Versuchsbericht 2006/2007

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Versuchsergebnisse zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung

Finanziert durch das Nieders. Ministerium für Umwelt und Klimaschutz
aus Mitteln der Wasserentnahmegebühr

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis ... 3
Abbildungsverzeichnis ... 4
1. Einleitung ... 7
2. Auswirkung verschiedener Stickstoffdüngungssysteme und Fruchtfolgen auf Pflanzenwachstum, Stickstoffsalden und Nmin-Werte im Herbst ... 9
2.1. Standortbeschreibung ... 9
2.2. Versuchsfaktoren ... 10
2.2.1. Fruchtfolge ... 10
2.2.2. Standort Liebenau (seit 1995) ... 10
2.2.3. Standort Hohenzethen (seit 1995) ... 10
2.2.4. Stickstoffdüngung ... 11
2.3. Ergebnisse ... 12
2.3.1. Einfluss der Stickstoffdüngermenge ... 12
Erträge ... 12
Stickstoffsalden ... 14
Nmin-Werte im Herbst ... 15
2.3.2. Einfluss verschiedener Stickstoffdüngesysteme ... 16
Stickstoffdüngung mit anteiligem Einsatz von Gülle ... 17
Stickstoffdüngung mit anteiligem Einsatz von Gülle mit Didin-Zusatz ... 19
Erste Stickstoffgabe nach Ende der Auswaschungsgefahr (AWG) ... 19
Stickstoffdüngung nach der Bilanzmethode ... 21
2.3.3. Einfluss verschiedener Fruchtfolgen ... 25
Nmin-Werte im Frühjahr ... 25
N-Düngeraufwand ... 26
Erträge ... 27
Stickstoffsalden ... 28
Nmin-Werte im Herbst ... 28
2.4. Zusammenfassung der Ergebnisse der Standorte Liebenau und Hohenzethen ... 30
3. Welchen Einfluss hat eine gestaffelte N-Düngung bzw. eine grundwasserschutzorientierte Fruchtfolge auf die langjährige N-Dynamik im Boden, die Erträge und die Produktqualitäten? ... 31
3.1. Versuchsaufbau ... 31
3.1.1. Versuchsanlagen ... 31
3.1.2. Fruchtfolgen ... 32
3.1.3. Düngung ... 32
3.1.4. Pflanzenschutz ... 35

3.1.5. Ernte 35
3.1.6. Untersuchungen und Auswertungen 36
3.1.7. Nmin-Beprobungen 36
3.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse 37
3.2.1. Winterweizen 37
3.2.2. Winterroggen 42
3.2.3. Wintergerste 44
3.2.4. Sommergerste mit nachfolgender Zwischenfrucht 47
3.2.5. Silomais 50
3.3. Zusammenfassung der Ergebnisse der Standorte Astrup und Thülsfelde 53
4. Welchen Einfluss hat die Düngung mit unterschiedlichen Gärresten auf die Stickstoffdynamik im Boden, den Ertrag und die Produktqualität im Vergleich zur Düngung mit Schweinegülle bzw. mit einer mineralischen Stickstoffdüngung? 54
4.1. Versuchsaufbau 54
4.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse 57
4.2.1. Wintergerste 57
4.2.2. Winterraps 59
4.2.3. Silomais 61
4.2.4. Wirkung der Gärreste auf die N-Dynamik im Boden 63
4.3. Zusammenfassung 67
5. Anhang 68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Boden- und Klimakennwerte der Versuchsstandorte 9
Tabelle 2 Düngungsstufen 11
Tabelle 3 Stickstoffdüngungssysteme 11
Tabelle 4 Erträge bei unterschiedlichen Stickstoffdüngermengen in Liebenau 12
Tabelle 5 Erträge bei unterschiedlichen Stickstoffdüngermengen in Hohenzethen 13
Tabelle 6 N-Düngung und N-Salden: Liebenau 14
Tabelle 7 N-Düngung und N-Salden: Hohenzethen 15
Tabelle 8 N-Düngung und Nmin-Wert im Herbst: Liebenau 16
Tabelle 9 N-Düngung und Nmin-Wert im Herbst: Hohenzethen 16
Tabelle 10 N-Düngesysteme und Ertrag: Güllewirkung in Liebenau 17
Tabelle 11 N-Düngesysteme und N-Saldo: Güllewirkung in Liebenau 18
Tabelle 12 N-Düngesysteme und Nmin-Wert im Herbst: Güllewirkung in Liebenau 18
Tabelle 13 N-Düngesysteme: Was bringt der Didin-Zusatz? 19
Tabelle 14 Erste N-Düngung nach Ende der Auswaschungsgefahr; Beispiel Liebenau 20
Tabelle 15 N-Düngesysteme und Ertrag: Auswirkung einer verspäteten N-Düngung 21
Tabelle 16 Berechnung des Stickstoffdüngebedarfs nach der Bilanzmethode, Standort Hohenzethen 22
Tabelle 17 N-Düngesysteme und Ertrag: Ergebnisse der Bilanzmethode 22
Tabelle 18 N-Düngesysteme und Ertrag: Mittlere Düngermengen der Bilanzmethode im Versuchszeitraum (konventionelle Fruchtfolge) 23
Tabelle 19 N-Düngesysteme und N-Saldo: Ergebnisse der Bilanzmethode 24
Tabelle 20 N-Düngesysteme und Nmin-Werte im Herbst: Ergebnisse der Bilanzmethode 24
Tabelle 21 Fruchtfolgen und Nmin-Werte im Frühjahr: 26
Tabelle 22 Fruchtfolgen und N-Düngung 26
Tabelle 23 Fruchtfolgen und Erträge 27
Tabelle 24 Fruchtfolgen und N-Salden 28
Tabelle 25 Fruchtfolgen und Nmin-Werte im Herbst 29
Tabelle 26 Boden- und Klimakennwerte der Versuchsstandorte 31
Tabelle 27 Fruchtfolge Thülsfelde und Astrup 2005-2007 32
Tabelle 28 Düngungsvarianten Versuchsfrage 1, 2006 33
Tabelle 29 Düngungsvarianten Versuchsfrage 1, 2007 34
Tabelle 30 N-Sollwertschema zur N-Düngung 35
Tabelle 31 Düngung zur Wintergerste 55
Tabelle 32 Düngung zum Silomais 55
Tabelle 33 Düngung zum Winterraps 56
Tabelle 34 Analyse der Schweinegülle und der Gärreste im Gärsubstratversuch Wehnen (2006 und 2007) 56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Feldführung 9
Abbildung 2 Lage der Versuchsstandorte 9
Abbildung 3 Fruchtfolge Standort Liebenau 10
Abbildung 4 Fruchtfolge Standort Hohenzethen....10
Abbildung 5 Mit Zwischenfrüchten Nitrat konservieren 25
Abbildung 6 Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Winterweizenertrag und den Rest-Nmin-Gehalten im Boden nach der Ernte, Astrup 2006 und 2007 37
Abbildung 7 Einfluss der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Rest-Nmin Gehalte am Standort Astrup im Durchschnitt der Versuchsjahre (Winterweizen 2000-2007) 38
Abbildung 8 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterweizen und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung am Standort Astrup 39
Abbildung 9 Nmin-Gehalt im Boden im Jahresverlauf bei einer N-Sollwertdüngung zu Winterweizen (Astrup 2006/2007) 40
Abbildung 10 Nmin-Gehalt im Boden im Jahresverlauf bei einer N-Sollwertdüngung zu Winterweizen (Astrup 2007) 40
Abbildung 11 Einfluss einer organisch-mineralischen Düngung auf den Ertrag von Winterweizen (Astrup 2006/2007) 41
Abbildung 12 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterweizen und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung am Standort Astrup 41
Abbildung 13 Einfluss steigender N-Gaben auf den Winterroggenertrag und den Rest-Nmin Gehalte im Boden nach der Ernte von Winterroggen am Standort Thülsfelde (1998 – 2007) 42
Abbildung 14 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterroggen und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung am Standort Thülsfelde 2006 43
Abbildung 15 Nmin-Gehalt im Boden bei einer N-Sollwertdüngung zu Winterroggen im Verlauf des Versuchsjahres 2006/2007 (Thülsfelde 2006/2007)....43
Abbildung 16 Einfluss steigender N-Gaben auf den Wintergerstenertrag und die Rest-Nmin Gehalte am Standort Astrup (2007) 44
Abbildung 17 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung am Standort Astrup 2007 44
Abbildung 18 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte der Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung am Standort Thülsfelde 2007 45
Abbildung 19 Nmin-Gehalt im Boden im Verlauf des Versuchsjahres unter der Sollwertvariante nach der Ernte von Wintergerste (Thülsfelde 2007/2008) 45

Abbildung 20 Einfluss einer organischen bzw. organisch-mineralischen Düngung auf den Ertrag von Wintergerste (Astrup 2007) 46
Abbildung 21 Einfluss einer organischen bzw. organisch-mineralischen Düngung auf die Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Wintergerste (Astrup 2007) 46
Abbildung 22 Einfluss steigender N-Gaben auf den Sommergerstenertrag und die Rest-Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte in Abhängigkeit vom Standort (2007) 47
Abbildung 23 Einfluss steigender N-Gaben auf Ertrag und Rest-Nmin Gehalt an den Standorten Astrup und Thülsfelde (Sommergerste 1998 – 2007) 48
Abbildung 24 Einfluss einer organischen bzw. organisch-mineralischen Düngung auf den Ertrag von Sommergerste (Astrup 2007) 48
Abbildung 25 Einfluss einer organischen bzw. organisch-mineralischen Düngung auf die Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Sommergerste mit nachfolgender Zwischenfrucht Senf (Astrup 2007) 49
Abbildung 26 Einfluss steigender N-Gaben auf den Silomaisertrag und die Rest-Nmin Gehalte im Boden nach der Ernte am Standort Astrup 2006 50
Abbildung 27 Einfluss steigender N-Gaben und den Silomaisertrag und den Rest-Nmin-Gehalten im Boden nach der Ernte am Standort Thülsfelde 2006 51
Abbildung 28 Einfluss steigender N-Gaben in Form einer organisch bzw. organisch-mineralischen-N-Düngung auf den Silomaisertrag (Astrup 2006) 52
Abbildung 29 Einfluss einer organischen bzw. organisch-mineralischen Düngung auf die Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais (Astrup 2006) 52
Abbildung 30 Versuchsstandort Wehnen (Landkreis Ammerland) 54
Abbildung 31 Wintergerstenertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegüllevariante 2006 57
Abbildung 32 Wintergerstenertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegüllevariante 2007 57
Abbildung 33 Wintergerstenertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem NH4-N-Anteil der Gülle und der Gärreste 2006 58
Abbildung 34 N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) - Gärrestversuch zu Wintergerste 2006 59
Abbildung 35 Winterrapsertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegüllevariante 2006 59
Abbildung 36 Winterrapsertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegüllevariante 2007 60
Abbildung 37 Winterrapsertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem NH4-N-Anteil der Gülle und den Gärreste 2007 60
Abbildung 38 N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) - Gärrestversuch zu Winterraps 2007 61
Abbildung 39 Silomaisertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegülle 2006 61
Abbildung 40 Silomaisertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegüllevariante 2007 62

Abbildung 41 Silomaisertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem NH4-N-Anteil der Gülle und der Gärreste (∅ 2006/2007).....63
Abbildung 42 N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) - Gärrestversuch zu Silomais (∅ 2006/2007) 63
Abbildung 43 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2006 64
Abbildung 44 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2007 64
Abbildung 45 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2006 65
Abbildung 46 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2007 65
Abbildung 47 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2006 66
Abbildung 48 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2007 66
Abbildung 49 Temperatur-/Niederschlagsdiagramm Thülsfelde 2006/2007 68
Abbildung 50 Temperatur-/Niederschlagsdiagramm Wehnen 2006.....68
Abbildung 51 Temperatur-/Niederschlagsdiagramm Wehnen 2007.....69
Abbildung 52 Temperatur-/Niederschlagsdiagramm Osnabrück 2006.....69

1. Einleitung

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

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

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

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

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

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

Mittlerweile werden an vier Standorten in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie dauerhaft Daten zu Emissionen aus der Landwirtschaft gewonnen, die bereits fester Bestandteil des landesweiten Monitoring der Gewässergüte in Niedersachsen sind.

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

Der vorliegende Versuchsbericht umfasst den Versuchszeitraum 2006 bis 2007 bzw. stellt die Ergebnisse - sofern vorhanden - den langjährigen Mittelwerten gegenüber.

Alle gewonnen Daten können dem tabellarischen Anhang entnommen werden.

Kapitel 2 beschreibt die Ergebnisse aller Varianten verschiedener Stickstoffdüngungssysteme und zweier Fruchtfolgesysteme an den Standorten Hohenzethen (LK Uelzen) und Liebenau (LK Nienburg).

Kapitel 3 fasst die Ergebnisse über unterschiedlich hohe Stickstoffdüngung und Fruchtfolgegestaltung an den Standorten Thülsfelde (LK Cloppenburg) und Astrup (LK Osnabrück) zusammen. Mit dem vorliegenden Bericht finden einige Versuchsfragen ihren Abschluß.

Im Kapitel 4 werden die zweijährigen Ergebnisse des Versuchs zur Wirkung verschiedener Gärreste auf die Stickstoffdynamik im Boden, auf den Ertrag und auf die Produktqualität im Vergleich zur Düngung mit Schweinegülle bzw. mit einer mineralischen Stickstoffdüngung dargestellt. Diese Ergebnisse wurden bereits im ersten Jahr überregional aus den Kooperationen nachgefragt.

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

2. Auswirkung verschiedener Stickstoffdüngungssysteme und Fruchtfolgen auf Pflanzenwachstum, Stickstoffsalden und Nmin-Werte im Herbst

2.1. Standortbeschreibung

Im folgenden Abschnitt werden zunächst die Versuchsergebnisse aus den Jahren 2006 und 2007 für die Standorte Liebenau im Landkreis Nienburg und Hohenzethen im Landkreis Uelzen dargestellt.

Die Lage der beiden Standorte ist Abbildung 2 zu entnehmen. Beide Standorte liegen in Wasserschutzgebieten, und sind als Sandböden (Tabelle 1) durch eine z.T. hohe Austragsgefährdung gekennzeichnet. Die Verminderung der Auswaschungsgefahr ist für den Schutz des Grundwassers von großer Bedeutung.

Die Tabelle 1 beschreibt die wesentlichen Boden- und Klimakennwerte der Versuchstandorte.

Abbildung 1 Feldführung

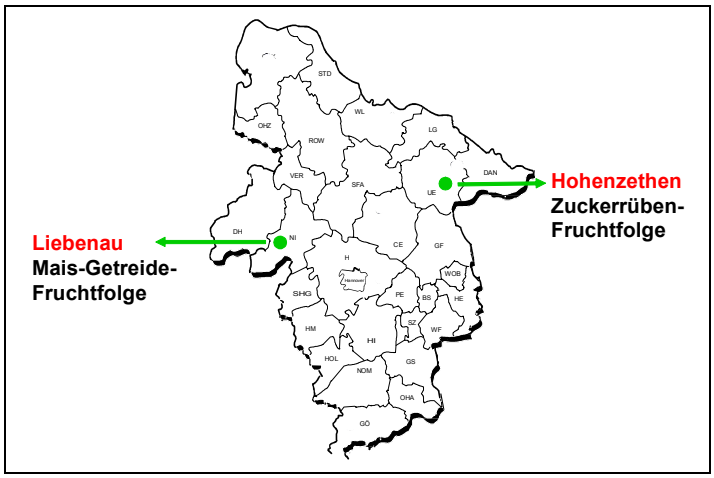

Abbildung 2 Lage der Versuchsstandorte

Tabelle 1 Boden- und Klimakennwerte der Versuchsstandorte

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

2.2. Versuchsfaktoren

2.2.1. Fruchtfolge

Auf beiden Standorten wurden je eine konventionelle und eine nitratkonservierende Fruchtfolge als randomisierter Kleinparzellenversuch in vierfacher Wiederholung geprüft.

Die konventionellen Fruchtfolgen orientieren sich an den regionaltypischen Anbauverhältnissen. Die nitratkonservierenden Fruchtfolgen - im Folgenden als „konservierend“ bezeichnet - sind eine Erweiterung der konventionellen Fruchtfolge. Bei der Auswahl der Haupt- und der Zwischenfrüchte sowie der Untersaaten steht die Reduzierung der auswaschungsgefährdeten Nitratmengen im Vordergrund.

2.2.2. Standort Liebenau (seit 1995)

Liebenau befindet sich in einer durch intensive Viehhaltung geprägten Region mit starkem Silomaisanbau. Durch den Silomaisanbau (50% Anteil in der konventionellen Fruchtfolge) entstehen lange Zeiträume ohne Bodenbedeckung. Aufgrund der späten Ernte des Silomaises kann der im Boden verbleibende Stickstoff im Mittel der Jahre nicht mehr von einer Zwischenfrucht aufgenommen werden.

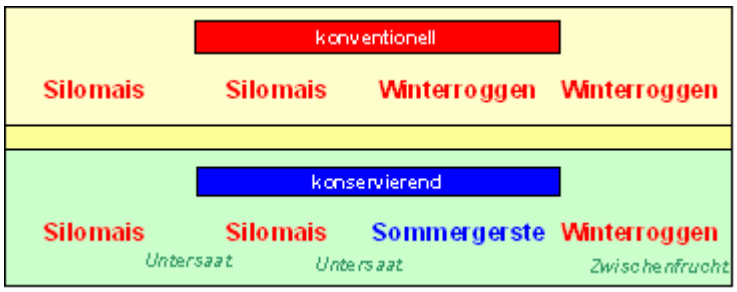

Abbildung 3 Fruchtfolge Standort Liebenau

In der konservierenden Fruchtfolge wird durch den Anbau von Untersaaten der Brachezeitraum während der Sickerwasserperiode verkürzt. Die Phase der Stickstoffaufnahme beginnt mit der Massebildung der Untersaat. Der Winterroggen wurde durch Sommergerste ersetzt. Zur weiteren Nitratkonservierung diente der Anbau von Gelbsenf nach Winterroggen.

2.2.3. Standort Hohenzethen (seit 1995)

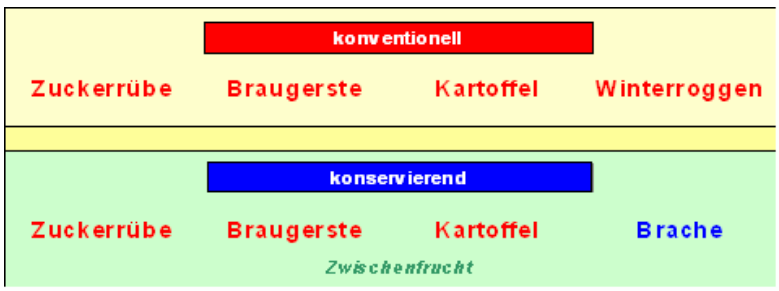

Abbildung 4 Fruchtfolge Standort Hohenzethen

In Hohenzethen machen die Hackfrüchte Zuckerrüben und Kartoffeln sowie die Getreidearten Sommergerste und Winterroggen in der Fruchtfolge je einen Anteil von 25 % aus. Die nitratkonservierende Fruchtfolge unterscheidet sich von der konventionellen durch Gelbsenf als Zwischenfrucht nach der Sommergerste und den Ersatz von Winterroggen durch eine begrünte Brache. Die Brache wurde zu den in dieser Region vorherrschenden ertragsschwachen Getreidearten gewählt. 2006 wurde die Brache durch Silomais ersetzt, da der Betrieb Mais für die Biogasgewinnung anbaut.

2.2.4. Stickstoffdüngung

Stickstoffdüngermenge

Hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Reduzierung der Nitratauswaschung wurden auf allen Standorten und in jeder Fruchtfolge unterschiedliche Stickstoffdüngermengen geprüft. Die Referenzdüngermenge (Sollwertdüngung = pflanzenspezifischer Sollwert) ergibt sich aus dem Bedarf der Pflanzen und der verfügbaren Stickstoffmenge im Boden zu Vegetationsbeginn.

Tabelle 2 Düngungsstufen

Var.	Düngung
1.1	Ohne N-Düngung
1.2	Sollwert - 40 %
1.3	Sollwert – 20 %
1.4	Sollwert
1.5	Sollwert + 30 %

Stickstoffdüngungssysteme

Neben unterschiedlich hohen N-Düngermengen, wurden verschiedene Düngerformen und Düngungstermine auf ihre Auswirkung hinsichtlich der Nitratauswaschung untersucht. Die nähere Beschreibung der Düngungsysteme (Tabelle 3) erfolgt mit Ergebnisdarstellung in Kapitel 2.3.2.

Tabelle 3 Stickstoffdüngungssysteme

Var.	Düngungssystem	Standorte
1	Sollwert = N-Düngebedarf, Bodenuntersuchung (Nmin) orientiert	Liebenau, Hohenzethen
2	Bilanzmethode = N-Düngebedarf vorwiegend am Ertrag (Bilanzmethode) orientiert	Liebenau, Hohenzethen
3	wie 1, jedoch erste Stickstoffgabe nach Ende der Auswaschungsgefahr (AWG)	Liebenau, Hohenzethen
4	Sollwert = N-Düngebedarf mit anteiliger Gülledüngung	Liebenau
5	Sollwert = N-Düngebedarf mit anteiliger Gülledüngung und Ammoniumstabilisator (Didin)	Liebenau
6	Sollwert = N-Düngebedarf mit anteiliger Düngung mit Gärresten aus der Biogasgewinnung	Hohenzethen (seit 2006)

In Liebenau wurden 5 in Hohenzethen 4 verschiedene Düngungssysteme untersucht.

2.3. Ergebnisse

Die in 2006 und 2007 gewonnen Ergebnisse werden den Vorjahresergebnissen gegenüber gestellt. Zur besseren Übersicht werden die Auswirkungen unterschiedlicher Düngermengen, Düngungssysteme und Fruchtfolgen auf Ertrag, Qualität, N-Salden und Nmin-Restwerte im Herbst in gesonderten Abschnitten abgehandelt.

2.3.1. Einfluss der Stickstoffdüngermenge

Der Einfluss der Stickstoffdüngermengen wird anhand der geprüften Düngungsstufen aufgezeigt (vgl. Tabelle 3). Die Düngung in Höhe des pflanzenspezifischen Sollwertes ergibt sich aus den in zahlreichen Versuchen ermittelten Sollwerten und der verfügbaren Stickstoffmenge im Boden zu Vegetationsbeginn.

Erträge

Wie sich die unterschiedliche N-Düngung auf den beiden Versuchsstandorten im Mittel der bisherigen Versuchsjahre im Vergleich zu den Jahren 2005, 2006 und 2007 in der konventionellen Fruchtfolge auf die Erträge auswirkte, zeigen die Zahlen in den Tabelle 4und Tabelle 5.

Tabelle 4 Erträge bei unterschiedlichen Stickstoffdüngermengen in Liebenau

Relativerträge in % (Sollwert=100%); konventionelle Fruchtfolge Standort Liebenau ; Versuchsjahre Mittel 1995-2004, 2005, 2006 und 2007				
Anbaufrucht		**RW**	**RW**	**Silomais**
Düngung	**1995-2004**	**2005**	**2006**	**2007**
ohne	**66**	**37**	**35**	**81**
Sollwert -40%	**91**	**85**	**82**	**94**
Sollwert -20%	**98**	**93**	**90**	**96**
Sollwert (SW)	**100**	**100**	**100**	**100**
Sollwert +30%	**103**	**96**	**101**	**103**
Ertrag absolut (dt/ha) in SW		**80**	**69**	**461**
Grenzdifferenz			**3,78**	**5,64**

Im langjährigen Mittel wurden in Liebenau in der ungedüngten Variante 66 % des Ertrages der Sollwert-Parzelle geerntet. In Hohenzethen lag dieser Wert bei 57 %. Dieser Unterschied erklärt sich aus dem hohen Silomais-Anteil in der Liebenauer Fruchtfolge. Mais erzielt bei Unterlassung der Stickstoffdüngung, wie im Jahr 2007 auch in Liebenau deutlich erkennbar, einen relativ höheren Ertrag im Vergleich zur Sollwertdüngung als Winterroggen. Diese Unterschiede bleiben auch in den suboptimal gedüngten Varianten „Sollwert – 40 %“ und „Sollwert – 20 %“ weitestgehend erhalten.

Als Ursache für die Unterschiede zwischen den Fruchtarten sind der unterschiedliche Wachstumsverlauf und der Zeitraum, in dem die verschiedenen Früchte den im Boden mineralisierten Stickstoff aufnehmen können, zu nennen. Kulturen mit einer kurzen Wachstumsdauer und/oder einem frühen N-Bedarf (Getreide) reagieren stärker auf eine Unterlassung der N-Düngung als Kulturen mit einer längeren Wachstumsdauer und einem N-Aufnahmemaximum, dass mit der Zeit intensiver N-Mineralisierung im Boden zusammenfällt, wie bei Zuckerrüben und Silomais.

Zu den vergleichsweise geringen mittleren Ertragsverlusten in der Variante „Sollwert - 20 %“ trägt auch die in früheren Jahren zu Silomais ausgebrachte N-Düngung in Liebenau bei. Die vorgenommene Sollwertkorrektur war nicht ausreichend. In Liebenau wurde die Sollwertparzelle auf ein N-Angebot von etwa 170 kg/ha (=Nmin im Frühjahr plus ausgebrachte N-Düngung) eingestellt. Aufgrund der langjährig auf dieser Fläche ausgebrachten Wirtschaftsdünger hätte demnach der Sollwert weiter nach unten korrigiert werden müssen, Entsprechend dem Stickstoffangebot in der Variante „Sollwert – 20 %“. um ca. 40 kg N/ha.

In den drei zurückliegenden Versuchsjahren traten in Liebenau und Hohenzethen keine Mehrerträge durch eine über den Sollwert hinausgehende Stickstoffdüngung auf. Die Differenzen liegen im Bereich des Versuchsfehlers.

Tabelle 5 Erträge bei unterschiedlichen Stickstoffdüngermengen in Hohenzethen

Relativerträge in % (Sollwert=100%); konventionelle Fruchtfolge Standort Hohenzethen ; Versuchsjahre Mittel 1995-2004, 2005, 2006 und 2007				
Anbaufrucht		**Kartoffel**	**Silomais**	**RW**
Düngung	**1995-2004**	**2005**	**2006**	**2007**
ohne	**57**	**52**	**60**	**40**
Sollwert -40%	**87**	**80**	**75**	**96**
Sollwert -20%	**94**	**89**	**76**	**107**
Sollwert (SW)	**100**	**100**	**100**	**100**
Sollwert +30%	**104**	**100**	**91**	**115**
Ertrag absolut (dt/ha) in SW		**562**	**384**	**49**
Grenzdifferenz			**1,00**	**15,06**

Die Ergebnisse für die Kartoffeln 2005 in Hohenzethen liegen im Bereich des langjährigen Mittels. 2006 wurde auf dieser Versuchsfläche das erste Mal Silomais angebaut, da der Betrieb Mais für die Biogasgewinnung anbaut. Die Ertragsverluste in der Nulldüngungvariante sind mit 40 % deutlicher höher als in Liebenau. Das gleiche Bild ergibt sich in den reduziert gedüngten Teilstücken. Das geringere Stickstoffangebot aus der Düngung wurde nicht durch Mineralisation aus dem Boden kompensiert. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass in Hohenzethen im Gegensatz zu Liebe-

nau in den Jahren vor Versuchsbeginn nicht regelmäßig Wirtschaftsdünger ausgebracht wurden. Im Jahr 2007 fällt der relativ geringe Roggenertrag von etwa 50 dt/ha auf. Dies ist auf die extreme Trockenheit im Frühjahr zurückzuführen. Zum Zeitpunkt der ersten Beregnungsgabe war der Bestand schon deutlich reduziert, so dass kein befriedigender Ertrag mehr erzielt werden konnte. Durch die Trockenheit wurde der Bestand innerhalb des Schlages auch ungleichmäßiger. Dies und die sehr schlechten Witterungsverhältnisse – Niederschläge im August - bei der Ernte. sind die Gründe für die relativ hohe Grenzdifferenz in diesem Versuch,

Der Mais reagierte 2006 mit rd. 25 % Ertragsrückgang empfindlicher als der Winterroggen – bei insgesamt schlechtem Ertragsniveau - auf die Reduzierung des Sollwertes um 25 %.

