrucht Grünschnittroggen, wurden die Gesamtleistungen durch die Erstkultur Roggen GPS überkompensiert.

Dass das Ertragsverhalten der jeweiligen Zweitkulturen Mais und Sudangras maßgeblich vom Erntetermin der Erstfrucht und somit vom Aussaattermin abhängig war, zeigt die Abbildung 56.

Bezogen auf den jeweiligen Mittelwert wurde die ertragliche Überlegenheit beim Mais erkennbar. In der Differenzierung der Erstkulturen ließen sich nach Grünroggen, wie erwartet, wesentlich höhere TM-Erträge realisieren als nach dem später geernteten Roggen - GPS. Es ist davon auszugehen, dass spätere Aussaattermine bis zum 20. Mai bei frühen und mittelfrühen Maissorten noch in einem Bereich liegen, in dem optimale TM-Erträge erzielt werden können. Weitere Verschiebungen der Saatzeiten in den Juni hinein führten offensichtlich zu deutlichen Mindererträgen. Ein Beleg dafür, dass aufgrund der verkürzten Vegetationszeit das jeweilige Ertragspotential nicht mehr ausgeschöpft wurde. Diese Eigenschaft war beim Mais noch stärker ausgeprägt, als beim Sudangras.

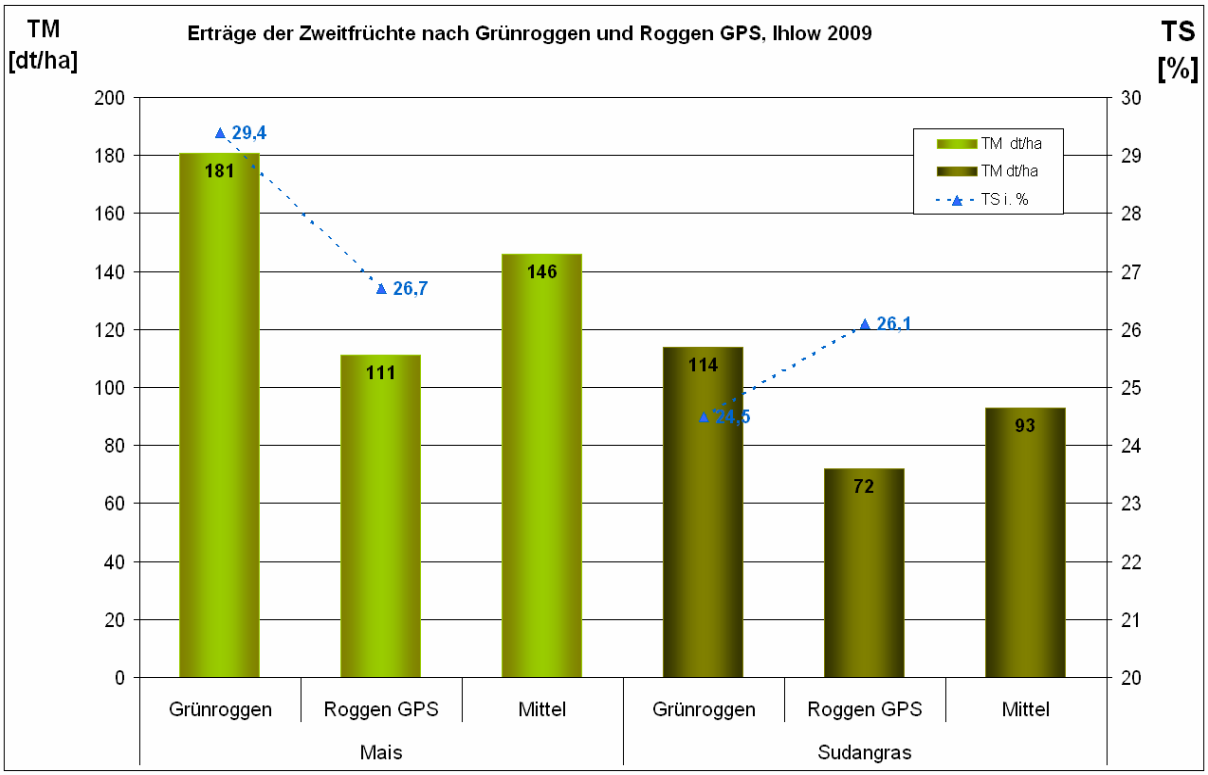



**Abbildung 56 TM- Erträge der Zweitfrüchte in Abhängigkeit der Erstkultur**

Ein weiterer Aspekt, der beim Anbau von Zweitfrüchten einbezogen werden muss, ist das Abreifeverhalten. So konnte anhand der TS-Gehalte nachgewiesen werden, dass eine sichere Abreife bzw. Silierfähigkeit von Mais und Sudangras nicht immer gewährleistet war. Nach der Roggen GPS-Ernte im Juni gelangten die nachgebauten Zweitkulturen nicht mehr zur vollen Ausreife im Oktober. Immerhin sorgten Nachtfröste unmittelbar vor der Ernte für einen Anstieg des TS-Gehaltes auf 26 %. Die sichere Abreife von Sudangras war selbst nach dem früher geernteten Grünroggen nicht ausreichend gewährleistet. Zudem kann bei dieser Kultur ein Zielwert von über 28 % GTS oft nur bei gleichzeitiger Verholzung erzielt werden. Dieses führt zu verminderter Gasausbeuten.

### 7.2.2. Methanerträge der Fruchtfolgeglieder

Die Methanleistungen der Fruchtfolgeglieder kommen in der Abbildung 57 zum Ausdruck.

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. Gesicherte Mehrerträge bei den Methanausbeuten konnten wiederum im Zweikultursystem beobachtet werden, wenn die Erstkulturen mit Mais kombiniert wurden. Während Sudangras nach Grünroggen mit der Referenzfrucht Mais vergleichbar war, konnte die Kombination Mais nach Roggen GPS einen signifikanten Mehrertrag verbuchen. Die Grasuntersaat im Mais in der Variante 3 blieb hierbei ohne Einfluss. Statistisch lagen die Ausbeuten im zweiten Versuchsjahr bei den Ackergräsern auf gleichem Niveau mit den Hauptfruchtvarian-

ten Mais. Gegenüber der Standard –Variante 1 konnte die mittelspäte Maissorte „Atletico“ trotz eines höheren TM-Ertrages keine höheren Methanausbeuten erzielen.

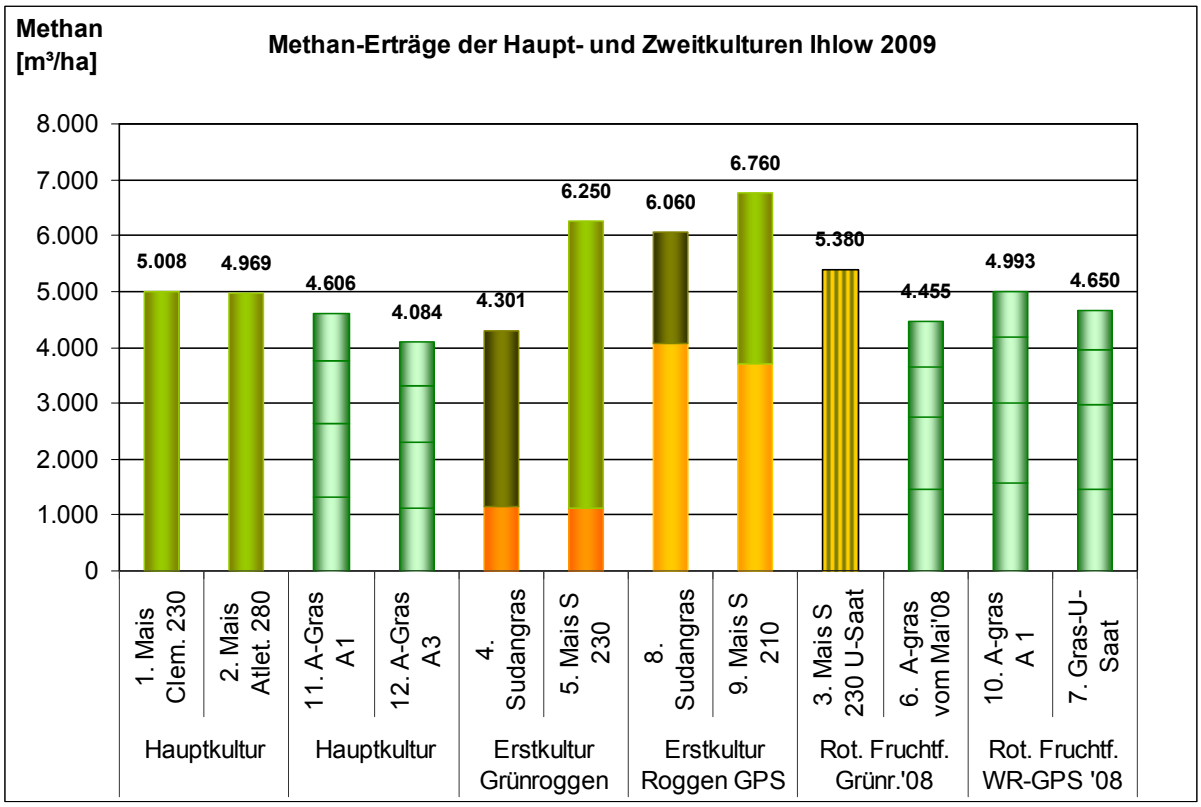



**Abbildung 57 Abbildung: Methanerträge der Haupt- und Zweitkulturen**

### 7.2.3. Stickstoffbilanzen der Fruchtfolgeglieder

Die Berechnung und Darstellung der N-Salden, die aus der N-Zufuhr und N-Abfuhr resultierten, sind Anhaltspunkte für eine bedarfsgerechte Stickstoffdüngung. Die Abbildung 58 bildet die Gesamt – N - Zufuhr und N Entzug aller Versuchsglieder ab. Dabei wurden diese bei den Zweikultursystemen jeweils summiert, so dass ein Gesamtsaldo gebildet wurde.

Die ausgeprägten negativen N-Salden unter den beiden Hauptfrüchten Mais weisen darauf hin, dass große Stickstoffmengen aus dem Bodenvorrat vom Mais genutzt wurden. Den hohen N-Zufuhren bei den Ackergräsern in den Varianten 11 und 12 standen noch höhere Entzugsleistungen gegenüber, die noch ein negatives Saldo hinterließen.

Im Zweikultursystem stand die höhere N-Zufuhr entsprechend dem höheren N-Entzug gegenüber. Fruchtfolgekombinationen mit Sudangras waren scheinbar weniger in der Lage, die bereit gestellten N-Zufuhren in Pflanzenmasse umzuwandeln. Auch hierbei kam das begrenzte Ertragspotential von Sudangras zum Tragen.

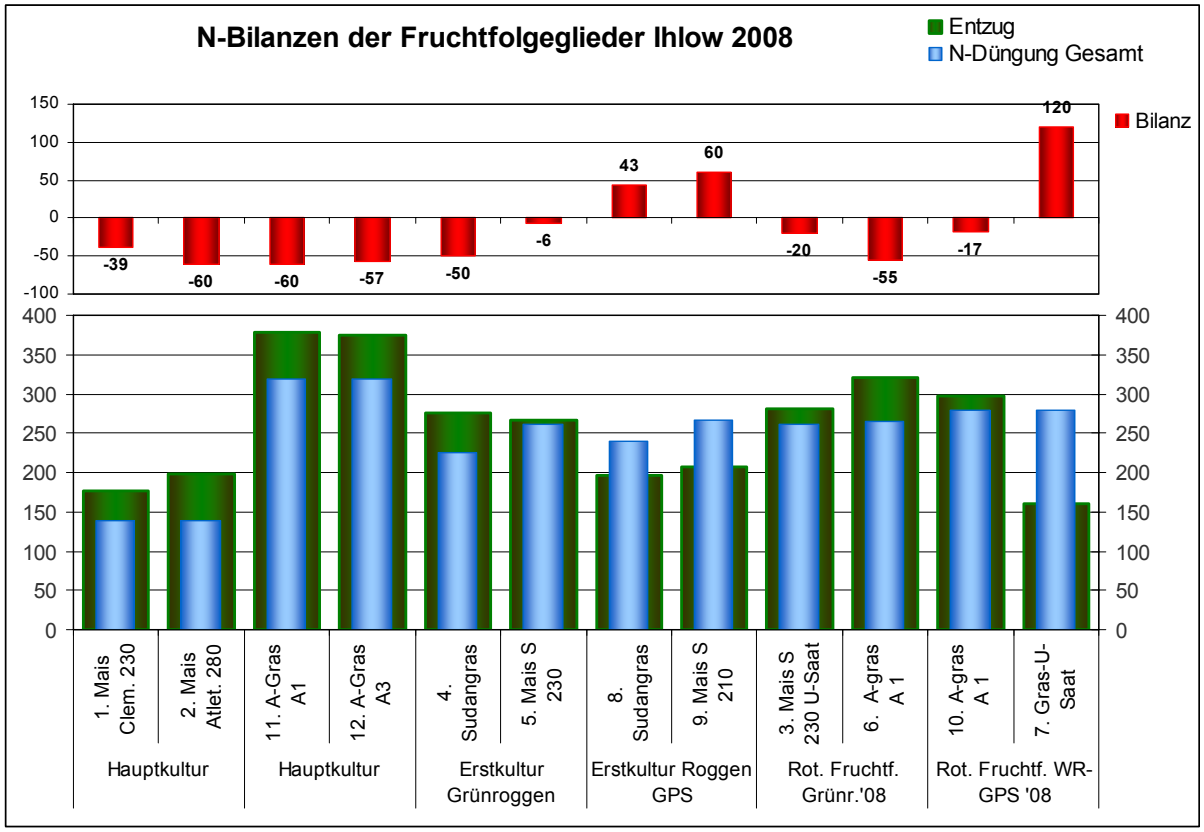



**Abbildung 58 N-Bilanzen der Fruchtfolgeglieder**

### 7.2.4. Nmin-Ergebnisse der Fruchtfolgeglieder

Um die Auswirkung der Fruchtfolgeglieder auf die Nmin-Gehalte im Boden zu Beginn der Sickerwasserperiode zu untersuchen, wurden am 23.11.2009 Nmin-Proben gezogen. Zuvor wurden die Nmin-Gehalte nach dem jeweils letzten Erntetermin der Hauptkulturen bzw. der Zweitfrüchte Ende September / Anfang Oktober ermittelt. Diese Ergebnisse wurden in der unteren Graphik jeweils vorangestellt.

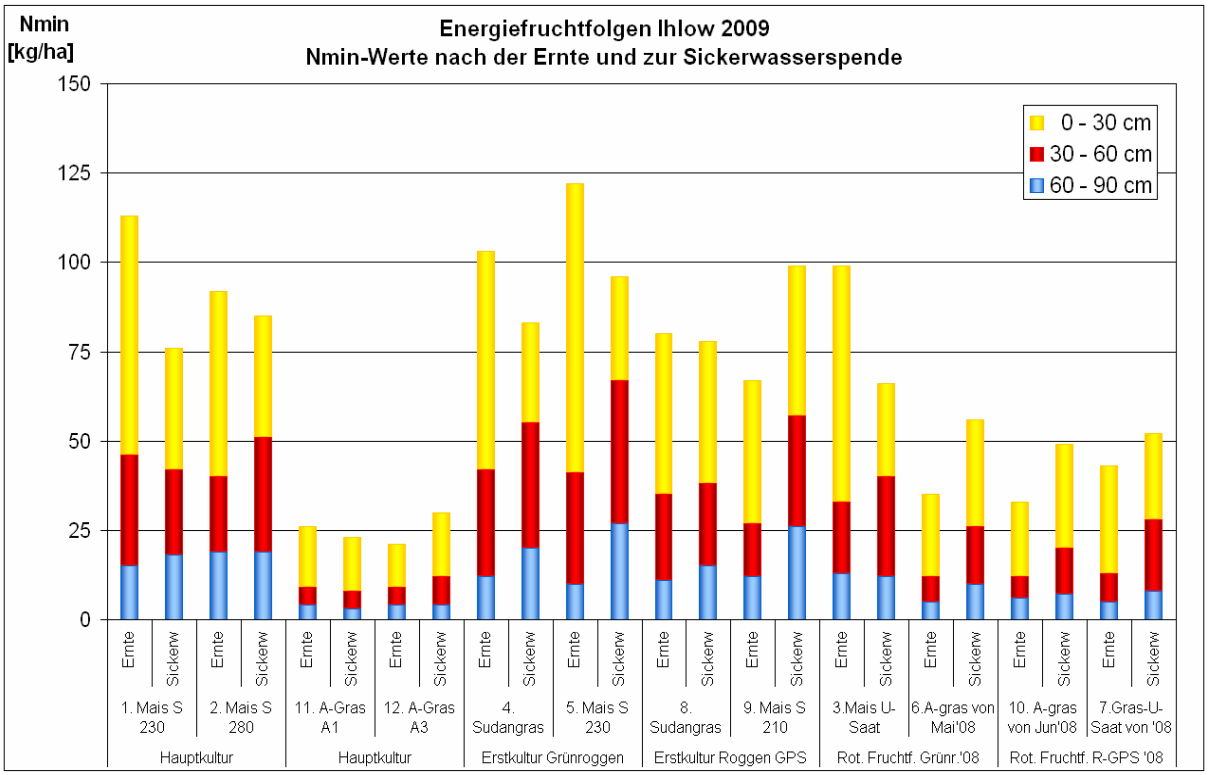



**Abbildung 59 Nmin-Ergebnisse der Fruchtfolgeglieder im Herbst**

Unter der mittelfrühen Maissorte im Prüfglied 1 wurden nach der Ernte 113 kg Nmin/ha gemessen, dieses ist eine Verminderung gegenüber dem Vorjahreswert um nahezu 100 kg/ha. Dieses war auch auf den Abschlag von minus 20 kg N/ha vom Sollwert zurückzuführen. Dennoch ist dieser Wert vom Zielwert 50 kg Nmin/ha weit entfernt. Infolge höherer N-Entzüge konnte der mittelspäte Mais (S 280) in Variante 2 den Nmin-Wert immerhin noch einmal um rund 20 kg/ha senken. Die N Düngung sollte auf diesem stark humosen Standort mit entsprechender Stickstoffnachlieferung noch weiter reduziert werden. Auch in 2011 ist die begleitende Untersuchung der N Dynamik geplant.. Anderthalb Monate später zur Sickerwasserspende sind gewisse Abnahmen der Nmin-Gehalte in den oberen Profilabschnitten zu beobachten. Weil sich die Nmin-Dynamik bei der Variante 3 mit Grasuntersaat kaum von der Variante 1 unterschied, konnte eine nennenswerte Reduktion auf den Nmin-Gehalt durch die Untersaat weitgehend ausgeschlossen werden. Das Niveau der Nmin-Reste bei den Zweitkulturen nach Grünroggen unterschied sich mit Werten von über 100 kg/ha kaum von dem Ergebnis der Referenzvariante Mais.

Das Zweikultursystem auf Basis von Roggen-GPS verzeichnete jedoch nach der Beerntung der jeweiligen C4-Pflanzen Mais und Sudangras im Vergleich niedrigere Nmin-Werte im Bereich von 70 bis 80 kg/ha, bei einer höheren N-Zufuhr. Dies wurde bereits im letzten Jahr beobachtet. Die Ursache hierfür dürfte bei den Zweitkulturen in einer Verschiebung der Nährstoffaufnahme in den Spätsommermonaten liegen, da die Abreife, wie oben beschrieben, gegenüber früheren Saatterminen, entsprechend später einsetzte. Für den Erfolg der Zweitfrucht ist jedoch die ausreichende Bodenfeuchte in den Frühsommermonaten wichtige Voraussetzung.