Stickstoffsalden

Für die Berechnung der Stickstoffsalden wurde von der N-Zufuhr mit Düngemitteln die N-Abfuhr durch das Erntegut abgezogen. Die Ernterückstände verblieben i.d.R. auf den Flächen.

Die Tabelle 6 und Tabelle 7 zeigen die mittleren N-Salden in Liebenau und Hohenzethen im Versuchszeitraum von 1995 bis 2004 im Vergleich zu den Jahren 2005, 2006 und 2007.

Tabelle 6 N-Düngung und N-Salden: Liebenau

N-Salden (kg N/ha); konventionelle Fruchtfolge Standort Liebenau ; Versuchsjahre Mittel 1995-2004, 2005, 2006 und 2007				
Anbaufrucht		Winterroggen	Winterroggen	Silomais
Düngung	1995-2004	2005	2006	2007
ohne	-68	-34	-32	-102
Sollwert -40%	-35	4	6	-95
Sollwert -20%	-21	16	15	-82
Sollwert	4	32	26	-77
Sollwert +30%	43	62	48	-37

Die N-Salden bei einer N-Düngung in Höhe des Sollwertes bewegen sich im Mittel der Jahre bei 4 bzw. 25 kg N/ha. Der positive Saldo spiegelt in diesen Fällen die unvermeidbaren N-Verluste bei bedarfsgerechter N-Düngung wieder. In der Variante N-Düngung Sollwert plus 30 % nehmen die Überschüsse auf beiden Standorten stark zu. Bei suboptimaler N-Düngung errechnen sich negative Werte.

Die nahezu ausgeglichene Bilanz im langjährigen Mittel der Jahre bei bedarfsgerechter N-Düngung in Liebenau ist nicht typisch für Ackerbaustandorte. Sie erklärt sich durch den 50 %-igen Anteil von Silomais in der Liebenauer Fruchtfolge. Da mit dem Erntegut beim Silomais meist 200 kg N/ha und mehr vom Feld abgefahren werden und weniger Stickstoff gedüngt wird, ergeben sich negative Bilanzwerte. Mais deckt den einen großen Teil seines Stickstoffbedarfs aus dem im Boden freigesetzten

Stickstoff. Im Gegensatz dazu trägt der im Boden mineralisierte Stickstoff wegen des früheren Zeitpunktes der Haupt-N-Aufnahme wesentlich weniger zur N-Versorgung von Winter- und Sommergetreide sowie Kartoffeln am Standort Hohenzethen bei. Die Folge sind vergleichsweise höhere N-Salden mit einer Fruchtfolge Zuckerrübe-Braugerste-Kartoffel-Winterroggen.

So erklären sich die unterschiedlichen Bilanzsalden zwischen den Kulturen in Liebenau in den Jahren 2005 bis 2007.

In Hohenzethen sind aufgrund der hohen Kartoffelerträge im Jahre 2005 die Salden in allen Düngungsvarianten negativ, d.h. es wurde in allen Fällen mehr Stickstoff von der Fläche abgefahren als mit Stickstoffdüngemitteln zugeführt. Dies trifft auch für Silomais 2006 zu. Aufgrund des bereits angesprochenen schlechten Roggenertrags im Versuchsjahr 2007 ergeben sich wegen der geringen Stickstoffabfuhr vom Feld hohe Überschüsse in der Stickstoffbilanz.

Tabelle 7 N-Düngung und N-Salden: Hohenzethen

N-Salden (kg N/ha); konventionelle Fruchtfolge Standort Hohenzethen ; Versuchsjahre Mittel 1995-2004, 2005, 2006 und 2007				
Anbaufrucht		**Kartoffel**	**Silomais**	**RW**
Düngung	**1995-2004**	**2005**	**2006**	**2007**
ohne	**-67**	**-102**	**-71**	**-29**
Sollwert -40%	**-20**	**-77**	**-46**	**27**
Sollwert -20%	**1**	**-64**	**-41**	**53**
Sollwert	**25**	**-57**	**-53**	**83**
Sollwert +30%	**61**	**-6**	**-1**	**123**

Nmin-Werte im Herbst

Die Bodenproben zur Nmin-Messung im Herbst wurden meist im November entnommen. Tabelle 8 und Tabelle 9 zeigen die mittleren Nmin-Werte im Herbst in Liebenau und Hohenzethen im Versuchszeitraum von 1995 bis 2004 im Vergleich zu den Jahren 2005, 2006 und 2007. Sie liegen in der Sollwert-Variante in Liebenau bei 61 und in Hohenzethen bei 23 kg N/ha in einer Bodentiefe von 0 bis 90 cm.

Bei hoher N-Düngung (SW + 30%) stiegen die Nmin-Werte in Liebenau mit rd. 30 kg N/ha deutlich an, in Hohenzethen blieb dieser Effekt aus. In den drei zurückliegenden Versuchsjahren ist dieser Anstieg nicht so klar zu erkennen.

Wurde suboptimal (SW – 20 % und SW -40%) gedüngt, dann veränderten sich die Werte im Vergleich zur bedarfsgerechten N-Düngung in der Sollwertparzelle in Hohenzethen bei insgesamt niedri-

gem Nmin Niveau ebenfalls nur unwesentlich. Dies gilt sowohl für das langjährige Mittel von 1995 bis 2004 als auch für die drei Versuchsjahre (2005 bis 2007) und jeweiligen Kulturen.

In Liebenau liegen die Werte in den reduziert gedüngten Parzellen im langjährigen Schnitt von 1995 bis 2004 um 20 bis 30 kg N/ha niedriger. Dieser Trend wird in den jüngsten Versuchsjahren 2005 bis 2007 nicht ganz bestätigt.

Tabelle 8 N-Düngung und Nmin-Wert im Herbst: Liebenau

Nmin-Werte kgN/ha (0-90cm) im Herbst; konventionelle Fruchtfolge Standort Liebenau ; Versuchsjahre Mittel 1995-2004, 2005, 2006 und 2007				
Anbaufrucht		Winterroggen	Winterroggen	Silomais
Düngung	1995-2004	2005	2006	2007
ohne	31	36	52	31
Sollwert -40%	35	40	62	30
Sollwert -20%	41	41	51	34
Sollwert	61	46	70	33
Sollwert +30%	93	62	61	46

Tabelle 9 N-Düngung und Nmin-Wert im Herbst: Hohenzethen

Nmin-Werte kgN/ha (0-90cm) im Herbst; konventionelle Fruchtfolge Standort Hohenzethen ; Versuchsjahre Mittel 1995-2004, 2005, 2006 und 2007				
Anbaufrucht		Kartoffel	Silomais	Winterroggen
Düngung	1995-2004	2005	2006	2007
ohne	19	30	16	21
Sollwert -40%	22	27	23	12
Sollwert -20%	23	32	21	13
Sollwert	23	35	29	14
Sollwert +30%	24	34	72	13

2.3.2. Einfluss verschiedener Stickstoffdüngesysteme

Unterschiedliche Stickstoffdüngungstermine und Stickstoffformen und die Auswirkungen auf das Nitratauswaschungspotenzials wurden in verschiedenen Versuchen geprüft (siehe Tabelle 3).

Nachfolgend werden die aufgeführten N-Düngungssysteme in ihrer Auswirkung auf Ertrag, N-Salden und Nmin-Werte im Herbst im Vergleich zur Düngung nach der Sollwert-Methode beschrieben.

Stickstoffdüngung mit anteiligem Einsatz von Gülle

In diesem System wurde die Düngung folgendermaßen berechnet: Die Güllemenge richtete sich nach dem P- und K-Bedarf der Pflanzen entsprechend den Gehaltsklassen C. Der Stickstoff der Rindergülle wurde zu 70 % angerechnet. Die restliche N-Düngung erfolgte mit Mineraldüngern.

Das Gesamt-Stickstoffangebot entsprach der Sollwert-Variante mit reiner Mineraldüngung. Dieses Düngesystem ist auf dem Standort Liebenau zu finden, in Hohenzethen wurde ab 2006 die Güllevariante durch eine entsprechende Variante mit Gärresten aus der Biogasanlage ersetzt. Tabelle 10 zeigt die mittleren Relativerträge (Sollwert mineralisch = 100 %) in Liebenau im Versuchszeitraum von 1995 bis 2004 im Vergleich zu den Jahren 2005, 2006 und 2007.

Tabelle 10 N-Düngesysteme und Ertrag: Güllewirkung in Liebenau

N-Düngesysteme und Ertrag: Einfluss der Güllewirkung; konventionelle Fruchtfolge Standort Liebenau , Versuchsjahre Mittel 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007				
Anbaufrucht		**Winterroggen**	**Winterroggen**	**Silomais**
%	**1995-2004**	**2005**	**2006**	**2007**
Relativertäge	**98**	**93**	**91**	**96**
Sollwert mineralisch	**100**	**100 (= 80 dt/ha)**	**100 (= 69 dt/ha)**	**100 (= 461 dt/ha)**

In Liebenau konnte im langjährigen Schnitt mit anteiliger Gülledüngung nahezu der gleiche Ertrag wie bei reiner Mineraldüngung erzielt werden. Die Abweichung lag im Fehlerbereich. Dieses Ergebnis wurde in den Jahren 2005 und 2006 nicht erreicht. Es traten statistisch gesicherte Mindererträge bei anteiliger Gülledüngung auf. Das eingeplante Mineraldüngeräquivalent von 70 % konnte demnach nicht erreicht werden. Gründe dafür können höhere Ammoniakverluste oder eine schlechtere Stickstoffmineralisation sein. Die Abweichung im Versuchsjahr 2007 mit Mais lag innerhalb des Fehlerbereiches.

Beim erstmaligen Einsatz von Gärresten in Hohenzethen in den Jahren 2006 und 2007 wurde die eingesetzte Menge wie oben beschrieben bei der Güllevariante berechnet. Im Jahr 2006 lag der Maisertrag in diesem Teilstück bei 86 % im Vergleich zur gleichen Stickstoffdüngermenge in rein mineralischer Form. Die erwartete N-Wirkung aus den Gärresten trat also nicht ein. Im Folgejahr 2007 im Winterroggen wurden relativ 105 % erzielt. Dieses Mehr an Ertrag lag aber im Bereich des Versuchsfehlers. Auf die hohe Grenzdifferenz in diesem Versuch wurde bereits im Kap. 2.3 hingewiesen. Die nächsten Versuchsjahre in Hohenzethen müssen zeigen, in welchem Maße der Stickstoff aus den Gärresten düngewirksam wird.

Bei den N-Salden in Tabelle 11 gibt es zwischen rein mineralischer Stickstoffdüngung und organischer Düngung erwartungsgemäß Unterschiede, weil bei den Güllevarianten die Gesamt-N-Zufuhr nach Abzug der gasförmigen Verluste bei der Lagerung berücksichtigt wurden.

Aufgrund des Mineraldüngeräquivalents (MDÄ) von 70 % bei Rindergülle muss sich zwangsläufig ein höherer N-Saldo im Vergleich zur mineralischen Stickstoffdüngung ergeben. Ein MDÄ von 70 % Rindergülle bedeutet: 100 kg N aus Rindergülle entsprechen der Wirksamkeit von 70 kg N aus Mineraldünger. So liegen die N-Salden beim Gülleeinsatz im Vergleich zur rein mineralischen N-Düngung etwa 30 bis 40 kg N/ha höher. Dieser Sachverhalt trifft auch beim Einsatz von Gärresten aus Biogasanlagen zu.

Tabelle 11 N-Düngesysteme und N-Saldo: Güllewirkung in Liebenau

N-Düngesysteme und N-Saldo: Einfluss der Güllewirkung; konventionelle Fruchtfolge

Standort Liebenau, Versuchsjahre Mittel 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007

Anbaufrucht		Winterroggen	Winterroggen	Silomais
N-Salden kg/ha	1995-2004	2005	2006	2007
ohne Gülle	8	32	26	-77
mit Gülle	39	65	56	-47

Die Herbst-Nmin-Werte in Tabelle 12 sind in Liebenau in der Güllevariante im langjährigen Schnitt mit 49 kg N/ha sogar etwas niedriger. In den drei zurückliegenden Versuchsjahren gibt es keine nennenswerten Unterschiede.

Tabelle 12 N-Düngesysteme und Nmin-Wert im Herbst: Güllewirkung in Liebenau

N-Düngesysteme und Nmin-Wert im Herbst: Einfluss der Güllewirkung; konventionelle Fruchtfolge

Standort Liebenau, Versuchsjahre Mittel: 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007

Anbaufrucht		Winterroggen	Winterroggen	Silomais
kgN/ha (0-90cm)	1995-2004	2005	2006	2007
ohne Gülle	61	46	70	33
mit Gülle	49	52	70	38

Stickstoffdüngung mit anteiligem Einsatz von Gülle mit Didin-Zusatz

In Liebenau wurde Gülle- mit von Didinzusatz (10 Liter/ha) als Ammoniumstabilisator zur Gülle untersucht. Damit soll eine mögliche Auswaschung von im zeitigen Frühjahr gedüngten Güllestickstoff vermieden werden. Im Mittel der elf Versuchsjahre von 1995 bis 2005 wurden durch den Didin-Zusatz keine Mehrerträge erzielt. N-Salden und Nmin-Herbst-Werte unterschieden sich ebenso nicht.. Diese Aussage trifft auch für die zwei letzten Versuchsjahre zu, wie die Ergebnisse in 0 zeigen. Diese Versuchsfrage wird nicht weiter untersucht.

Tabelle 13 N-Düngesysteme: Was bringt der Didin-Zusatz?

N-Düngesysteme: Was bringt der Didin-Zusatz?; konventionelle Fruchtfolge

Standort Liebenau, Versuchsjahre 2006 und 2007

	Ertrag Relativertrag in % bzw. kg/ha (ohne Gülle = 100%)		*N-Saldo* kg/ha		*Nmin Herbst*	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
ohne Gülle	100	100	26	-77	70	33
mit Gülle	91	100	56	-47	70	38
mit Gülle+Didin	92	98	56	-46	79	41

Erste Stickstoffgabe nach Ende der Auswaschungsgefahr (AWG)

Mit diesem Düngesystem soll die mögliche Auswaschung der ersten N-Düngung im Frühjahr vermieden werden.

Deshalb wird die erste Stickstoffgabe erst zu dem Zeitpunkt ausgebracht, ab dem keine Versickerung mehr zu erwarten ist. In der Regel erfolgt daher die erste Düngung des Wintergetreides erst gegen Ende April, also zum üblicherweise 2. Düngungstermin bei Schossbeginn.

Aufgrund des späteren Saat- bzw. Düngetermins ist beim Anbau von Sommergetreide, Kartoffeln, Zuckerrüben und Mais ist die erste N-Gabe i. d. R. nicht mehr auswaschungsgefährdet.

Die N-Düngung in dieser Variante wurde für alle untersuchten Kulturen deshalb so gestaltet, dass bei der ersten Stickstoffdüngung nur etwa 1/3 der gesamten Düngung ausgebracht wurde. Die restliche N-Düngung erfolgte zum Reihenschließen.

Bei der Braugerste unterschied sich die N-Verteilung nicht.

In Tabelle 14 werden am Beispiel Liebenau für die erste Fruchtfolgerotation aus Silomais/Silomais/Winterroggen/Winterroggen die Unterschiede in der N-Verteilung dargestellt. In den darauf folgenden Jahren wurde die Düngung in dieser Variante entsprechend gehandhabt.

Tabelle 14 Erste N-Düngung nach Ende der Auswaschungsgefahr; Beispiel Liebenau

Stadium	Sollwert		Sollwert AWG	
	Datum	N-Menge [kg N/ha]	Datum	N-Menge [kg N/ha]
1995 Mais				
Saat	29. 03	**18**	29. 04	**18**
n.d. Saat	09. 05	**90**	09. 05	**42**
Reihenschließen	22. 06	**40**	22. 06	**88**
1996 Mais				
Saat	07. 05	**18**	07. 05	**18**
n.d. Saat	14. 05	**50**	14. 05	**20**
Reihenschließen	27. 06	**0**	27. 06	**30**
1997 Winterroggen				
Veg.Beginn	13. 03	**60**	13. 03	**0**
EC 31	30. 04	**50**	30. 04	**60**
EC 39	16. 05	**0**	16. 05	**50**
1998 Winterroggen				
Veg.Beginn	31. 03	**80**	31. 03	**0**
EC 31	23. 04	**50**	23. 04	**130**
EC 45	07. 05	**40**	07. 05	**40**

1996 fiel die N-Düngung sehr niedrig aus, da die Nmin-Werte im Frühjahr aufgrund des lang anhaltenden Frostes in den Wintermonaten 1995/96 und der damit unterbliebenen Nährstoffauswaschung im Vergleich zum langjährigen Mittel etwa doppelt so hoch lagen.

Die Ergebnisse in Tabelle 15 zeigen, dass mit diesem Stickstoffdüngesystem in Hohenzethen im Mittel der 10 Versuchsjahre von 1995 bis 2004 keine Minderträge erzielt wurden. Dagegen lagen die Erträge in Liebenau um durchschnittlich 7 % niedriger. Dieses Ergebnis erklärt sich durch die Unterschiede in den Fruchtfolgen. In Liebenau beinhaltet die konventionelle Fruchtfolge, wie in Kapitel 2 beschrieben, 50 % Silomais und 50 % Winterroggen. In Hohenzethen besteht die Fruchtfolge aus jeweils einem Viertel Zuckerrübe, Braugerste, Kartoffel und Winterroggen.

Tabelle 15 N-Düngesysteme und Ertrag: Auswirkung einer verspäteten N-Düngung

N-Düngesysteme und Ertrag: Auswirkung einer verspäteten N-Düngung; konventionelle Fruchtfolge Standorte Liebenau, Hohenzethen; Versuchsjahre: Mittel 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007				
Relativerträge in% Sollwert klassisch = 100%	**1995-2004**	**2005**	**2006**	**2007**
Liebenau	**93**	**76**	**74**	**97**
Hohenzethen	**99**	**93**	**92**	**89**

Da Winterroggen in unseren Versuchen am stärksten auf diese Umverteilung in der Stickstoffdüngung und damit verspäteten Andüngung reagiert, nämlich mit einem durchschnittlichen Minderertrag von 14 %, schneidet Liebenau mit dem höheren Roggenanteil in der Fruchtfolge erwartungsgemäß schlechter ab. Zuckerrüben, Kartoffeln und Silomais reagieren auf die Unterschiede in der N-Verteilung nicht mit Ertragsminderungen. Die mittleren N-Salden beider Düngesysteme lagen auf annähernd gleicher Höhe. Dies gilt auch für die Herbst-Nmin-Werte.

Stickstoffdüngung nach der Bilanzmethode

Ziel der Stickstoffdüngung nach der Bilanzmethode ist es, die Nitratauswaschung im Laufe der Fruchtfolge auf ein Minimum zu begrenzen. Wesentliche Kalkulationsgrößen zur Bemessung der Düngung sind die Stickstoffabfuhr (Produkt aus Ertrag und dem Stickstoffgehalt des Erntegutes) der einzelnen Fruchtfolgeglieder und der standortspezifische Wert für eine tolerierbare Stickstoffauswaschung, bei der ein Grenzwert von 50 mg Nitrat pro Liter Sickerwasser nicht überschritten wird.

Die Berechnung der tolerierbaren Stickstoffauswaschung zeigt folgendes Beispiel.

Grenzwert:	50 mg NO_3/l
Umrechnung von NO_3 in N:	50 mg NO_3 : 4,43 = 11,29 mg N
Beispiel für 200 mm Sickerung:	200 mm = 200 l/m² = 2.000.000 l/ha
	2.000.000 l/ha * 11,29 mg N/l = 22,58 kg N/ha

Bei einer durchschnittlichen Grundwasserneubildung von 200 mm würde der Toleranzwert 23 kg N/ha betragen. Die Stickstoffdüngermenge der Fruchtfolge ergibt sich aus der Addition dieser tolerierbaren Auswaschung und der Stickstoffabfuhr durch das Erntegut. Von dem im Frühjahr gemessenen Nmin-Wert wird nur der Betrag angerechnet, der über einen bodenspezifischen Richtwert hinausgeht. Die Verteilung auf die einzelnen Fruchtfolgeglieder erfolgt unter Beachtung des fruchtartspezifischen Düngebedarfs in Form von Zu- und Abschlägen.

Als Beispiel ist in Tabelle 16 die Berechnung des Stickstoffdüngebedarfs nach der Bilanzmethode für den Standort Hohenzethen dargestellt. Die Resultate enthält Tabelle 17.

Tabelle 16 Berechnung des Stickstoffdüngebedarfs nach der Bilanzmethode, Standort Hohenzethen

Fruchtfolge	Ertrag	N-Abfuhr	Sickerung	tolerierbare N-Auswaschung	N-Düngung Abfuhr + Toleranzwert	Verteilung
	dt/ha	kg/ha	mm/a	kg/ha	kg/ha	kg/ha
konventionell						
Zuckerrüben	550	100	200	22	122	160
Sommergerste	60	85	200	22	107	60
Kartoffeln	400	140	200	22	162	160
Winterroggen	70	105	200	22	127	140
Summe		430	800	88	518	520
konservierend						
Zuckerrüben	550	100	200	22	122	160
Sommergerste	60	85	200	22	107	60
Kartoffeln	400	140	200	22	162	170
Brache	0	0	140	0	0	0
Summe		325	740	66	391	390

Tabelle 17 N-Düngesysteme und Ertrag: Ergebnisse der Bilanzmethode

N-Düngesysteme und Ertrag: Ergebnisse der Bilanzmethode im Überblick Standorte Liebenau und Hohenzethen, Versuchsjahre Mittel 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007				
Relativerträge in% Sollwert klassisch = 100%	1995-2004	2005	2006	2007
Liebenau	102	97	103	101
Hohenzethen	94	91	85	110

In Hohenzethen waren die Erträge bei einer N-Düngung nach der Sollwert-Methode im Zeitraum 1995 bis 2004 durchschnittlich besser. Dieses Ergebnis wird in den Versuchsjahren 2005 und 2006 bestätigt. Nur 2007 schneidet diese Methode besser ab. Der Unterschied von 10 % ist jedoch aufgrund des

hohen Versuchsfehlers infolge der starken Trockenheit im April dieses Jahres auf diesem Standort nicht statistisch gesichert. In Liebenau dagegen ergeben sich in allen Jahren kaum Abweichungen von den Ergebnissen bei einer Empfehlung nach der Sollwertmethode. Dieses Ergebnis erklärt sich folgendermaßen:

In Hohenzethen konnten zu den Kulturen Braugerste und Winterroggen nur deutlich geringere N-Düngermengen als nach der Sollwertmethode verabreicht werden. Hier kommt es dann insbesondere bei der Braugerste zu stärkeren Ertragsrückgängen, die zu dem schlechteren Ergebnis der Bilanzmethode auf diesem Standort im langjährigen Schnitt beitragen. Tabelle 18 enthält den Vergleich der ausgebrachten N-Düngemengen für die anderen Standorte.

Tabelle 18 N-Düngesysteme und Ertrag: Mittlere Düngermengen der Bilanzmethode im Versuchszeitraum (konventionelle Fruchtfolge)

N-Düngesysteme und Ertrag: Mittlere Düngermengen der Bilanzmethode; konventionelle Fruchtfolge

Standorte Liebenau, Hohenzethen; Versuchszeitraum 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007

	Liebenau				Hohenzethen			
kg/ha	1995-2004	2005	2006	2007	1999-2004	2005	2006	2007
Sollwert	136	125	125	118	142	140	128	165
Bilanz-methode	155	170	170	158	129	160	148	140

Bei Kartoffeln und Mais wurden 2005 und 2006 in Hohenzethen 20 kg Stickstoff mehr ausgebracht. Diese Empfehlung führte aber zu schlechteren Erträgen. Zu berücksichtigen sind dabei die hohen Grenzdifferenzen, wie in Kapitel 2.3.1 aufgezeigt. 2007 zu Winterroggen errechnete sich wie in den anderen Jahren eine um 25 kg niedrigere N-Empfehlung.

In Liebenau ergeben sich nach der Bilanzmethode deutlich höhere N-Düngeempfehlungen. Sie führen aber nicht zu höheren Erträgen und damit verbunden höheren Stickstoffabfuhren vom Feld. Die Grenzen für eine derartige Vorgehensweise bei der N-Düngebedarfsermittlung werden damit aufgezeigt. Die Bemessung des N-Düngebedarfs auf Basis der N-Abfuhr mit der Silomaisernte führt zu stark überhöhten Düngeempfehlungen, da der Mais einen großen Teil seines N-Bedarfs aus der N-Nachlieferung des Bodens abdeckt. Die Sollwerte für die Stickstoffdüngung (Vgl konventionell), die aus den Ergebnissen weiterer Feldversuche abgeleitet werden, berücksichtigen diesen Sachverhalt.

Daraus ergeben sich auch entsprechend höhere Überschüsse in der Stickstoffbilanz. Bei dieser Methode wird die bodenbürtige Stickstoffnachlieferung nicht erfasst. Sie führt damit zu falschen Düngeempfehlungen und erhöht die Gefahr der Nitratauswaschung. Die Zahlen für die N-Salden bei einer Düngung nach der Bilanzmethode in Tabelle 19 belegen diesen Sachverhalt.

Tabelle 19 N-Düngesysteme und N-Saldo: Ergebnisse der Bilanzmethode

N-Düngesysteme und N-Saldo: Ergebnisse der Bilanzmethode im Überblick! konventionelle Fruchtfolge Standorte Liebenau, Hohenzethen; Versuchszeitraum 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007								
N-Salden	Liebenau				Hohenzethen			
kg/ha	1995-2004	2005	2006	2007	1995-2004	2005	2006	2007
Nmin-Methode	8	32	26	-77	24	-57	-53	83
Bilanz-methode	22	74	55	-48	21	-19	-5	50

Bei der Betrachtung der Herbst-Nmin-Werte ergeben sich auch keine deutlichen Vorteile durch eine N-Düngung nach dem Bilanzansatz im Vergleich zur N-Düngung, die sich an den Nmin-Werten des Bodens im Frühjahr und den empfohlenen Sollwerten orientiert (Tabelle 20).

Tabelle 20 N-Düngesysteme und Nmin-Werte im Herbst: Ergebnisse der Bilanzmethode

N-Düngesysteme und Nmin-Werte im Herbst: Ergebnisse der Bilanzmethode im Überblick! konventionelle Fruchtfolge Standorte Liebenau, Hohenzethen; Versuchszeitraum 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007								
kgN/ha (0-90cm)	Liebenau				Hohenzethen			
	1995-2004	2005	2006	2007	1995-2004	2005	2006	2007
Nmin-Methode	61	46	70	33	23	35	29	14
Bilanz-methode	54	60	49	51	22	31	27	15

2.3.3. Einfluss verschiedener Fruchtfolgen

In den nachfolgenden Abschnitten wird die Auswirkung unterschiedlicher Fruchtfolgen auf folgende Parameter beschrieben:

1. Nmin-Werte im Frühjahr
2. N-Düngeraufwand
3. Erträge
4. Stickstoffsalden
5. Nmin-Werte im Herbst

Eine ausführliche Beschreibung der Fruchtfolgen ist dem Kapitel 2.2.1 zu entnehmen.

Nmin-Werte im Frühjahr

Bei den „nitratkonservierenden Fruchtfolgen“ war das Hauptziel eine stärkere Begrünung mit Zwischenfrüchten und/oder Untersaaten über Herbst und Winter. Damit sollte der in diesem Zeitraum auswaschungsgefährdete Stickstoff von den Pflanzen aufgenommen, also konserviert werden, und in der darauf folgenden Vegetation den Pflanzen als Gründüngung wieder zugeführt werden. Dafür muss der im Aufwuchs enthaltene Stickstoff erst wieder zu Ammonium- und Nitrat-Stickstoff mineralisiert werden. Dies bedeutet, dass unter günstigen Bedingungen auch über Herbst und Winter in der nitratkonservierenden Fruchtfolge schon mehr Stickstoff freigesetzt wird und dies auch in den Nmin-Werten im Boden im Frühjahr erkennbar ist. Diesen Idealfall spiegelt Abbildung 5 wider.

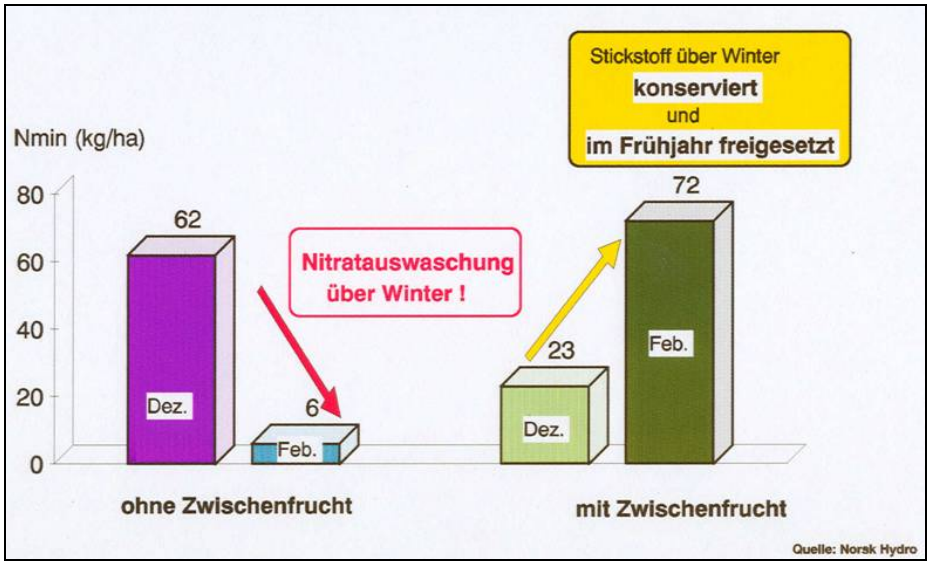

Abbildung 5 Mit Zwischenfrüchten Nitrat konservieren

Die Ergebnisse der Versuche enthält Tabelle 21. Nennenswerte Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen sind jedoch nicht zu erkennen. Die Werte für die Fruchtfolgen errechnen sich als Mittelwert aus allen Düngungsvarianten, die jeweils in beiden Fruchtfolgen enthalten sind.

Tabelle 21 Fruchtfolgen und Nmin-Werte im Frühjahr:

Fruchtfolgen und Nmin-Werte im Frühjahr; Mittelwerte Standorte Liebenau, Hohenzethen; Versuchszeitraum 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007								
kgN/ha (0-90cm)	Liebenau				Hohenzethen			
	1995-2004	2005	2006	2007	1995-2004	2005	2006	2007
konventionell	30	25	16	29	22	37	23	19
konservierend	26	13	15	36	23	51	26	17

N-Düngeraufwand

Bei den konservierenden Fruchtfolgen wurde im Frühjahr die Zwischenfrucht bzw. die Untersaat als Gründüngung eingearbeitet. Die daraus zu erwartende Stickstoffnachlieferung wurde durch ein Absenken der jeweiligen N-Sollwerte berücksichtigt. Die N-Düngung lag um 20 bis 30 kg/ha niedriger. Zugunsten der Untersaat wurden teilweise andere Früchte, wie z.B. in Liebenau Sommergerste für Winterroggen, in die Fruchtfolge eingebaut. Dies führte zu einer zusätzlichen Senkung des Düngeraufwandes. Tabelle 22 zeigt die mittleren N-Düngermengen der beiden Fruchtfolgen auf den Versuchsfeldern.

Tabelle 22 Fruchtfolgen und N-Düngung

Fruchtfolgen und N-Düngung; Mittelwerte Standorte Liebenau, Hohenzethen; Versuchszeitraum 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007								
N-Düng. kg/ha	Liebenau				Hohenzethen			
	1995-2004	2005	2006	2007	1995-2004	2005	2006	2007
konventionell	110	109	107	93	117	123	107	130
konservierend	99	75	108	86	95	125	107	131

In Liebenau und Hohenzethen liegt der N-Düngeraufwand in der nitratkonservierenden Fruchtfolge im langjährigen Schnitt um 10 bis 20 kg/ha niedriger. In Hohenzethen ist dies durch die ungedüngte Brache zu erklären, in Liebenau durch die N-Rücklieferung aus den eingearbeiteten Untersaaten, die nicht zusätzlich mit Stickstoff gedüngt wurden oder durch den Anbau von Sommergerste mit einem niedrigeren N-Düngebedarf (z.B. 2005). 2006 wurde in beiden Fruchtfolgen mit der gleichen Vorgeschichte angebaut. Im Jahr 2007 folgte Silomais, mit vorhergehender Gründüngung in der nitratkonservierenden Fruchtfolge und damit verbunden auch einer niedrigeren N-Düngung.

In Hohenzethen standen durch die Hereinnahme von Mais in die Fruchtfolge im Jahr 2006 in allen drei Jahren 2005 bis 2007 in beiden Fruchtfolgen die gleichen Früchte ohne Gründüngung oder Untersaat. Deshalb waren die N-Düngermengen gleich.

Erträge

Ein Vergleich der Naturalerträge zwischen beiden Fruchtfolgen ist nur dann möglich, wenn die gleichen Früchte angebaut wurden.

Die Auswirkung auf die Relativerträge wird in Tabelle 23 nur für den Standort Liebenau mit den Silomais-Jahren dargestellt, da auf diesen Fläche in beiden Fruchtfolgen gleiche Früchte und auch in starkem Maße Zwischenfrüchte und Untersaaten angebaut wurden. Dargestellt sind die mittleren Relativerträge der beiden Fruchtfolgen im Versuchszeitraum. Für Hohenzethen werden die Ergebnisse der drei zurückliegenden Jahre 2005 bis 2007 nicht dargestellt, da sich die Fruchtfolgen in diesen drei Jahren, aufgrund der Hereinnahme des Silomaises, nicht unterschieden.

Tabelle 23 Fruchtfolgen und Erträge

Fruchtfolgen und Erträge; relative (%) Mittelwerte

Standorte Liebenau Versuchszeitraum 1995-2004 im Vergleich zu 2007

	Liebenau	
Fruchtart	**Silomais**	**Silomais**
	1995-2004	**2007**
konventionell	**98**	**96**
konservierend	**95**	**100**

Der Ertrag der „Sollwert-Variante“ in der konventionellen Fruchtfolge ist dabei 100 % gesetzt . Man erkennt, dass sich die Erträge im langjährigen Mittel und im Einzeljahr 2007 trotz reduzierter Stickstoffdüngung nicht unterscheiden. Die herabgesetzte N-Düngung in der konservierenden Fruchtfolge war am Standort Liebenau richtig.

Stickstoffsalden

Die Ergebnisse in Tabelle 24 zeigen die mittleren N-Salden der beiden Fruchtfolgen für den Zeitraum 1995 bis 2004 für die beiden Standorte. Dargestellt ist der Mittelwert aller Düngungsvarianten. Zum Vergleich dazu sind die Einzeljahre 2005 bis 2007 aufgelistet.

Tabelle 24 Fruchtfolgen und N-Salden

Fruchtfolgen und N-Salden; Mittelwerte

Standorte Liebenau, Hohenzethen; Versuchszeitraum 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007

N-Salden kg/ha	Liebenau				Hohenzethen			
Fruchtart		RW	RW	Silomais		Kart.	Silomais	RW
	1995-2004	2005	2006	2007	1995-2004	2005	2006	2007
konven-tionell	5	37	31	-68	10	-48	-35	57
konser-vierend	-6	13	32	-97	11	-56	-41	53

Für Hohenzethen errechnen sich im langjährigen Durchschnitt keine Unterschiede, da die Brache zwar nicht gedüngt, aber auch kein Stickstoff abgefahren wurde. In den restlichen Versuchsjahren unterschieden sich Düngeraufwand und Erträge zwischen den Fruchtfolgen nur unwesentlich und damit auch die N-Salden. In Liebenau sind die N-Salden in der nitratkonservierenden Fruchtfolge im langjährigen Mittel geringfügig niedriger. Dies trifft auch für die Jahre 2005 und 2007 zu.

Nmin-Werte im Herbst

Ein weiterer Parameter, der für die Beurteilung der auswaschungsgefährdeten Nitratmengen in beiden Fruchtfolgesystemen herangezogen wurde, ist der üblicherweise im Herbst zu ermittelnde Nmin-Wert im Boden.

Die Mittelwerte von allen Düngungsvarianten für den Versuchszeitraum 1995 bis 2004 und im Vergleich dazu von den Einzeljahren 2005 bis 2007 sind in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25 Fruchtfolgen und Nmin-Werte im Herbst

Fruchtfolgen und Nmin-Werte im Herbst; Mittelwerte

Standorte Liebenau, Hohenzethen; Versuchszeitraum 1995-2004 im Vergleich zu 2005, 2006 und 2007

kgN/ha (0-90cm)	Liebenau				Hohenzethen			
Fruchtart		RW	RW	Silomais		Kart.	Silomais	RW
	1995-2004	2005	2006	2007	1995-2004	2005	2006	2007
konventionell	70	49	67	38	22	31	31	14
konservierend	49	61	23	27	24	33	26	12

Im Gegensatz zu Hohenzethen liegen die mittleren Nmin-Restwerte im Herbst in der konservierenden Fruchtfolge in Liebenau niedriger. Auch in den weiteren Jahren ergeben sich in Hohenzethen keine Unterschiede, da sich die Fruchtfolgen nicht unterschieden.

In Liebenau sind außer 2005 auch in den Folgejahren die Nmin-Werte in der konservierenden Fruchtfolge niedriger. Dies ergibt sich aus dem intensiven Anbau von Untersaaten sowie Zwischenfrüchten, mit denen über Herbst und Winter auswaschungsgefährdetes Nitrat konserviert wurde.

2.4. Zusammenfassung der Ergebnisse der Standorte Liebenau und Hohenzethen

- Auf den Versuchsstandorten Liebenau und Hohenzethen mit sandigen Böden konnten 2006 und 2007 folgende Ergebnisse abgeleitet bzw. im Vergleich zum mehrjährigen Durchschnitt bestätigt werden:
- Eine Reduzierung der mineralischen Düngermengen führte auf allen untersuchten Standorten zu Ertragsrückgängen. Dabei sind deutliche fruchtartenspezifische Unterschiede feststellbar.
- Die berechneten N-Salden (N-Zufuhr Düngung minus N-Abfuhr Erntegut) nahmen bei Reduzierung der Düngung deutlich ab. Bei den Nmin-Werten im Herbst sind in Liebenau nur sehr geringe und in Hohenzethen kaum Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten messbar.
- Bei einer über den Sollwert hinausgehenden Düngung nahmen die N-Salden auf beiden Versuchsflächen deutlich zu. Die Nmin-Werte stiegen dagegen nur in Liebenau um etwa 30 kg N/ha an. In Hohenzethen war bei überhöhter N-Düngung kein nennenswerter Anstieg bei den Nmin-Werten zu verzeichnen.
- Eine organische Ergänzungsdüngung mit Gülle führte zu vergleichbaren Erträgen wie die rein mineralische Düngung.
- Der Vergleich der Düngungssysteme hinsichtlich der Nmin Werte im Herbst erbrachte keine Vorteile der verschiedenen Systeme gegenüber der Sollwertmethode.
- Die Fruchtfolgeumstellungen haben bestätigt, dass eine möglichst lange Bodenbedeckung während der Fruchtfolge durch die entsprechenden pflanzenbaulichen Maßnahmen (Zwischenfrüchte, Untersaaten u. a), zu einer Reduzierung der Nmin-Restwerte im Herbst sowie der Nitratgehalte des Sickerwassers führen. Bei der Beratung sollte deshalb verstärkt auf Begrünungsmaßnahmen gesetzt werden.

3. Welchen Einfluss hat eine gestaffelte N-Düngung bzw. eine grundwasserschutzorientierte Fruchtfolge auf die langjährige N-Dynamik im Boden, die Erträge und die Produktqualitäten?

3.1. Versuchsaufbau

3.1.1. Versuchsanlagen

Die o. g. Versuchsfrage wird an zwei Standorten anhand von statischen Versuchen bearbeitet. Zur Klärung der Versuchsfrage werden jährlich drei Versuche auf einem leichteren Standort (Thülsfelde) und auf einem schwereren Standort (Astrup) angelegt.

Tabelle 26 Boden- und Klimakennwerte der Versuchsstandorte

Standorte	Astrup	Thülsfelde
Höhe über NN (m)	157 m	6 m
Bodentyp	Gley	Pseudogley-Podsol
Bodenart	(h) lS	h S
Ackerzahl	48	25
	Wetterstation Osnabrück	Wetterstation Oldenburg
mittl. Temperatur °C	9,4°	9,1°
langj. Niederschlagssumme (mm)	854	753
Sommerniederschläge April – Sept. (mm)	409	383

Die Prüffaktoren und deren Abstufungen sind in Tabelle 28 und Tabelle 29 aufgeführt. Alle Versuchsglieder sind vierfach randomisiert angelegt. Die Versuchsanlagen sind so dimensioniert, dass die Grundbodenbearbeitung und die Pflanzenschutzmaßnahmen vom Landwirt mit eigenen Geräten betriebsüblich und regionalspezifisch durchgeführt werden können. Auf den jeweiligen Versuchsanlagen rotieren die Fruchtarten Mais, Winterroggen bzw. Winterweizen und Wintergerste. Die einzelnen Fruchtfolgen sind in Tabelle 27 aufgeführt.

3.1.2. Fruchtfolgen

Tabelle 27 Fruchtfolge Thülsfelde und Astrup 2005-2007

Standort	Jahr	Fruchtart		
		Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
		Konventionelle (Konv.) Fruchtfolge	Grundwasserschutz-orientierte (GW-) Fruchtfolge	Fruchtfolge Sickerwasseranlage[1]
Astrup	**2005**	Winterweizen	Sommergerste + Zwischenfrucht Senf	Silomais
	2006	Silomais	Silomais mit Untersaat	Winterweizen
	2007	Winterweizen	Sommergerste + Zwischenfrucht Senf	Wintergerste
Thülsfelde	**2005**	Winterroggen	Sommergerste + Zwischenfrucht Senf	Silomais
	2006	Silomais	Silomais mit Untersaat	Winterroggen
	2007	Winterroggen	Sommergerste + Zwischenfrucht Senf	Wintergerste

1) Sickerwasseranlage nur in Thülsfelde

3.1.3. Düngung

Der Einfluss gestaffelter N-Gaben auf die N-Dynamik im Boden, die Erträge und die Produktqualitäten wird seit 1998 anhand von statischen Versuchen überprüft. Die N-Gaben werden in Anlehnung an die Gesamtstickstoffsollwerte bemessen. Darüber hinaus wird sowohl eine N-Sollwertdüngung, als auch eine alleinige Gülledüngung sowie eine kombinierte Gülle-N- + Mineral-N-Düngung überprüft. Im Rahmen der N-Sollwertvariante wird analog zu den Beratungsempfehlungen die Gülle-N-Menge zu 70 % angerechnet. In den übrigen Güllevarianten wird zur Ableitung der N-MDÄ der Güllestickstoff zu 100 % angerechnet. Die Gülle wird grundsätzlich zu Vegetationsbeginn eingesetzt. Die jeweiligen Düngungsvarianten sind in Tabelle 28 und Tabelle 29 aufgeführt.

Tabelle 28 Düngungsvarianten Versuchsfrage 1, 2006

	Astrup	Thülsfelde
Vgld.	**Versuch 1 - Konv. Fruchtfolge – Silomais** **Versuch 2 - GW-Fruchtfolge – Silomais mit Untersaat**	
1	ohne N	ohne N
2	50 kg Mineral-N	50 kg Mineral-N
3	100 kg Mineral-N	100 kg Mineral-N
4	150 kg Mineral-N	150 kg Mineral-N
5	200 kg Mineral-N	200 kg Mineral-N
6	Düngung nach Sollwertmethode 180 kg N (Gülle-N + Mineral-N)	Düngung nach Sollwertmethode 180 kg N (Gülle-N + Mineral-N)
7	100 kg Gülle-N	
8	100 kg Gülle-N + 50 kg Mineral-N	
9	100 kg Gülle-N + 100 kg Mineral- N	
10	250 kg Mineral-N	250 kg Mineral-N
Vgld.	**Versuch 3 – Winterweizen**	**Versuch 3 – Winterroggen**
1	ohne N	ohne N
2	60 kg Mineral-N	40 kg Mineral-N
3	120 kg Mineral-N	80 kg Mineral-N
4	180 kg Mineral-N	120 kg Mineral-N
5	240 kg Mineral-N	160 kg Mineral-N
6	Düngung nach Sollwertmethode 180 kg N (Gülle-N + Mineral-N)	Düngung nach Sollwertmethode 140 kg N (Gülle-N + Mineral-N)
7	100 kg Gülle-N	
8	100 kg Gülle-N + 60 kg Mineral- N	
9	100 kg Gülle-N + 120 kg Mineral- N	
10	300 kg Mineral-N	

Tabelle 29 Düngungsvarianten Versuchsfrage 1, 2007

	Astrup	Thülsfelde
Vgld.	**Versuch 1 - Konv. Fruchtfolge Winterweizen**	**Versuch 1 - Konv. Fruchtfolge Winterroggen**
1	Ohne N	ohne N
2	60 kg Mineral-N	40 kg Mineral-N
3	120 kg Mineral-N	80 kg Mineral-N
4	180 kg Mineral-N	120 kg Mineral-N
5	240 kg Mineral-N	160 kg Mineral-N
6	Düngung nach Sollwertmethode 180 kg N (Gülle-N + Mineral-N)	Düngung nach Sollwertmethode 140 kg N (Gülle-N + Mineral-N)
7	100 kg Gülle-N	
8	100 kg Gülle-N + 60 kg Mineral- N	
9	100 kg Gülle-N + 120 kg Mineral- N	
10	300 kg Mineral-N	200 kg Mineral-N
Vgld.	**Versuch 2 - GW-Fruchtfolge Zwischenfrucht Senf + Sommergerste**	**Versuch 2 - GW-Fruchtfolge Zwischenfrucht Senf + Sommergerste**
1	Ohne N	ohne N
2	40 kg Mineral-N	40 kg Mineral-N
3	80 kg Mineral-N	80 kg Mineral-N
4	120 kg Mineral-N	120 kg Mineral-N
5	160 kg Mineral-N	160 kg Mineral-N
6	Düngung nach Sollwertmethode 140 kg N (Gülle-N + Mineral-N)	Düngung nach Sollwertmethode 140 kg N (Gülle-N + Mineral-N)
7	100 kg Gülle-N	
8	100 kg Gülle-N + 40 kg Mineral- N	
9	100 kg Gülle-N + 80 kg Mineral- N	
10	200 kg Mineral-N	200 kg Mineral-N
Vgld.	**Versuch 3 – Wintergerste**	**Versuch 3 – Wintergerste**
1	Ohne N	ohne N
2	50 kg Mineral-N	50 kg Mineral-N
3	100 kg Mineral-N	100 kg Mineral-N
4	150 kg Mineral-N	150 kg Mineral-N
5	200 kg Mineral-N	200 kg Mineral-N
6	Düngung nach Sollwertmethode 160 kg N (Gülle-N + Mineral-N)	Düngung nach Sollwertmethode 160 kg N (Gülle-N + Mineral-N)
7	100 kg Gülle-N	
8	100 kg Gülle-N + 50 kg Mineral-N	
9	100 kg Gülle-N + 100 kg Mineral- N	
10	250 kg Mineral-N	

Die Sollwertvariante kann im Rahmen der Wasserschutzberatung als Referenzvariante herangezogen werden.

Tabelle 30 N-Sollwertschema zur N-Düngung

Pflanzenart	Probenahme-tiefe (Nmin)	Sollwert (incl. Spätgabe)	Verteilung		
			Vegetations-beginn	Schossen EC 30-32	Spätgabe[1] EC 49
	cm	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Winterweizen	0 - 90	210	50	100 – Nmin	60
Winterroggen	0 - 90	150	60	90 – Nmin	
Wintergerste	0 - 90	190[2]	50	90 – Nmin	50
Mais	0 - 60	180	180- Nmin zur Saat		

1) Spätgaben in Abhängigkeit vom Standort platzieren, z.B.: bei sommertrockenen Standorten vorziehen (EC 37/39), bei niedrigem Ertragsniveau und zu erwartenden Trockenschäden unterlassen

2) Bei Wintergerste auf Sandböden 20 kg N weniger

Die Versuchsanlage eröffnet neben der deskriptiven und varianzanalytischen Auswertung, auch eine funktionale Analyse der Ergebnisse durch entsprechende Regressionsberechnungen. So können zum Beispiel das frucht- und standortspezifische N-Optimum auf der Grundlage der mineralischen N-Staffel berechnet werden 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.

3.1.4. Pflanzenschutz

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

3.1.5. Ernte

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

3.1.6. Untersuchungen und Auswertungen

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

3.1.7. Nmin-Beprobungen

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

3.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse

3.2.1. Winterweizen

Am Standort Astrup wurde in zwei Fruchtfolgen Winterweizen angebaut. Im Jahr 2006 zeigte sich der dargestellte Ertragsverlauf infolge steigender N-Gaben. Bis zu einem Düngungsniveau von 180 kg N/ha stiegen die Erträge auf rd. 90 dt/ha an. Mit den steigenden Stickstoffgaben stiegen erwartungsgemäß auch die Rest-Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte an.

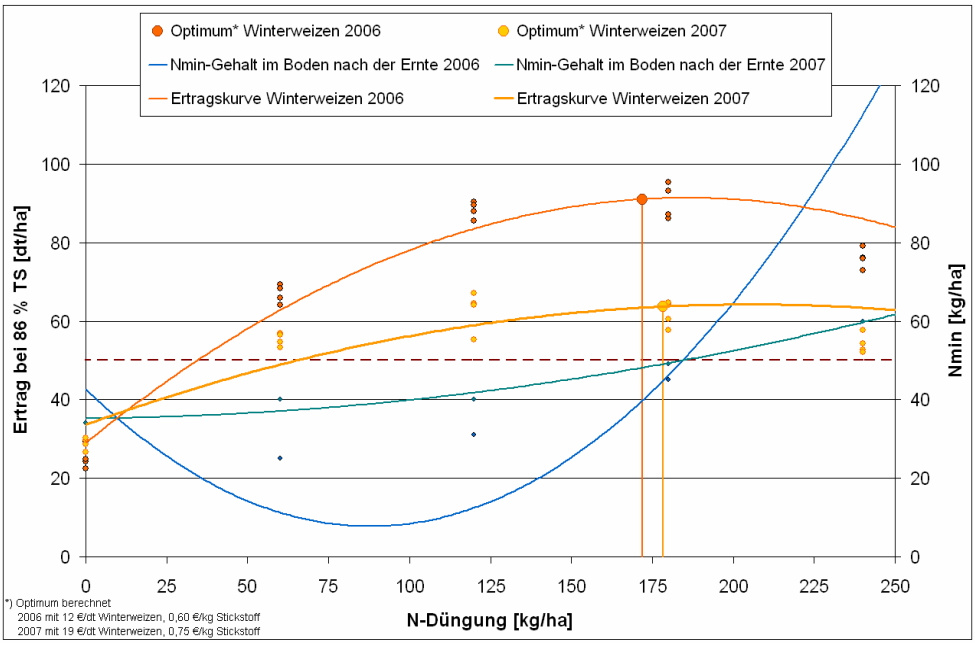

Abbildung 6 Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Winterweizenertrag und den Rest-Nmin-Gehalten im Boden nach der Ernte, Astrup 2006 und 2007

Der ökonomisch optimale Ertrag (91 dt/ha) wurde im Jahr 2006 mit einer Stickstoffdüngung von rd. 172 kg N/ha erreicht. Bei der Berechnung des N-Optimums wurde ein Stickstoffpreis von 0,60 €/kg N und ein Weizenpreis von 12 €/dt zugrunde gelegt. Es zeigte sich, dass der Rest-Nmin-Gehalt im Boden bei der ökonomisch optimalen N-Düngung bei ca. 40 kg/ha lag. Im Jahr 2007 war sowohl ein deutlicher Anstieg der Stickstoffpreise als auch ein starker Anstieg der Weizenpreise zu verzeichnen. Aufgrund dieser Tatsache lag das N-Optimum nur unwesentlich über der optimalen N-Menge des Vorjahres. Es wurde jedoch aufgrund der Frühjahrstrockenheit ein deutlich niedrigerer Ertrag erzielt. Die schlechte Ausnutzung des Stickstoffs zeigte sich auch beim Vergleich der Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte der beiden Versuchsjahre. Im Jahr 2007 lagen die Werte in den niedrig gedüngten Varianten deutlich über den Werten des Vorjahres, was auf die schlechte Ausnutzung des Stickstoffs infolge der Vorsommertrockenheit zurückzuführen sein dürfte.

Die Nmin-Werte lagen bei einer optimalen N-Düngung im Bereich von 45 kg/ha. Somit konnte mit einer N-Düngung nach Sollwertschema zu Winterweizen ein hoher Stickstoffüberschuss im Herbst vermieden werden. Dies zeigt auch die Auswertung der langjährigen Versuchsergebnisse zum Winterweizen (Abbildung 7).

Es zeigt sich auch, dass durch die steigenden N-Gaben die Variabilität der Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte zunimmt, die Wahrscheinlichkeit hoher Nmin-Werte nimmt mit steigender Düngung zu.

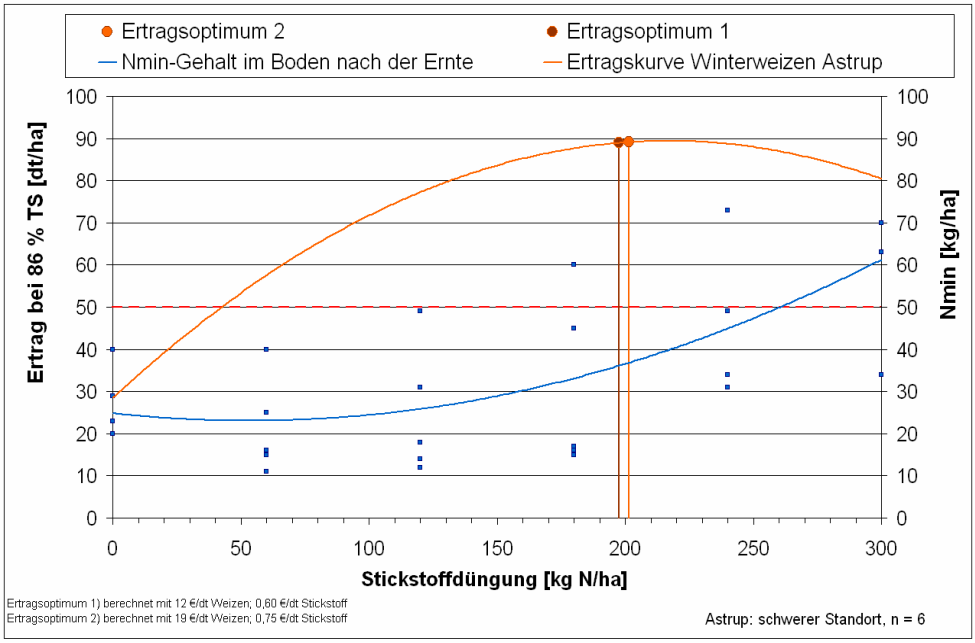

Abbildung 7 Einfluss der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Rest-Nmin Gehalte am Standort Astrup im Durchschnitt der Versuchsjahre (Winterweizen 2000-2007)

Die Darstellung zeigt analog zu Abbildung 6, dass durch einen gleichzeitigen Anstieg der Produkt- und Faktorpreise keine Veränderung des N-Optimums festzustellen war.