Außerdem dürfte die intensivere Durchwurzelung beim Sudangras, wie die folgenden Abbildungen zeigen, vergleichbar mit einem engeren Reihenabstand bei Mais, zumindest in der Variante 4 für eine effizientere N-Ausnutzung gesorgt haben.

**Foto 14 Wurzelbild von Sudangras**

**Foto 15 Wurzelbild von Mais**

Der Anbau von Ackergräsern im Hauptfruchtanbau verzeichnete die geringsten Nmin-Werte im Herbst. Die Nmin-Werte lagen im Bereich von 20 – 50 kg/ha. Damit wurde auch für das 2. Versuchsjahr ein erstrebenswertes Niveau erzielt. Somit erwies sich der Ackergrasanbau, der einen relativ hohen Nährstoffanspruch hat, als effiziente Maßnahme zur Minimierung von Nmin-Gehalten vor Beginn der Sickerwasserperiode.

Die guten Nmin-Ergebnisse bei den Ackergräsern 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. Dieser wird natürlich bei der Beerntung der Biomasse nicht erfasst, solange dieser nicht umgebrochen wird.

### 7.3. Zusammenfassung Versuch Ihlow

Die Fortführung des auf 3 Jahre angelegten Energiefruchtfolgeversuches am Standort Ihlowerfehn konnte im 2. Versuchsjahr erfolgreich durchgeführt und ausgewertet werden.

**Hauptkulturen Silomais**

Die Trockenmasseerträge der Hauptkulturen Mais bewegten sich im 2. Prüfjahr mit 175 bzw. 177 dt/ha auf einem durchschnittlichen realen Praxisniveau. Das Ertragspotential wurde gemessen am regionalen LSV Silomais in Borgholt (WTM) standortbedingt nicht voll ausgeschöpft. Es wurden Methanleistungen von gut 5000 cbm/ha erreicht; ein Sorteneinfluss war nicht erkennbar. Es lagen trotz deutlicher negativer Salden noch überhöhte Nmin-Werte im Herbst vor, die jedoch geringer waren als im Vorjahr. Aufgrund der hohen Stickstoffnachlieferung kann bzw. muss die N Zufuhr über die Düngung weiter reduziert werden.

**Hauptkultur Ackergras**

Bei den Ackergräsern lagen bei einer viermaligen Schnittnutzung TM - Erträge von 150 bis 183 dt/ha und Methanausbeuten von 4084 bis 4650 cbm/ha im 2. Prüfjahr vor. Sie lagen in den Ertragsleistungen damit auf gleicher Stufe wie die Referenzfrucht Mais. Gegenüber dem Mais war hierfür eine wesentlich höhere N-Zufuhr erforderlich. Bei negativen N-Salden wurden niedrige Nmin-Werte zur Sickerwasserspende von meist unterhalb 50 kg N/ha erzielt. Damit bietet der Anbau von Ackergras eine hohe Garantie für geringe Nmin-Werte im Herbst, solange die Kultur nicht umgebrochen wird.

**Zweikulturnutzung**

Die Erstkulturen Grünschnittroggen und Roggen-GPS erreichten durchschnittliche Trockenmasseerträge von 41 bzw. 145 dt/ha und erfüllten die Ertragserwartungen.

Im Vergleich der Zweitkulturen war der Mais auch im 2. Prüfjahr hinsichtlich der Ertragsleistungen dem Sudangras überlegen.

Gesicherte Mehrerträge bei den Methanausbeuten konnten wiederum im Zweikultursystem beobachtet werden, wenn die Erstkulturen mit Mais kombiniert wurden.

Das unsichere Abreifeverhalten von Mais und Sudangras nach Roggen GPS verhinderte die praktische Nutzung dieser Fruchtfolge auch dann, wenn gute Erträge und noch moderate Nmin-Werte erzielt wurden.

Das Zweikultursystem mit Grünroggen und Mais erzielte gegenüber dem Hauptfruchtanbau mit Mais Mehrerträge. Doch angesichts der erhöhten Nmin-Werte nach der Ernte kann dieses Fruchtfolgepaar noch nicht als sichere grundwasserschonende Alternative. angesehen werden.

## 8. Ergänzende Nmin-Untersuchungen 2009

Seit 2008 führt die Landwirtschaftskammer Niedersachsen in bestehenden Exaktversuchen z. B. zur Produktionstechnik oder in Landessortenversuchen ergänzende Nmin-Untersuchungen durch. Die dort gewonnen Ergebnisse können unterstützend von den Wasserschutzberatern herangezogen werden und bieten praxisnahe Erkenntnisse über die Auswirkungen der Landbewirtschaftung auf die N Dynamik im Boden, die die Landwirte mit ihren regionalen Daten abgleichen können. Im Versuchsjahr 2009 wurden ergänzende Nmin-Untersuchungen nach der Ernte bzw. zu Beginn der Sickerwasserperiode in folgenden Feldversuchen durchgeführt:

- Cultandüngung
- Zweitfruchtanbau
- 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 und zu Körnermais
- Silomais unter Folie

**Tabelle 36 Standorte der ergänzenden Nmin-Untersuchungen**

| Standort | Versuche |
|---|---|
| Hamerstorf, LK Uelzen | Cultandüngung |
| Otterndorf, LK Cuxhaven | Cultandüngung |
| Poppenburg, LK Hildesheim (5) | Zweitfruchtanbau<br>Unterschiedliche Bestandesdichte und N-Düngung bei Energiepflanzen (2)<br>Drilltechnik (2) |
| Rockstedt, Landkreis Rotenburg (6) | Zweitfruchtanbau<br>Unterschiedliche Bestandesdichte und N-Düngung bei Energiepflanzen (3)<br>Gülleunterfußdüngung |
| Wehnen, LK Ammerland (4) | Drilltechnik<br>Gülleunterfußdüngung (2)<br>Silomais unter Folie |
| Werlte, LK Emsland (3) | Zweitfruchtanbau<br>Unterschiedliche Bestandesdichte und N-Düngung bei Energiepflanzen<br>Drilltechnik |

### 8.1. Versuch 619 – Cultan

An den Standorten Hamerstorf und Otterndorf fanden 2009 zwei Versuche zur N-Düngung nach dem Cultan-Düngungsverfahren statt. Das Cultan-Düngungsverfahren zeichnet sich durch die Ablage eines speziellen Stickstoffdüngers (Ammonium-Dünger) mittels Injektion in den Boden aus. Es wird ein so genanntes N-Depot in unmittelbarer Nähe der Pflanzenwurzel angelegt, aus dem sich die Pflanze während der Vegetation selbst versorgt. Bis zur Ernte der Pflanze ist das Depot i. d. R. ausgeschöpft. Der Vorteil dieser langsam fließenden N-Quelle ist eine kontinuierliche Versorgung der Pflanze aber vor allem die Vermeidung der N-Auswaschung bzw. N-Verlagerung während und zu Ende der Vegetation bzw. zur Ernte der Hauptkultur.

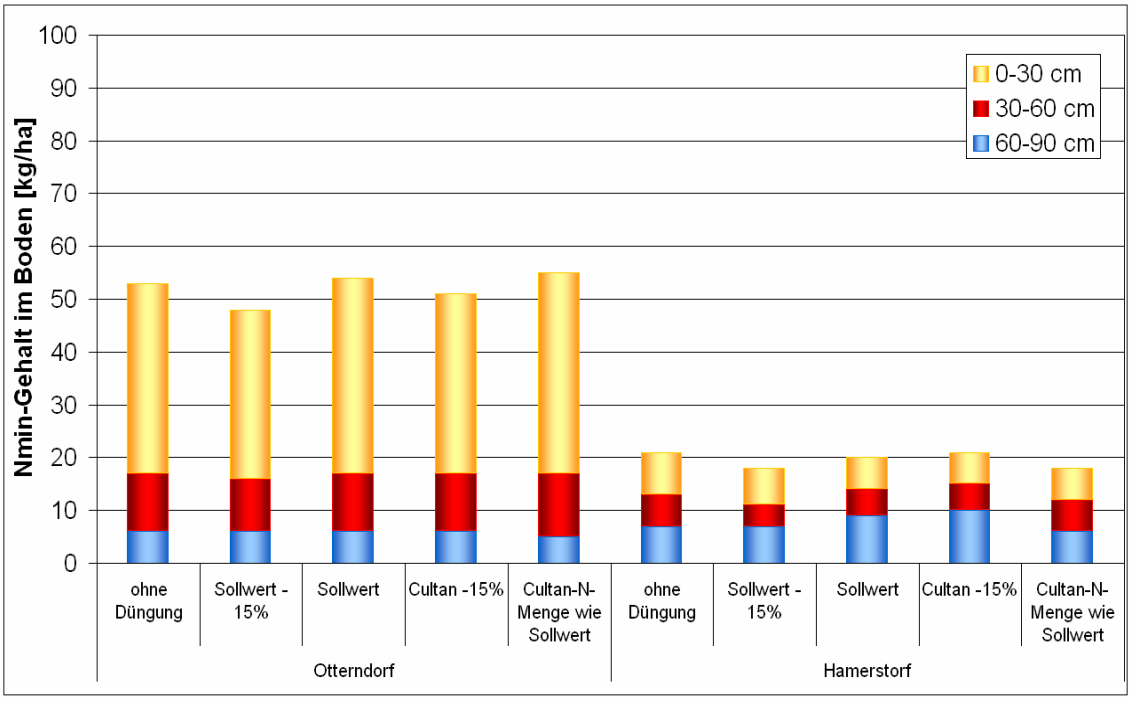



**Abbildung 60 Nmin Gehalte nach der Ernte bei Nutzung des Cultan-Düngungsverfahren im Vergleich zur mineralischen Düngung von Winterweizen, Versuch 619 2009**

Um dieses nachzuprüfen, wurden in beiden Versuchen nach der Ernte die Restnitratuntersuchungen in den einzelnen Varianten durchgeführt (siehe Abbildung 60). Die Ergebnisse verdeutlichen, dass es zwischen den einzelnen Varianten eines Standortes nur marginale Unterschiede im Nmin-Niveau gab. In Otterndorf, ein Marschstandort mit generell höheren Nmin-Werten zur Ernte, lagen die Restnitratwerte zwischen 48 und 55 kg N/ha. Zwischen der SW und der Cultan-Variante gab es keine Unterschiede, lediglich in den reduzierten Varianten lagen die Restnitratwerte geringfügig niedriger. In Hamerstorf zeigten sich ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Varianten, die Werte lagen zwischen 18 und 22 kg N/ha. Das N-Niveau lag insgesamt auf diesem Standort sehr niedrig, was aber auch in anderen Versuchen für Sandstandorte bestätigt wird. Die Aussage, dass durch das Cultan-Düngungsverfahren die Nmin-Werte zur Ernte geringer sind als bei üblicher

Düngung, konnte durch diese Versuche nicht bestätigt werden. Möglicherweise könnten die N-Mengen im Cultan-Verfahren noch höher als in der untersuchten Variante Sollwert minus 15% reduziert werden, um eine größere Differenzierung zur Sollwertdüngung und mögliches Potential der N Reduzierung aufzuzeigen.

## 8.2. Versuch 753 - Zweitfruchtanbau von unterschiedlichen Sommerfrüchten nach Roggen

An den Standorten Rockstedt, Werlte und Poppenburg wurden unterschiedliche Sommerfrüchte nach Winterroggen, der als Grünroggen bzw. als Ganzpflanzensilage geerntet wurde, angebaut.

**Tabelle 37 Übersicht Versuch 753 Zweitfruchtanbau von unterschiedlichen Sommerfrüchten nach Roggen; 2009**

| Standort | Erstfrucht | Zweitfrucht | N-Düngung | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|
| **Poppenburg** | **Grünroggen** | Mais (Ronaldinio) | 130 kg N/ha | |
| | | Sonnenblume (Metharoc) | 70 kg N/ha | |
| | | Sudangras (Lussi) | 110 kg N/ha | |
| | **Roggen-GPS** | Mais (Saludo) | | Nicht beerntet aufgrund von Trockenschäden |
| | | Sonnenblume (Heliaroc) | | |
| | | Sudangras (Lussi) | | |
| **Rockstedt** | **Grünroggen** | Ackergras A1 | 210 kg N/ha | |
| | | Mais (Ronaldinio) | 140 kg N/ha | |
| | | Sonnenblume (Metharoc) | 80 kg N/ha | |
| | | Sudangras (Lussi) | 120 kg N/ha | |
| | **Roggen-GPS** | Ackergras A2 | 100 kg N/ha | |
| | | Mais (Saludo) | 100 kg N/ha | |
| | | Sonnenblume (Heliaroc) | 90 kg N/ha | |
| | | Sudangras (Lussi) | 130 kg N/ha | |
| **Werlte** | **Grünroggen** | Ackergras A1 | 145 kg N/ha | |
| | | Mais (Ronaldinio) | 165 kg N/ha | |
| | | Sonnenblume (Metharoc) | 105 kg N/ha | |
| | | Sudangras (Lussi) | 145 kg N/ha | |
| | **Roggen-GPS** | Ackergras A2 | 130 kg N/ha | |
| | | Mais (Saludo) | 120 kg N/ha | |
| | | Sonnenblume (Heliaroc) | 60 kg N/ha | |
| | | Sudangras (Lussi) | 100 kg N/ha | |

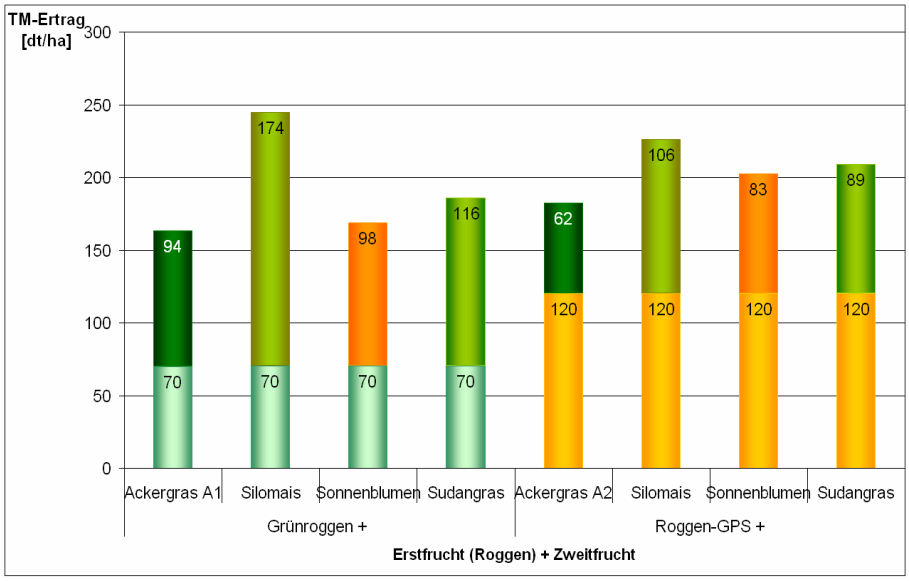



**Abbildung 61 Durchschnittlicher Trockenmasseerträge der Erst- und Zweitfrucht der Standorte Poppenburg, Rockstedt, Werlte, Versuch 753, 2009**

Die Varianten mit Silomais als Zweitfrucht erzielten mit 174 dt TM/ha nach Grünroggen bzw. 106 dt TM/ha nach GPS, gefolgt von Sudangras die höchsten Erträge.

Die Pflanzen entzogen dem Boden unterschiedliche N-Mengen, was in den zu zwei Terminen gezogenen Bodenproben deutlich zum Ausdruck kam. Die höchsten Rest-Nmin-Gehalte wurden nach der Ernte zu fast allen Terminen bei Mais und Sonnenblumen gemessen. Die Sudangras- und insbesondere Ackergrasvarianten wiesen sehr niedrige Nmin-Gehalte auf. Die unterschiedlichen Sorten der Zweitfrucht hatten aufgrund des späteren Aussaattermins keinen Einfluss auf die Rest-Nmin –Gehalte im Boden.

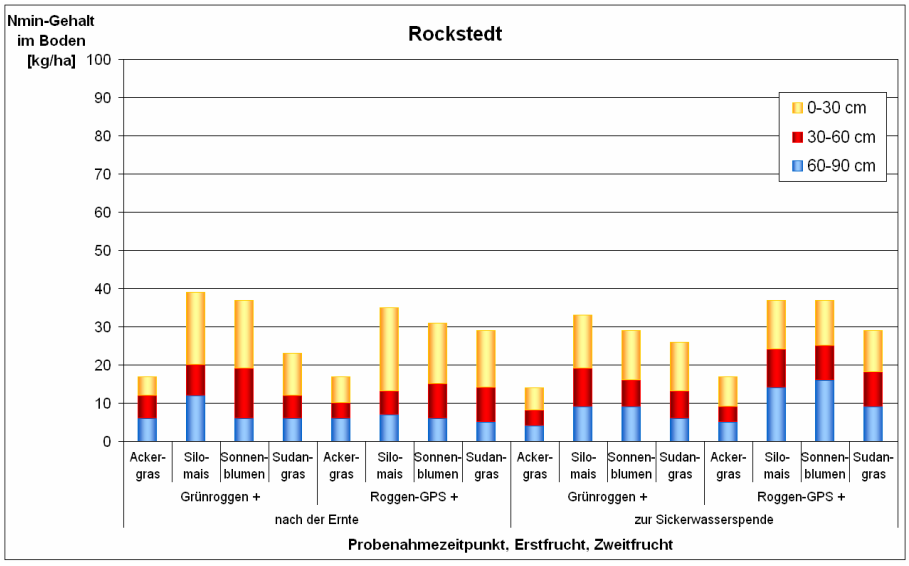



**Abbildung 62 Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende, Versuch 753, Rockstedt, 2009**

In Rockstedt lagen die Rest-Nmin-Gehalte im moderaten Bereich von max. 40 kg/ha. Ein Vergleich der Standorte zeigt, dass in Poppenburg nach Silomais mit über 70 kg N/ha die höchsten Rest-Nmin-Werte gemessen wurden. Dies entspricht in 2009 auch dem Rest Nmin Wert, der in Thülsfelde unter der Sollwert Variante ermittelt wurde.

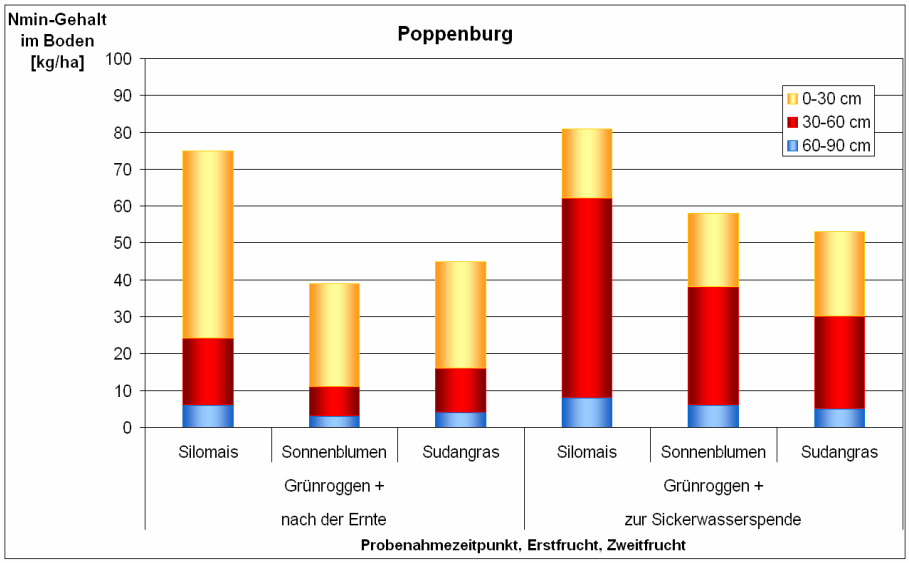



**Abbildung 63 Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende, Versuch 753, Poppenburg, 2009**

In Werlte und Poppenburg erfolgte auch noch eine Mineralisation von Stickstoff zwischen den Terminen nach der Ernte und zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende. An diesen Standorten konnte auch deutlich die Verlagerung des Stickstoffs zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende beobachtet werden.