Abbildung 8 zeigt die Rest-Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende am Standort Astrup nach dem Anbau von Winterweizen in den Versuchsjahren 2006 und 2007.

Im Versuchsjahr 2006 führte die deutlich über dem N-Optimum liegende Variante zu einem extrem hohen Rest-Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte. Vermutlich konnte bei einer N-Düngung von 300 kg N/ha das N-Angebot von den Pflanzen nicht mehr genutzt werden, so dass ein sehr deutlicher Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte im Boden zu verzeichnen war. Dieser Überschuss war zum Zeitpunkt der Ernte bereits zu einem großen Teil in die Bodenschicht 30-60 cm verlagert und zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende in die Bodenschicht 90-120 cm und tiefer. Die unter der Sollwertvariante ermittelten Nmin Werte nahmen 2006 und 2007 vom Zeitpunkt der Ernte bis Beginn Sickerwasserperiode nicht zu.

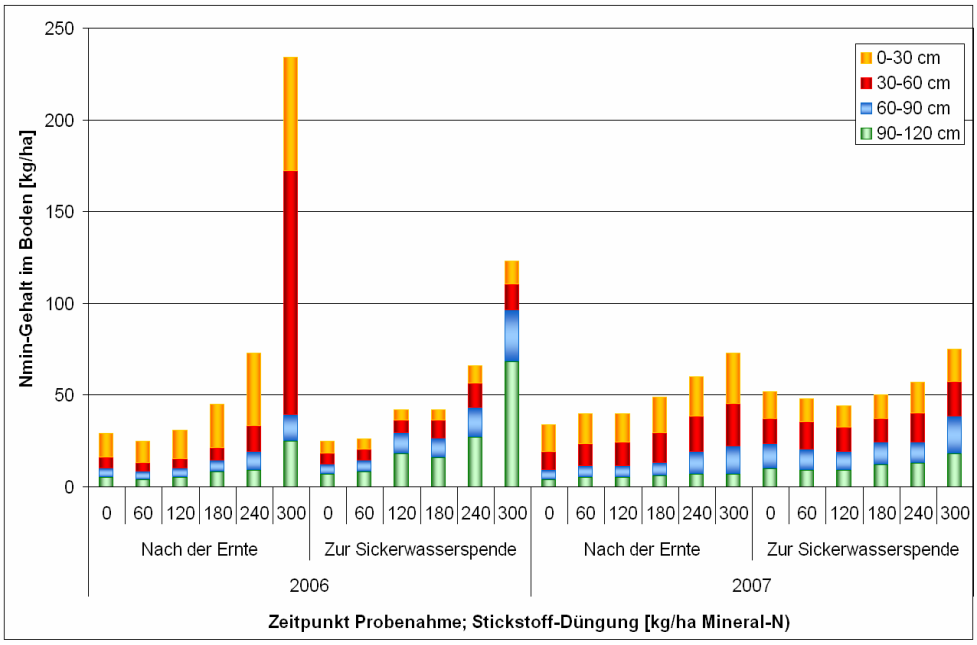

Abbildung 8 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterweizen und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung am Standort Astrup

Abbildung 9 stellt den Nmin Verlauf unter der nach Sollwert gedüngten Variante im Winterweizen 2006 bis 2007 dar. Auffällig ist die Abnahme des Nmin-Gehaltes um über 30 kg N/ha von Dezember bis Januar. Mit bis zu 80 mm Niederschlag in den Monaten November und Dezember ist hier der Nitrataustrag über das Sickerwasser wahrscheinlich.

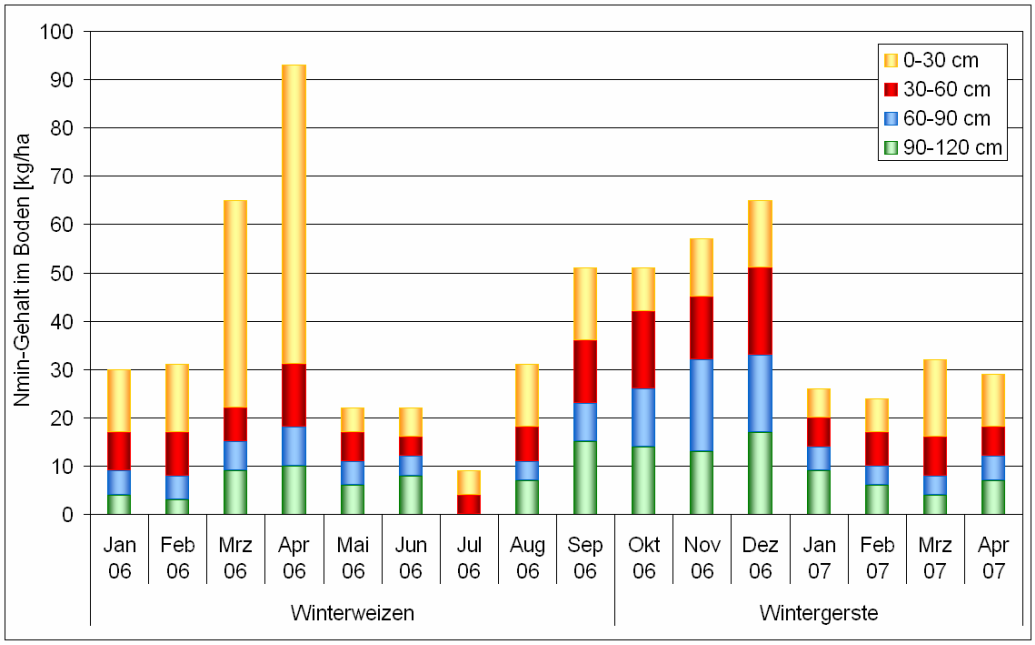

Abbildung 9 Nmin-Gehalt im Boden im Jahresverlauf bei einer N-Sollwertdüngung zu Winterweizen (Astrup 2006/2007)

Im Jahr 2007 stellt sich die Frage aufgrund der niedrigen Erträge bei vergleichsweise niedrigen Rest-Nmin-Gehalten im Boden bei den hochgedüngten Varianten, ob der Stickstoff nicht bereits vorzeitig in tiefere Bodenschichten verlagert wurde. Betrachtet man die Nmin-Gehalte im Boden im Jahresverlauf in der Sollwertvariante (Abbildung 10), war kein aufbauendes Nmin-Profil zu verzeichnen, so dass eine Verlagerung des Stickstoffs in tiefere Bodenschichten nicht festzustellen war.

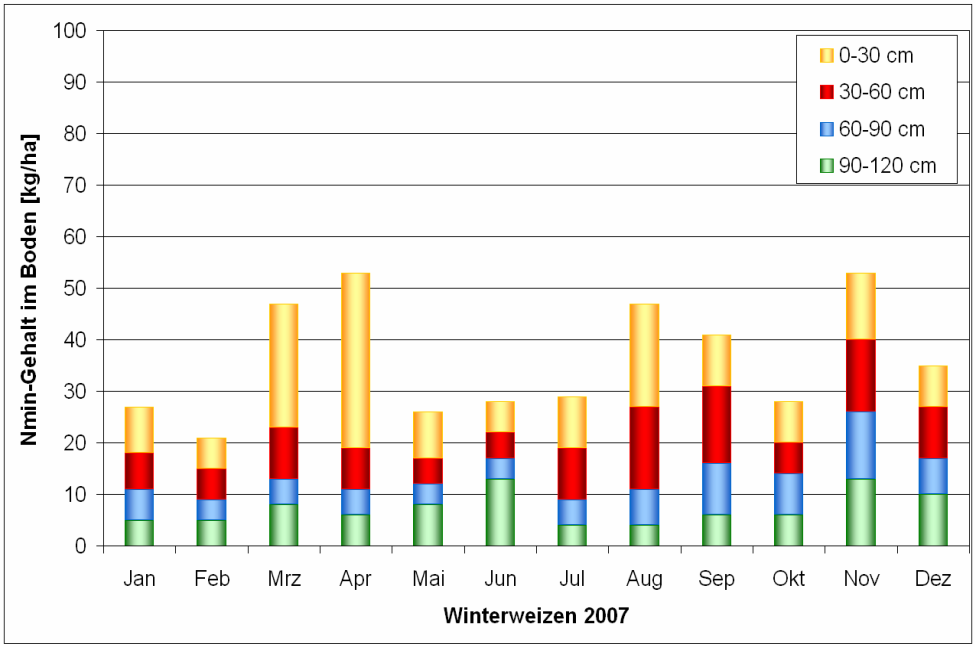

Abbildung 10 Nmin-Gehalt im Boden im Jahresverlauf bei einer N-Sollwertdüngung zu Winterweizen (Astrup 2007)

Unterschiedliche Düngungsintensitäten mit Gülle- und Mineralstickstoff

Neben der mineralischen Stickstoffstaffel und der N-Düngung nach Sollwert wurden am Standort Astrup eine Düngung mit Gülle und eine kombinierte Gülle + Mineral-N-Düngung durchgeführt. Im Jahr 2006 lag das optimale N-Angebot im Bereich der empfohlenen N-Sollwertdüngung.

Die organisch bzw. organisch - mineralisch Düngung lag im Jahr 2006 in der Variante 100 kg Gülle-N (Gesamt-N) + 60 kg Mineral-N nur unwesentlich unterhalb des berechneten Optimums.

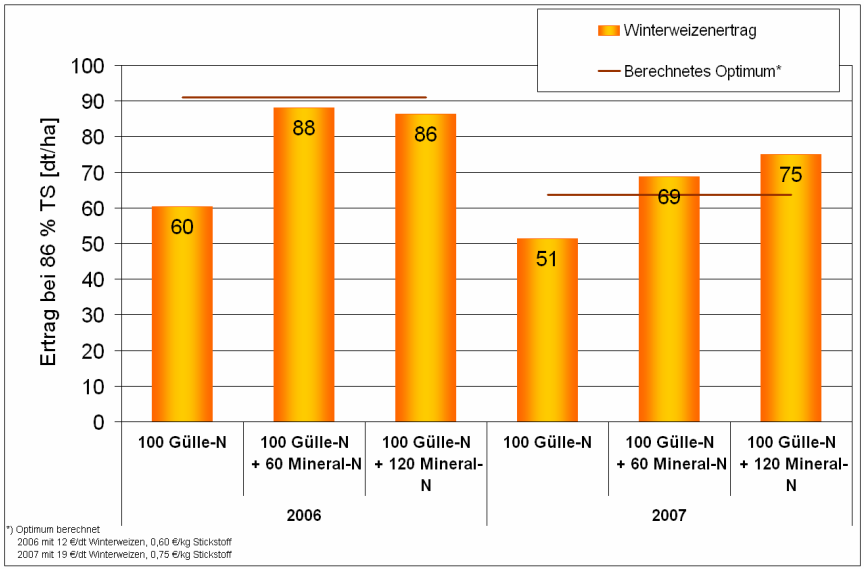

Abbildung 11 Einfluss einer organisch-mineralischen Düngung auf den Ertrag von Winterweizen (Astrup 2006/2007)

Eine Steigerung der mineralischen N-Ergänzungsgabe auf 120 kg Mineral-N/ha führte zu einem leichten Ertragsrückgang. Im Jahr 2007 zeigte sich ein anderes Bild. Hier führte die organisch- mineralische N-Düngung gegenüber der reinen Mineral-N-Düngung zu höheren Erträgen. Inwieweit diese Ergebnisse auf eine Verbesserung von bodenphysikalischen Parametern zurückgeführt werden kann, kann hier nicht abschließend geklärt werden.

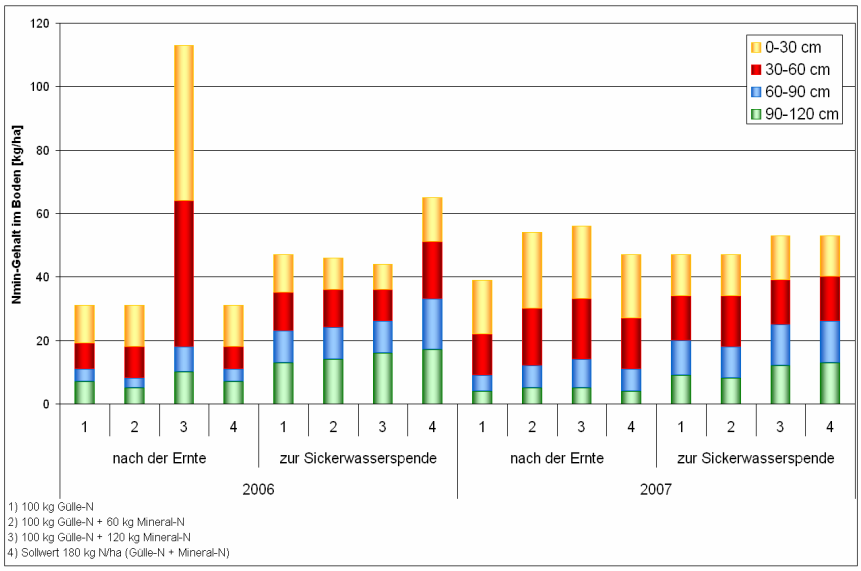

Abbildung 12 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterweizen und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung am Standort Astrup

Die Nmin-Gehalten im Boden nach der Ernte und zur Sickerwasserspende unter den organisch gedüngten Varianten lagen im Durchschnitt bei ca. 50 kg Nmin/ha. Analog zur hoch gedüngten Mineral-N-Variante (Abbildung 8) fiel die ebenfalls hoch gedüngte Variante 3 im Jahr 2006 nach der Ernte durch einen stark erhöhten Nmin-Wert im Boden auf.

3.2.2. Winterroggen

In der konventionellen Fruchtfolge wird am Standort Thülsfelde aufgrund der geringen Wassernachlieferung aus dem Boden infolge der vorliegenden Bodenverhältnisse (Podsol mit geringer nFK) Winterroggen anstelle von Weizen angebaut.

Das errechnete wirtschaftliche Optimum lag im Mittel der Versuchsjahre bei einer Stickstoffdüngung von rd. 160 kg N/ha (Abbildung 13). Durch die angestiegenen Faktorpreise veränderte sich das Optimum analog zum Winterweizen nur minimal, wie die Abbildung belegt.

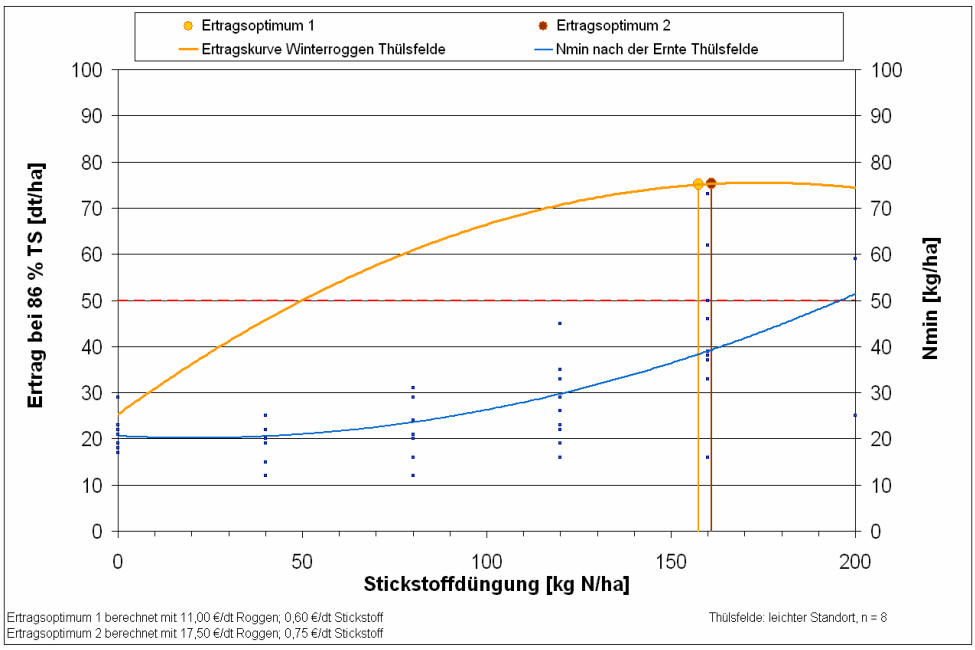

Abbildung 13 Einfluss steigender N-Gaben auf den Winterroggenertrag und den Rest-Nmin Gehalte im Boden nach der Ernte von Winterroggen am Standort Thülsfelde (1998 – 2007)

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 hohe Rest-Nmin-Gehalte von über 50 kg N/ha im Boden vermieden werden können (siehe auch Abbildung 14). Zudem zeigen die langjährigen Untersuchungen, dass die Variabilität der Nmin-Gehalte mit ansteigender Düngung zunimmt. Dieses bedeutet, dass mit einer über dem Optimum liegenden N-Düngung, die Wahrscheinlichkeit von erhöhten Rest-Nmin-Mengen im Boden ansteigt.

Die Rest-Nmin-Gehalte im Boden im Jahr 2006 zeigen zum Zeitpunkt zur Sickerwasserspende im Vergleich zum Zeitpunkt nach der Ernte nur einen geringfügigen Anstieg der Werte (Abbildung 14).

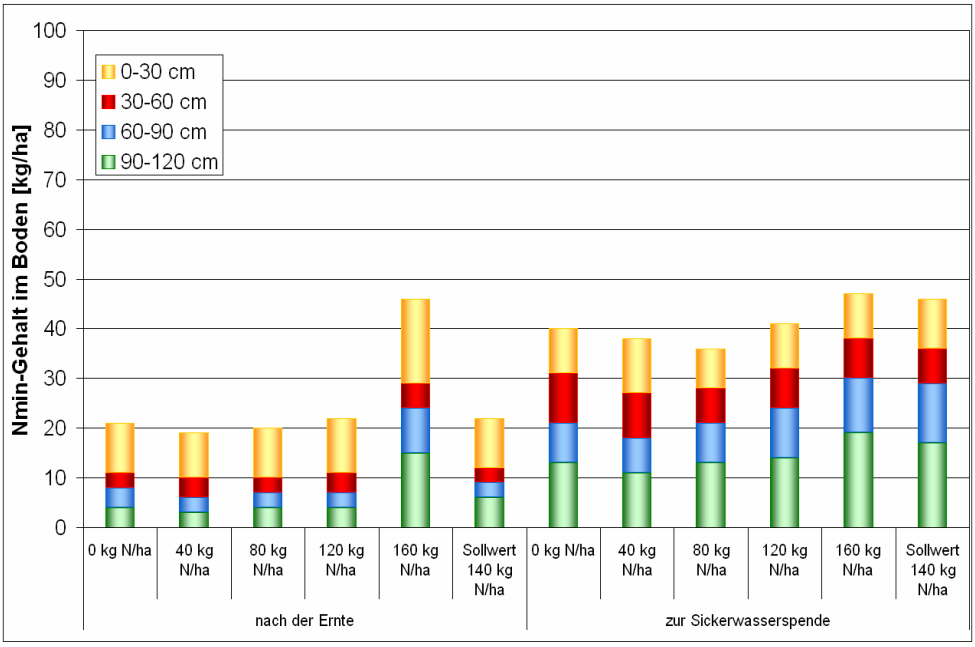

Abbildung 14 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterroggen und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung am Standort Thülsfelde 2006

Betrachtet man den Nmin-Verlauf unter der Sollwertvariante im Jahresverlauf spiegelt sich das oben genannte wieder, siehe Abbildung 15.

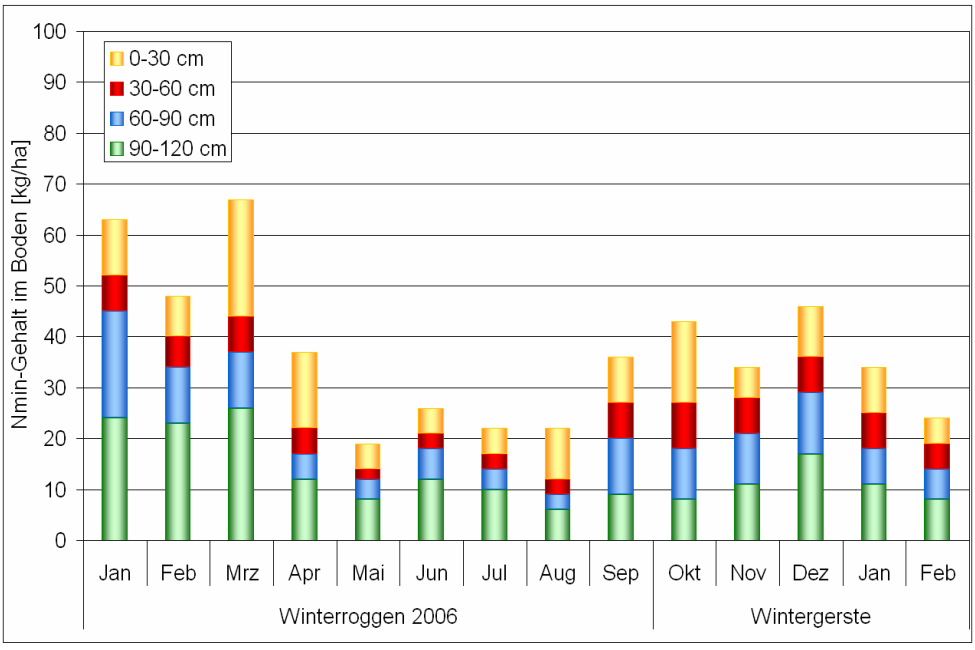

Abbildung 15 Nmin-Gehalt im Boden bei einer N-Sollwertdüngung zu Winterroggen im Verlauf des Versuchsjahres 2006/2007 (Thülsfelde 2006/2007)

Die Zunahme der N-Gehalte in 90-120 cm sowie die Abnahme der Gesamt-Nmin-Gehalte von durchschnittlich 50 kg/ha auf rund 25 kg/ha zeigen, dass eine geringe Auswaschung im Herbst/Winter 06/07 stattgefunden hat.

3.2.3. Wintergerste

Analog zu den anderen Getreidearten führten steigende N-Gaben zu steigenden Wintergerstenerträgen. Der optimale Ertrag wurde mit einer N-Düngung in Höhe von 160 kg N/ha erreicht. Eine über dem N-Optimum liegende N-Düngung führte zu einem Anstieg der Nmin-Gehalte im Boden.

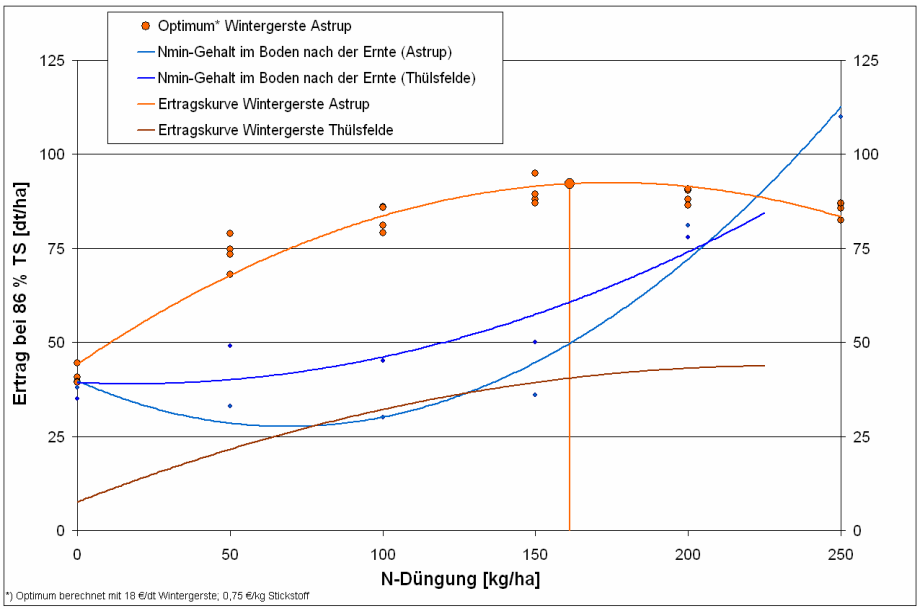

Abbildung 16 Einfluss steigender N-Gaben auf den Wintergerstenertrag und die Rest-Nmin Gehalte am Standort Astrup (2007)

Im Gegensatz zum Standort Astrup ließ sich für den Standort Thülsfelde für das Jahr 2007 infolge der vorliegenden, durch die Frühjahrstrockenheit bedingten Ertragsergebnisse bei der Wintergerste kein N-Optimum berechnen.

Abbildung 17 zeigt die Rest-Nmin-Gehalte am Standort Astrup nach dem Anbau von Wintergerste. Nach der Ernte führte eine über dem N-Optimum liegende N-Düngung zu einem Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte im Boden.

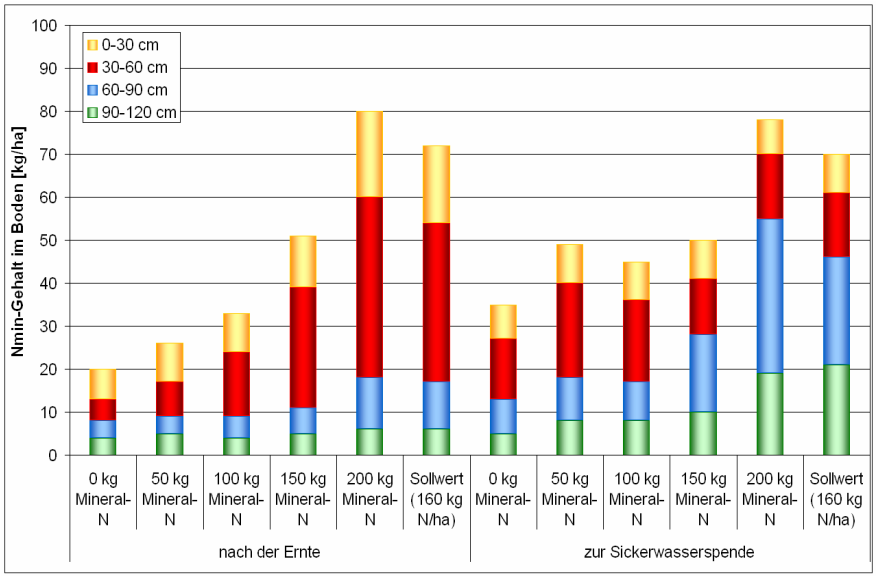

Abbildung 17 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung am Standort Astrup 2007

Ein gleichgerichtetes Bild zeigte sich am Standort Thülsfelde. Ab einer Düngungsintensität von 200 kg N/ha stiegen die Rest-Nmin-Gehalte deutlich an (Abbildung 18).

Betrachtet man die Nmin-Gehalte im Boden im Jahresverlauf unter der nach Sollwert gedüngten Wintergerstenvariante zeigte sich, dass nach der Ernte 2007 noch Stickstoff mineralisiert wurde (Abbildung 19).