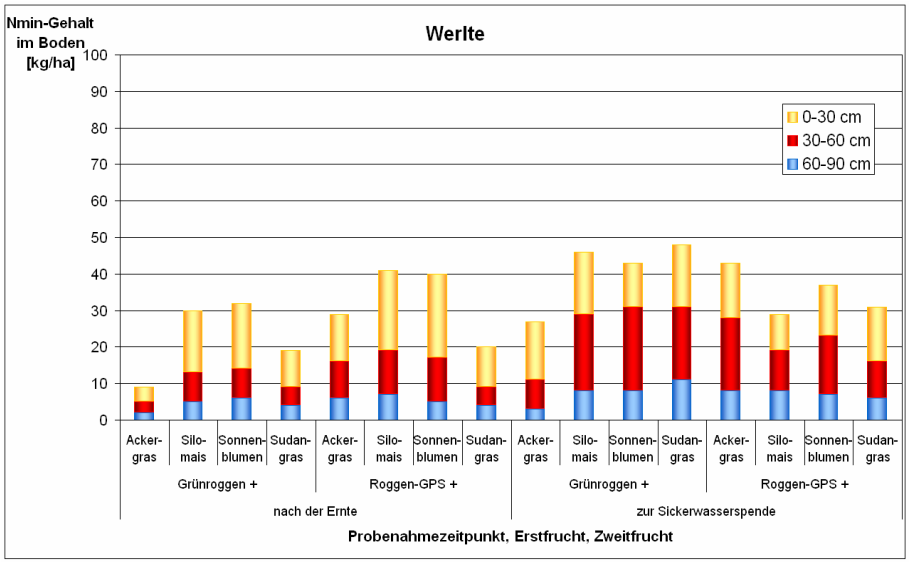



**Abbildung 64 Nmin Gehalte nach der Ernte und zur Sickerwasserspende, Versuch 753, Werlte 2009**

## 8.3. Versuche 768/770/771 - N-Dynamik im Boden im Herbst nach dem Anbau von Energiepflanzen

**Tabelle 38 Übersicht der Versuche 768, 770 und 771; 2009**

| Versuch | Fruchtart | Standort (Nmin 0-60 cm) | Varianten | |
|---|---|---|---|---|
| **768** | Sonnenblumen | Poppenburg (39 kg Nmin)<br>Rockstedt (26 kg Nmin)<br>Werlte (15 kg Nmin) | 1 | 80 kg/ha N -Nmin |
| | | | 2 | 120 kg/ha N -Nmin |
| | | | 3 | 160 kg/ha N -Nmin |
| **770** | Zuckerhirse | Poppenburg (39 kg Nmin)<br>Rockstedt (26 kg Nmin) | 1 | 15 Pflz./m²<br>150 kg N/ha-Nmin nach Saat |
| | | | 2 | 15 Pflz./m²<br>200 kg N/ha-Nmin nach Saat |
| | | | 3 | 25 Pflz./m²<br>150 kg N/ha-Nmin nach Saat |
| | | | 4 | 25 Pflz./m²<br>200 kg N/ha-Nmin nach Saat |
| | | | 5 | 35 Pflz./m²<br>150 kg N/ha-Nmin nach Saat |
| | | | 6 | 35 Pflz./m²<br>200 kg N/ha-Nmin nach Saat |
| **771** | Sudangras | Poppenburg (39 kg Nmin)<br>Rockstedt (26 kg Nmin) | 1 | 100 Pflz./m²<br>150 kg N/ha-Nmin nach Saat |
| | | | 2 | 100 Pflz./m²<br>200 kg N/ha-Nmin nach Saat |
| | | | 3 | 50 Pflz./m²<br>150 kg N/ha-Nmin nach Saat |
| | | | 4 | 50 Pflz./m²<br>200 kg N/ha-Nmin nach Saat |
| | | | 5 | 75 Pflz./m²<br>150 kg N/ha-Nmin nach Saat |
| | | | 6 | 75 Pflz./m²<br>200 kg N/ha-Nmin nach Saat |

Nach dem Anbau von Sonnenblumen wurden an allen Standorten direkt nach der Ernte niedrige Werte gemessen. Ein geringer Anstieg der N-Gehalte durch die N-Düngung war zu diesem Zeitpunkt nur in Poppenburg erkennbar. Witterungsbedingt stiegen die Rest-Nmin-Gehalte im Dezember deutlich an, wobei die abgestufte N-Düngung an den Rest-Nmin-Gehalten sichtbar blieb.

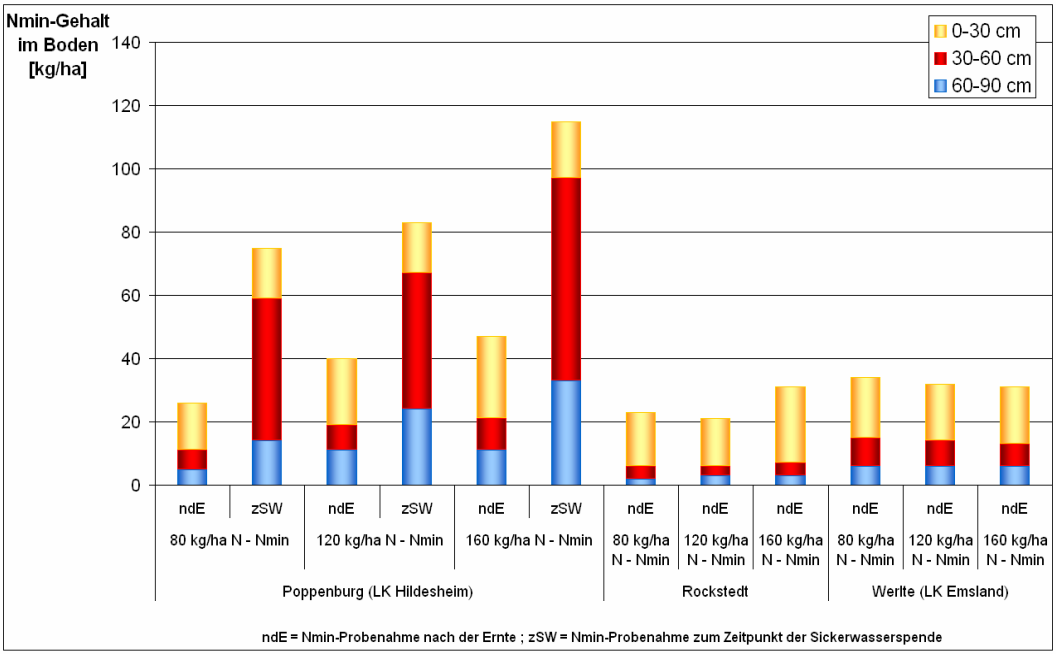



**Abbildung 65 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Sonnenblumen in Abhängigkeit von der Düngung, Versuch 768, 2009**

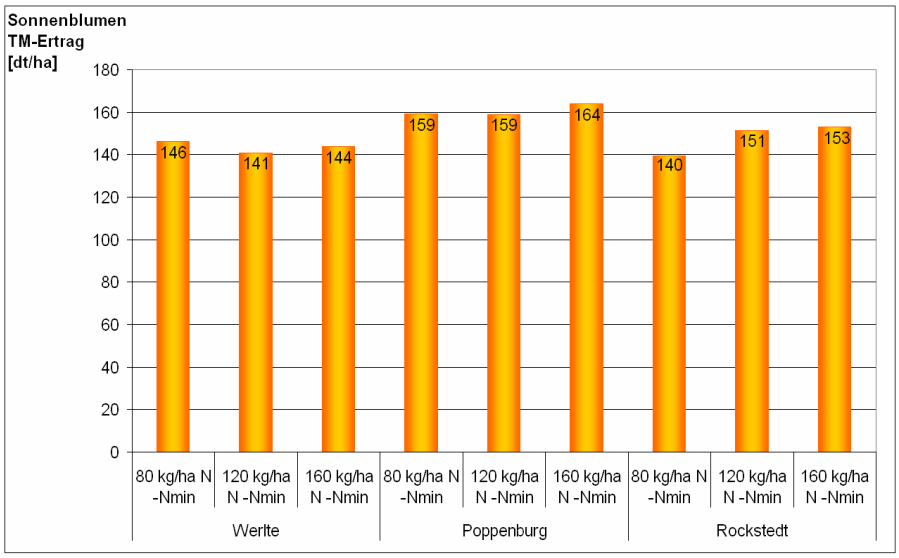



**Abbildung 66 Trockenmasseerträge Versuch 768, 2009**

Hinsichtlich der Trockenmasseerträge der Sonnenblumen konnten zwischen den N-Düngungsstufen kaum Unterschiede festgestellt werden. Der Höchstertrag wurde bereits bei einer Düngung von 80 kg N/ha erreicht. Der Unterschied zwischen den Düngungsstufen war statistisch nicht abgesichert.

Beim Anbau von Zuckerhirse war 2009 kein Einfluss der unterschiedlichen Pflanzenzahlen/ha auf die Nmin-Gehalte erkennbar. Ein Anstieg der Nmin-Gehalte im Boden trat eher durch die Erhöhung der N-Gabe ein.

An dem Standort Rockstedt wurden sehr niedrige Gehalte messen (< 40 kg/ha N), während die Rest-Nmin-Gehalte in Poppenburg auf diesem Versuchsfeld zu beiden Probenahmeterminen über 100 kg/ha N lagen. Witterungsbedingt stiegen die Gehalte hier im Dezember auf über 200 kg/ha N an.

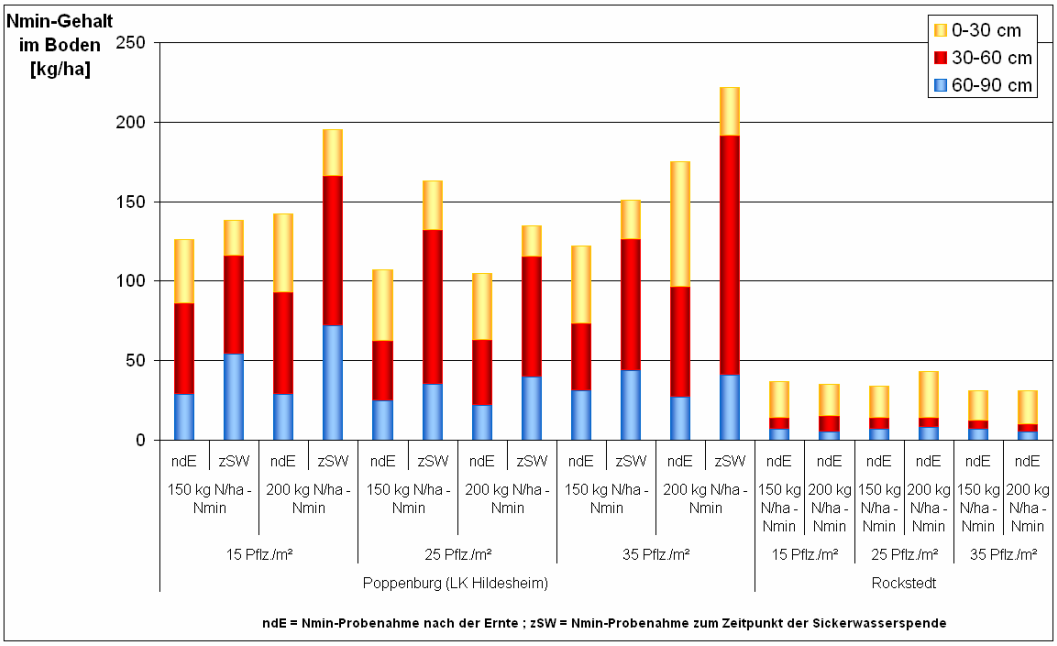



**Abbildung 67 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Zuckerhirse in Abhängigkeit von der Bestandesdichte und Düngung, Versuch 770, 2009**

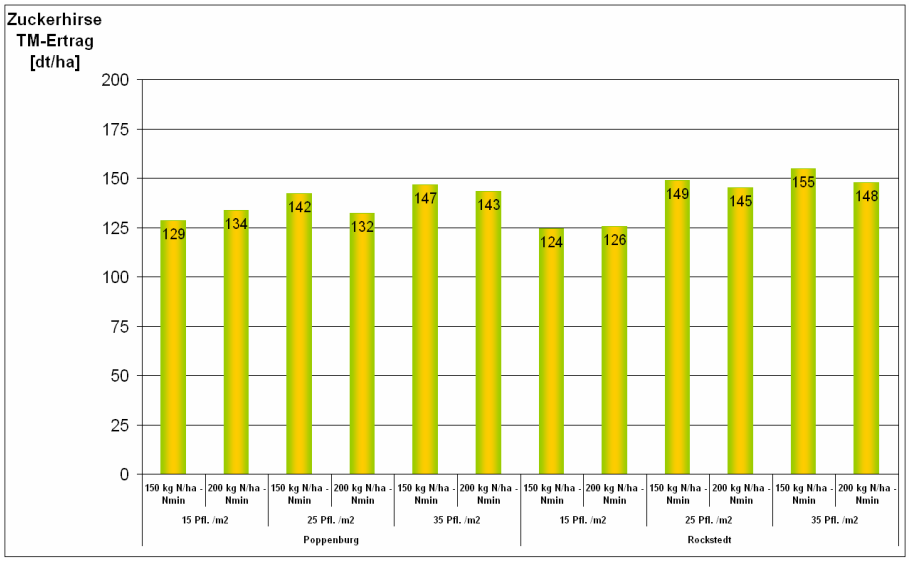



**Abbildung 68 Trockenmasseerträge Versuch 770, 2009**

Hinsichtlich der Trockenmasseerträge konnte 2009 an beiden Standorten kein Ertragsunterschied zwischen den Düngungsstufen festgestellt werden. Teilweise lagen die Varianten mit der geringeren N Zufuhr von 150 kg N/ha ertraglich höher.

Die Varianten mit der höheren Pflanzdichte von 35 Pfl./m² erzielte höhere TM Erträge im Vergleich zu den anderen. Dies war auch statistisch abzusichern.

Die Bestandesdichte von Sudangras hatte 2009 ebenfalls keinen Einfluss auf die Rest-Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende. Dagegen war ein Anstieg der Nmin Werte durch die Erhöhung der N-Gabe erkennbar. Die Nmin-Gehalte in Rockstedt waren nach der Ernte sehr niedrig, während in Poppenburg bei beiden Probenahmeterminen deutlich höhere Werte gemessen wurden. Im Dezember stuften sich die Nmin-Gehalte entsprechend der N-Düngung ab.

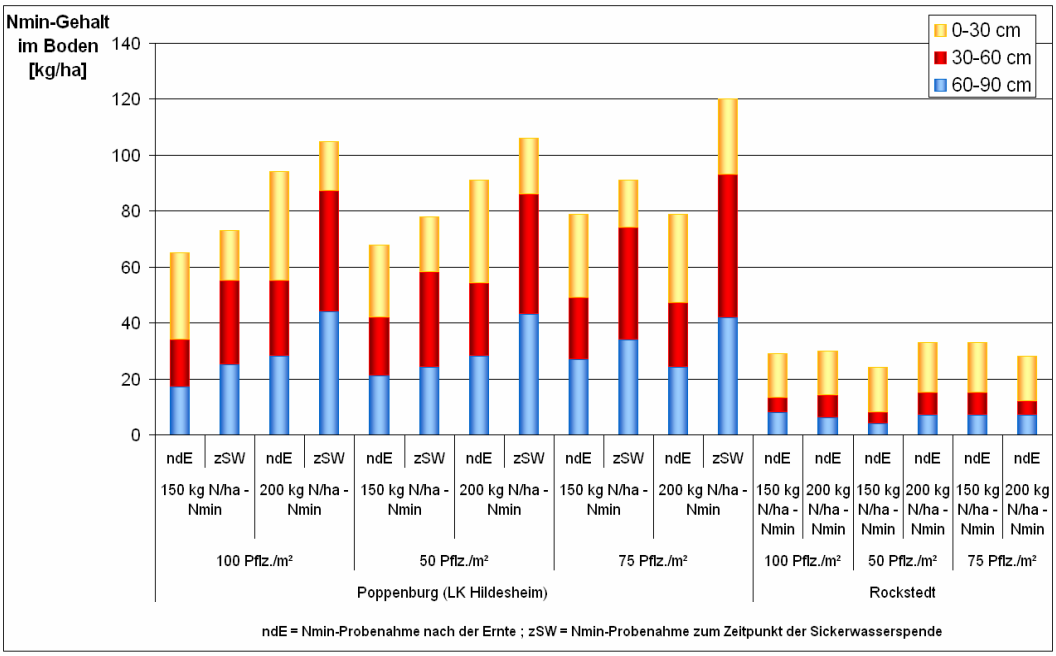



**Abbildung 69 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Sudangras in Abhängigkeit von der Bestandesdichte und Düngung, Versuch 771, 2009**

Abbildung 67 gibt die Trockenmasseerträge der verschiedenen Sudangrasvarianten wieder.

In Poppenburg wurde der höchste TM Ertrag von 163 dt/ha mit einer N Zufuhr von 150 kg N/ha und einer Bestandesdichte von 100 Pfl./m² erzielt. Die in 2009 ermittelten z. T hohen Rest-Nmin Werte am Standort Poppenburg in allen Versuchsvarianten belegen, dass die Düngung von 150 kg N/ha ausreichte, um das Ertragspotential an diesem Standort auszuschöpfen.

In Rockstedt wurde der Höchstertrag von 140 dt/ha in der Variante mit 200 kg N/ha und einer Bestandesdichte von 100 Pfl./m² geerntet. Die niedrigen Rest-Nmin Werte nach der Ernte zeigen, dass an diesem Standort auch die höhere N Zufuhr über die Düngung in Ertrag umgesetzt wurde.

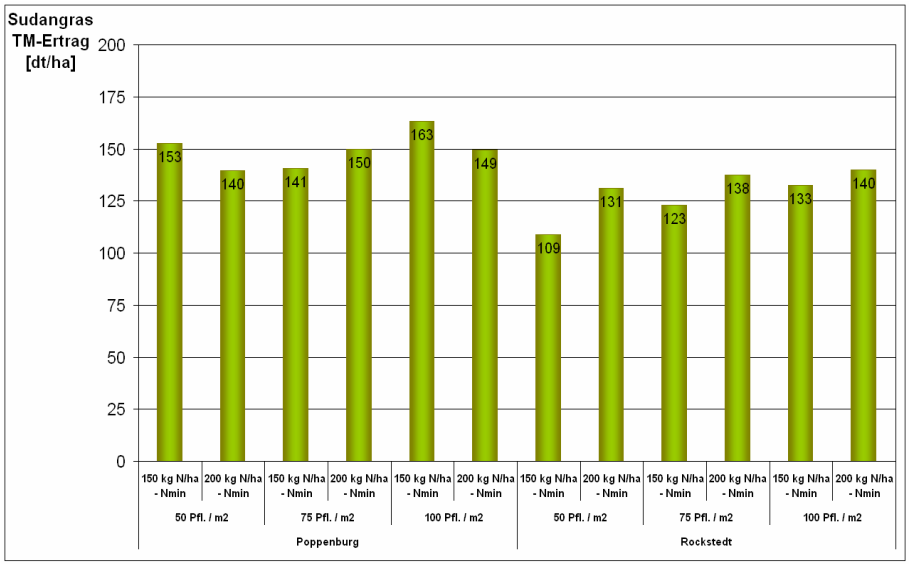



**Abbildung 70 Trockenmasseerträge Versuch 771, 2009**

## 8.4. Versuch 874 - Drilltechnik zu Silomais

Bei den Versuchen der LWK Niedersachsen zur Drilltechnik von Silomais an den drei Standorten Werlte, Wehnen, Poppenburg wurden ebenfalls nach der Ernte und zur Sickerwasserspende Nmin-Proben gezogen. Die Düngung erfolgte hier nach dem Sollwertschema (180 kg N/ha) mit mineralischer Unterfußdüngung. Die Nmin-Werte nach der Ernte lagen am Standort Werlte auf niedrigem Niveau und stiegen zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende nur geringfügig an.

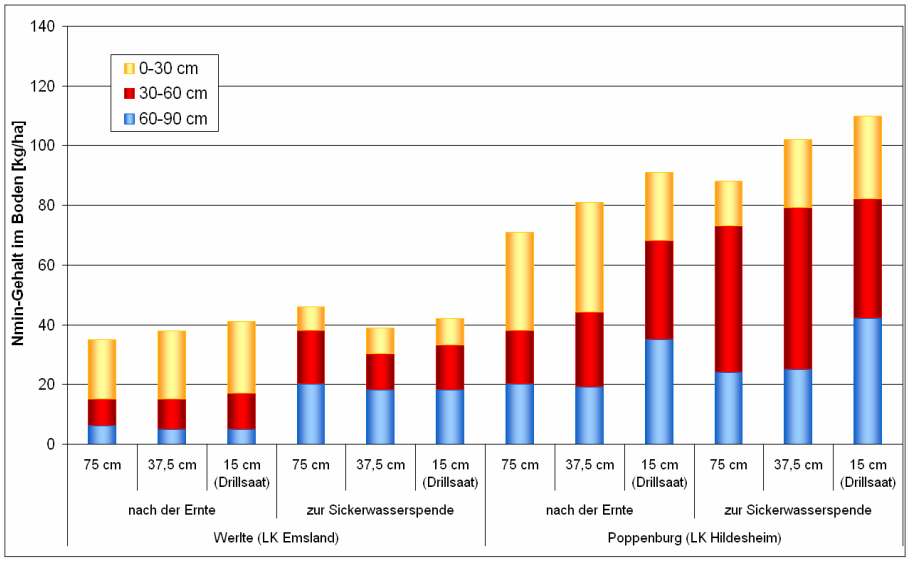



**Abbildung 71 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite, Versuch 874, Werlte und Poppenburg, 2009**

Die Nmin-Gehalte am Standort Poppenburg lagen deutlich höher als in Werlte, während am Standort Wehnen extrem hohe Werte gemessen wurden.

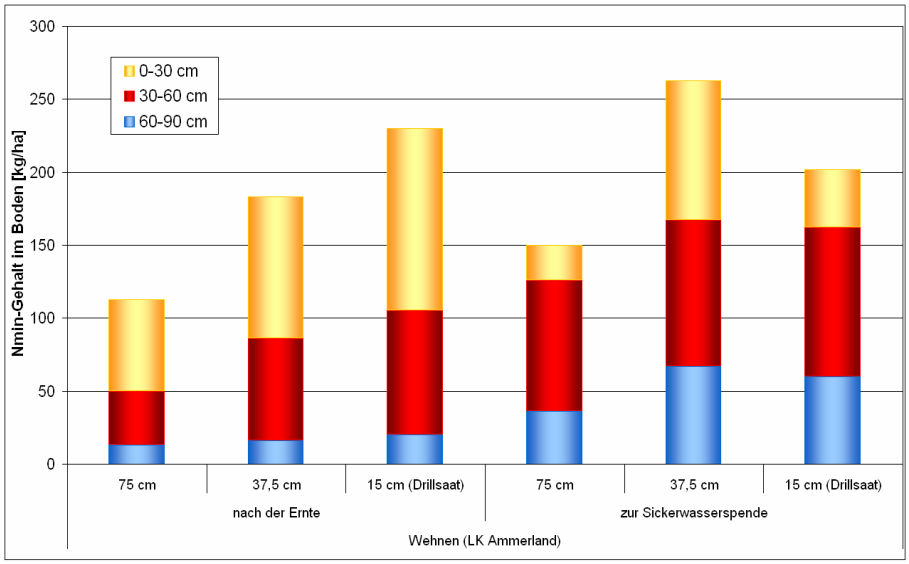



**Abbildung 72 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais in Abhängigkeit von der Reihenweite, Versuch 874, Wehnen, 2009**

Eine Verlagerung des Stickstoffs in tiefere Bodenschichten zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende war auf allen drei Standorten zu erkennen. Signifikante Unterschiede zwischen den Nmin-Gehalten aufgrund der verringerten Reihenweite waren nicht festzustellen.

## 8.5. Versuch 875/878 - Gülleunterfußdüngung zu Silomais/Körnermais

Die Versuche zur Gülleunterfußdüngung wurden in 2009 mit Silomais und Körnermais an den Standorten Werlte (LK Emsland) und Rockstedt (LK Rotenburg) mit denselben Versuchsvarianten wie im Jahr 2008 fortgesetzt.

Analog zu den Vorjahren wurden nach der Maisernte die Nmin-Gehalte im Boden an beiden Standorten ermittelt. Die Proben wurden von den Varianten

- ohne Düngung
- ohne Gülledüngung, UFD mineralisch (40 N; 30 P2O5)
- Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD mineralisch (40 N; 30 P2O5)
- Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD Gülle (40 N; 30 $P_2O_5$)

genommen. Die Nmin Ergebnisse der Silomaisflächen sind in Abbildung 73 und die Ergebnisse der Körnermaisflächen in Abbildung 74 dargestellt.

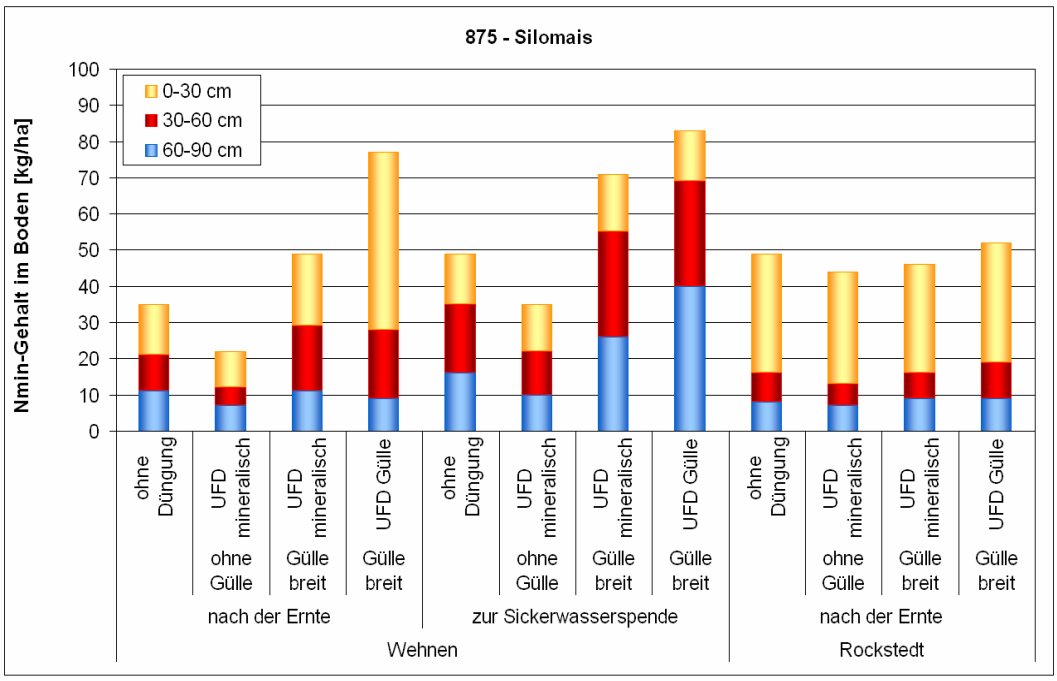



**Abbildung 73 Nmin-Gehalte im Boden nach der Silomaisernte 2009 der Standorte Wehnen und Rockstedt**

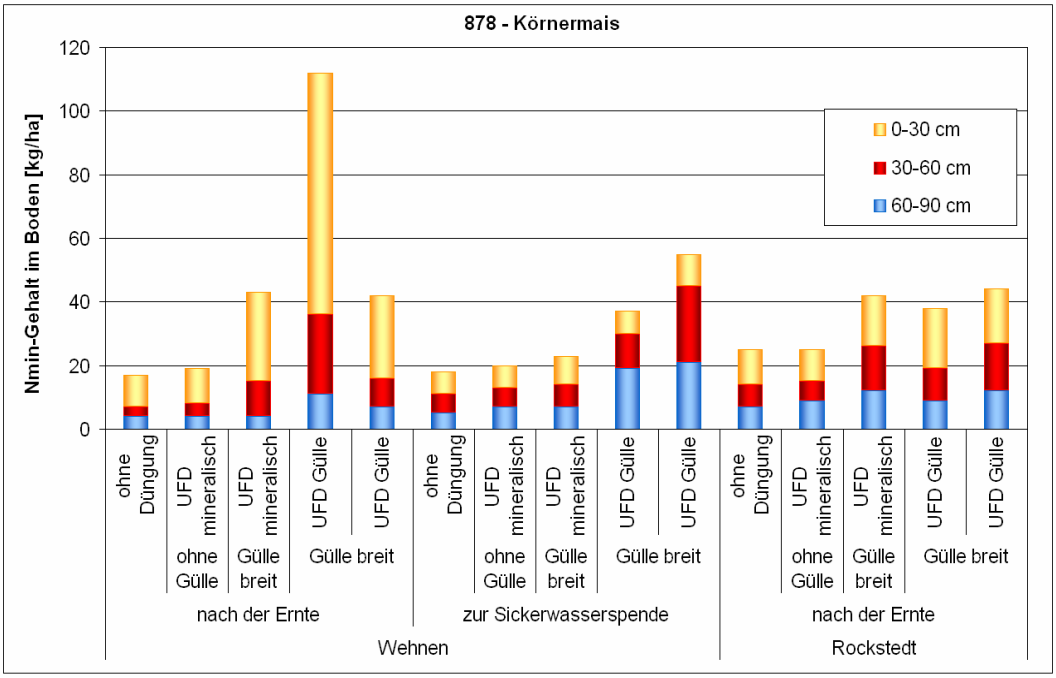



**Abbildung 74 Nmin-Gehalte im Boden nach der Körnermaisernte 2009 der Standorte Wehnen und Rockstedt**

Am Standort Rockstedt hatte die Form der Unterfußdüngung keinen Einfluss auf die Rest-Nmin-Gehalte im Boden. Hingegen war am Standort Wehnen sowohl beim Körnermais als auch beim Silomais eine Erhöhung der Rest-Nmin-Gehalte im Boden infolge der Gülle-Unterfußdüngung zu erkennen. Das Ergebnis entspricht in etwa den Erhebungen am Standort Werlte im Jahr 2008. Inwieweit sich diese Ergebnisse auf Standorten mit einem höheren N-Nachlieferungsvermögen wiederholen, bleibt abzuwarten. Alle Ergebnisse sind im Bericht „Gülleunterfußdüngung im Maisanbau“ im Rahmen des WAgriCo-Projektes veröffentlicht.

## 8.6. Versuch 882 - Silomaisanbau unter Folie

Im Jahre 2009 wurde auf einem humosen Sandboden auf dem Versuchsbetrieb in Wehnen ein neuer Versuch im Hinblick auf die Ernteverfrühung von Silomais durch die Aussaat unter Folie angelegt. Nach der Ernte und zur Sickerwasserspende wurden die Rest-Nmin-Gehalte im Boden bestimmt. Direkt nach der Ernte wurden insgesamt etwas höhere Werte gemessen als zur Sickerwasserspende. Durch den späteren Maisaussaattermin wurden auf den Parzellen mit Folienabdeckung noch etwas höhere Rest-Nmin-Mengen gefunden, während zur Sickerwasserspende auf einem insgesamt niedrigen Niveau keine Unterschiede mehr erkennbar waren. Ein unterschiedliches N-Aufnahmevermögen der beiden Sorten ließ sich anhand der Nmin-Werte nicht ableiten.