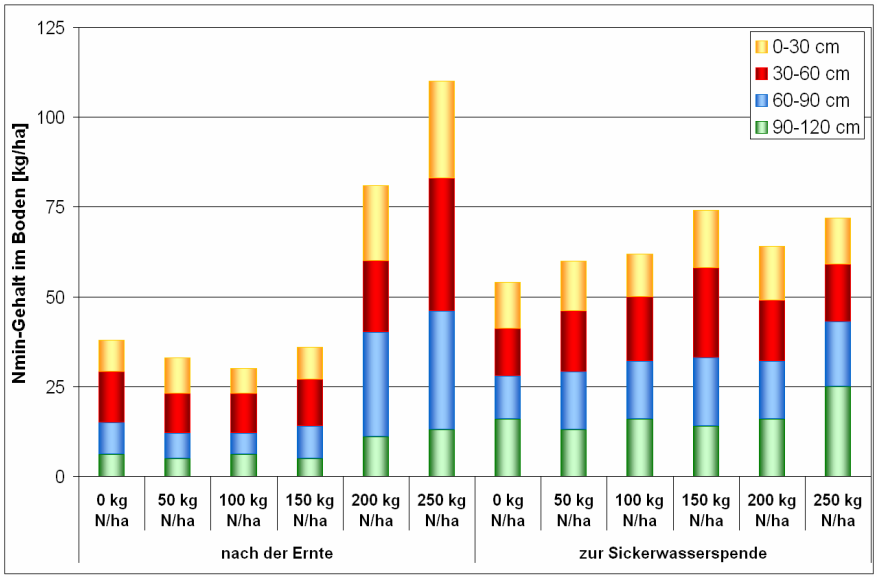

Abbildung 18 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte der Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung am Standort Thülsfelde 2007

Eine Verringerung der Stickstoffmenge im Winter in einer Bodentiefe von 90 – 120 cm deutet darauf hin, dass Stickstoff in tiefere Bodenschichten verlagert wurde. Hinsichtlich einer grundwasserschutzorientierten Bewirtschaftung wäre der Anbau einer Zwischenfrucht sinnvoll gewesen, um die N-Verlagerung in tiefere Bodenschichten zu minimieren.

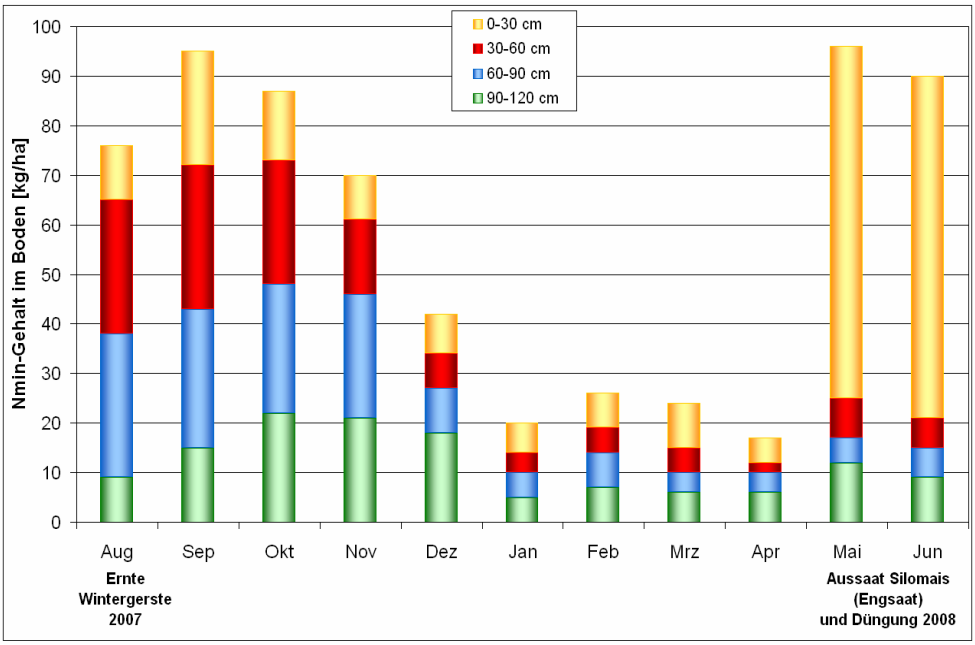

Abbildung 19 Nmin-Gehalt im Boden im Verlauf des Versuchsjahres unter der Sollwertvariante nach der Ernte von Wintergerste (Thülsfelde 2007/2008)

Organisch- mineralische Düngung zu Wintergerste

Der optimale Wintergerstenertrag wurde 2007 mit einer mineralischen N-Düngung in Höhe von 161 kg N/ha erreicht. Im Vergleich zur reinen Mineral-N-Düngung führte die organisch – mineralische N-Düngung in der Variante 100 kg Gülle-N/ha + 60 kg Mineral-N/ha bereits zu optimalen Wintergersten-erträgen (Abbildung 20).

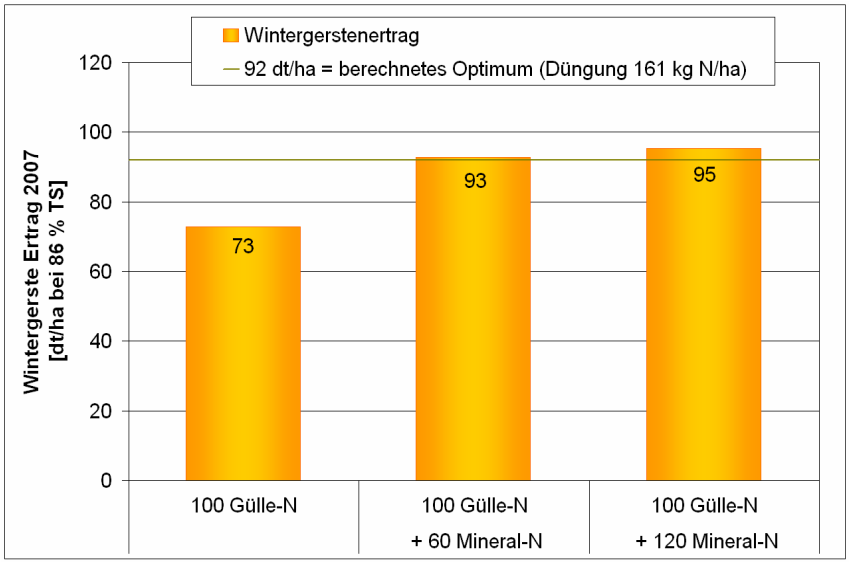

Abbildung 20 Einfluss einer organischen bzw. organisch-mineralischen Düngung auf den Ertrag von Wintergerste (Astrup 2007)

Es zeigte sich auch, dass die organisch bzw. organisch-mineralische Düngung nicht zu erhöhten Rest-Nmin-Gehalten am Standort Astrup nach der Ernte führte. Es kam jedoch zu einem Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende durch Mineralisation. Auch hier ist ein Anbau von Zwischenfrüchten sinnvoll, um den mineralisierten Stickstoff zu binden und damit die Verlagerung zu verhindern.

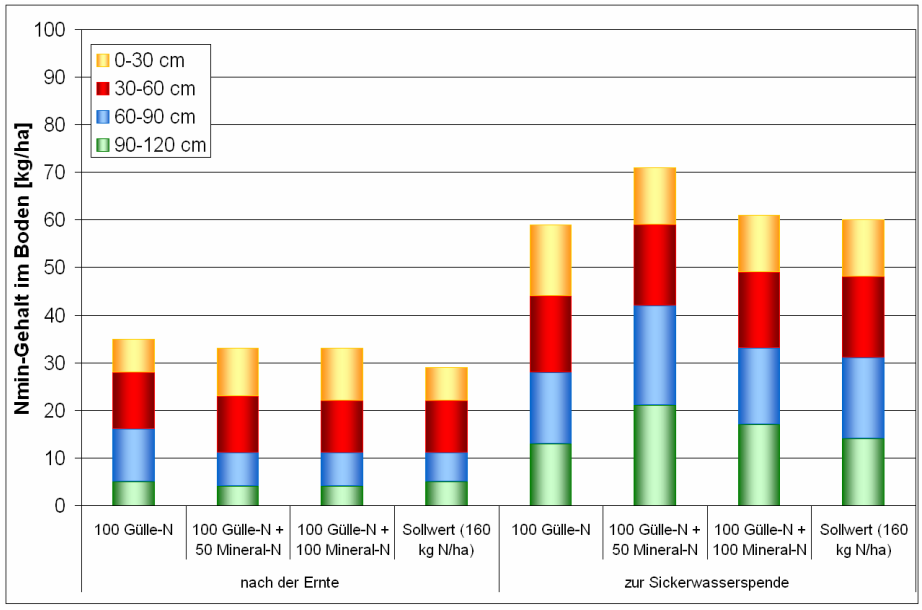

Abbildung 21 Einfluss einer organischen bzw. organisch-mineralischen Düngung auf die Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Wintergerste (Astrup 2007)

3.2.4. Sommergerste mit nachfolgender Zwischenfrucht

Im Rahmen der grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge wird der Anbau einer Winterung (z. B. Winterroggen) mit der Fruchtfolge „Zwischenfrucht mit anschließendem Sommergerstenanbau“ verglichen.

Infolge der Sommertrockenheit und der geringen Wassernachlieferung aus dem Boden fielen am Standort Thülsfelde die Erträge der Sommergerste im Jahr 2007 deutlich geringer aus, als am Standort Astrup. Es wurde ein Kornertrag von lediglich 20 dt/ha erzielt. Infolge der geringen N-Ausnutzung war ein deutlicher Anstieg der Nmin-Gehalte mit steigenden N-Düngergaben zu verzeichnen. Im Unterschied zum Standort Thülsfelde lagen die Sommergerstenerträge am Standort Astrup auf einem deutlich höheren Niveau. Infolge der besseren N-Ausnutzung war lediglich ein geringer Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte bei steigenden N-Gaben zu verzeichnen.

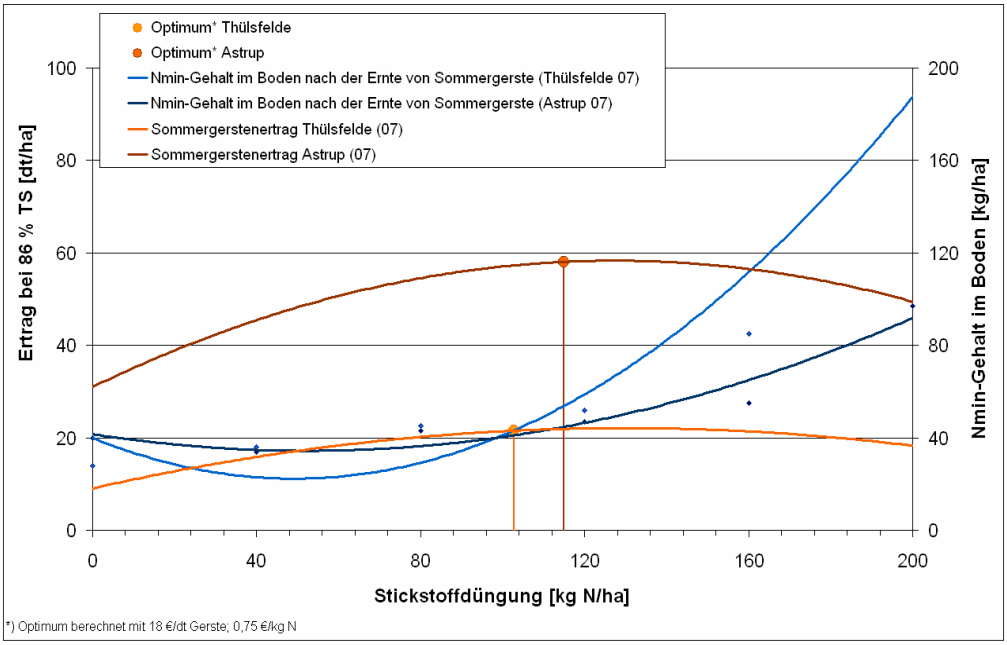

Abbildung 22 Einfluss steigender N-Gaben auf den Sommergerstenertrag und die Rest-Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte in Abhängigkeit vom Standort (2007)

In Abbildung 23 ist der Einfluss steigender N-Gaben auf den Sommergerstenertrag und den Rest-Nmin-Gehalt an den Standorten Astrup und Thülsfelde dargestellt. Es handelt sich um Mittelwerte aus den jeweiligen Versuchsjahren. In diesem Zusammenhang wurde im Betrachtungszeitraum in Thülsfelde fünfmal und in Astrup dreimal Sommergerste angebaut.

Die Abbildung belegt, dass im Mittel der Jahre unterschiedliche Erträge und Rest-Nmin-Gehalte an den jeweiligen Versuchsstandorten zu verzeichnen waren. Die N-Optima entsprachen den Beratungsempfehlungen nach Nmin Sollwertschema. Eine ertragsabhängige N-Düngung ließ sich nicht nachweisen.

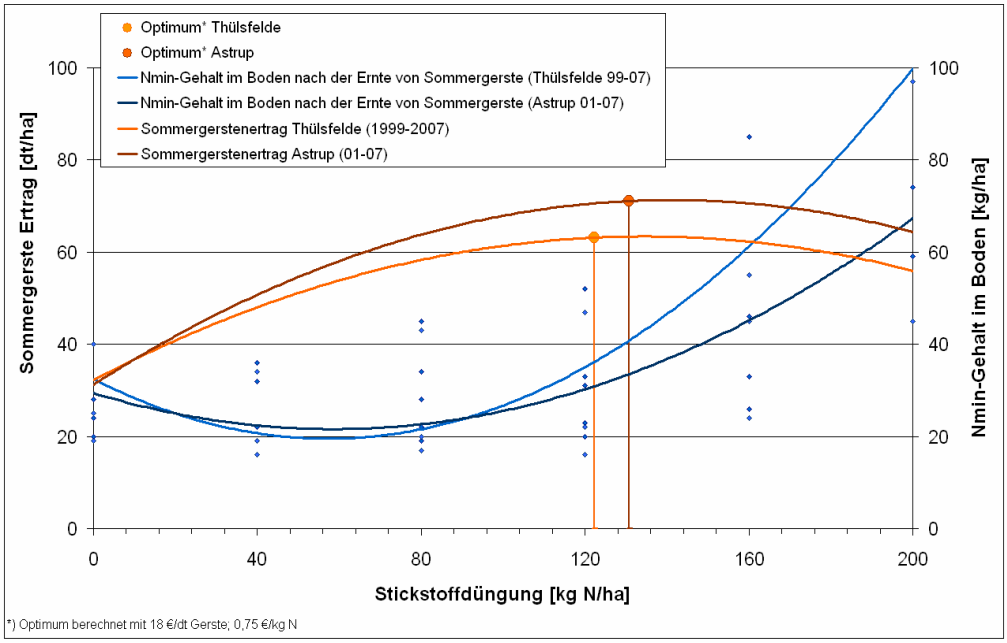

Abbildung 23 Einfluss steigender N-Gaben auf Ertrag und Rest-Nmin Gehalt an den Standorten Astrup und Thülsfelde (Sommergerste 1998 – 2007)

Wie schon bei den übrigen Getreidearten, zeigte sich auch bei der Sommergerste, dass bei einer bedarfsgerechten Stickstoffdüngung die Rest - Nmin Gehalte im Mittel der Jahre unterhalb von 50 kg Nmin/ha lagen.

Organisch- mineralische Düngung zur Sommergerste

Die Sommergerste erreichte im Jahr 2007 den optimalen Ertrag am Standort Astrup bei einem Düngungsniveau von 111 kg N/ha. Dieses Ertragsniveau wurde gleichfalls in der Variante 100 kg Gülle-N/ha + 40 kg Mineral-N/ha erreicht.

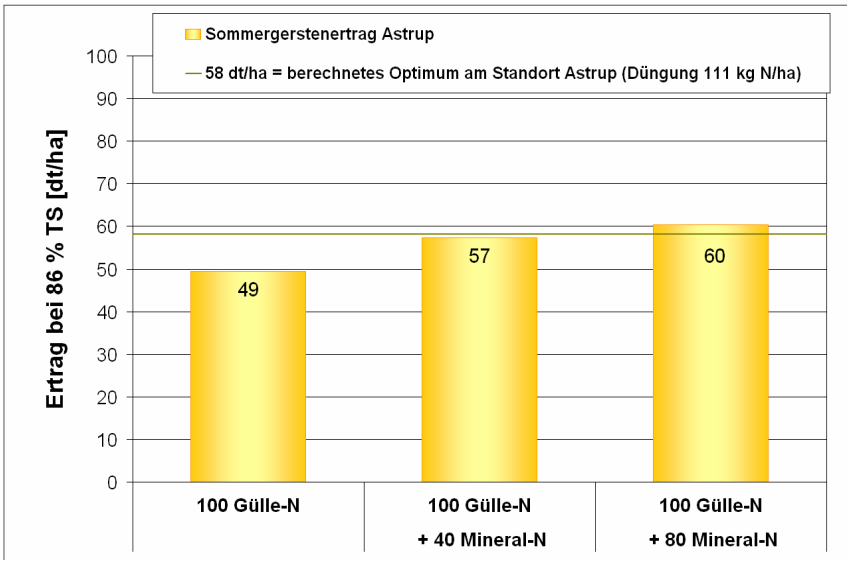

Abbildung 24 Einfluss einer organischen bzw. organisch-mineralischen Düngung auf den Ertrag von Sommergerste (Astrup 2007)

Die Nmin-Gehalte im Boden lagen nach der Ernte 2007 am Standort Astrup auf den organisch gedüngten Varianten relativ hoch bei 60 – 80 kg/ha. Zwischen der Ernte und der Sickerwasserspende war ein Rückgang der Nmin-Gehalte von über 30 kg N/ha in der oberen Bodenschicht zu verzeichnen, was vermutlich auf die N-Aufnahme durch die Zwischenfrucht zurückzuführen war.

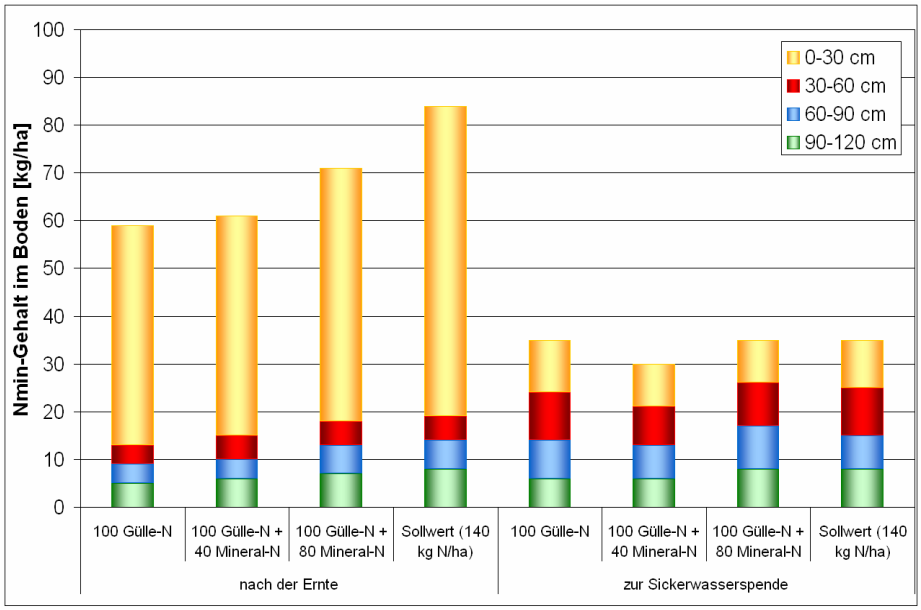

Abbildung 25 Einfluss einer organischen bzw. organisch-mineralischen Düngung auf die Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Sommergerste mit nachfolgender Zwischenfrucht Senf (Astrup 2007)

3.2.5. Silomais

Im Jahr 2006 wurde sowohl in Astrup als auch in Thülsfelde Silomais angebaut. Der Anbau erfolgte dabei jeweils in der konventionellen und der grundwasserschutzorientierten (GW) Fruchtfolge. Bei der grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge erfolgte eine Untersaat mit Gras.

Abbildung 26 zeigt den Einfluss der steigenden N-Düngung auf den Silomaisertrag und den Rest-Nmin Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais am Standtort Astrup.

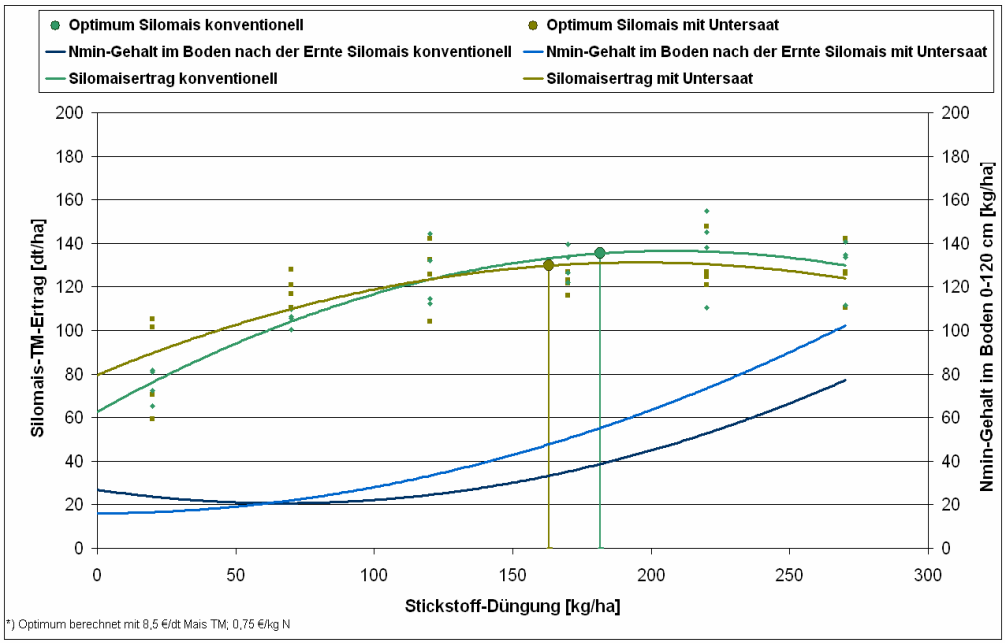

Abbildung 26 Einfluss steigender N-Gaben auf den Silomaisertrag und die Rest-Nmin Gehalte im Boden nach der Ernte am Standort Astrup 2006

Es ließen sich zwischen den Fruchtfolgen nur geringe Unterschiede bei der optimalen N-Düngung zu Silomais nachweisen. Im Jahr 2006 zeigte die Variante mit Untersaat höhere Rest-Nmin Gehalte im Vergleich zum konventionellen Maisanbau. Somit ließ sich in dem Versuchsjahr in Astrup keine N-konservierende Wirkung durch die Untersaat nachweisen, was vermutlich auf die geringen N-Entzüge infolge des geringen Aufwuchses der Untersaat zurückzuführen war.

Am Standort Thülsfelde zeigte sich ein etwas anderer Verlauf (Abbildung 27).

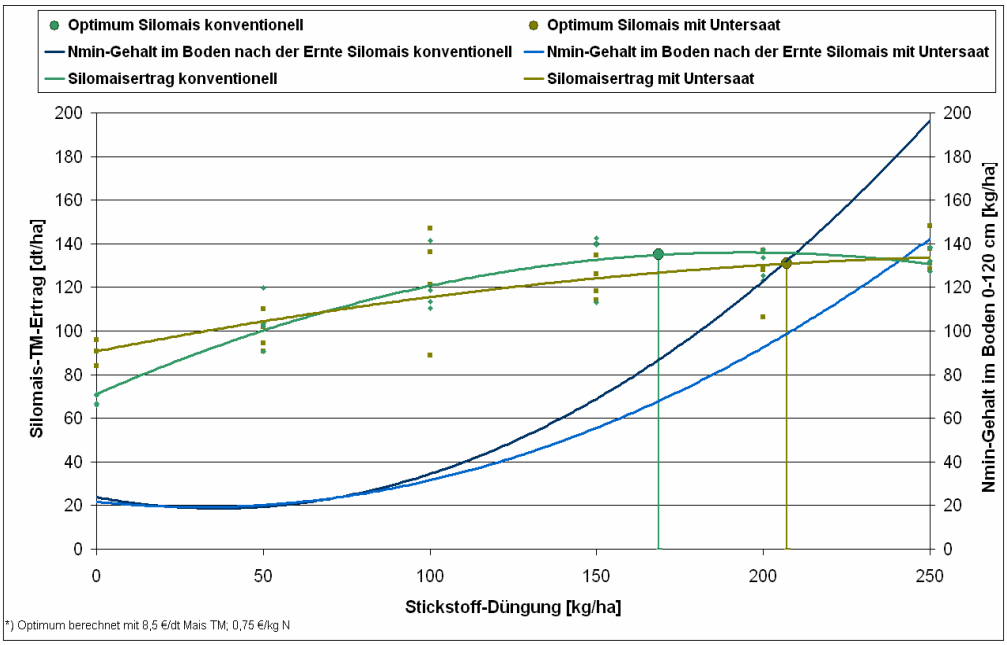

Abbildung 27 Einfluss steigender N-Gaben und den Silomaisertrag und den Rest-Nmin-Gehalten im Boden nach der Ernte am Standort Thülsfelde 2006

Die Höhe der Nmin-Werte zeigen, dass durch die Untersaat eine Reduzierung der Rest-Nmin-Gehalte erreicht wurde. Insbesondere bei hohen N-Gaben führte die Untersaat scheinbar zu einem Rückgang der Nmin-Gehalte im Boden. Es bleibt dabei jedoch zu beachten, dass die Untersaat nicht gut entwickelt war und zu Problemen im Bereich der Unkrautbekämpfung führte.

Zudem war zur Erreichung des optimalen Silomaisertrages infolge der Maisuntersaat ein Mehrbedarf von ca. 50 kg N/ha notwendig (N Optimum bei >200 kg N/ha), der verglichen mit dem Nmin-Wert „N Optimum konventionell“ den reduzierenden Nmin-Effekt wieder aufhob. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dieses Ergebnis keine Allgemeingültigkeit besitzt. Die Vor- und Nachteile einer Grasuntersaat im Maisanbau wurden bereits in früheren Versuchsberichten und Veröffentlichungen zum Wasserschutz behandelt. Danach bestimmen Standort- und Witterungsfaktoren maßgeblich über den Erfolg oder Misserfolg einer Untersaat.

Organisch- mineralische Düngung zum Silomais

Der optimale Silomaisertrag wurde bei einer N-Gabe in Höhe von 100 kg Gülle-N/ha und 50 kg Mineral-N/ha erreicht. Eine weitere Steigerung der mineralischen N-Gabe führte zu keinem Anstieg des Silomaisertrages (Abbildung 28).

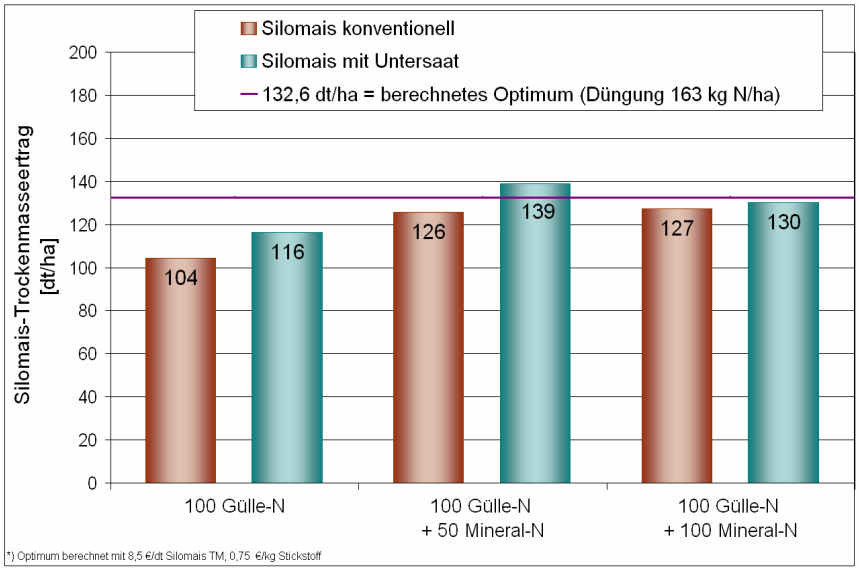

Abbildung 28 Einfluss steigender N-Gaben in Form einer organisch bzw. organisch-mineralischen-N-Düngung auf den Silomaisertrag (Astrup 2006)

Die Nmin-Gehalt im Boden lagen unter den organisch bzw. organisch-mineralisch gedüngten Varianten im moderaten Bereich von unter 50 kg Nmin/ha (Abbildung 29). Nur die hoch gedüngten Varianten führten zu höheren Rest-Nmin-Gehalten.