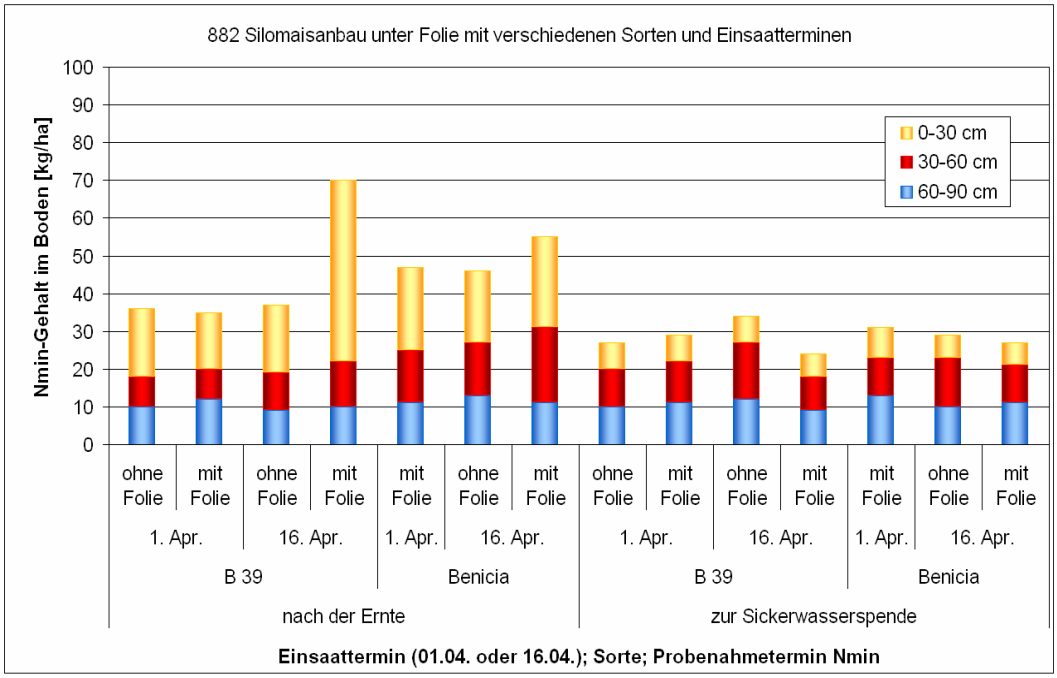



**Abbildung 75 Nmin-Gehalte im Boden nach dem Anbau von Silomais mit und ohne Folienabdeckung zur Einsaat**

# 9. Anhang

## 9.1. Wetterdaten

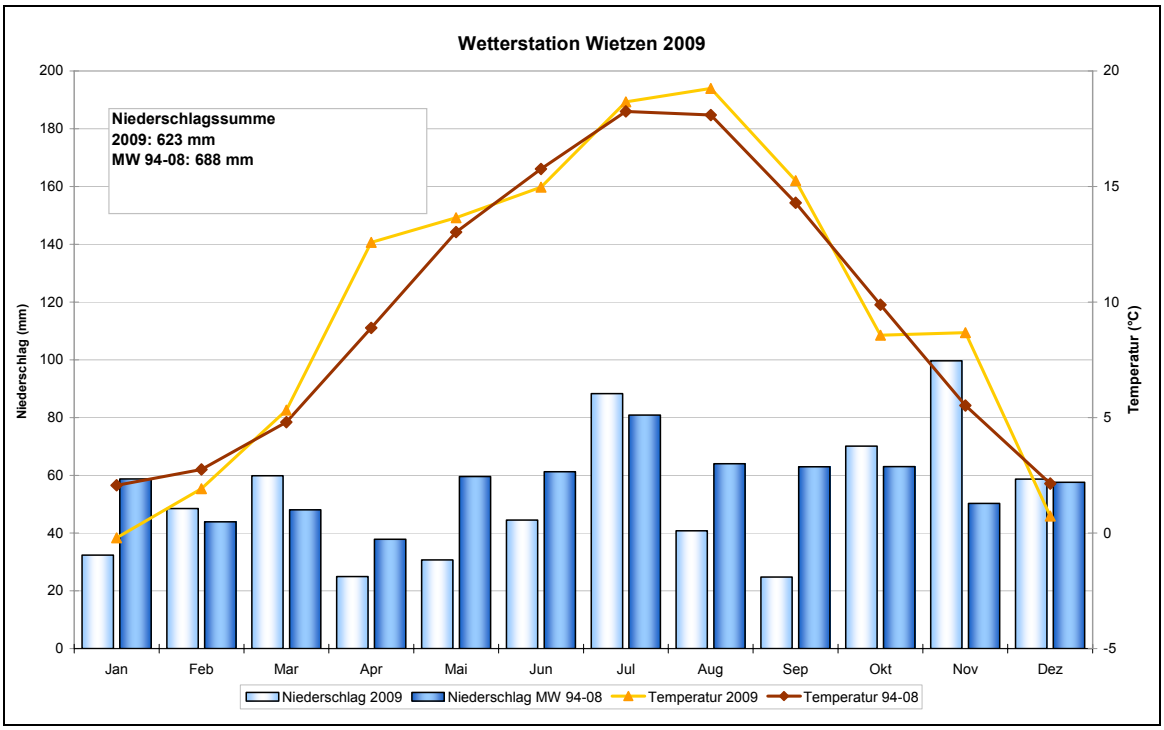



**Abbildung 76 Wetterdaten Liebenau 2009**

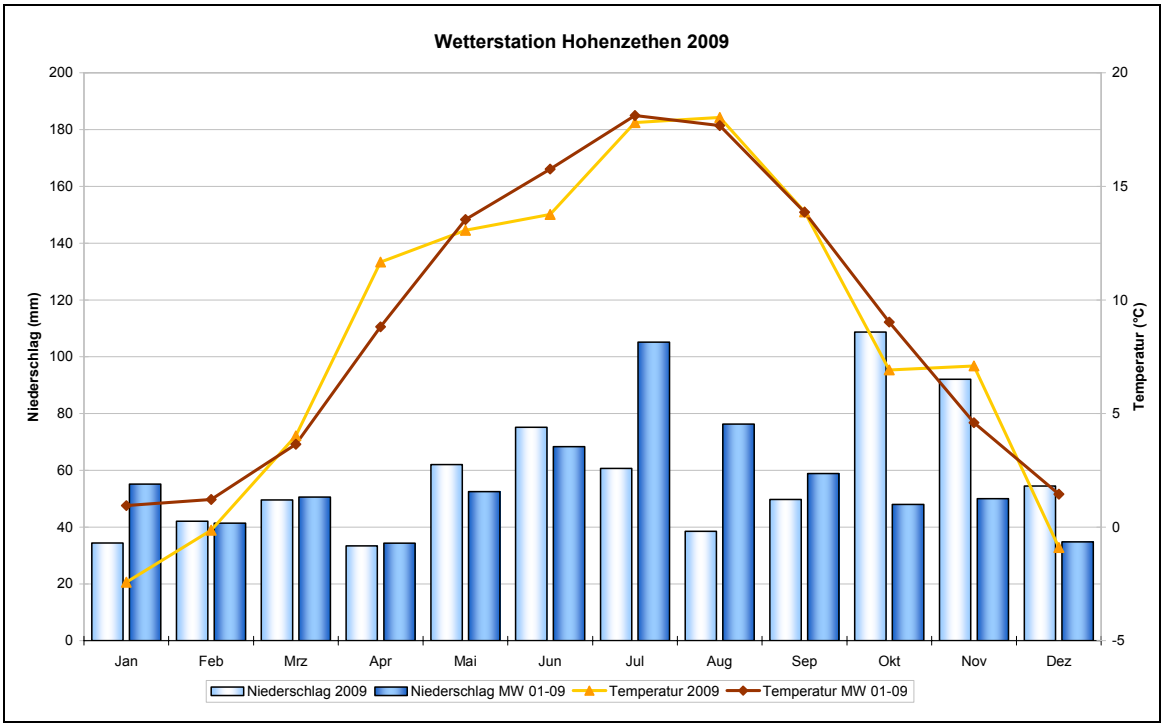



**Abbildung 77 Wetterdaten Hohenzethen**

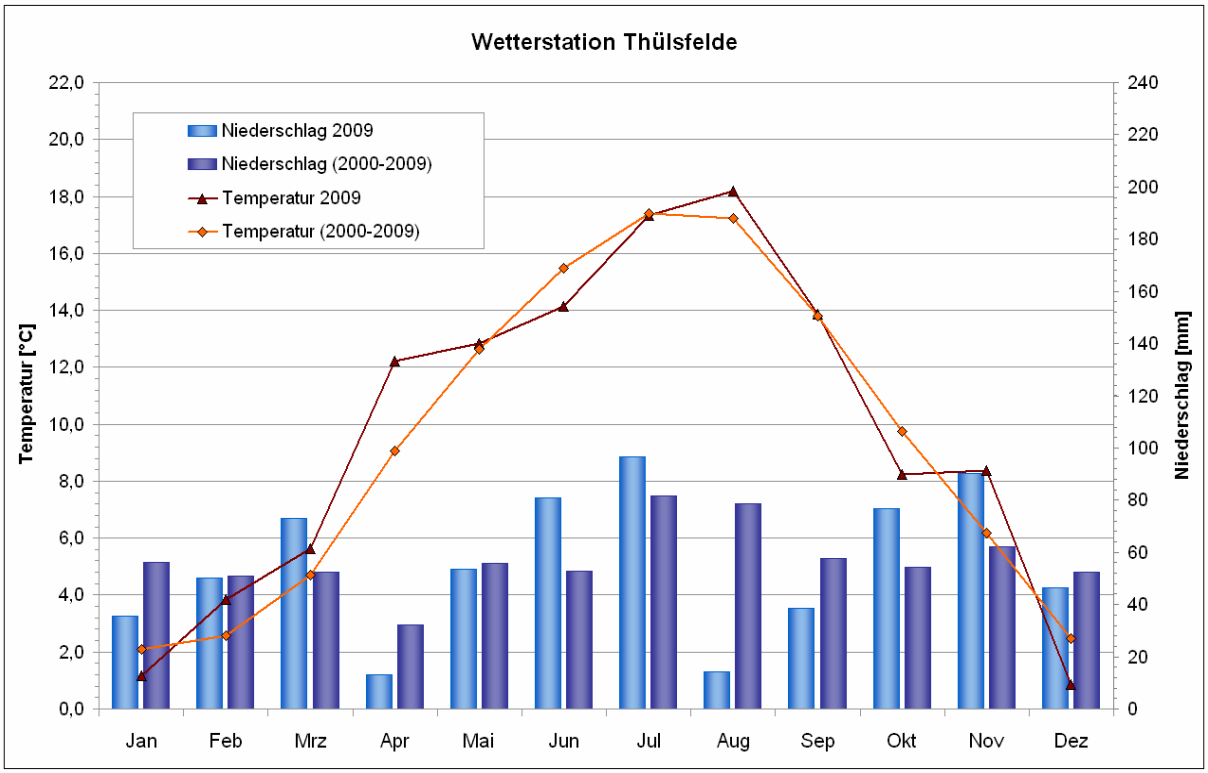



**Abbildung 78 Wetterdaten Thülsfelde 2009**

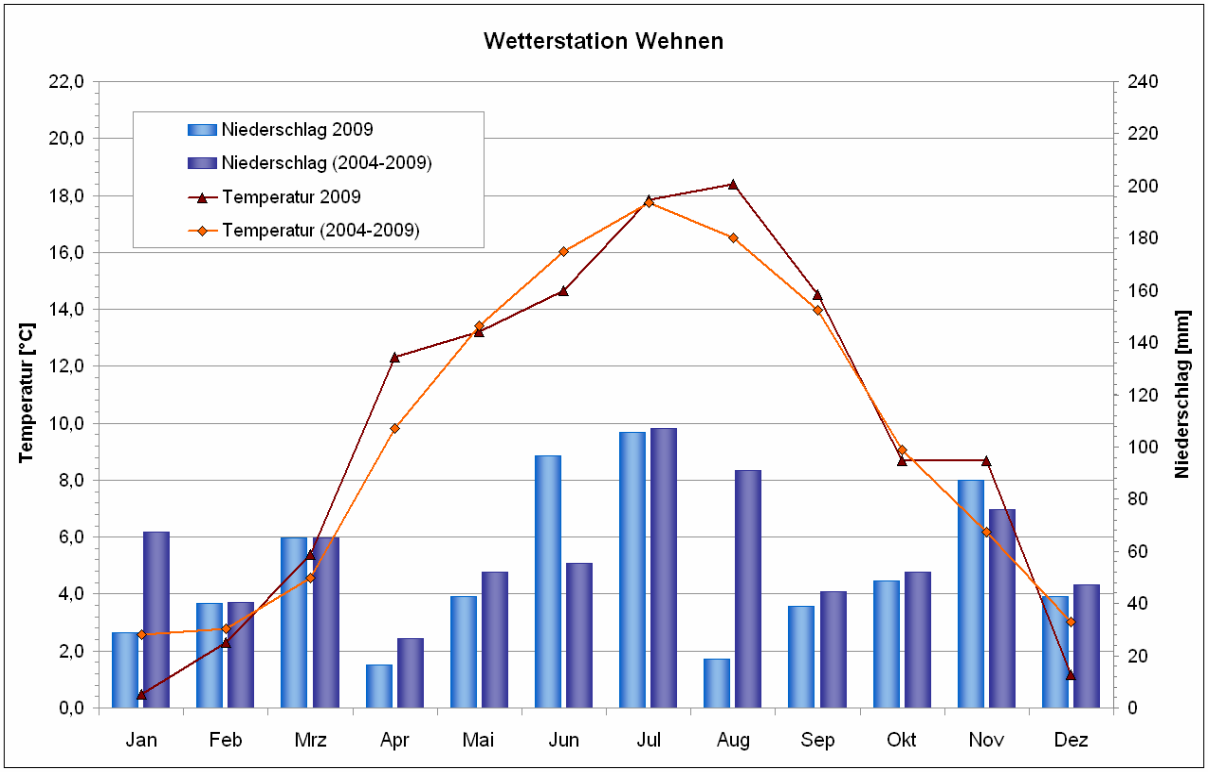
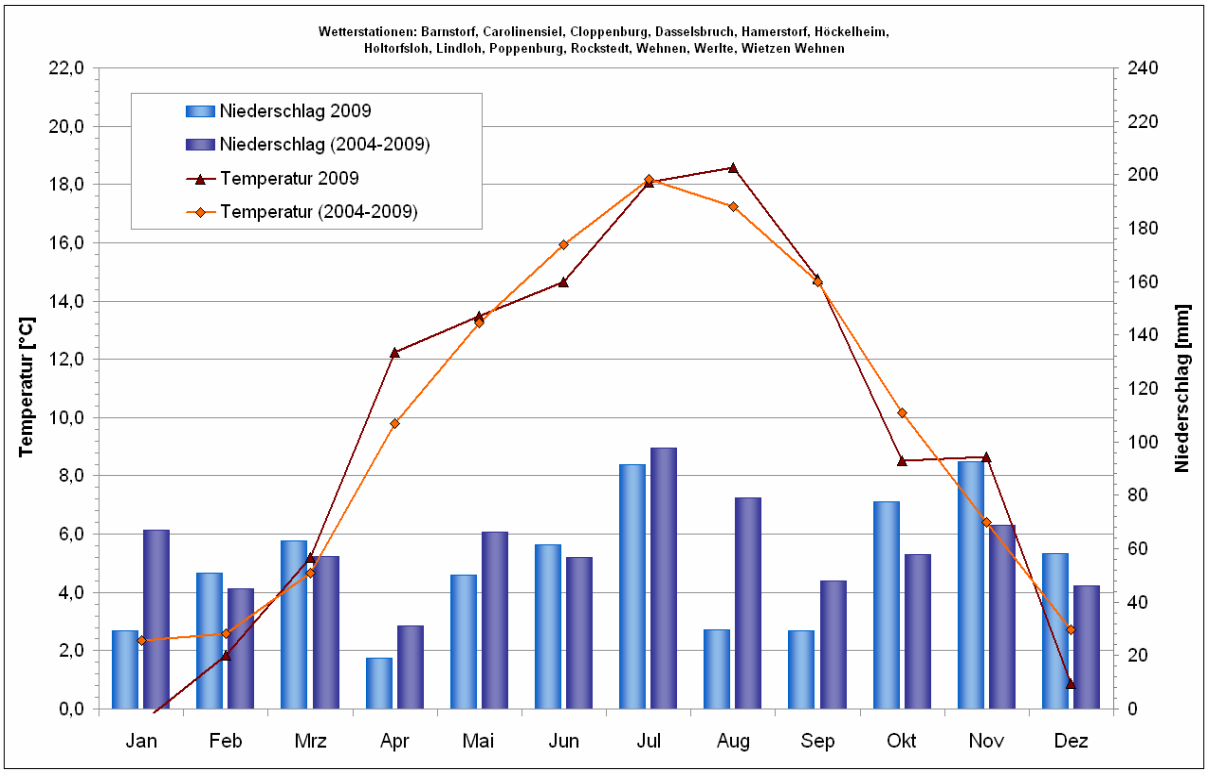



**Abbildung 79 Wetterdaten Wehnen 2009**




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

**Abbildung 80 Witterungsverlauf 2009 im Mittel der LWK-Wetterstationen**

**Tabelle 39 Klimakennwerte der LWK-Wetterstationen**

| Wetterstation | Lufttemperatur 2 m [°C] | Niederschlag 2009 | Sommerniederschläge 2009 April – Sept. (mm) |
|---|---|---|---|
| **Cloppenburg** | 10,0 | 738 | 299 |
| **Dasselsbruch** | 9,4 | 495 | 198 |
| **Poppenburg** | 9,1 | 588 | 246 |
| **Rockstedt** | 10,3 | 767 | 305 |
| **Sophienhof** | 9,8 | 634 | 304 |
| **Wehnen** | 9,8 | 631 | 318 |
| **Werlte** | 9,9 | 707 | 312 |

## 9.2. Versuchsdaten

### 9.2.1. Versuch 641

### Ertrag

**Ackergras**

| Faktor1: Düngung | Datum Schnitt | | | | | | TS Ges.pflanze % | | | | | | | TM-Ertrag dt/ha | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Schnitt 2009 | | | | | | Schnitt | | | | | | | Schnitt | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel |
| 1 N-Variante Ackergras | 30.04. | 28.05. | 23.06. | 23.07. | 12.08. | 25.09. | 16,2 | 18,8 | 15,3 | 14,7 | 15,7 | 19,6 | 16,7 | 53,0 | 13,5 | 28,8 | 26,4 | 16,1 | 17,1 | 25,8 |

**Silomais**

| Faktor1: Düngung | TM-Ertrag dt/ha 11.09.2009 | TS Ges.pflanze % 11.09.2009 | Grünmasse dt/ha 11.09.2009 | Mais Pflanzen/qm 08.09.2009 | Pflanzenlänge cm 17.08.2009 | Mängel Aufg. 1-9 07.05.2009 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ohne Mineral-N(B) | 130,4 | 34,8 | 374,97 | 9,3 | 270 | 2,0 |
| 75 Mineral-N | 153,1 | 34,9 | 438,56 | 9,3 | 304 | 2,0 |
| 150 Mineral-N | 169,8 | 33,2 | 511,42 | 9,2 | 315 | 2,0 |
| 225 Mineral-N | 198,1 | 34,4 | 575,92 | 9,3 | 310 | 2,0 |
| 300 Mineral-N | 189,6 | 33,3 | 570,33 | 9,3 | 315 | 2,0 |
| 120 Gärrest-N | 163,2 | 34,2 | 478,25 | 9,3 | 304 | 2,0 |
| 120 Gärrest-N+100kgMineral-N | 176,5 | 34,4 | 513,44 | 8,8 | 310 | 2,0 |

**Sudangras**

| Faktor1: Düngung | TM-Ertrag dt/ha 05.10.2009 | TS Ges.pflanze % 05.10.2009 | Grünmasse dt/ha 05.10.2009 | Pflanzenlänge cm 17.08.2009 |
|---|---|---|---|---|
| ohne Mineral-N(B) | 105,0 | 26,2 | 400,9 | 251 |
| 75 Mineral-N | 141,9 | 26,2 | 540,9 | 274 |
| 150 Mineral-N | 141,0 | 25,4 | 554,6 | 278 |
| 225 Mineral-N | 174,9 | 25,8 | 679,3 | 275 |
| 300 Mineral-N | 164,3 | 25,4 | 646,1 | 289 |
| 120 Gärrest-N | 145,0 | 25,3 | 572,9 | 262 |

**Roggen GPS (Optimale N-Düngung GPS Roggen (80/40 kg/N))**

| Bezeichnung Düngungsparzellen Fruchtfolge | TM-Ertrag dt/ha 23.06.2009 | | TS Ges.pflanze % 23.06.2009 | | Grünmasse dt/ha 23.06.2009 | | Mängel v.Win.1-9 01.12.2008 | | Mängel n.Win.1-9 11.03.2009 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ernte GPS Roggen | | Ernte GPS Roggen | | Ernte GPS Roggen | | Ernte GPS Roggen | | Ernte GPS Roggen | |
| | Rog-genGPSvorMS | Roggen GPS v. Sudangras | Rog-genGPSvorMS | Roggen GPS v. Sudangras | Rog-genGPSvorMS | Roggen GPS v. Sudangras | Rog-genGPSvorMS | Roggen GPS v. Sudangras | Rog-genGPSvorMS | Roggen GPS v. Sudangras |
| ohne Mineral-N ()(B) | 43,1 | 50,9 | 38,7 | 38,4 | 111,69 | 132,36 | 4,7 | 3,3 | 6,3 | 4,3 |
| 75 Mineral-N () | 49,6 | 48,2 | 38,6 | 38,3 | 128,31 | 125,75 | 4,7 | 3,3 | 6,0 | 4,0 |
| 150 Mineral-N () | 50,9 | 47,7 | 38,9 | 38,9 | 131,05 | 122,58 | 4,3 | 4,0 | 6,7 | 5,0 |
| 225 Mineral-N () | 49,0 | 43,0 | 38,7 | 38,2 | 126,61 | 112,94 | 4,3 | 4,3 | 5,0 | 5,7 |
| 300 Mineral-N () | 53,2 | 54,5 | 38,8 | 38,1 | 137,20 | 143,03 | 4,0 | 3,3 | 4,7 | 4,0 |
| 120 Gärrest-N () | 51,6 | 51,6 | 38,6 | 38,7 | 134,14 | 133,22 | 5,0 | 3,0 | 6,7 | 4,7 |
| 120 Gärrest-N+100kgMineral-N () | 47,5 | 49,9 | 38,6 | 38,4 | 122,95 | 129,89 | 4,7 | 3,7 | 6,7 | 4,7 |

**Silomais (Zweitfrucht nach Roggen)**

| Faktor1: Düngung | TM-Ertrag dt/ha 19.10.2009 | TS Ges.pflanze % 19.10.2009 | Grünmasse dt/ha 19.10.2009 | Mais Pflan-zen/qm 19.10.2009 | Pflanzenlänge cm 19.10.2009 | Mängel Aufg. 1-9 13.07.2009 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ohne Mineral-N(B) | 69,4 | 28,7 | 243,25 | 7,4 | 244 | 2,0 |
| 75 Mineral-N | 98,1 | 29,1 | 337,33 | 7,4 | 251 | 2,0 |
| 150 Mineral-N | 120,0 | 27,9 | 430,72 | 7,4 | 268 | 2,0 |
| 225 Mineral-N | 116,2 | 28,3 | 410,72 | 7,4 | 269 | 2,0 |
| 300 Mineral-N | 111,4 | 27,1 | 411,25 | 7,4 | 256 | 2,0 |
| 120 Gärrest-N | 112,8 | 30,1 | 375,03 | 7,7 | 273 | 2,0 |
| 120 Gärrest-N+100kgMineral-N | 125,7 | 29,4 | 427,97 | 7,7 | 266 | 2,0 |

**Sudangras (Zweitfrucht nach Roggen)**

| Faktor1: Düngung | TM-Ertrag dt/ha 19.10.2009 | TS Ges.pflanze % 19.10.2009 | Grünmasse dt/ha 19.10.2009 | Pflanzenlänge cm 19.10.2009 |
|---|---|---|---|---|
| ohne Mineral-N(B) | 52,4 | 29,5 | 177,61 | 160 |
| 75 Mineral-N | 77,3 | 27,3 | 284,58 | 201 |
| 150 Mineral-N | 91,6 | 25,8 | 354,91 | 207 |
| 225 Mineral-N | 96,8 | 25,1 | 385,39 | 212 |
| 300 Mineral-N | 100,9 | 24,8 | 406,78 | 216 |
| 120 Gärrest-N | 88,4 | 27,8 | 318,75 | 200 |
| 120 Gärrest-N+100kgMineral-N | 100,9 | 27,1 | 372,30 | 213 |

## Bilanz

| Fruchtart | N-Düngung | N-Zufuhr org.* [kg/ha] | N-Zufuhr min. [kg/ha] | N-Abfuhr Erstfrucht [kg/ha] | N-Abfuhr Hauptfrucht [kg/ha] | Bilanz [kg/ha] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ackergras (6 Schnitte)** | 300 Mineral-N | | 350 | | 419 | -69 |
| **Silomais** | ohne Mineral-N | | 0 | | 175 | -175 |
| | 75 Mineral-N | | 75 | | 206 | -131 |
| | 150 Mineral-N | | 150 | | 228 | -78 |
| | 225 Mineral-N | | 225 | | 266 | -41 |
| | 300 Mineral-N | | 300 | | 255 | 45 |
| | 120 Gärrest-N | 102 | | | 219 | -117 |
| | 120 Gärrest-N+100kgMineral-N | 102 | 100 | | 237 | -35 |
| **Sudangras** | ohne Mineral-N | | 0 | | 181 | -181 |
| | 75 Mineral-N | | 75 | | 244 | -169 |
| | 150 Mineral-N | | 150 | | 242 | -92 |
| | 225 Mineral-N | | 225 | | 301 | -76 |
| | 300 Mineral-N | | 300 | | 283 | 17 |
| | 120 Gärrest-N | 102 | | | 249 | -147 |
| | 120 Gärrest-N+100kgMineral-N | 102 | 100 | | 271 | -69 |
| **Roggen GPS+ Silomais** | ohne Mineral-N | | 0 | 45 | 93 | -139 |
| | 75 Mineral-N | | 75 | 52 | 132 | -109 |
| | 150 Mineral-N | | 150 | 54 | 161 | -65 |
| | 225 Mineral-N | | 225 | 52 | 156 | 17 |
| | 300 Mineral-N | | 300 | 56 | 150 | 94 |
| | 120 Gärrest-N | 102 | | 54 | 152 | -104 |
| | 120 Gärrest-N+100kgMineral-N | 102 | 100 | 50 | 169 | -17 |
| **RoggenGPS + Sudangras** | ohne Mineral-N | | 0 | 54 | 90 | -144 |
| | 75 Mineral-N | | 75 | 51 | 133 | -109 |
| | 150 Mineral-N | | 150 | 50 | 158 | -58 |
| | 225 Mineral-N | | 225 | 45 | 166 | 13 |
| | 300 Mineral-N | | 300 | 57 | 174 | 69 |
| | 120 Gärrest-N | 102 | | 54 | 152 | -104 |
| | 120 Gärrest-N+100kgMineral-N | 102 | 100 | 53 | 174 | -24 |