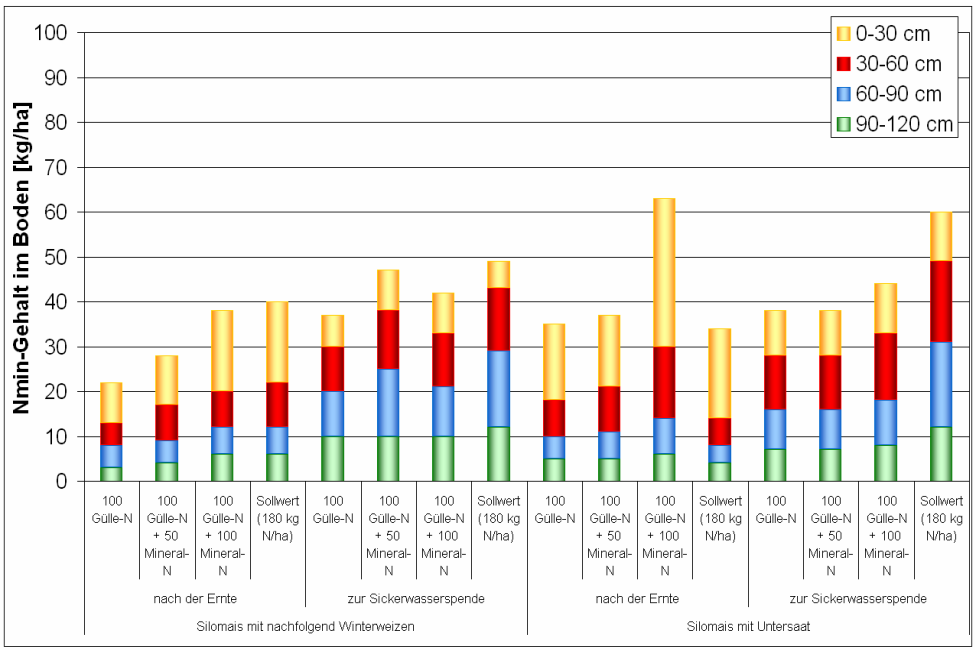

Abbildung 29 Einfluss einer organischen bzw. organisch-mineralischen Düngung auf die Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais (Astrup 2006)

3.3. Zusammenfassung der Ergebnisse der Versuchsstandorte Astrup und Thülsfelde

Im Rahmen der in Kap. 3 beschriebenen Versuche 2006 und 2007 wurde der Einfluss einer gestaffelten N-Düngung bzw. einer grundwasserschutzorientierte Fruchtfolge auf die langjährige N-Dynamik im Boden, die Erträge und die Produktqualitäten an den Standorten Astrup und Thülsfelde überprüft. Die Ergebnisse – auch im mehrjährigen Vergleich – bestätigen die Beratungsempfehlungen zur bedarfsgerechten N-Düngung. In allen Kulturen führte die Stickstoffdüngung in Höhe der jeweiligen Nmin Sollwerte zu optimalen Erträgen verbunden mit Rest Nmin Gehalten von unter 50 kg N/ha. Die unter der jeweiligen Sollwertvariante ermittelten Herbst Nmin Werte wurden den Wasserschutzberatern als Referenzwerte für die Trinkwassergewinnungsgebiete zur Verfügung gestellt. Mit einer kombinierten Düngung aus organischem Stickstoff (Gülle) und mineralischem Stickstoff wurden gleichfalls optimale Erträge erzielt. Die Aussage „Es lohnt sich wieder, mehr zu düngen“, konnte in den Versuchen nicht belegt werden: Der Anstieg der Getreidepreise führte infolge des ebenfalls starken Anstiegs der Düngerpreise nicht zu einer Veränderung der N-Optima aller untersuchten Getreidearten. Der Silomais konnte in beiden Versuchsjahren steigende Stickstoffdüngung nicht in Trockenmassezuwachs umsetzen.

Durch eine über dem N-Optimum liegende N-Düngung kam es bei hohen Düngungsgaben zu einem teilweise sehr deutlichen Anstieg der Nmin-Gehalte im Boden. In allen Kulturen nahm zudem die Variabilität der Nmin-Werte, d.h. die Streubreite mit steigender Düngung deutlich zu. Die Zwischenfrucht nach Getreide konnte den Reststickstoff im Boden aufnehmen (z. T. > 30 kg N/ha rechnerischer Entzug) und über den Winter konservieren und somit der Auswaschung entgegenwirken. Demgegenüber fand auf dem leichten Standort Thülsfelde nach Wintergerste in der Sickerwasserperiode 2007/2008 eine Nitratverlagerung statt.

Eine Nmin-reduzierende Wirkung der Untersaat im Maisanbau ließ sich an beiden Standorten nicht eindeutig nachweisen. Die Untersaat war in der Mehrzahl der vergangenen Versuchsjahre schlecht entwickelt und die Unkrautbekämpfung deutlich erschwert.

Im Rahmen der weiteren Planung wurde der Feldversuch in Astrup eingestellt, da sich der Standort im Mittel der Jahre als nicht repräsentativ für Standorte mit einem hohen N-Nachlieferungsvermögen erwies. Darüber hinaus wurden in Thülsfelde weitere Elemente der grundwasserschutzorientierten Bewirtschaftung in die bestehenden Versuche integriert. So wurde in der Versuchsanlage 1 (mit Saugsondenanlage) der Maisanbau mit verringertem Reihenabstand aufgenommen und der Zwischenfruchtanbau integriert. Bei der grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge auf Versuchsanlage 3 wurde die Maisuntersaat durch Mais auch mit verringertem Reihenabstand ersetzt.

4. Welchen Einfluss hat die Düngung mit unterschiedlichen Gärresten auf die Stickstoffdynamik im Boden, den Ertrag und die Produktqualität im Vergleich zur Düngung mit Schweinegülle bzw. mit einer mineralischen Stickstoffdüngung?

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.

4.1. Versuchsaufbau

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

Abbildung 30 Versuchsstandort Wehnen (Landkreis Ammerland)

In dem Versuch sollten 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?

Der Versuch wurde an bestehende Düngungsversuche der Landwirtschaftskammer angeknüpft, so dass auch eine Berechnung der N-Optima anhand der Stickstoffstaffel möglich war und damit die Berechnung der N-MDÄ. Geprüft wurde an den Früchten Wintergerste, Winterraps und Silomais.

Tabelle 31 Düngung zur Wintergerste

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

Tabelle 32 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	Gärsubstrat 1 - 120 Ges.-N	120	120	-	-
10	Gärsubstrat 2 - 120 Ges.-N	120	120	-	-
11	Gärsubstrat 3 - 120 Ges.-N	120	120	-	-
12	Gärsubstrat 4 - 120 Ges.-N	120	120	-	-

Tabelle 33 Düngung zum Winterraps

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

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

Tabelle 34 Analyse der Schweinegülle und der Gärreste im Gärsubstratversuch Wehnen (2006 und 2007)

	Analyse 2006 Analyse vom 27.02.2006	Analyse 2007 Analyse vom 29.03.2007
Schweinegülle	3,1 % TS 4,4 kg/m³ N (2,8 kg/m³ NH_4-N) 1,7 kg/m³ P_2O_5 2,7 kg/m³ K_2O	3,4 % TS 5,1 kg/m³ N (2,6 kg/m³ NH_4-N) 2,0 kg/m³ P_2O_5 2,8 kg/m³ K_2O
Gärrest 1 - Input jährlich: ▪ $^2/_3$ Gülle ▪ $^1/_3$ Kofermente	4,8 % TS 6,0 kg/m³ N (3,5 kg /m³ NH_4-N) 2,4 kg/m³ P_2O_5 3,4 kg/m³ K_2O	5,4 % TS 7,6 kg/m³ N (4,2 kg /m³ NH_4-N) 2,3 kg/m³ P_2O_5 2,9 kg/m³ K_2O
Gärrest 2 - Input täglich: ▪ 20 t Maissilage ▪ 5-6 m³ Rinder- und Schweinegülle	8,4 % TS 5,2 kg/m³ N (2,3 kg/m³ NH_4-N) 2,4 kg/m³ P_2O_5 5,3 kg/m³ K_2O	7,7 % TS 6,3 kg/m³ N (2,6 kg/m³ NH_4-N) 2,3 kg/m³ P_2O_5 5,0 kg/m³ K_2O
Gärrest 3- Input täglich: ▪ 30 t Maissilage ▪ 15 m³ Sauen- und Mastschweinegülle	3,9 % TS 4,5 kg/m³ N (2,6 kg/m³ NH_4-N) 1,3 kg/m³ P_2O_5 4,2 kg/m³ K_2O	4,8 % TS 5,6 kg/m³ N (2,6 kg/m³ NH_4-N) 1,4 kg/m³ P_2O_5 4,8 kg/m³ K_2O
Gärrest 4 - Input jährlich: ▪ ¼ Sauenmist ▪ ¾ Maissilage ▪ 200 m³ Rindergülle zum Start der Anlage (2006)	9,0 % TS 5,4 kg/m³ N (2,7 kg/m³ NH_4-N) 2,8 kg/m³ P_2O_5 5,4 kg/m³ K_2O	6,0 % TS 5,4 kg/m³ N (2,5 kg/m³ NH_4-N) 2,0 kg/m³ P_2O_5 4,9 kg/m³ K_2O

4.2. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse

4.2.1. Wintergerste

Die Wintergerste brachte im ersten Jahr aufgrund der idealen Witterungsbedingungen sehr gute Erträge, bereits bei der Kontrollvariante (ohne N-Düngung) wurde ein Ertrag von 55 dt/ha erreicht. Das Ertragsoptimum wurde bereits bei einer N-Düngung von 130 kg/ha erreicht und erzielte einen Ertrag von 78 dt/ha. Mit einer Gabe von 120 kg organischem Stickstoff wurden im Jahr 2006 durchschnittlich 72 dt/ha Wintergerste erzielt.

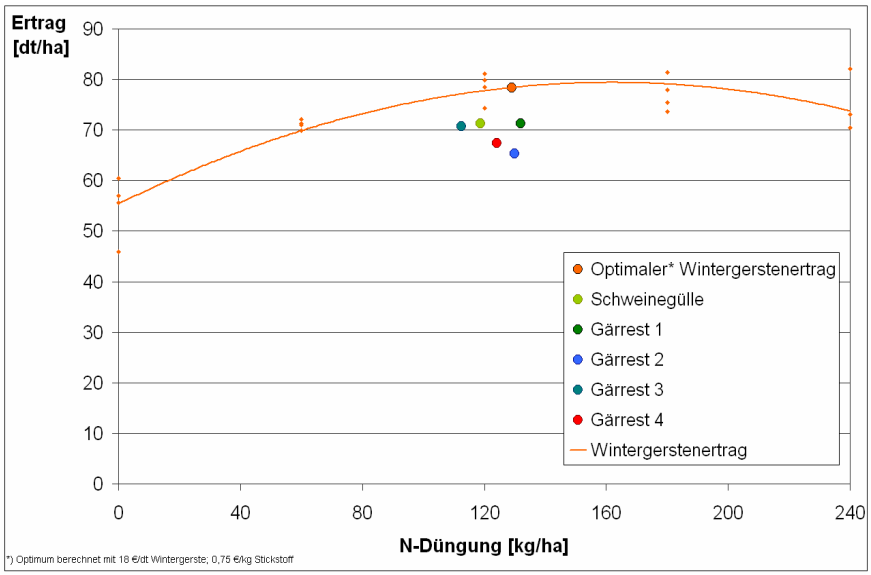

Abbildung 31 Wintergerstenertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegüllevariante 2006

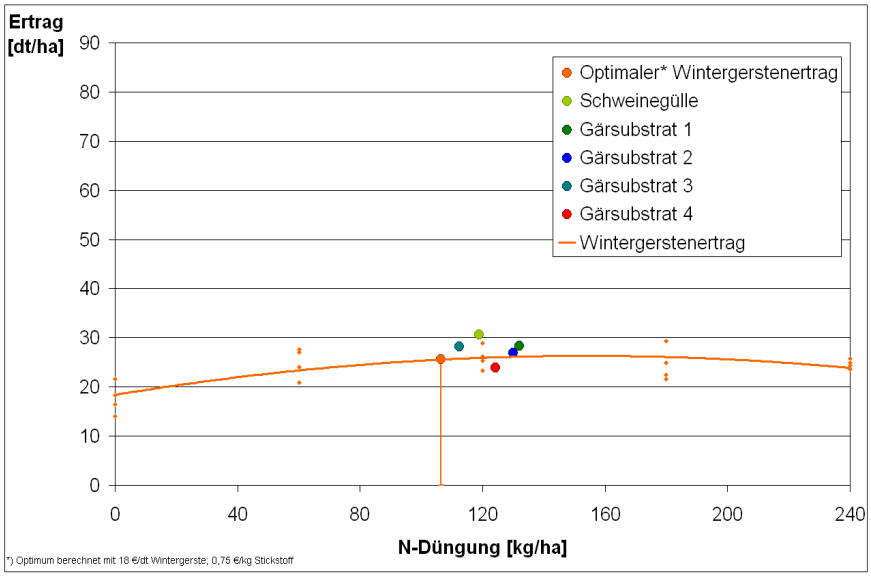

Abbildung 32 Wintergerstenertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegüllevariante 2007

Ein ganz anderes Bild zeigte sich im Jahr 2007. Die Ertragskurve zeigt nur eine geringfügige Steigung steigenden N-Gaben. Das berechnete Optimum lag in diesem Jahr bei lediglich 25 dt/ha. Grund für diesen deutlich niedrigeren Ertrag als im Vorjahr war die Witterung. Im April gab es lediglich 3 mm Niederschlag, somit 40 mm weniger als im langjährigen Durchschnitt und 60 mm weniger als im Vorjahr.

Dies spiegeln auch die Temperatur-/Niederschlagsdiagramme im Anhang wieder. Weder der organische noch der mineralische Stickstoff konnte im Jahr 2007 genutzt werden.

In Abbildung 33 ist der Wintergerstenertrag 2006 in Abhängigkeit vom Anteil Ammonium-Stickstoff (NH_4-N) und vom TS-Gehalt in der Gülle bzw. in den Gärresten dargestellt. Hier ist eine Abhängigkeit zu erkennen. Je höher der Anteil des Ammoniumstickstoffs, desto höher der erzielte Ertrag, da der Ammoniumstickstoff der Pflanze direkt zur Verfügung steht. Dadurch steigt jedoch auch die Gefahr der gasförmigen Verluste bei der Lagerung und vor allem bei der Ausbringung, in Abhängigkeit von Temperatur und pH-Wert.

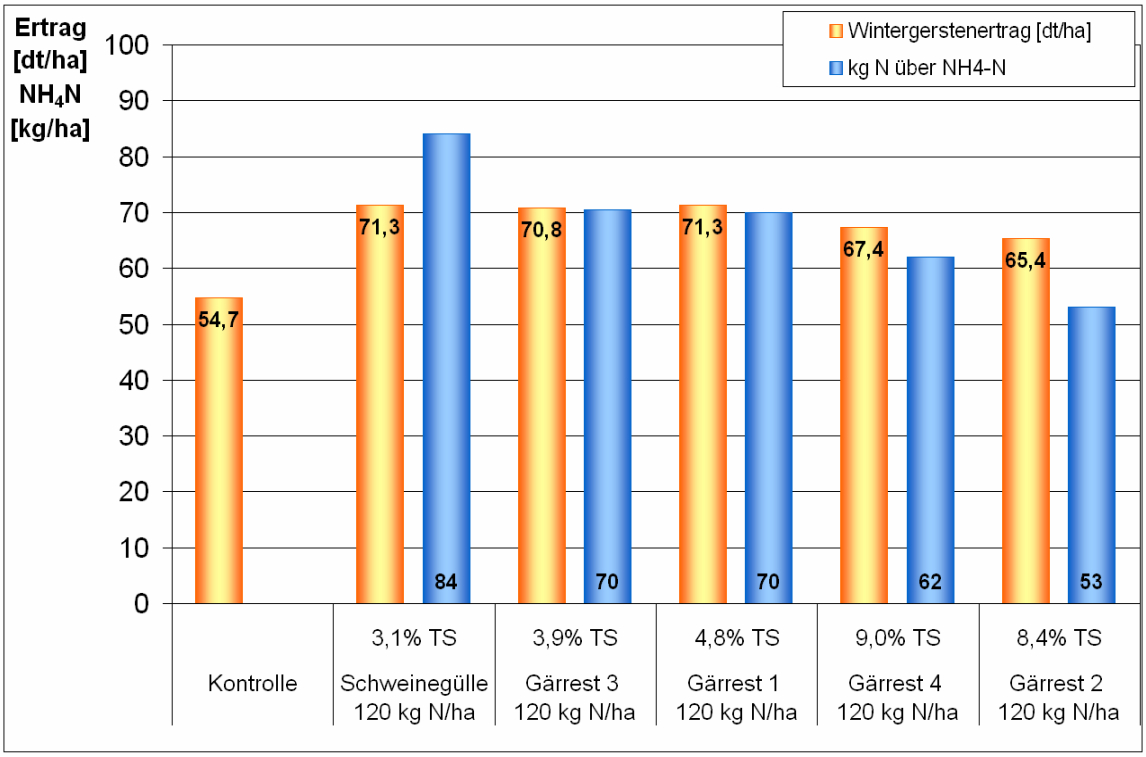

Abbildung 33 Wintergerstenertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem NH4-N-Anteil der Gülle und der Gärreste 2006

Ein niedriger TS-Gehalt begünstig ebenso die Aufnahme der Gärreste bzw. der Gülle. Durch einen niedrigen TS-Gehalt verbessert sich das Ablauf- und das Infiltrationsverhalten der Gärreste und damit verringern sich die gasförmigen Verluste und der Stickstoff steht der Pflanze zur Verfügung. Zudem werden durch das schnelle Abfließen sowohl Verschmutzungen (vor allem beim Grünland von Bedeutung) als auch Verätzungen an den Pflanzen reduziert.

Betrachtet man die N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) der verschiedenen Gärreste zu Wintergerste im Jahr 2006 in Abbildung 34 spiegeln sich die oben gemachten Aussagen wieder. Die Gärreste mit hohen NH4-N-Gehalten und niedrigen TS-Gehalten haben höhere N-MDÄ's, vergleichbar mit der Schweinegülle. Mit Abnahme des NH4-N-Gehaltes gehen auch die N-MDÄ zurück. Das Jahr 2007 konnte aufgrund der witterungsbedingten Ergebnisse nicht ausgewertet werden, daher muss bedacht werden, dass es sich um einjährige Ergebnisse handelt.

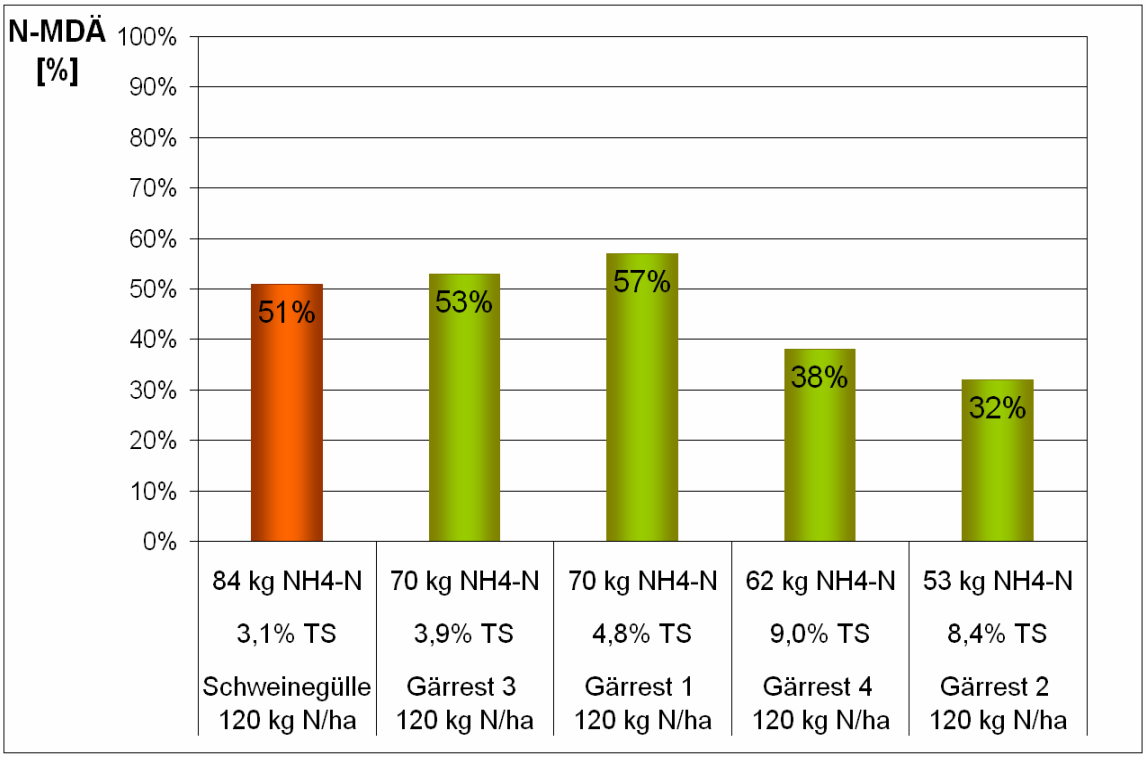

Abbildung 34 N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) - Gärrestversuch zu Wintergerste 2006

4.2.2. Winterraps

Der Winterraps zeigte im Jahr 2006 einen Ertragsverlauf wie in Abbildung 35 dargestellt.

Jedoch schwankten die Erträge in den Varianten enorm. Dies zeigt sich auch in der Variabilität der Einzelergebnisse in der Grafik. Vermutlich lässt sich dies auf heterogene Standortbedingungen zurückführen.

Aufgrund dieser Ergebnisse konnte der Versuch nicht ausgewertet werden.

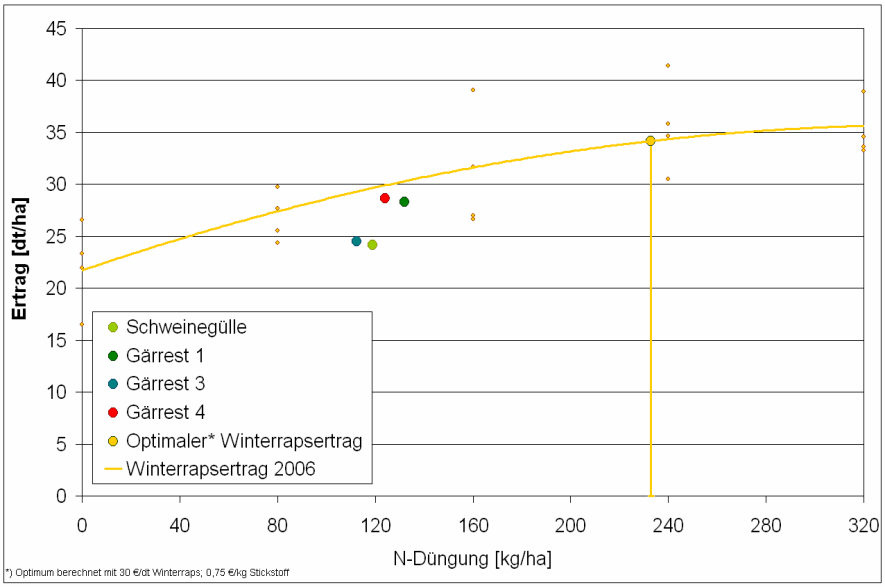

Abbildung 35 Winterrapsertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegüllevariante 2006

2007 zeigt sich ein vergleichbares Ertragsniveau wie 2006. (Abbildung 36).

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

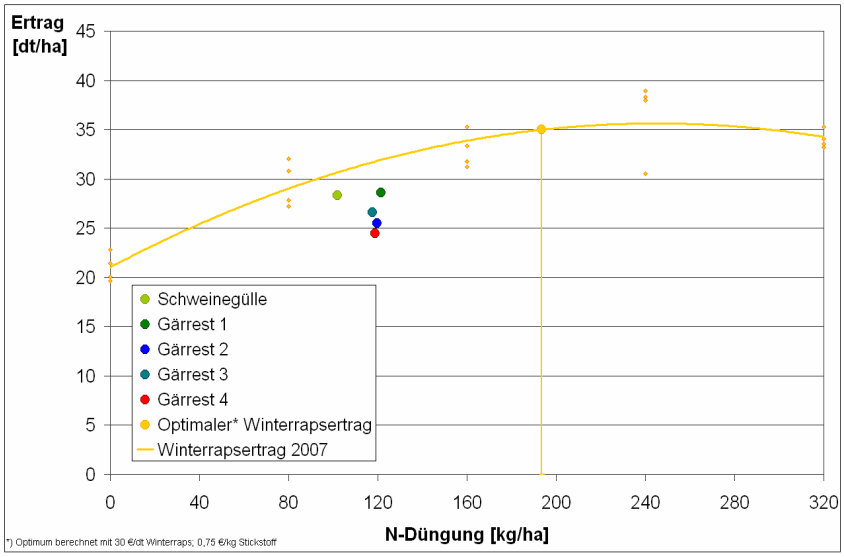

Abbildung 36 Winterrapsertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegüllevariante 2007

Betrachtet man in Abbildung 37 den Winterrapsertrag in Abhängigkeit vom Anteil Ammonium-Stickstoff (NH_4-N) und vom TS-Gehalt in der Gülle bzw. in den Gärresten zeigt sich, dass der Gärrest mit dem höchsten NH4-N-Gehalt auch den höchsten Ertrag erzielt. Die Unterschiede zwischen den Varianten sind allerdings sehr gering, so dass hier lediglich von einer Tendenz gesprochen werden kann.

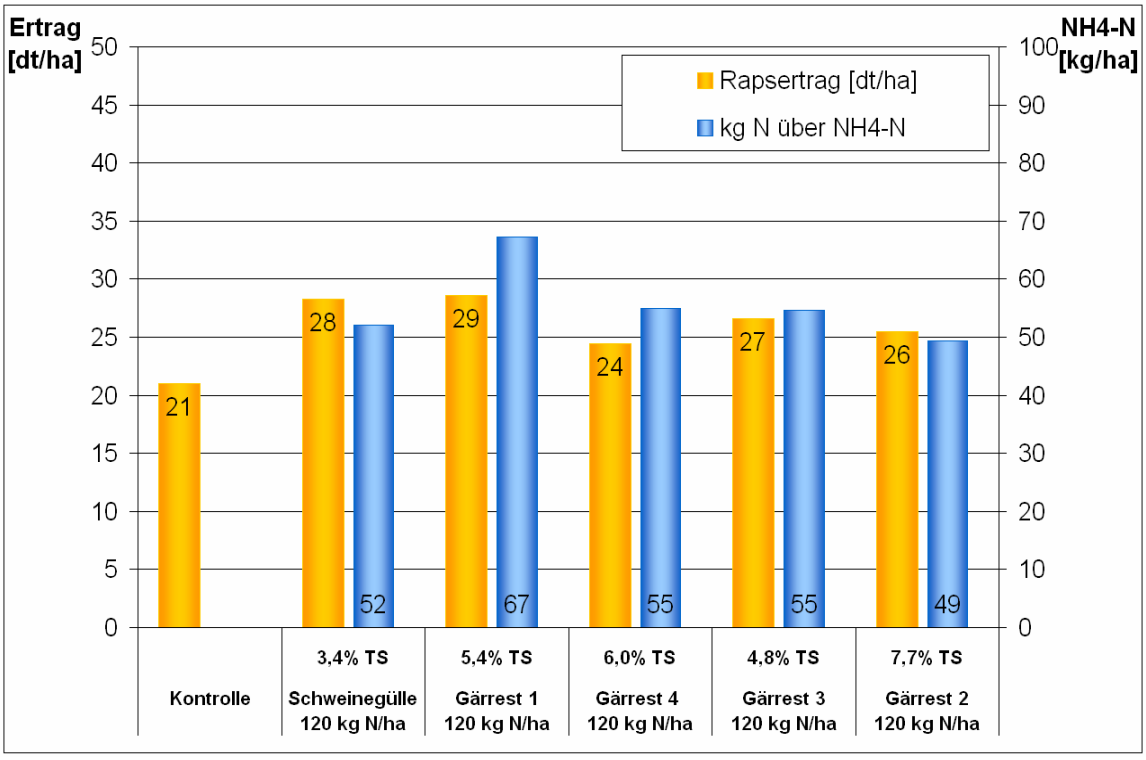

Abbildung 37 Winterrapsertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem NH4-N-Anteil der Gülle und den Gärreste 2007

In Abbildung 38 sind die N-MDÄ der Schweinegülle und der Gärrestvarainten zu Winterraps abgebildet. Gärrest 1 hat scheinbar eine vergleichbare Wirkung wie die Schweinegülle. Die N-MDÄ der anderen Gärreste liegen deutlich niedriger. Auch hier sind nur einjährige Ergebnisse dargestellt, daher müssen die Resultate der folgenden Versuchjahre abgewartet werden.

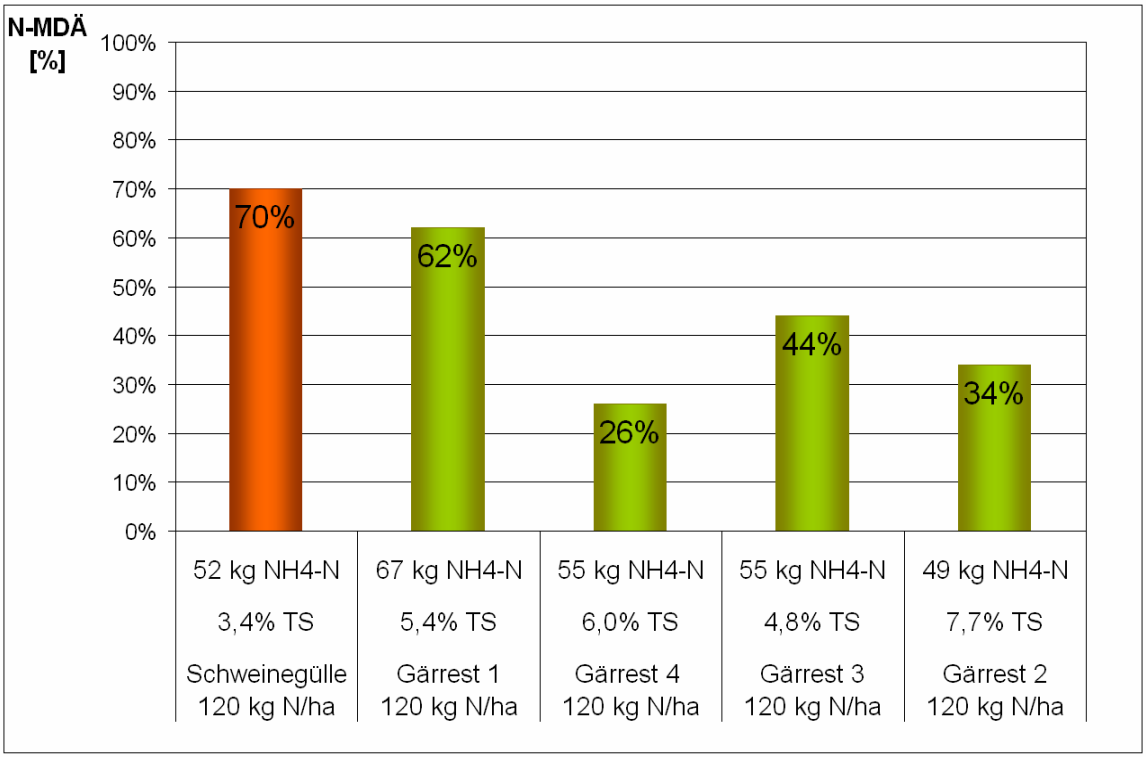

Abbildung 38 N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) - Gärrestversuch zu Winterraps 2007

4.2.3. Silomais

In Abbildung 39 sind die Silomais-Trockenmasseerträge der Mineral-N-Stufen als Kurve dargestellt. Das berechnete N-Optimum lag im Jahr 2006 bei 137 kg/ha bei einem Ertrag von 194 dt/ha TM (rd. 600 dt/ha FM). Bereits die Kontrollvariante (ohne N-Düngung) erzielte einen Ertrag von 162 dt/ha TM (rd. 500 dt/ha FM), dieses Ergebnis deutet auf eine gute Ausnutzung des Bodenstickstoffs hin.

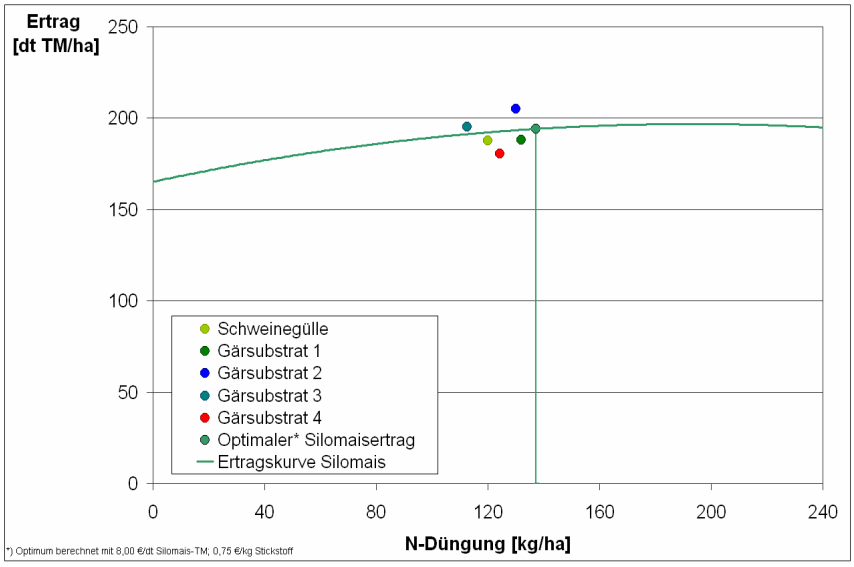

Abbildung 39 Silomaisertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegülle 2006

Die organisch gedüngten Varianten erzielten im Durchschnitt einen Ertrag von 191 dt/ha TM und liegen damit nur 4 dt/ha unterhalb der optimal, rein mineralisch gedüngten Variante. Es zeigt sich damit eine sehr gute Ausnutzung des Stickstoffs der Gülle bzw. der Gärreste.

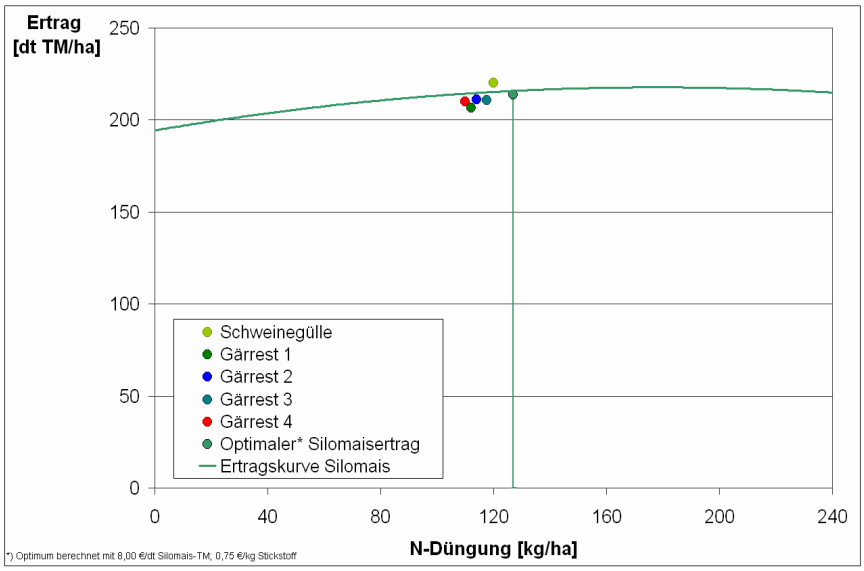

Abbildung 40 Silomaisertragskurve und Erträge der Gärrestvarianten, sowie der Schweinegüllevariante 2007

Das gleiche Bild zeigt sich im Jahr 2007 (Abbildung 40). Die Erträge der organisch gedüngten Varianten lagen mit 212 dt/ha TM (rd. 660 dt/ha FM) auf der Höhe des berechneten Optimums von 214 dt/ha TM.

Die Kontrollvariante brachte bereits einen Ertrag von 191 dt/ha, dies spiegelt die für den Silomais optimalen Bedingungen im Jahr 2007 sehr gut wieder. Der Verlauf der Ertragskurve ist auch deutlich flacher, was auf die sehr gute N-Nachlieferung aus dem Boden hinweist.

Betrachtet man den Silomaisertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem NH4-N-Anteil der Gülle und der Gärreste in den beiden Versuchsjahren ist hier im Unterschied zur Wintergerste keine Abhängigkeit zu erkennen.

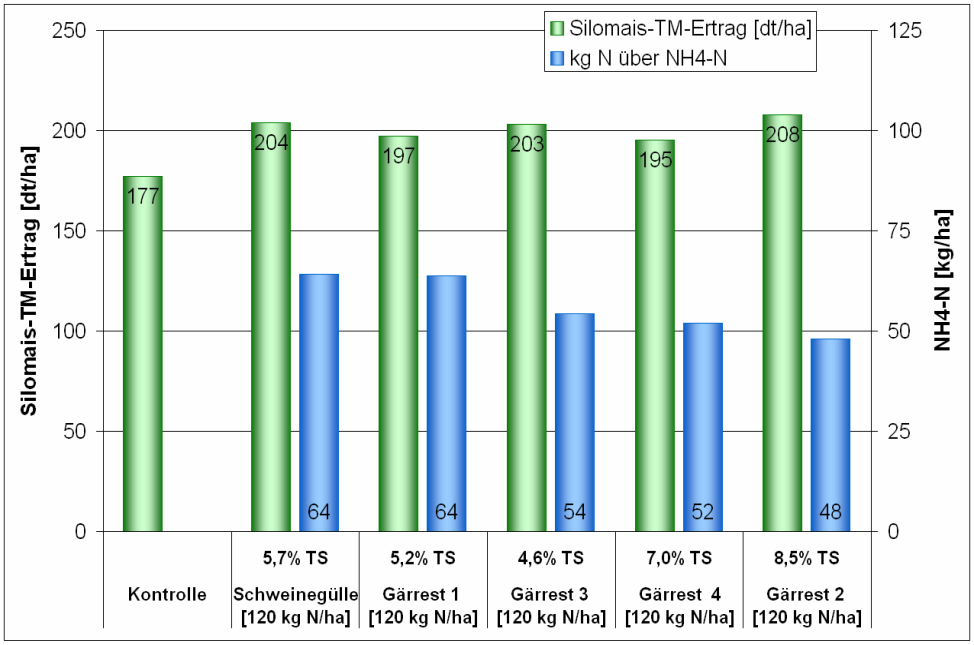

Abbildung 41 Silomaisertrag in Abhängigkeit vom TS-Gehalt und dem NH4-N-Anteil der Gülle und der Gärreste (∅ 2006/2007)

Dies zeigt auch die Auswertung der N-MDÄ in Abbildung 42. Die Gärreste weisen unterschiedliche N-MDÄ im Bereich von 60 bis 90 % auf, diese sind jedoch unabhängig vom TS- bzw. vom NH4-N-Gehalt.

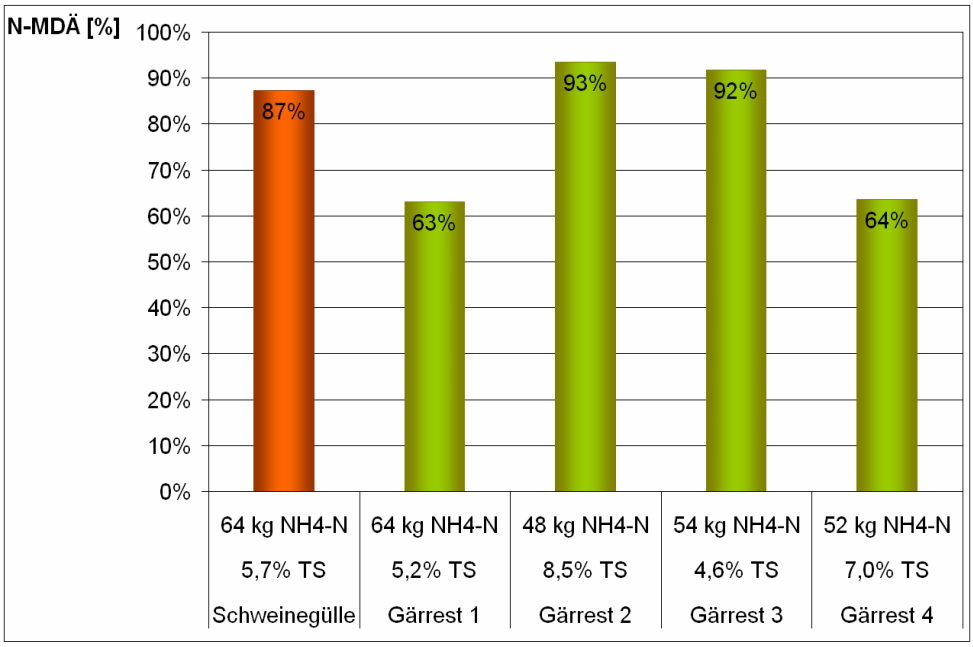

Abbildung 42 N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) - Gärrestversuch zu Silomais (∅ 2006/2007)

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

Zur Wirkung von Gärresten auf die N-Dynamik im Boden gibt es derzeit nur wenige Untersuchungen. Den nachfolgend aufgeführten Ergebnissen kommt große Bedeutung zu. Im vorliegenden Versuch wurden jeweils nach der Ernte der Hauptfrucht und zum Zeitpunkt Beginn der Sickerwasserspende Nmin-Proben (0-90 cm) untersucht. Beprobt wurde in den Varianten Düngung mit Gärrest, Düngung mit Schweinegülle, Nulldüngung (Kontrollvariante) sowie in der mineralisch nach Sollwert gedüngten Variante.

In Abbildung 43 und Abbildung 44 sind die Ergebnisse nach der Ernte der Wintergerste abgebildet.

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

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

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

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

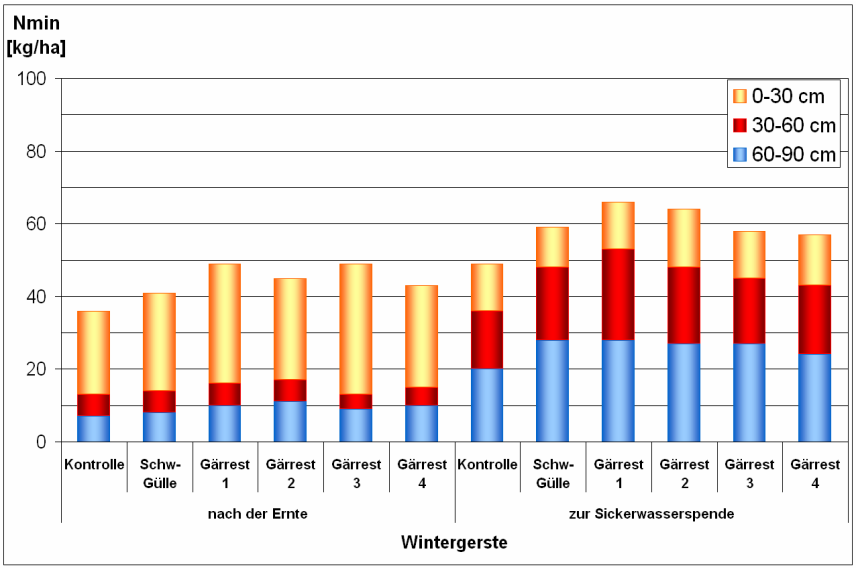

Abbildung 43 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2006

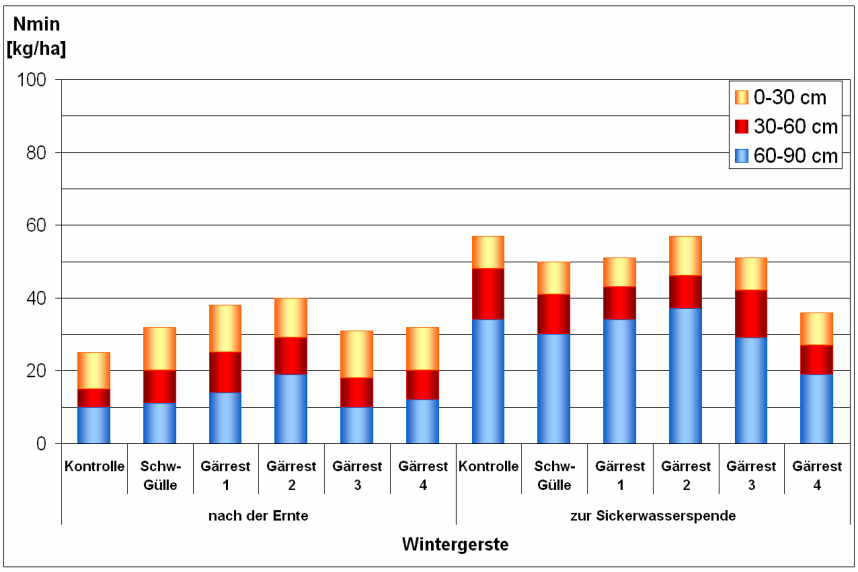

Abbildung 44 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Wintergerste und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2007

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

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

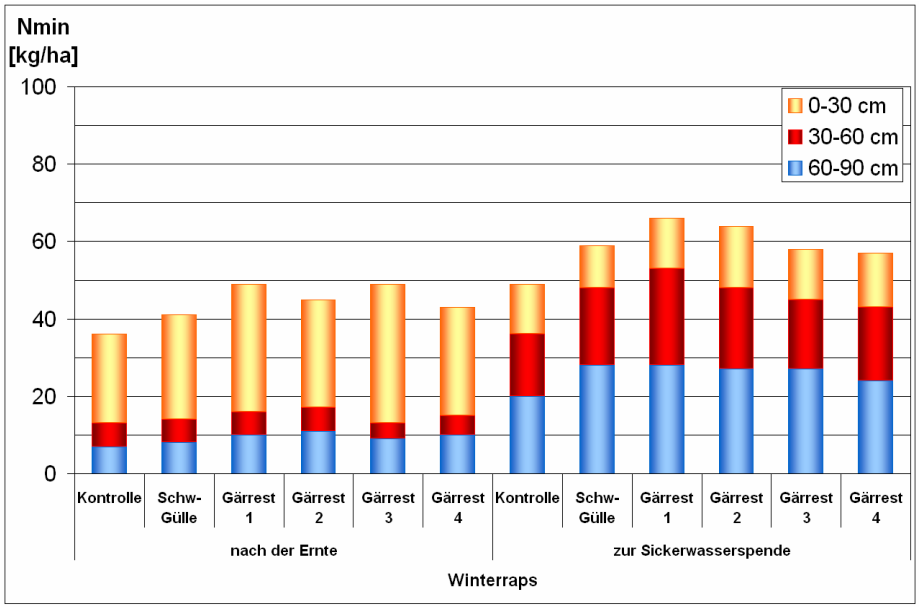

Abbildung 45 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2006

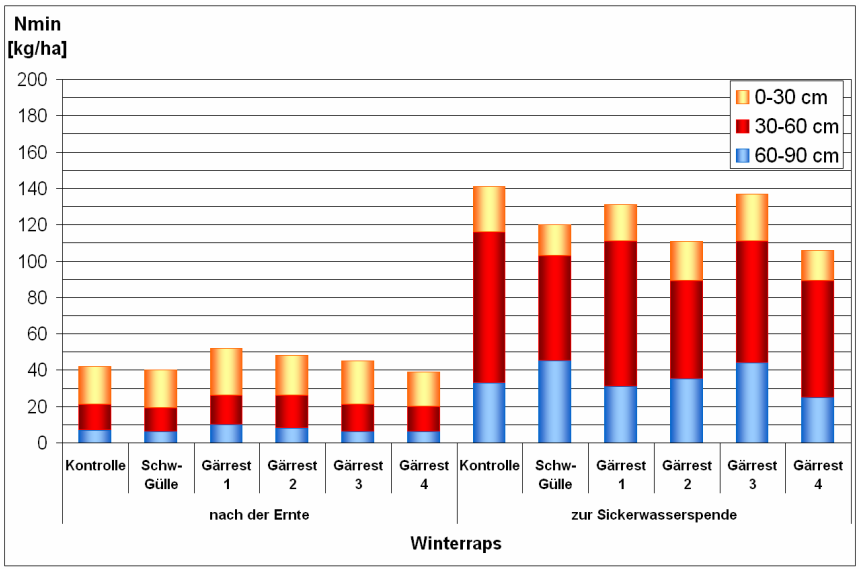

Abbildung 46 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Winterraps und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2007

2007 zeigtesich ein für Winterraps typischer Verlauf der Rest-Nmin-Gehalte im Boden. Nach der Ernte lagen hier die Nmin-Werte im Bereich 40-50 kg N/ha. Danach stiegen die Werte aufgrund des auf der Fläche verbleibenden, stickstoffreichen Rapsstrohs auf bis zu 140 kg/ha Nmin in der Kontrollvariante an.

Die organisch gedüngten Varianten zeigten im Vergleich keinen gerichteten Unterschied.

Die Rest-Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung der beiden Versuchsjahre sind in Abbildung 47 und Abbildung 48 dargestellt.

Die Nmin-Werte liegen 2006 nach der Ernte auf einem sehr niedrigen Niveau von 20 kg N/ha, 2007 liegen die Rest-Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte unwesentlich höher bei rd. 40 kgN /ha.

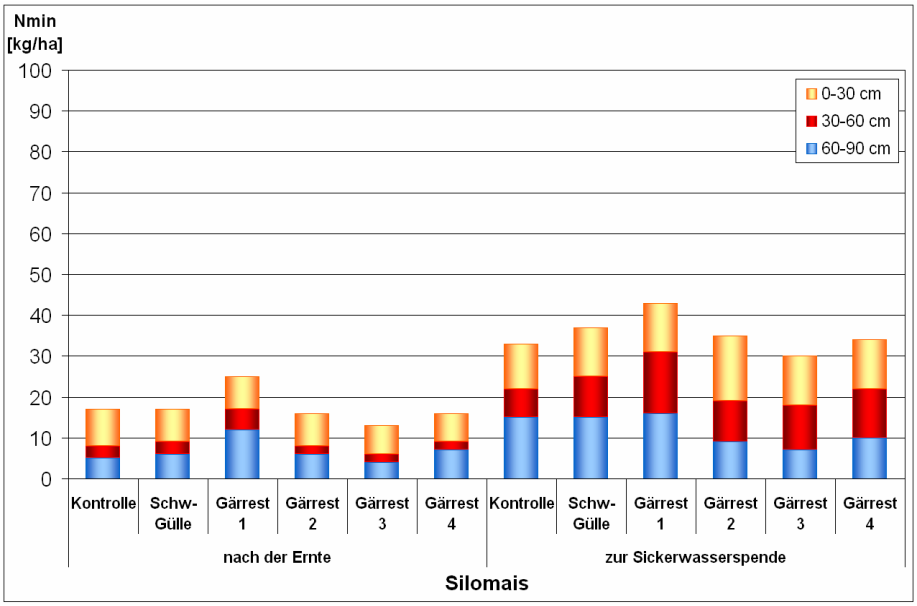

Abbildung 47 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2006

In beiden Jahren führte die Nachmineralisation zu einem leichten Anstieg der Rest-Nmin-Gehalte im Boden zum Zeitpunkt der Sickerwasserspende. Jedoch auch nach der Ernte von Silomais war in keinem Jahr ein gerichteter Unterschied zwischen den Nmin-Werten der organisch gedüngten Varianten zu erkennen.

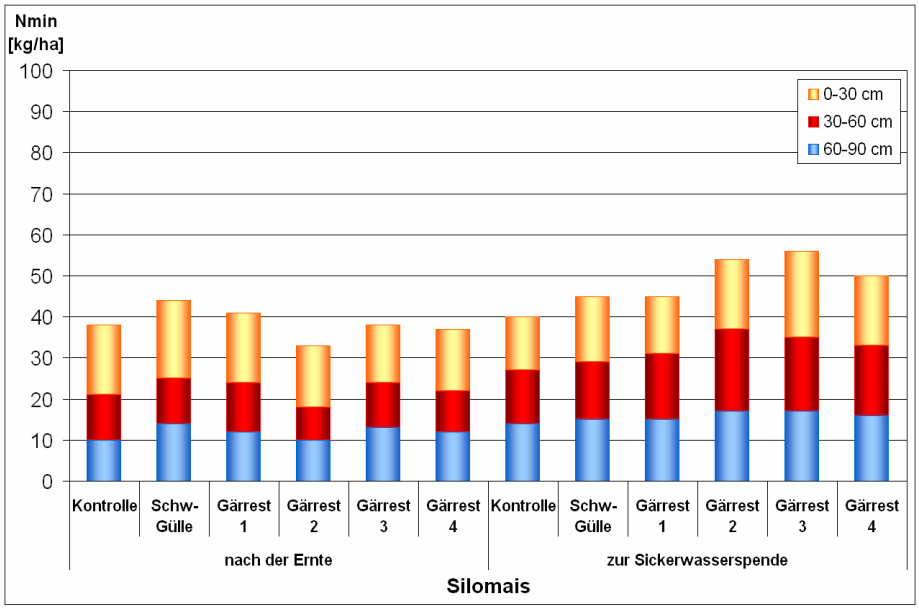

Abbildung 48 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Silomais und zur Sickerwasserspende in Abhängigkeit von der Düngung 2007

4.3. Zusammenfassung

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

Der NH4-N-Anteil und der TS-Gehalt haben einen deutlichen Einfluss auf den Wintergersteertrag bzw. einen etwas weniger deutlichen Einfluss auf den Winterrapsertrag. Dies unterstreicht die Bedeutung aktueller Analysen bei der Düngung mit Gärresten.

Bei dem im Versuch geprüften Silomais zeigten die Gärreste eine sehr gute Ertragsleistung, verglichen mit einer mineralischen Volldüngung, die sich jedoch nicht von der Schweinegülle unterschied.

Die zweijährigen Ergebnisse zeigen, dass Gärreste ähnliche N-Anrechenbarkeiten aufweisen wie Schweinegülle und sollten daher analog in der Düngeplanung eingesetzt werden.

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

Die Nmin Werte nach der Ernte lagen 2006 mit rd. 20 kg N/ha nach Silomais bzw. mit rd. 40 kg N/ha nach Wintergerste und Winterraps, sowie 2007 mit durchschnittlich 40 kg N/ha unter allen Kulturen auf niedrigem Niveau. Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Düngeniveau der organisch gedüngten Varianten bei 120 kg Gesamt-N/ha ohne mineralische Ergänzung lag.

In beiden Versuchsjahren wurde in der Zeit nach der Ernte bis zum Beginn der Sickerwasserperiode bodenbürtiger Stickstoff mineralisiert. Die Größenordnung aller Düngungsvarianten und der ungedüngten Kontrolle lag bei 10 bis 20 kg N/ha unter Wintergerste und Silomais. Bei Winterraps führte der Verbleib des eiweißhaltigen Rapsstrohs auf dem Feld 2006 mit bis zu 70 kg N/ha und 2007 mit bis zu 140 kg N/ha unter allen Varianten zu deutlich höheren Rest-Nmin-Gehalten im Boden zu Beginn der Sickerwasserperiode.