*org. N-Zufuhr nach Abzug Ausbringungsverluste

## Nmin

| Probenahme | Fruchtart | Variante | Trockenmasse | | | $NO_3$-N | | | $NH_4$-N | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0-30 cm | 30-60cm | 60-90cm | 0-30cm | 30-60cm | 60-90cm | 0-30cm | 30-60cm | 60-90cm |
| 31.03.2009 | Silomais | Frühjahrs-Nmin Mischprobe | 81,7 | 85,0 | 86,8 | 7 | 8 | 6 | 6 | 1 | 2 |
| | Sudangras | Frühjahrs-Nmin Mischprobe | 83,3 | 86,5 | 87,1 | 5 | 8 | 8 | 2 | 2 | 2 |
| 13.10.2009 | Silomais | ohne Mineral-N | 90,1 | 89,2 | 90,9 | 10 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 |
| | | 75 Mineral-N | 88,1 | 90,1 | 90,2 | 9 | 5 | 5 | 1 | 2 | 2 |
| | | 150 Mineral-N | 88,6 | 90,1 | 90,9 | 12 | 5 | 7 | 1 | 5 | 1 |
| | | 225 Mineral-N | 90,8 | 91,1 | 91,2 | 12 | 7 | 11 | 1 | 4 | 1 |
| | | 300 Mineral-N | 90,2 | 90,6 | 89,9 | 25 | 10 | 14 | 1 | 3 | 2 |
| | | 120 Gärrest-N | 88,2 | 90,5 | 88,2 | 11 | 4 | 7 | 1 | 2 | 3 |
| | | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | 89,4 | 91,5 | 91,1 | 11 | 5 | 8 | 1 | 2 | 2 |
| | Sudangras | ohne Mineral-N | 84,5 | 88,0 | 87,2 | 8 | 3 | 5 | 2 | 3 | 2 |
| | | 75 Mineral-N | 87,1 | 89,7 | 89,0 | 4 | 2 | 5 | 2 | 2 | 4 |
| | | 150 Mineral-N | 87,7 | 91,1 | 89,2 | 7 | 4 | 7 | 1 | 2 | 2 |
| | | 225 Mineral-N | 87,9 | 90,7 | 89,3 | 17 | 6 | 10 | 8 | 3 | 2 |
| | | 300 Mineral-N | 87,1 | 91,2 | 89,5 | 12 | 9 | 10 | 1 | 2 | 2 |
| | | 120 Gärrest-N | 85,2 | 91,2 | 90,0 | 5 | 4 | 6 | 1 | 6 | 1 |
| | | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | 86,5 | 91,5 | 89,7 | 9 | 3 | 8 | 1 | 6 | 2 |
| 03.11.2009 | Roggen GPS + Silomais | ohne Mineral-N | 82,6 | 86,9 | 87,6 | 11 | 3 | 2 | 5 | 3 | 1 |
| | | 75 Mineral-N | 84,6 | 88,5 | 89,7 | 11 | 2 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| | | 150 Mineral-N | 83,9 | 88,1 | 88,4 | 41 | 5 | 6 | 7 | 2 | 2 |
| | | 225 Mineral-N | 84,7 | 87,6 | 89,5 | 73 | 9 | 5 | 10 | 3 | 2 |
| | | 300 Mineral-N | 84,4 | 87,6 | 88,5 | 126 | 13 | 8 | 17 | 2 | 2 |
| | | 120 Gärrest-N | 84,9 | 87,6 | 87,4 | 25 | 3 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| | | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | 85,7 | 87,3 | 86,4 | 23 | 7 | 4 | 5 | 3 | 2 |
| | Roggen GPS + Sudangras | ohne Mineral-N | 83,3 | 87,8 | 88,7 | 4 | 2 | 2 | 5 | 2 | 1 |
| | | 75 Mineral-N | 85,4 | 89,9 | 89,5 | 5 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 |
| | | 150 Mineral-N | 86,6 | 90,9 | 89,6 | 8 | 3 | 4 | 5 | 2 | 2 |
| | | 225 Mineral-N | 85,9 | 90,0 | 90,1 | 31 | 5 | 4 | 5 | 2 | 1 |
| | | 300 Mineral-N | 86,2 | 90,8 | 90,0 | 53 | 7 | 8 | 7 | 2 | 3 |
| | | 120 Gärrest-N | 86,0 | 90,4 | 89,8 | 9 | 1 | 3 | 4 | 1 | 1 |

| Probenahme | Fruchtart | Variante | Trockenmasse | | | $NO_3$-N | | | $NH_4$-N | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0-30 cm | 30-60cm | 60-90cm | 0-30cm | 30-60cm | 60-90cm | 0-30cm | 30-60cm | 60-90cm |
| | | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | 86,6 | 90,6 | 89,7 | 9 | 5 | 3 | 5 | 2 | 2 |
| 08.12.2009 | Silomais | ohne Mineral-N | 81,5 | 83,9 | 85,1 | 8 | 11 | 8 | 3 | 2 | 2 |
| | | 75 Mineral-N | 80,8 | 84,1 | 84,7 | 9 | 9 | 7 | 2 | 2 | 2 |
| | | 150 Mineral-N | 80,0 | 83,4 | 85,0 | 12 | 15 | 12 | 2 | 2 | 3 |
| | | 225 Mineral-N | 80,4 | 84,1 | 85,3 | 8 | 14 | 12 | 1 | 2 | 2 |
| | | 300 Mineral-N | 81,5 | 85,1 | 86,2 | 10 | 19 | 19 | 2 | 2 | 3 |
| | | 120 Gärrest-N | 80,8 | 84,7 | 86,2 | 9 | 11 | 9 | 2 | 2 | 2 |
| | | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | 80,4 | 84,5 | 85,6 | 8 | 15 | 12 | 1 | 2 | 2 |
| | Sudangras | ohne Mineral-N | 82,2 | 85,7 | 84,6 | 5 | 4 | 6 | 1 | 1 | 2 |
| | | 75 Mineral-N | 81,6 | 85,6 | 85,7 | 6 | 3 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| | | 150 Mineral-N | 81,8 | 85,6 | 85,6 | 7 | 6 | 7 | 1 | 2 | 2 |
| | | 225 Mineral-N | 81,9 | 85,3 | 85,2 | 8 | 9 | 10 | 1 | 2 | 2 |
| | | 300 Mineral-N | 81,8 | 86,4 | 86,5 | 9 | 16 | 15 | 1 | 1 | 2 |
| | | 120 Gärrest-N | 81,5 | 85,5 | 85,7 | 8 | 7 | 5 | 1 | 2 | 1 |
| | | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | 81,9 | 86,0 | 85,4 | 13 | 13 | 10 | 1 | 2 | 2 |
| | Roggen GPS + Silomais | ohne Mineral-N | 82,5 | 82,3 | 85,3 | 15 | 14 | 6 | 5 | 2 | 2 |
| | | 75 Mineral-N | 81,8 | 85,4 | 86,1 | 10 | 10 | 5 | 1 | 3 | 3 |
| | | 150 Mineral-N | 80,9 | 84,2 | 85,6 | 18 | 31 | 13 | 1 | 1 | 6 |
| | | 225 Mineral-N | 81,7 | 83,0 | 85,1 | 23 | 62 | 29 | 1 | 2 | 2 |
| | | 300 Mineral-N | 81,2 | 83,8 | 86,1 | 34 | 80 | 25 | 1 | 2 | 2 |
| | | 120 Gärrest-N | 81,5 | 84,7 | 82,8 | 16 | 15 | 7 | 1 | 2 | 2 |
| | | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | 81,5 | 84,0 | 84,8 | 16 | 24 | 18 | 1 | 1 | 2 |
| | Roggen GPS + Sudangras | ohne Mineral-N | 82,0 | 85,2 | 86,1 | 7 | 4 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| | | 75 Mineral-N | 81,3 | 86,0 | 86,2 | 7 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| | | 150 Mineral-N | 82,4 | 86,1 | 86,6 | 14 | 8 | 6 | 6 | 2 | 4 |
| | | 225 Mineral-N | 82,8 | 85,2 | 86,6 | 21 | 37 | 10 | 4 | 3 | 3 |
| | | 300 Mineral-N | 81,8 | 85,2 | 86,2 | 24 | 22 | 13 | 4 | 2 | 1 |
| | | 120 Gärrest-N | 82,2 | 85,1 | 86,1 | 10 | 5 | 3 | 5 | 2 | 1 |
| | | 120 Gärrest-N + 100 kg Mineral-N | 81,8 | 87,0 | 86,9 | 10 | 10 | 7 | 5 | 3 | 3 |

### 9.2.2. Versuch 642

#### Ertrag/Bilanz

| Variante | konventionell Winterroggen | | Bioenergie Silomais | |
|---|---|---|---|---|
| | Kornertrag [dt/ha] | N-Bilanz [kg/ha] | Grünmasse [dt/ha] | N-Bilanz [kg/ha] |
| **Kontrolle** | 18,4 | -7 | 233,9 | -55 |
| **Sollwert-40%** | 42,0 | 32 | 250,8 | -24 |
| **Sollwert-20%** | 47,8 | 48 | 272,2 | -16 |
| **Sollwert** | 49,2 | 69 | 280,3 | 6 |
| **Sollwert+30%** | 50,5 | 100 | 280,8 | 42 |
| **Sollwert ENTEC** | 48,4 | 73 | 278,5 | -7 |
| **Abfuhr Fruchtfolge** | 51,0 | 106 | 283,3 | 9 |
| **Sollwert Gülle** | 42,4 | 82 | 288,7 | 0 |
| **Sollwert Biogas Gärrest** | 42,0 | 82 | 276,7 | 16 |
| **SW-Gülle+Piadin** | 44,3 | 79 | 288,4 | 6 |

#### Nmin

| Probenahme | Standort | Bezeichnung | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|
| **13.08.2009** | **konventionell (Winterroggen)** | Kontrolle | 12 | 7 | 6 |
| | | Sollwert-40% | 16 | 11 | 6 |
| | | Sollwert-20% | 15 | 10 | 5 |
| | | Sollwert | 18 | 13 | 6 |
| | | Sollwert+30% | 22 | 17 | 6 |
| | | Sollwert ENTEC | 18 | 13 | 5 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 18 | 14 | 6 |
| | | Sollwert Gülle | 19 | 17 | 5 |
| | | Sollwert Biogas Gärrest | 18 | 12 | 6 |
| | | SW-Gülle+Piadin | 18 | 11 | 6 |
| **14.09.2009** | **Bioenergie (Silomais)** | Kontrolle | 15 | 4 | 6 |
| | | Sollwert-40% | 12 | 5 | 7 |
| | | Sollwert-20% | 17 | 5 | 9 |
| | | Sollwert | 36 | 8 | 12 |
| | | Sollwert+30% | 56 | 7 | 12 |
| | | Sollwert ENTEC | 41 | 6 | 9 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 87 | 6 | 13 |
| | | Sollwert Gülle | 21 | 5 | 8 |
| | | Sollwert Biogas Gärrest | 23 | 5 | 7 |
| | | SW-Gülle+Piadin | 39 | 5 | 6 |
| **16.11.2009** | **konventionell (Winterroggen)** | Kontrolle | 10 | 21 | 18 |
| | | Sollwert-40% | 9 | 19 | 22 |
| | | Sollwert-20% | 9 | 20 | 32 |
| | | Sollwert | 10 | 30 | 29 |
| | | Sollwert+30% | 11 | 20 | 32 |
| | | Sollwert ENTEC | 11 | 28 | 35 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 12 | 26 | 43 |

| Probenahme | Standort | Bezeichnung | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Sollwert Gülle | 16 | 22 | 21 |
| | | Sollwert Biogas Gärrest | 12 | 18 | 20 |
| | | SW-Gülle+Piadin | 11 | 19 | 50 |
| **16.11.2009** | **Bioenergie** | Kontrolle | 8 | 5 | 11 |
| | | Sollwert-40% | 8 | 12 | 15 |
| | | Sollwert-20% | 9 | 16 | 30 |
| | | Sollwert | 10 | 42 | 43 |
| | | Sollwert+30% | 15 | 46 | 57 |
| | | Sollwert ENTEC | 10 | 30 | 28 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 10 | 16 | 43 |
| | | Sollwert Gülle | 10 | 24 | 23 |
| | | Sollwert Biogas Gärrest | 10 | 20 | 34 |
| | | SW-Gülle+Piadin | 13 | 29 | 42 |
| **09.12.2009** | **konventionell (Winterroggen)** | Kontrolle | 9 | 7 | 12 |
| | | Sollwert-40% | 9 | 6 | 10 |
| | | Sollwert-20% | 8 | 7 | 11 |
| | | Sollwert | 10 | 7 | 9 |
| | | Sollwert+30% | 10 | 8 | 14 |
| | | Sollwert ENTEC | 10 | 9 | 15 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 10 | 9 | 21 |
| | | Sollwert Gülle | 10 | 9 | 10 |
| | | Sollwert Biogas Gärrest | 8 | 7 | 9 |
| | | SW-Gülle+Piadin | 8 | 7 | 11 |
| **09.12.2009** | **Bioenergie (Silomais)** | Kontrolle | 5 | 4 | 4 |
| | | Sollwert-40% | 7 | 4 | 8 |
| | | Sollwert-20% | 8 | 4 | 11 |
| | | Sollwert | 8 | 8 | 38 |
| | | Sollwert+30% | 8 | 10 | 46 |
| | | Sollwert ENTEC | 9 | 6 | 11 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 8 | 6 | 21 |
| | | Sollwert Gülle | 7 | 3 | 9 |
| | | Sollwert Biogas Gärrest | 8 | 4 | 11 |
| | | SW-Gülle+Piadin | 7 | 4 | 21 |

### 9.2.3. Versuch 643

#### Ertrag/Bilanz

| Variante | Knollenertrag [dt/ha] | | Stärke [dt/ha] | | N-Bilanz [kg/ha] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | konventionell | Bioenergie | konventionell | Bioenergie | konventionell | Bioenergie |
| **Nmin** | 243 | 255 | 40,7 | 42,2 | -85 | -89 |
| **Sollwert-40%** | 385 | 403 | 66,8 | 68,8 | -55 | -61 |
| **Sollwert-20%** | 442 | 443 | 74,1 | 75,2 | -45 | -45 |
| **Sollwert(B)** | 420 | 479 | 71,3 | 81,2 | -7 | -28 |
| **Sollwert+30%** | 439 | 489 | 74,1 | 84,1 | 36 | 19 |
| **SW Cultanverfah-ren** | 438 | 457 | 75,5 | 78,8 | -13 | -20 |
| **Abfuhr Fruchtfolge** | 404 | 422 | 71,2 | 71,9 | 19 | 12 |
| **SW Biogas Gärrest** | 389 | 403 | 68,6 | 65,4 | 4 | -1 |

#### Nmin

| Probenahme | Standort | Bezeichnung | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|
| **24.02.2009** | **konventionell** | Nmin | 14 | 14 | 13 |
| | | Sollwert-40% | 16 | 10 | 6 |
| | | Sollwert-20% | 11 | 15 | 8 |
| | | Sollwert(B) | 5 | 6 | 4 |
| | | Sollwert+30% | 6 | 4 | 8 |
| | | SW Cultanverfahren | 7 | 5 | 9 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 9 | 8 | 7 |
| | | SW Biogas Gärrest | 12 | 4 | 7 |
| | **Bioenergie** | Nmin | 11 | 8 | 9 |
| | | Sollwert-40% | 8 | 11 | 10 |
| | | Sollwert-20% | 16 | 10 | 11 |
| | | Sollwert(B) | 12 | 9 | 10 |
| | | Sollwert+30% | 12 | 6 | 7 |
| | | SW Cultanverfahren | 13 | 8 | 9 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 11 | 8 | 8 |
| | | SW Biogas Gärrest | 9 | 10 | 9 |
| **26.08.2009** | **konventionell** | Nmin | 23 | 13 | 10 |
| | | Sollwert-40% | 17 | 9 | 11 |
| | | Sollwert-20% | 10 | 9 | 9 |
| | | Sollwert(B) | 12 | 14 | 13 |
| | | Sollwert+30% | 18 | 13 | 12 |
| | | SW Cultanverfahren | 13 | 8 | 10 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 9 | 10 | 8 |
| | | SW Biogas Gärrest | 13 | 11 | 14 |
| | **Bioenergie** | Nmin | 13 | 6 | 4 |
| | | Sollwert-40% | 12 | 6 | 5 |
| | | Sollwert-20% | 18 | 9 | 6 |
| | | Sollwert(B) | 24 | 12 | 9 |
| | | Sollwert+30% | 28 | 16 | 14 |
| | | SW Cultanverfahren | 26 | 16 | 18 |

| Probenahme | Standort | Bezeichnung | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 13 | 8 | 7 |
| | | SW Biogas Gärrest | 16 | 9 | 11 |
| **12.10.2009** | **konventionell** | Nmin | 12 | 21 | 28 |
| | | Sollwert-40% | 9 | 7 | 17 |
| | | Sollwert-20% | 10 | 6 | 15 |
| | | Sollwert(B) | 9 | 10 | 15 |
| | | Sollwert+30% | 20 | 23 | 16 |
| | | SW Cultanverfahren | 13 | 13 | 18 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 10 | 8 | 13 |
| | | SW Biogas Gärrest | 12 | 6 | 9 |
| | **Bioenergie** | Nmin | 8 | 6 | 10 |
| | | Sollwert-40% | 9 | 9 | 15 |
| | | Sollwert-20% | 8 | 16 | 26 |
| | | Sollwert(B) | 17 | 11 | 17 |
| | | Sollwert+30% | 12 | 10 | 18 |
| | | SW Cultanverfahren | 15 | 16 | 16 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 15 | 15 | 18 |
| | | SW Biogas Gärrest | 12 | 12 | 14 |
| **27.11.2009** | **konventionell** | Nmin | 8 | 12 | 14 |
| | | Sollwert-40% | 6 | 5 | 6 |
| | | Sollwert-20% | 6 | 4 | 5 |
| | | Sollwert(B) | 9 | 6 | 7 |
| | | Sollwert+30% | 7 | 6 | 8 |
| | | SW Cultanverfahren | 9 | 7 | 6 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 7 | 4 | 5 |
| | | SW Biogas Gärrest | 8 | 4 | 6 |
| | **Bioenergie** | Nmin | 6 | 5 | 5 |
| | | Sollwert-40% | 6 | 5 | 6 |
| | | Sollwert-20% | 8 | 6 | 7 |
| | | Sollwert(B) | 9 | 8 | 8 |
| | | Sollwert+30% | 8 | 7 | 9 |
| | | SW Cultanverfahren | 7 | 5 | 6 |
| | | Abfuhr Fruchtfolge | 7 | 6 | 9 |
| | | SW Biogas Gärrest | 8 | 16 | 6 |

### 9.2.4. Versuch 644a

**Ertrag 644a Winterroggen (nachfolgend Winterrübsen)**

| Variante | N-Düngung | Kornertrag dt/ha | Kornertrag dt/ha (rel) | Ähren/qm | TKM 86%TS g | Protein Korn TM% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0 | 17,1 | 22 | 226 | 35,77 | 10,80 |
| **2** | 40 | 40,0 | 51 | 326 | 37,44 | 9,70 |
| **3** | 80 | 62,2 | 80 | 354 | 41,04 | 9,20 |
| **4** | 120 | 77,2 | 99 | 426 | 40,97 | 9,60 |
| **5** | 160 | 88,1 | 113 | 422 | 41,65 | 10,00 |
| **6** | Sollwert (140) | 78,1 | 100 | 456 | 41,78 | 10,20 |

**Bilanz 644a**

| Variante | org. N-Zufuhr* [kg/ha] | mineral-N-Zufuhr [kg/ha] | Ertrag [kg/ha] | N-Gehalt im Erntegut [kg/dt] | N-Abfuhr [kg/ha] | N-Bilanz [kg/ha] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0 | 17,1 | 1,49 | 25,3 | -25 |
| 2 | | 40 | 40,0 | 1,33 | 53,4 | -13 |
| 3 | | 80 | 62,2 | 1,27 | 78,8 | 1 |
| 4 | | 120 | 77,2 | 1,32 | 102,0 | 18 |
| 5 | | 160 | 88,1 | 1,38 | 121,2 | 39 |
| 6 | 94 | 60 | 78,1 | 1,40 | 109,6 | 45 |

* org. N-Zufuhr nach Abzug Ausbringungsverluste

**Nmin 644a**

| Probenahme | Variante | TS_PRO | | | | NO3_N | | | | NH4_N | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm |
| 18.02.2009 | ohne N | 84,6 | 87,8 | 90,6 | 91,1 | 4 | 5 | 7 | 7 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| | 40 kg Mineral-N | 84,1 | 88 | 91,4 | 90,8 | 4 | 6 | 5 | 6 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| | 80 kg Mineral-N | 84,1 | 84,7 | 91,3 | 90,9 | 3 | 6 | 6 | 8 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| | 120 kg Mineral-N | 83,6 | 87 | 89,7 | 89,7 | 4 | 6 | 7 | 13 | 4 | 4 | 2 | 3 |
| | 160 kg Mineral-N | 84,4 | 88,8 | 90 | 88,6 | 4 | 6 | 12 | 30 | 3 | 2 | 2 | 4 |
| | Sollwert | 82,7 | 88,2 | 89,8 | 89,1 | 5 | 6 | 10 | 14 | 4 | 2 | 2 | 3 |
| 11.08.2009 | ohne N | 90,4 | 88,4 | 92,2 | 90,5 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| | 40 kg Mineral-N | 89,4 | 87,2 | 93 | 93,6 | 6 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | 80 kg Mineral-N | 90,3 | 86,5 | 92,3 | 92,7 | 9 | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | 120 kg Mineral-N | 90,5 | 86,7 | 92,4 | 92,9 | 9 | 6 | 2 | 5 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| | 160 kg Mineral-N | 90,4 | 87,5 | 93,2 | 92,9 | 9 | 8 | 3 | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Sollwert | 89 | 87,1 | 92,2 | 93,5 | 11 | 7 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 15.10.2009 | ohne N | 86,3 | 85,2 | 92,6 | 92,8 | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 |
| | 40 kg Mineral-N | 86,7 | 84,8 | 91,6 | 93,7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| | 80 kg Mineral-N | 87,4 | 85,2 | 91,8 | 92 | 2 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| | 120 kg Mineral-N | 88,3 | 87,6 | 90,4 | 92,4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| | 160 kg Mineral-N | 86 | 86,2 | 91,9 | 92,6 | 2 | 1 | 2 | 14 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| | Sollwert | 87,4 | 87,5 | 91,5 | 92,2 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| 03.12.2009 | ohne N | 85,7 | 83,7 | 90,3 | 90,2 | 4 | 6 | 5 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 |
| | 40 kg Mineral-N | 85,5 | 84,4 | 90,4 | 90,8 | 5 | 6 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| | 80 kg Mineral-N | 85,2 | 84,7 | 91 | 90,3 | 5 | 6 | 4 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| | 120 kg Mineral-N | 85,9 | 86,9 | 90,5 | 88,4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| | 160 kg Mineral-N | 85,2 | 84,9 | 90,1 | 88,2 | 4 | 6 | 4 | 5 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| | Sollwert | 85,3 | 84,9 | 90,1 | 88,2 | 4 | 6 | 5 | 4 | 2 | 5 | 1 | 3 |

| Variante | Probenahme | TS_PRO | | | | NO3_N | | | | NH4_N | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm |
| Sollwert | 07.01.09 | 83,6 | 90,0 | 91,6 | 89,6 | 5 | 10 | 15 | 13 | 8 | 4 | 3 | 4 |
| | 18.02.09 | 82,7 | 88,2 | 89,8 | 89,1 | 5 | 6 | 10 | 14 | 4 | 2 | 2 | 3 |
| | 11.03.09 | 84,9 | 86,5 | 89,9 | 88,1 | 20 | 4 | 6 | 14 | 82 | 3 | 2 | 4 |
| | 20.04.09 | 90,9 | 91,0 | 92,1 | 89,8 | 3 | 5 | 4 | 12 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | 12.05.09 | 91,7 | 90,3 | 92,9 | 90,6 | 3 | 2 | 4 | 10 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| | 11.06.09 | 89,6 | 93,8 | 94,5 | 90,8 | 3 | 1 | 2 | 6 | 7 | 2 | 2 | 2 |
| | 09.07.09 | 91,0 | 92,7 | 95,8 | 92,4 | 4 | 2 | 6 | 7 | 4 | 3 | 4 | 2 |
| | 11.08.09 | 89,0 | 87,1 | 92,2 | 93,5 | 11 | 7 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 07.09.09 | 88,0 | 89,0 | 93,5 | 92,9 | 15 | 6 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | 15.10.09 | 87,4 | 87,5 | 91,5 | 92,2 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| | 12.11.09 | 85,2 | 87,0 | 90,6 | 89,3 | 8 | 5 | 3 | 5 | 6 | 2 | 2 | 2 |
| | 03.12.09 | 85,3 | 84,9 | 90,1 | 88,2 | 4 | 6 | 5 | 4 | 2 | 5 | 1 | 3 |

### 9.2.5. Versuch 644b Silomais

**Ertrag 644b**

| Variante | N-Düngung | Grünmasse dt/ha | Grünmasse dt/ha (rel) | Pflanzenlänge cm | Pfl./Parz. |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0 | 312,3 | 63 | 199 | 93 |
| **2** | 50 | 412,5 | 83 | 241 | 95 |
| **3** | 100 | 452,6 | 91 | 262 | 93 |
| **4** | 150 | 492,4 | 99 | 273 | 94 |
| **5** | 200 | 499,1 | 100 | 268 | 89 |
| **6** | Sollwert 180 | 499,5 | 100 | 271 | 96 |
| **7** | 250 | 511,8 | 102 | 276 | 90 |

**Bilanz 644b**

| Versuch | Variante | org. N-Zufuhr* | mineral-N-Zufuhr | Ertrag | N-Gehalt im Erntegut | N-Abfuhr | N-Bilanz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | [kg/ha] | [kg/ha] | [kg/ha] | [kg/dt] | [kg/ha] | [kg/ha] |
| 644b | 1 | | 0 | 312 | 0,27 | 85,0 | -85,0 |
| | 2 | | 50 | 412 | 0,30 | 123,3 | -73,3 |
| | 3 | | 100 | 453 | 0,39 | 177,5 | -77,5 |
| | 4 | | 150 | 492 | 0,44 | 218,5 | -68,5 |
| | 5 | | 200 | 499 | 0,44 | 222,0 | -22,0 |
| | 6 | 92 | 75 | 500 | 0,42 | 211,3 | -44,5 |
| | 7 | | 250 | 512 | 0,43 | 218,8 | 31,3 |

* org. N-Zufuhr nach Abzug Ausbringungsverluste

**Nmin 644b**

| Probenahme | Variante | TS_PRO | | | | NO3_N | | | | NH4_N | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm |
| 20.04.2009 | ohne N | 89,2 | 89,1 | 92,1 | 90,3 | 7 | 5 | 4 | 8 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | 50 kg Mineral-N | 88,2 | 89,1 | 91,9 | 90,8 | 8 | 5 | 4 | 6 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | 100 kg Mineral-N | 88,8 | 88,8 | 92,6 | 91,7 | 10 | 6 | 4 | 6 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| | 150 kg Mineral-N | 89,2 | 89 | 91,8 | 90 | 10 | 6 | 4 | 7 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | 200 kg Mineral-N | 87,9 | 91,4 | 91,8 | 89,9 | 15 | 5 | 7 | 18 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | 250 kg Mineral-N | 87,8 | 91 | 91,4 | 89,5 | 12 | 5 | 7 | 15 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| | SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N) | 88,4 | 89,2 | 92,3 | 90,3 | 13 | 7 | 5 | 9 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 15.10.2009 | ohne N | 86,1 | 89,3 | 93 | 92,6 | 7 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 |
| | 50 kg Mineral-N | 85,7 | 89,1 | 94,3 | 94,6 | 7 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 100 kg Mineral-N | 86,4 | 91,3 | 95,3 | 93,8 | 10 | 7 | 4 | 5 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| | 150 kg Mineral-N | 86,2 | 90,8 | 94,6 | 92,8 | 27 | 19 | 6 | 8 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| | 200 kg Mineral-N | 86,2 | 92 | 95,3 | 93,9 | 54 | 26 | 5 | 7 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| | 250 kg Mineral-N | 85,8 | 90,5 | 93,5 | 93,1 | 80 | 55 | 11 | 11 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| | SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N) | 86 | 91,1 | 94,8 | 93,2 | 25 | 16 | 8 | 7 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 03.12.2009 | ohne N | 84,2 | 87,2 | 90,2 | 89 | 4 | 6 | 7 | 6 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| | 50 kg Mineral-N | 84,7 | 87,4 | 90,9 | 89,2 | 4 | 6 | 7 | 9 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| | 100 kg Mineral-N | 84,8 | 87,2 | 90,4 | 89,9 | 4 | 6 | 9 | 8 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| | 150 kg Mineral-N | 84,7 | 87,6 | 90,6 | 89,5 | 5 | 8 | 21 | 27 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| | 200 kg Mineral-N | 85,5 | 87,3 | 91,1 | 90 | 5 | 9 | 20 | 29 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| | 250 kg Mineral-N | 84,6 | 87,3 | 90,3 | 88,9 | 5 | 11 | 47 | 44 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| | SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N) | 84,5 | 87,4 | 90,3 | 89,3 | 6 | 9 | 17 | 24 | 2 | 2 | 1 | 2 |

| Variante | Probenahme | TS_PRO | | | | NO3_N | | | | NH4_N | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm |
| Sollwert (180) | 08.01.2009 | 83,2 | 91,5 | 91 | 89,2 | 7 | 9 | 18 | 17 | 8 | 3 | 3 | 4 |
| | 18.02.2009 | 82,6 | 90,6 | 90,5 | 89,9 | 6 | 8 | 12 | 13 | 4 | 2 | 4 | 3 |
| | 11.03.2009 | 84,2 | 87,2 | 89,4 | 88,3 | 5 | 6 | 11 | 14 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| | 20.04.2009 | 88,4 | 89,2 | 92,3 | 90,3 | 13 | 7 | 5 | 9 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| | 12.05.2009 | 88,1 | 89,9 | 92,3 | 90,3 | 89 | 10 | 7 | 9 | 131 | 4 | 3 | 2 |
| | 12.06.2009 | 85,5 | 90 | 91,7 | 90,5 | 202 | 11 | 11 | 10 | 5 | 1 | 2 | 1 |
| | 09.07.2009 | 90 | 89,2 | 91,1 | 90,5 | 90 | 21 | 15 | 12 | 4 | 2 | 1 | 2 |
| | 11.08.2009 | 91 | 93 | 92,9 | 91,6 | 15 | 12 | 6 | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 07.09.2009 | 91,7 | 94,6 | 94,7 | 92,9 | 15 | 10 | 10 | 9 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| | 15.10.2009 | 86 | 91,1 | 94,8 | 93,2 | 25 | 16 | 8 | 7 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| | 12.11.2009 | 85,3 | 89,4 | 92 | 91,4 | 12 | 24 | 13 | 9 | 5 | 2 | 2 | 2 |
| | 03.12.2009 | 84,5 | 87,4 | 90,3 | 89,3 | 6 | 9 | 17 | 24 | 2 | 2 | 1 | 2 |

### 9.2.6. Versuch 644c Winterroggen und Zwischenfrucht Senf

**Ertrag 644c**

| Variante | N Düngung | Kornertrag dt/ha | Kornertrag dt/ha (rel) | Ähren/qm | TKM 86%TS g | Protein Korn iTM% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0 | 24,04 | 29 | 226 | 36,12 | 10,40 |
| **2** | 40 | 46,53 | 57 | 366 | 39,24 | 9,40 |
| **3** | 80 | 64,61 | 79 | 360 | 40,35 | 9,10 |
| **4** | 120 | 75,57 | 92 | 426 | 42,23 | 9,70 |
| **5** | 160 | 90,63 | 111 | 418 | 42,10 | 10,70 |
| **6** | Sollwert 140 | 81,84 | 100 | 406 | 43,06 | 10,10 |
| **7** | 200 | 92,04 | 112 | 466 | 42,50 | 10,90 |

**Bilanz 644c**

| Versuch | Variante | org. N-Zufuhr* [kg/ha] | mineral-N-Zufuhr [kg/ha] | Ertrag [kg/ha] | N-Gehalt im Erntegut [kg/dt] | N-Abfuhr [kg/ha] | N-Bilanz [kg/ha] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 644c | 1 | | 0 | 24,0 | 1,43 | 34,4 | -34,4 |
| | 2 | | 40 | 46,5 | 1,29 | 60,2 | -20,2 |
| | 3 | | 80 | 64,6 | 1,25 | 80,9 | -0,9 |
| | 4 | | 120 | 75,6 | 1,33 | 100,9 | 19,1 |
| | 5 | | 160 | 90,6 | 1,47 | 133,4 | 26,6 |
| | 6 | 94 | 60 | 81,8 | 1,39 | 113,7 | 40,6 |
| | 7 | | 200 | 92,0 | 1,50 | 138,0 | 62,0 |

* org. N-Zufuhr nach Abzug Ausbringungsverluste

**Nmin 644c**

| Probenahme | Variante | TS_PRO | | | | NO3_N | | | | NH4_N | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm |
| 18.02.2009 | ohne N | 84 | 83,8 | 89,2 | 88,9 | 4 | 7 | 7 | 8 | 5 | 3 | 3 | 4 |
| | 50 kg Mineral-N | 85,1 | 87 | 88,8 | 89,6 | 4 | 8 | 9 | 9 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| | 100 kg Mineral-N | 85,1 | 84,7 | 89,7 | 88,8 | 5 | 10 | 9 | 11 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| | 150 kg Mineral-N | 84,2 | 86,7 | 89,6 | 90 | 4 | 7 | 14 | 13 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| | 200 kg Mineral-N | 84,9 | 86,1 | 89,9 | 89,4 | 6 | 12 | 21 | 33 | 5 | 4 | 3 | 4 |
| | 250 kg Mineral-N | 86 | 86,8 | 89,3 | 88,3 | 6 | 12 | 22 | 25 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| | Sollwert | 85,3 | 86,2 | 89,6 | 89,8 | 7 | 11 | 13 | 14 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 11.08.2009 | ohne N | 91 | 89,6 | 90,1 | 89,6 | 7 | 4 | 3 | 5 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| | 50 kg Mineral-N | 89,9 | 89,7 | 91,9 | 91,4 | 10 | 4 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | 100 kg Mineral-N | 89,5 | 88,9 | 93 | 91,1 | 8 | 3 | 2 | 5 | 6 | 3 | 2 | 3 |
| | 150 kg Mineral-N | 92,5 | 91 | 91,6 | 92,4 | 9 | 5 | 3 | 6 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| | 200 kg Mineral-N | 89,2 | 87,3 | 91,5 | 92,6 | 11 | 6 | 6 | 11 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | 250 kg Mineral-N | 90,1 | 87,8 | 92,5 | 92,7 | 14 | 13 | 6 | 12 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| | Sollwert | 88 | 86,3 | 92,7 | 92,5 | 13 | 5 | 2 | 6 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| 03.12.2009 | ohne N | 84,5 | 85,3 | 88,9 | 88,7 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 50 kg Mineral-N | 85,5 | 84,3 | 89 | 89 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| | 100 kg Mineral-N | 84,5 | 85,2 | 89,1 | 88,1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| | 150 kg Mineral-N | 85,7 | 86 | 89,7 | 88,4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | 200 kg Mineral-N | 84,5 | 84,3 | 88,7 | 88,1 | 3 | 2 | 2 | 9 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| | 250 kg Mineral-N | 84,9 | 83,8 | 89 | 89,2 | 3 | 2 | 2 | 10 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| | Sollwert | 84,3 | 84,1 | 88,7 | 88,4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 |

| Variante | Probenahme | TS_PRO | | | | NO3_N | | | | NH4_N | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 90-120 cm |
| Sollwert | 08.01.2009 | 83,2 | 87,9 | 90,2 | 88,8 | 6 | 12 | 14 | 10 | 8 | 3 | 3 | 3 |
| | 18.02.2009 | 85,3 | 86,2 | 89,6 | 89,8 | 7 | 11 | 13 | 14 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| | 11.03.2009 | 83,4 | 84,6 | 89,0 | 88,3 | 27 | 6 | 8 | 14 | 85 | 3 | 3 | 4 |
| | 20.04.2009 | 89,8 | 90,0 | 92,3 | 91,0 | 6 | 5 | 4 | 10 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| | 12.05.2009 | 90,2 | 89,4 | 92,0 | 91,0 | 4 | 2 | 6 | 10 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| | 11.06.2009 | 88,4 | 91,5 | 92,6 | 91,1 | 3 | 2 | 5 | 8 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| | 09.07.2009 | 89,6 | 90,9 | 93,0 | 91,1 | 4 | 2 | 4 | 8 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| | 11.08.2009 | 88,0 | 86,3 | 92,7 | 92,5 | 13 | 5 | 2 | 6 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| | 07.09.2009 | 86,8 | 88,7 | 91,6 | 91,3 | 17 | 4 | 3 | 6 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| | 15.10.2009 | 85,9 | 86,1 | 91,0 | 92,9 | 4 | 2 | 3 | 6 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| | 12.11.2009 | 84,2 | 86,7 | 90,1 | 88,7 | 4 | 2 | 2 | 5 | 6 | 2 | 1 | 2 |
| | 03.12.2009 | 84,3 | 84,1 | 88,7 | 88,4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 |

### 9.2.7. Versuch 421/431/451

**Ertrag/Bilanz**

| Fruchtart | Faktor N-Düngung | N-Zufuhr org.* | N-Zufuhr min. | Wintergersten-/Winterrapsertrag Silomais - TM-Ertrag | N-Abfuhr Haupt-frucht | Bilanz |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | [kg/ha] | [kg/ha] | [dt/ha] | [kg/ha] | [kg/ha] |
| **421 - Wintergerste** | ohne N | 0 | 0 | 38,53 | 65 | -65 |
| | KAS (SW 190 N mineral) | 0 | 119 | 62,57 | 95 | 24 |
| | Gülle 120 Ges.-N | 102 | 0 | 55,09 | 97 | 5 |
| | Gärsubstrat 1-120 Ges.-N | 102 | 0 | 56,47 | 97 | 5 |
| | Gärsubstrat 2-120 Ges.-N | 102 | 0 | 55,31 | 108 | -6 |
| | Gärsubstrat 3-120 Ges.-N | 102 | 0 | 49,63 | 70 | 32 |
| | Gärsubstrat 4-120 Ges.-N | 102 | 0 | 43,86 | 61 | 41 |
| **431 - Silomais** | ohne N | 0 | | 134,6 | 181 | -181 |
| | KAS (SW 190 N mineral) | 0 | 140 | **188,3** | 253 | -113 |
| | Gülle 120 Ges.-N | 102 | | 175,2 | 235 | -133 |
| | Gärsubstrat 1-120 Ges.-N | 102 | | 156,2 | 210 | -108 |
| | Gärsubstrat 2-120 Ges.-N | 102 | | 173,4 | 233 | -131 |
| | Gärsubstrat 3-120 Ges.-N | 102 | | 167,8 | 226 | -124 |
| | Gärsubstrat 4-120 Ges.-N | 102 | | 173,6 | 233 | -131 |
| **451 - Winterraps** | ohne N | 0 | | 22,2 | 82 | -82 |
| | KAS (SW 190 N mineral) | 0 | 114 | 37,8 | 139 | -25 |
| | Gülle 120 Ges.-N | 102 | | 28,3 | 104 | -2 |
| | Gärsubstrat 1-120 Ges.-N | 102 | | 36,2 | 133 | -31 |
| | Gärsubstrat 2-120 Ges.-N | 102 | | 25,9 | 95 | 7 |
| | Gärsubstrat 3-120 Ges.-N | 102 | | 26,8 | 99 | 3 |
| | Gärsubstrat 4-120 Ges.-N | 102 | | 29,3 | 108 | -6 |

## Nmin

| Versuch | Fruchtart | Zeitpunkt | Probenahme | Faktor | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **421** | **Wintergerste** | ndE | 24.07.2009 | ohne N | 12 | 13 | 13 |
| | | | | Sollwert mineral | 8 | 13 | 18 |
| | | | | Gülle 120 N | 8 | 10 | 13 |
| | | | | Gärsubstrat 1 | 14 | 16 | 18 |
| | | | | Gärsubstrat 2 | 9 | 11 | 11 |
| | | | | Gärsubstrat 3 | 9 | 9 | 8 |
| | | | | Gärsubstrat 4 | 9 | 11 | 12 |
| | | zSW | 08.12.2009 | ohne N | 8 | 12 | 7 |
| | | | | Sollwert mineral | 15 | 10 | 7 |
| | | | | Gülle 120 N | 15 | 10 | 7 |
| | | | | Gärsubstrat 1 | 9 | 11 | 8 |
| | | | | Gärsubstrat 2 | 14 | 15 | 8 |
| | | | | Gärsubstrat 3 | 8 | 8 | 7 |
| | | | | Gärsubstrat 4 | 13 | 12 | 9 |
| **431** | **Silomais** | ndE | 22.09.2009 | ohne N | 7 | 13 | 17 |
| | | | | Sollwert mineral | 19 | 34 | 33 |
| | | | | Gülle 120 N | 9 | 8 | 12 |
| | | | | Gärsubstrat 1 | 7 | 9 | 10 |
| | | | | Gärsubstrat 2 | 6 | 10 | 17 |
| | | | | Gärsubstrat 3 | 8 | 13 | 18 |
| | | | | Gärsubstrat 4 | 8 | 14 | 10 |
| | | zSW | 01.12.2009 | ohne N | 8 | 14 | 14 |
| | | | | Sollwert mineral | 7 | 11 | 22 |
| | | | | Gülle 120 N | 8 | 12 | 14 |
| | | | | Gärsubstrat 1 | 7 | 11 | 13 |
| | | | | Gärsubstrat 2 | 7 | 8 | 10 |
| | | | | Gärsubstrat 3 | 6 | 7 | 14 |
| | | | | Gärsubstrat 4 | 8 | 11 | 14 |

| Versuch | Fruchtart | Zeitpunkt | Probenahme | Beschreibung | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **451** | **Winterraps** | ndE | 22.07.2009 | ohne N | 34 | 6 | 7 |
| | | | | Sollwert mineral | 23 | 9 | 4 |
| | | | | Gülle 120 N | 11 | 5 | 3 |
| | | | | Gärsubstrat 1 | 12 | 8 | 4 |
| | | | | Gärsubstrat 2 | 11 | 6 | 2 |
| | | | | Gärsubstrat 3 | 10 | 6 | 5 |
| | | | | Gärsubstrat 4 | 11 | 4 | 4 |
| | | zSW | 03.12.2009 | ohne N | 9 | 24 | 29 |
| | | | | Sollwert mineral | 10 | 23 | 30 |
| | | | | Gülle 120 N | 9 | 16 | 21 |
| | | | | Gärsubstrat 1 | 9 | 23 | 36 |
| | | | | Gärsubstrat 2 | 11 | 21 | 28 |
| | | | | Gärsubstrat 3 | 9 | 24 | 26 |
| | | | | Gärsubstrat 4 | 8 | 29 | 51 |

### 9.2.8. Ergänzende Nmin-Untersuchungen

**Versuch 619 - Cultan**

| Fruchtart | Standort | Probenahme | Düngung | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Winterweizen** | **Otterndorf** | 21.08.2009 | ohne Düngung | 36 | 11 | 6 |
| | | | Sollwert -15% | 32 | 10 | 6 |
| | | | Sollwert | 37 | 11 | 6 |
| | | | Cultan -15% | 34 | 11 | 6 |
| | | | Cultan-N-Menge wie Sollwert | 38 | 12 | 5 |
| | **Hamerstorf** | 21.08.2009 | ohne Düngung | 8 | 6 | 7 |
| | | | Sollwert -15% | 7 | 4 | 7 |
| | | | Sollwert | 6 | 5 | 9 |
| | | | Cultan -15% | 6 | 5 | 10 |
| | | | Cultan-N-Menge wie Sollwert | 6 | 6 | 6 |

## Versuch 753 - Zweitfruchtanbau von unterschiedlichen Sommerfrüchten nach Roggen

| Standort | Probenahme | Faktor | Düngung | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rockstedt** | 19.10.2009 | Mais (Ronaldinio)=Standard | Sollwert | 19 | 8 | 12 |
| | | Sonnenblume(Metharoc) | Sollwert | 18 | 13 | 6 |
| | | Sudangras(Lussi) | Sollwert | 11 | 6 | 6 |
| | | Ackergras A1 | Sollwert | 5 | 6 | 6 |
| | | Mais (Saludo)=Standard | Sollwert | 22 | 6 | 7 |
| | | Sonnenblume(Heliaroc) | Sollwert | 16 | 9 | 6 |
| | | Sudangras(Lussi) | Sollwert | 15 | 9 | 5 |
| | | Ackergras A2 | Sollwert | 7 | 4 | 6 |
| | 25.11.2009 | Mais (Ronaldinio)=Standard | Sollwert | 14 | 10 | 9 |
| | | Sonnenblume(Metharoc) | Sollwert | 13 | 7 | 9 |
| | | Sudangras(Lussi) | Sollwert | 13 | 7 | 6 |
| | | Ackergras A1 | Sollwert | 6 | 4 | 4 |
| | | Mais (Saludo)=Standard | Sollwert | 13 | 10 | 14 |
| | | Sonnenblume(Heliaroc) | Sollwert | 12 | 9 | 16 |
| | | Sudangras(Lussi) | Sollwert | 11 | 9 | 9 |
| | | Ackergras A2 | Sollwert | 8 | 4 | 5 |
| **Werlte** | 29.10.2009 | Mais (Ronaldinio)=Standard | Sollwert | 17 | 8 | 5 |
| | | Sonnenblume(Metharoc) | Sollwert | 18 | 8 | 6 |
| | | Sudangras(Lussi) | Sollwert | 10 | 5 | 4 |
| | | Ackergras A1 | Sollwert | 4 | 3 | 2 |
| | | Mais (Saludo)=Standard | Sollwert | 22 | 12 | 7 |
| | | Sonnenblume(Heliaroc) | Sollwert | 23 | 12 | 5 |
| | | Sudangras(Lussi) | Sollwert | 11 | 5 | 4 |
| | | Ackergras A2 | Sollwert | 13 | 10 | 6 |
| | 18.11.2009 | Mais (Ronaldinio)=Standard | Sollwert | 17 | 21 | 8 |
| | | Sonnenblume(Metharoc) | Sollwert | 12 | 23 | 8 |
| | | Sudangras(Lussi) | Sollwert | 17 | 20 | 11 |
| | | Ackergras A1 | Sollwert | 16 | 8 | 3 |

| Standort | Probenahme | Faktor | Düngung | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mais (Saludo)=Standard | Sollwert | 10 | 11 | 8 |
| | | Sonnenblume(Heliaroc) | Sollwert | 14 | 16 | 7 |
| | | Sudangras(Lussi) | Sollwert | 15 | 10 | 6 |
| | | Ackergras A2 | Sollwert | 15 | 20 | 8 |
| **Poppenburg** | 26.10.2009 | Mais (Ronaldinio)=Standard | Sollwert | 51 | 18 | 6 |
| | | Sonnenblume(Metharoc) | Sollwert | 28 | 8 | 3 |
| | | Sudangras(Lussi) | Sollwert | 29 | 12 | 4 |
| | 11.12.2009 | Mais (Ronaldinio)=Standard | Sollwert | 19 | 54 | 8 |
| | | Sonnenblume(Metharoc) | Sollwert | 20 | 32 | 6 |
| | | Sudangras(Lussi) | Sollwert | 23 | 25 | 5 |

## Versuch 768 - Sonnenblumen

| Standort | Probenahme | Faktor | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rockstedt** | 08.10.2009 | 80 kg/ha N -Nmin | 17 | 4 | 2 |
| | | 120 kg/ha N -Nmin | 15 | 3 | 3 |
| | | 160 kg/ha N -Nmin | 24 | 4 | 3 |
| **Poppenburg** | 08.09.2009 | 80 kg/ha N -Nmin | 15 | 6 | 5 |
| | | 120 kg/ha N -Nmin | 21 | 8 | 11 |
| | | 160 kg/ha N -Nmin | 26 | 10 | 11 |
| | 08.12.2009 | 80 kg/ha N -Nmin | 16 | 45 | 14 |
| | | 120 kg/ha N -Nmin | 16 | 43 | 24 |
| | | 160 kg/ha N -Nmin | 18 | 64 | 33 |
| **Werlte** | 08.10.2009 | 80 kg/ha N -Nmin | 19 | 9 | 6 |
| | | 120 kg/ha N -Nmin | 18 | 8 | 6 |
| | | 160 kg/ha N -Nmin | 18 | 7 | 6 |

## Versuch 770 - Zuckerhirse

| Standort | Probenahme | Faktor Pflanzdichte | Düngung | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rockstedt** | 08.10.2009 | 15 Pfl. /m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 23 | 7 | 7 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 20 | 10 | 5 |
| | | 25 Pfl. /m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 20 | 7 | 7 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 29 | 6 | 8 |
| | | 35 Pfl. /m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 19 | 5 | 7 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 21 | 5 | 5 |
| **Poppenburg** | 20.10.2009 | 15 Pfl. /m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 40 | 57 | 29 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 49 | 64 | 29 |
| | | 25 Pfl. /m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 45 | 37 | 25 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 42 | 41 | 22 |
| | | 35 Pfl. /m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 49 | 42 | 31 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 79 | 69 | 27 |
| | 07.12.2009 | 15 Pfl. /m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 22 | 62 | 54 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 29 | 94 | 72 |
| | | 25 Pfl. /m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 31 | 97 | 35 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 20 | 75 | 40 |
| | | 35 Pfl. /m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 25 | 82 | 44 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 31 | 150 | 41 |

## Versuch 771 - Sudangras

| Standort | Probenahme | Faktor Pflanzdichte | Faktor Düngung | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Poppenburg** | 20.10.2009 | 50 Pflz./m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 26 | 21 | 21 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 37 | 26 | 28 |
| | | 75 Pflz./m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 30 | 22 | 27 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 32 | 23 | 24 |
| | | 100 Pflz./m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 31 | 17 | 17 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 39 | 27 | 28 |
| | 11.12.2009 | 50 Pflz./m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 20 | 34 | 24 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 20 | 43 | 43 |
| | | 75 Pflz./m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 17 | 40 | 34 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 27 | 51 | 42 |
| | | 100 Pflz./m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 18 | 30 | 25 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 18 | 43 | 44 |
| **Rockstedt** | 08.10.2009 | 50 Pflz./m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 16 | 4 | 4 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 18 | 8 | 7 |
| | | 75 Pflz./m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 18 | 8 | 7 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 16 | 5 | 7 |
| | | 100 Pflz./m² | 150 kg N/ha - Nmin nach Saat | 16 | 5 | 8 |
| | | | 200 kg N/ha - Nmin nach Saat | 16 | 8 | 6 |

## Versuch 874 – Silomais Reihenabstand

| Standort | Probenahme | Faktor | Düngung | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Poppenburg** | 20.10.2009 | EK, KG, 75 cm, UFD (Standard) | Sollwert | 33 | 18 | 20 |
| | | EK, KG, 37,5 cm, UFD | Sollwert | 37 | 25 | 19 |
| | | HORSCH, 15 cm, UFD | Sollwert | 23 | 33 | 35 |
| | 08.12.2009 | EK, KG, 75 cm, UFD (Standard) | Sollwert | 15 | 49 | 24 |
| | | EK, KG, 37,5 cm, UFD | Sollwert | 23 | 54 | 25 |
| | | HORSCH, 15 cm, UFD | Sollwert | 28 | 40 | 42 |
| **Wehnen** | 27.10.2010 | EK, KG, 75 cm, UFD (Standard) | Sollwert | 63 | 37 | 13 |
| | | EK, KG, 37,5 cm, UFD | Sollwert | 97 | 70 | 16 |
| | | HORSCH, 15 cm, UFD | Sollwert | 125 | 85 | 20 |
| | 01.12.2009 | EK, KG, 75 cm, UFD (Standard) | Sollwert | 24 | 90 | 36 |
| | | EK, KG, 37,5 cm, UFD | Sollwert | 96 | 100 | 67 |
| | | HORSCH, 15 cm, UFD | Sollwert | 40 | 102 | 60 |
| **Werlte** | 08.10.2009 | EK, KG, 75 cm, UFD (Standard) | Sollwert | 11 | 30 | 8 |
| | | EK, KG, 37,5 cm, UFD | Sollwert | 21 | 8 | 6 |
| | | HORSCH, 15 cm, UFD | Sollwert | 14 | 7 | 6 |
| | 18.11.2009 | EK, KG, 75 cm, UFD (Standard) | Sollwert | 9 | 19 | 16 |
| | | EK, KG, 37,5 cm, UFD | Sollwert | 16 | 22 | 10 |
| | | HORSCH, 15 cm, UFD | Sollwert | 11 | 18 | 10 |

## Versuch 875 - Gülleunterfuß - Silomais

| Standort | Probenahme | Faktor | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rockstedt** | 22.09.2009 | ohne Düngung | 33 | 8 | 8 |
| | | ohne Gülledüngung, UFD mineralisch (40 N; 30 P2O5) | 31 | 6 | 7 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD mineralisch(40 N; 30 P2O5) Standardverfahren | 30 | 7 | 9 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD Gülle (40 N; 30 P2O5) | 33 | 10 | 9 |
| **Wehnen** | 25.10.2009 | ohne Düngung | 14 | 10 | 11 |
| | | ohne Gülledüngung, UFD mineralisch (40 N; 30 P2O5) | 10 | 5 | 7 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD mineralisch(40 N; 30 P2O5) Standardverfahren | 20 | 18 | 11 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD Gülle (40 N; 30 P2O5) | 49 | 19 | 9 |
| | 01.12.2009 | ohne Düngung | 14 | 19 | 16 |
| | | ohne Gülledüngung, UFD mineralisch (40 N; 30 P2O5) | 13 | 12 | 10 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD mineralisch(40 N; 30 P2O5) Standardverfahren | 16 | 29 | 26 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD Gülle (40 N; 30 P2O5) | 14 | 29 | 40 |
| | | Gülle UFD nach Sollwert, ohne Einarbeitung | 14 | 14 | 26 |

## Versuch 878 - Gülleunterfuß - Körnermais

| Standort | Probenahme | Faktor | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rockstedt** | 20.10.2009 | ohne Düngung | 11 | 7 | 7 |
| | | ohne Gülledüngung, UFD mineralisch (40 N; 30 P2O5) | 10 | 6 | 9 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD mineralisch(40 N; 30 P2O5) Standardverfahren | 16 | 14 | 12 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD Gülle (40 N; 30 P2O5) | 19 | 10 | 9 |
| | | Gülle UFD nach Sollwert, ohne Einarbeitung | 17 | 15 | 12 |
| **Wehnen** | 27.10.2009 | ohne Düngung | 10 | 3 | 4 |
| | | ohne Gülledüngung, UFD mineralisch (40 N; 30 P2O5) | 11 | 4 | 4 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD mineralisch(40 N; 30 P2O5) Standardverfahren | 28 | 11 | 4 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD Gülle (40 N; 30 P2O5) | 76 | 25 | 11 |
| | | Gülle UFD nach Sollwert, ohne Einarbeitung | 26 | 9 | 7 |
| | 01.12.2009 | ohne Düngung | 7 | 6 | 6 |
| | | ohne Gülledüngung, UFD mineralisch (40 N; 30 P2O5) | 7 | 6 | 7 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD mineralisch(40 N; 30 P2O5) Standardverfahren | 9 | 7 | 7 |
| | | Gülle breit Schleppschlauch, Einarbeitung mit Zinkenrotor, UFD Gülle (40 N; 30 P2O5) | 7 | 11 | 19 |
| | | Gülle UFD nach Sollwert, ohne Einarbeitung | 10 | 24 | 21 |

## Versuch 882 – Silomais unter Folie

| Standort | Probenahme | Faktor | Sorte | Einsaattermin | Düngung | Nmin 0-30 cm | Nmin 30-60 cm | Nmin 60-90 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Wehnen** | 20.10.2009 | 1.1.4 ohne Folie | B 39 | 01.04.2009 | Sollwert | 18 | 8 | 10 |
| | | 1.2.4 mit Folie | B 39 | 01.04.2009 | Sollwert | 15 | 8 | 12 |
| | | 1.2.2 mit Folie | Benicia | 01.04.2009 | Sollwert | 22 | 14 | 11 |
| | | 2.1.2 ohne Folie | Benicia | 16.04.2009 | Sollwert | 19 | 14 | 13 |
| | | 2.2.2 mit Folie | Benicia | 16.04.2009 | Sollwert | 24 | 20 | 11 |
| | | 2.1.4 ohne Folie | B 39 | 16.04.2009 | Sollwert | 18 | 10 | 9 |
| | | 2.2.4 mit Folie | B 39 | 16.04.2009 | Sollwert | 48 | 12 | 10 |
| | 18.12.2009 | 1.1.4 ohne Folie | B 39 | 01.04.2009 | Sollwert | 7 | 10 | 10 |
| | | 1.2.4 mit Folie | B 39 | 01.04.2009 | Sollwert | 7 | 11 | 11 |
| | | 1.2.2 mit Folie | Benicia | 01.04.2009 | Sollwert | 8 | 10 | 13 |
| | | 2.1.2 ohne Folie | Benicia | 16.04.2009 | Sollwert | 6 | 13 | 10 |
| | | 2.2.2 mit Folie | Benicia | 16.04.2009 | Sollwert | 6 | 10 | 11 |
| | | 2.1.4 ohne Folie | B 39 | 16.04.2009 | Sollwert | 7 | 15 | 12 |
| | | 2.2.4 mit Folie | B 39 | 16.04.2009 | Sollwert | 6 | 9 | 9 |

**Kontakt:**
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Geschäftsbereich Landwirtschaft
Fachbereich Nachhaltige Landnutzung, Ländlicher Raum
Andrea Knigge-Sievers
Mars-la-Tour-Str. 1-13
26121 Oldenburg
Tel.: 0441 801-431
Fax: 0441 801-440
Email: andrea.knigge-sievers@lwk-niedersachsen.de
Internet: www.lwk-niedersachsen.de