5. Anhang

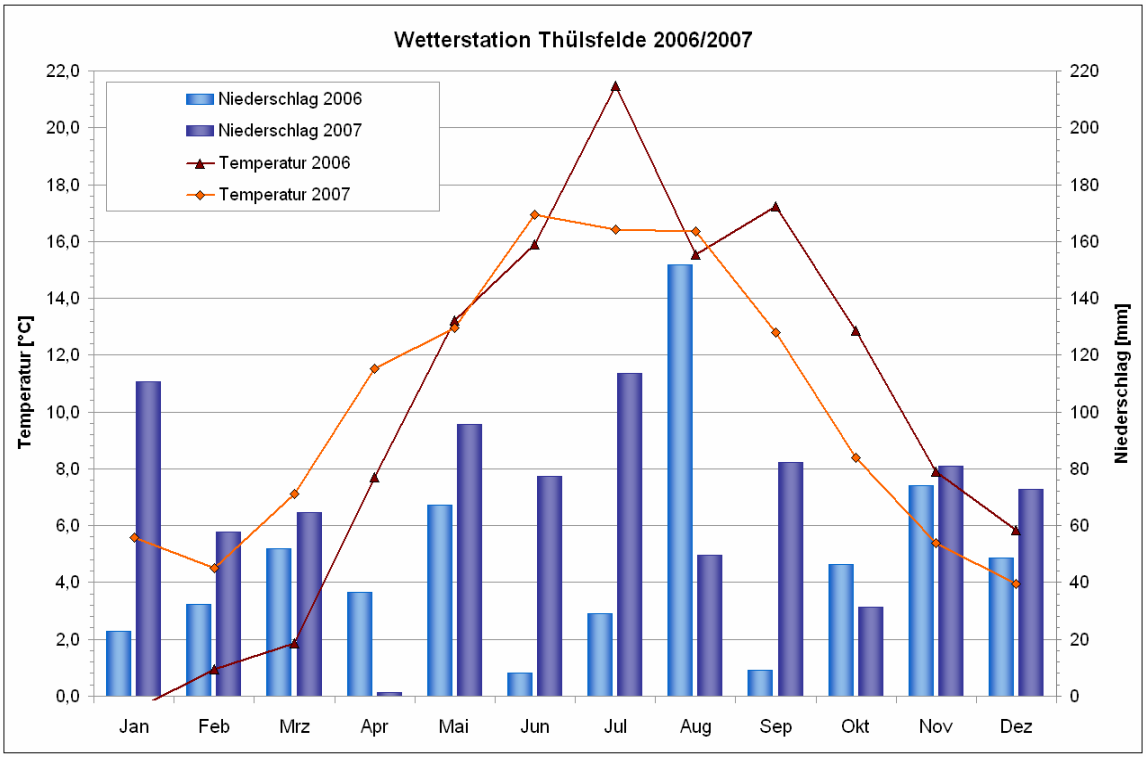

Abbildung 49 Temperatur-/Niederschlagsdiagramm Thülsfelde 2006/2007

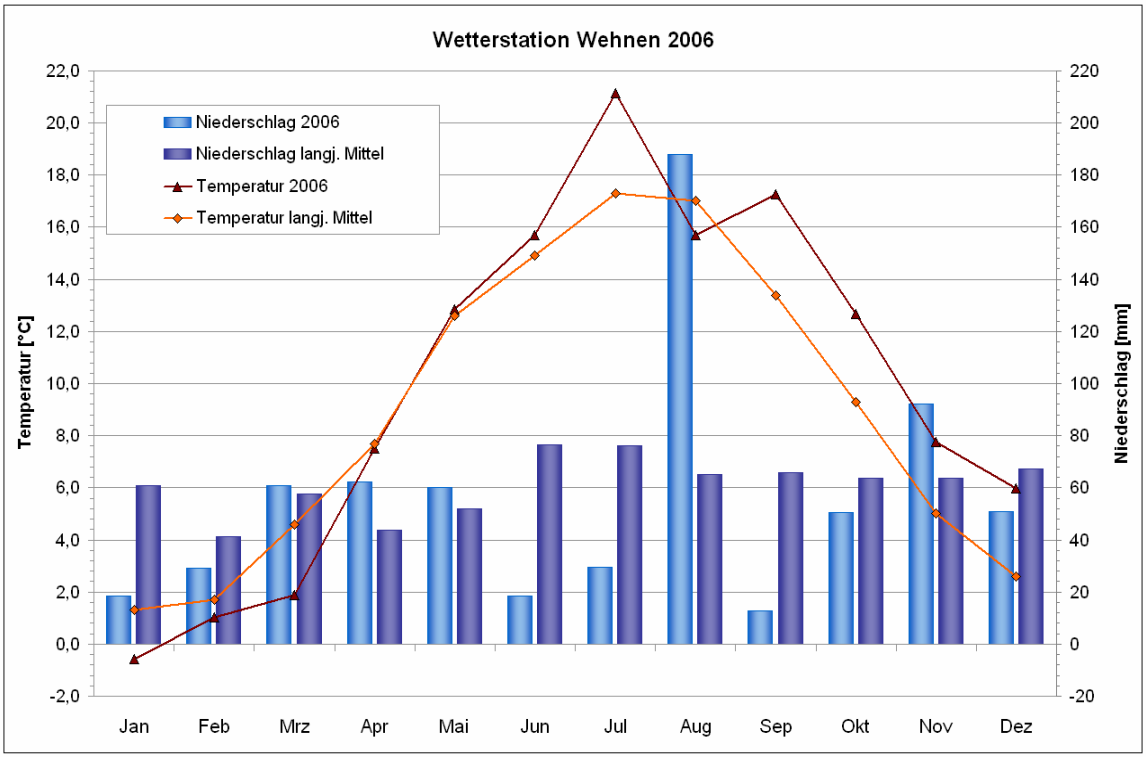

Abbildung 50 Temperatur-/Niederschlagsdiagramm Wehnen 2006

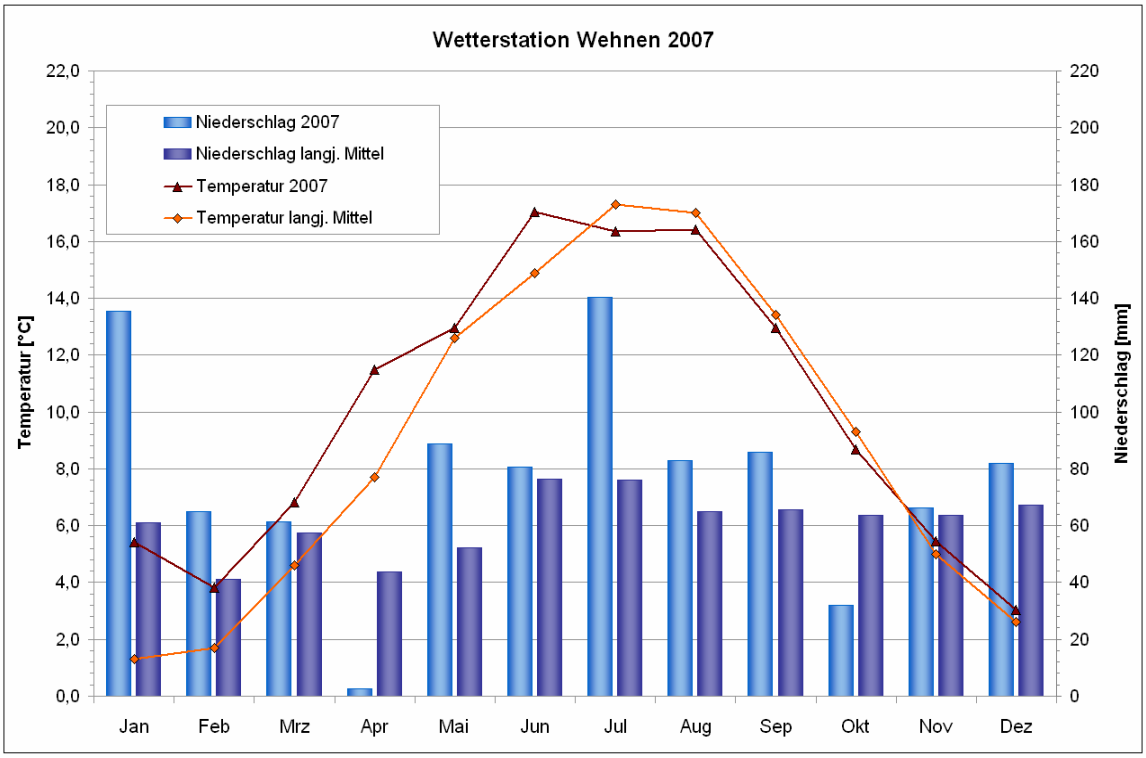

Abbildung 51 Temperatur-/Niederschlagsdiagramm Wehnen 2007

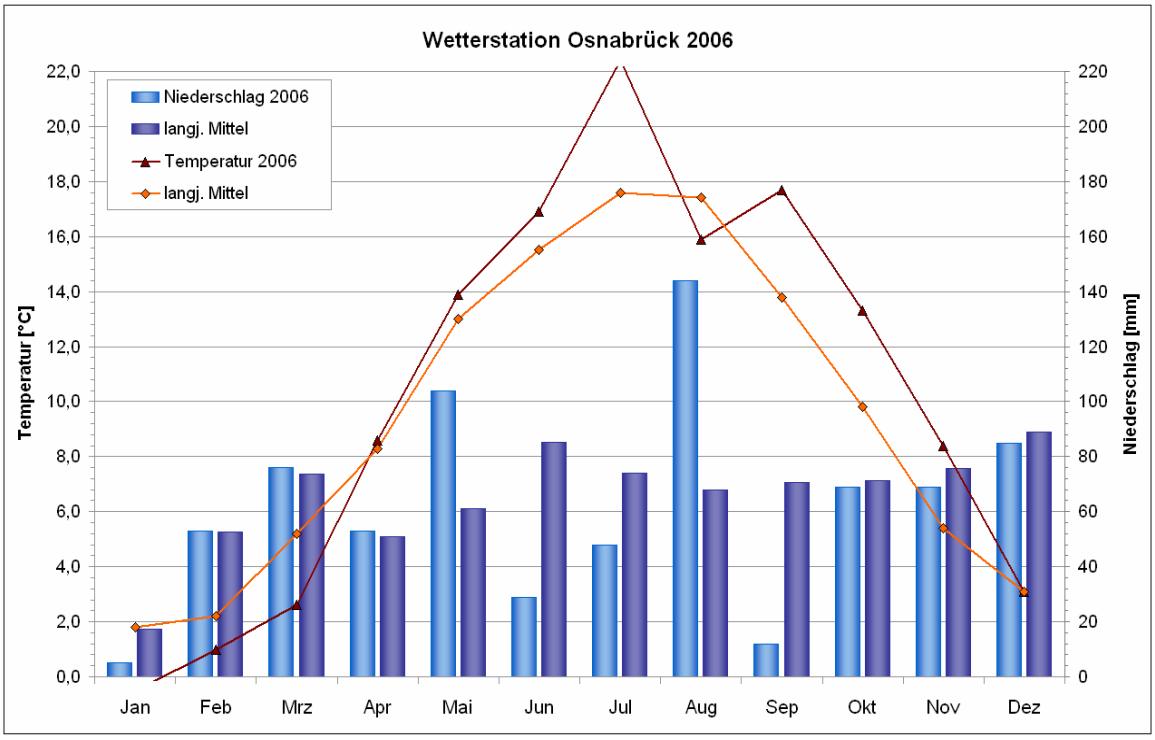

Abbildung 52 Temperatur-/Niederschlagsdiagramm Osnabrück 2006

Gülleuntersuchungen Thülsfelde:

	Befund i. d. Originalprobe kg/m³			
	Schweinegülle 21.02.2006	Schweinegülle 03.05.2006	Schweinegülle 07.03.2007	Schweinegülle 05.05.2008
TS	2,5	4,9	2,3	4,1
Ges. N	5,9	6,5	4,7	3,8
Ammonium-N	4,6	3,7	3,3	2,6
P2O5	1,2	2,6	0,6	1,2
K2O	3,9	3,8	3,3	2,4
MgO	0,3	0,9	0,1	0,5

Gülleuntersuchungen Astrup:

	Befund i. d. Originalprobe kg/m³			
	Schweinegülle 21.02.2006	Schweinegülle 03.05.2006	Schweinegülle 07.03.2007	Schweinegülle 05.05.2008
TS	2,5	4,9	2,3	4,1
Ges. N	5,9	6,5	4,7	3,8
Ammonium-N	4,6	3,7	3,3	2,6
P2O5	1,2	2,6	0,6	1,2
K2O	3,9	3,8	3,3	2,4
MgO	0,3	0,9	0,1	0,5

Gülleuntersuchungen Wehnen:

	Befund i.d. Originalprobe kg/m³ Analyse vom 27.02.2006				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	3,1	4,8	8,4	3,9	9,0
Ges. N	4,4	6,0	5,2	4,5	5,4
Ammonium-N	2,8	3,5	2,3	2,6	2,7
P2O5	1,7	2,4	2,4	1,3	2,8
K2O	2,7	3,4	5,3	4,2	5,4
	Befund i.d. Originalprobe kg/m³ Analyse vom 09.05.2006				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	4,6	5,3	9,0	3,7	8,1
Ges. N	4,5	6,0	5,6	4,4	5,4
Ammonium-N	2,4	3,4	2,5	2,6	2,7
P2O5	2,0	2,1	2,3	1,2	2,8
K2O	2,9	3,8	5,4	4,1	5,4
	Befund i.d. Originalprobe kg/m³ Analyse vom 29.031.2006				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	3,4	5,4	7,7	4,8	6,0
Ges. N	5,1	7,6	6,3	5,6	5,4
Ammonium-N	2,6	4,2	2,6	2,6	2,5
P2O5	2,0	2,3	2,3	1,4	2,0
K2O	2,8	2,9	5,0	4,8	4,9
	Befund i.d. Originalprobe kg/m³ Analyse vom 3.05.2007				
	Schweinegülle	Gärrest 1	Gärrest 2	Gärrest 3	Gärrest 4
TS	8,2	5,1	7,9	5,4	5,9
Ges. N	6,0	7,0	6,0	5,6	5,0
Ammonium-N	2,6	3,3	2,0	2,0	1,9
P2O5	3,1	2,0	2,3	1,2	1,6
K2O	3,2	2,8	4,7	4,8	4,8

Astrup Versuch 1 Konv. Fruchtfolge 2006/2007

Fruchtart	Probenahme	N- Düngung kg/ha	Nmin				
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm	0-120 cm
Silomais	Zur Ernte	ohne N	8	6	4	4	22
		50 Mineral-N	11	5	4	5	25
		100 Mineral-N	7	5	3	5	20
		150 Mineral-N	20	8	6	6	40
		200 Mineral-N	22	13	6	7	48
		250 Mineral-N	44	14	11	10	79
		100 Gülle-N	9	5	5	3	22
		100 Gülle-N + 50 Mineral- N	11	8	5	4	28
		100 Gülle-N + 100 Mineral- N	18	8	6	6	38
		SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N	18	10	6	6	40
	Beginn Sickerwasserspende	ohne N	10	9	6	7	32
		50 Mineral-N	10	12	10	8	40
		100 Mineral-N	7	9	12	7	35
		150 Mineral-N	9	11	15	10	45
		200 Mineral-N	8	14	15	10	47
		250 Mineral-N	9	21	43	19	92
		100 Gülle-N	7	10	10	10	37
		100 Gülle-N + 50 Mineral- N	9	13	15	10	47
		100 Gülle-N + 100 Mineral- N	9	12	11	10	42
		SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N	6	14	17	12	49

Astrup Versuch 1 Konv. Fruchtfolge 2007

Fruchtart	Probenahme	N- Düngung kg/ha	Nmin				
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm	0-120 cm
Winterweizen	Zur Ernte	ohne N	15	10	5	4	34
		60 Mineral-N	17	12	6	5	40
		120 Mineral-N	16	13	6	5	40
		180 Mineral-N	20	16	7	6	49
		240 Mineral-N	22	19	12	7	60
		300 Mineral-N	28	23	15	7	73
		100 Gülle-N	17	13	5	4	39
		100 Gülle-N + 60 Mineral-N	24	18	7	5	54
		100 Gülle-N + 120 Mineral-N	23	19	9	5	56
		SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N)	20	16	7	4	47
	Beginn Sickerwasserspende	ohne N	15	14	13	10	52
		60 Mineral-N	13	15	11	9	48
		120 Mineral-N	12	13	10	9	44
		180 Mineral-N	13	13	12	12	50
		240 Mineral-N	17	16	11	13	57
		300 Mineral-N	18	19	20	18	75
		100 Gülle-N	13	14	11	9	47
		100 Gülle-N + 60 Mineral-N	13	16	10	8	47
		100 Gülle-N + 120 Mineral-N	14	14	13	12	53
		SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N)	13	14	13	13	53

Astrup Versuch 1 Konv. Fruchtfolge Sollwertvariante 2006/2007

Erntejahr	Fruchtart	Datum	Nmin			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
2006	**Silomais SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N)**	Jan	9	7	7	6
		Feb	6	6	3	4
		Mrz	8	6	4	4
		Apr	8	5	5	3
		Mai	63	12	7	6
		Jun	71	23	13	9
		Jul	37	15	13	9
		Aug	66	12	7	7
		Sep	34	20	11	7
		Okt	18	10	6	6
		Nov	17	20	8	7
		Dez	6	14	17	12
2007	**Winterweizen SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N)**	Jan	9	7	6	5
		Feb	6	6	4	5
		Mrz	24	10	5	8
		Apr	34	8	5	6
		Mai	9	5	4	8
		Jun	6	5	4	13
		Jul	10	10	5	4
		Aug	20	16	7	4
		Sep	10	15	10	6
		Okt	8	6	8	6
		Nov	13	14	13	13
		Dez	8	10	7	10

Astrup Versuch 2 GW-orientierte Fruchtfolge 2006

Fruchtart	Probenahme	N- Düngung kg/ha	Nmin			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
Silomais mit Untersaat	Zur Ernte	ohne N	6	5	4	4
		50 Mineral-N	6	5	4	4
		100 Mineral-N	9	8	4	5
		150 Mineral-N	41	11	8	6
		200 Mineral-N	32	16	9	7
		250 Mineral-N	66	19	11	8
		100 Gülle-N	17	8	5	5
		100 Gülle-N + 50 Mineral- N	16	10	6	5
		100 Gülle-N + 100 Mineral- N	33	16	8	6
		SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N	20	6	4	4
	Beginn Sickerwasserspende	ohne N	9	11	7	6
		50 Mineral-N	8	12	9	6
		100 Mineral-N	10	14	10	9
		150 Mineral-N	14	20	17	10
		200 Mineral-N	12	25	20	15
		250 Mineral-N	32	77	33	15
		100 Gülle-N	10	12	9	7
		100 Gülle-N + 50 Mineral- N	10	12	9	7
		100 Gülle-N + 100 Mineral- N	11	15	10	8
		SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N	11	18	19	12

Astrup Versuch 2 GW-orientierte Fruchtfolge 2007

Fruchtart	Probenahme	N- Düngung kg/ha	Nmin			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
Sommergerste mit Zwischen-frucht Senf	Zur Ernte	ohne N	16	13	5	6
		40 Mineral-n	17	9	4	4
		80 Mineral-N	21	12	6	4
		120 Mineral-N	23	14	6	4
		160 Mineral-N	27	16	7	5
		200 Mineral-N	48	19	12	18
		100 Gülle-N	21	14	7	4
		100 Gülle-N + 40 Mineral-N	21	15	6	4
		100 Gülle-N + 80 Mineral-N	25	16	6	6
		SW 140 N (Gül-le-N + Mineral-N)	37	15	8	5
	Beginn Si-ckerwas-serspende	ohne N	10	12	10	9
		40 Mineral-n	13	14	10	8
		80 Mineral-N	12	11	8	8
		120 Mineral-N	11	11	11	9
		160 Mineral-N	10	10	8	7
		200 Mineral-N	10	10	8	6
		100 Gülle-N	11	10	8	6
		100 Gülle-N + 40 Mineral-N	9	8	7	6
		100 Gülle-N + 80 Mineral-N	9	9	9	8
		SW 140 N (Gül-le-N + Mineral-N)	10	10	7	8

Astrup Versuch 2 GW-orientierte Fruchtfolge Sollwertvariante 2006/2007

Erntejahr	Fruchtart	Datum	Nmin			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
2006	Silomais mit Untersaat SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N)	Jan	13	8	5	4
		Feb	14	9	5	3
		Mrz	12	12	9	5
		Apr	7	5	3	4
		Mai	143	19	17	15
		Jun	121	40	24	14
		Jul	61	23	18	11
		Aug	80	16	11	8
		Sep	49	14	9	7
		Okt	20	6	4	4
		Nov	11	13	8	8
		Dez	11	18	19	12
2007	Sommergerste + Zwischenfrucht Senf SW 140 N (Gülle-N + Mineral-N)	Jan	8	7	7	10
		Feb	7	7	5	6
		Mrz	37	8	3	7
		Apr	55	16	6	6
		Mai	31	18	7	4
		Jun	9	5	4	5
		Jul	11	8	5	5
		Aug	37	15	8	5
		Sep	8	19	18	10
		Okt	8	7	5	7
		Nov	10	10	7	8
		Dez	7	7	5	4

Astrup Versuch 3 Fruchtfolge 2006

Fruchtart	Probenahme	N- Düngung kg/ha	Nmin			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
Winterweizen	Zur Ernte	ohne N	13	6	5	5
		60 Mineral-N	12	5	4	4
		120 Mineral-N	16	5	5	5
		180 Mineral-N	24	7	6	8
		240 Mineral-N	40	14	10	9
		300 Mineral-N	62	133	14	25
		100 Gülle-N	12	8	4	7
		100 Gülle-N + 60 Mineral- N	13	10	3	5
		100 Gülle-N + 120 Mineral- N	49	46	8	10
		SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N	13	7	4	7
	Beginn Sickerwasserspende	ohne N	7	6	5	7
		60 Mineral-N	6	6	6	8
		120 Mineral-N	6	7	11	18
		180 Mineral-N	6	10	10	16
		240 Mineral-N	10	13	16	27
		300 Mineral-N	13	14	28	68
		100 Gülle-N	12	12	10	13
		100 Gülle-N + 60 Mineral- N	10	12	10	14
		100 Gülle-N + 120 Mineral- N	8	10	10	16
		SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N	14	18	16	17

Astrup Versuch 3 Fruchtfolge 2007

Fruchtart	Probenahme	N- Düngung kg/ha	Nmin			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
Wintergerste	Zur Ernte	0	9	14	9	6
		50 Mineral-N	10	11	7	5
		100 Mineral-N	7	11	6	6
		150 Mineral-N	9	13	9	5
		200 Mineral-N	21	20	29	11
		250 Mineral-N	27	37	33	13
		100 Gülle-N	7	12	11	5
		100 Gülle-N + 50 Mineral-N	10	12	7	4
		100 Gülle-N + 100 Mineral-N	11	11	7	4
		SW 160 N (Gülle-N + Mineral-N)	7	11	6	5
	Beginn Sickerwasserspende	ohne N	13	13	12	16
		50 Mineral-N	14	17	16	13
		100 Mineral-N	12	18	16	16
		150 Mineral-N	16	25	19	14
		200 Mineral-N	15	17	16	16
		250 Mineral-N	13	16	18	25
		100 Gülle-N	15	16	15	13
		100 Gülle-N + 50 Mineral-N	12	17	21	21
		100 Gülle-N + 100 Mineral-N	12	16	16	17
		SW 160 N (Gülle-N + Mineral-N)	12	17	17	14

Astrup Versuch 3 Fruchtfolge Sollwertvariante 2006/2007

Erntejahr	Fruchtart	Datum	Nmin			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
2006	Winterweizen	Jan	13	8	5	4
		Feb	14	9	5	3
		Mrz	43	7	6	9
		Apr	62	13	8	10
		Mai	5	6	5	6
		Jun	6	4	4	8
		Jul	5	4	0	0
		Aug	13	7	4	7
		Sep	15	13	8	15
		Okt	9	16	12	14
		Nov	9	13	19	13
		Dez	14	18	16	17
2007	Wintergerste	Jan	6	6	5	9
		Feb	7	7	4	6
		Mrz	16	8	4	4
		Apr	11	6	5	7
		Mai	29	9	8	4
		Jun	6	5	4	5
		Jul	7	11	6	5
		Aug	16	13	6	5
		Sep	16	15	11	10
		Okt	13	18	14	10
		Nov	12	17	17	14
		Dez	7	9	30	41

Thülsfelde Versuch 1 Konv. Fruchtfolge 2006/2007

Ernte-jahr	Fruchtart	Probenahme	N- Düngung kg/ha	Nmin			
				0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
2006	Silomais	Zur Ernte	0	11	3	3	6
			50	13	4	3	6
			100	13	4	4	6
			150	37	11	5	7
			200	94	31	9	7
			250	147	25	9	8
			SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N)	37	17	7	7
		Beginn Sickerwasserspende	0	10	9	15	10
			50	10	11	14	12
			100	12	14	18	13
			150	11	18	28	21
			200	10	20	39	24
			250	12	25	52	30
			SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N)	11	13	29	18
2007	Winterroggen	Zur Ernte	0	10	6	3	3
			40	12	6	3	4
			80	14	7	3	5
			120	15	9	5	6
			160	16	11	4	6
			200	20	23	7	7
			SW 140 N (Gülle-N + Mineral-N)	24	27	4	4
		Beginn Sickerwasserspende	0	4	3	3	5
			40	4	3	3	4
			80	4	4	4	4
			120	5	4	5	5
			160	4	3	5	6
			200	4	3	9	9
			SW 140 N (Gülle-N + Mineral-N)	3	4	5	7

Thülsfelde Versuch 1 konv. Fruchtfolge Sollwertvariante 2006/2007

Erntejahr	Fruchtart N- Düngung kg/ha	Datum	Nmin			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
2006	**Silomais SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N)**	Jan. 06	11	5	10	15
		Feb. 06	12	7	7	14
		Mrz. 06	9	8	6	9
		Apr. 06	6	5	5	10
		Mai. 06	187	9	7	10
		Jun. 06	216	34	8	13
		Jul. 06	78	12	6	6
		Aug. 06	70	8	4	5
		Sep. 06	12	29	7	10
		Okt. 06	37	17	7	7
		Nov. 06	33	13	8	10
		Dez. 06	11	13	29	18
2007	**Winterroggen SW 140 N (Gülle-N + Mineral-N)**	Jan. 07	10	8	12	19
		Feb. 07	7	5	7	12
		Mrz. 07	28	13	52	9
		Apr. 07	35	14	13	12
		Mai. 07	47	5	12	5
		Jun. 07	17	22	9	6
		Jul. 07	21	29	10	11
		Aug. 07	24	27	4	4
		Sep. 07	7	27	11	4
		Okt. 07	6	6	11	7
		Nov. 07	3	4	5	7
		Dez. 07	6	7	6	7

Thülsfelde Versuch 2 GW-orientierte Fruchtfolge 2006/2007

Ernte-jahr	Fruchtart	Probe-nahme	N- Dün-gung kg/ha	Nmin			
				0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
2006	**Silomais mit Unter-saat**	Zur Ernte	0	11	3	3	6
			50	13	4	3	6
			100	13	4	4	6
			150	37	11	5	7
			200	94	31	9	7
			250	147	25	9	8
			SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N)	37	17	7	7
		Beginn Si-ckerwas-serspende	0	10	9	15	10
			50	10	11	14	12
			100	12	14	18	13
			150	11	18	28	21
			200	10	20	39	24
			250	12	25	52	30
			SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N)	11	13	29	18
2007	**Sommer-gerste + Zwischen-frucht**	Zur Ernte	0	15	9	4	4
			40	17	14	5	5
			80	23	15	7	7
			120	28	19	5	5
			160	38	40	7	12
			200	87	101	16	14
			SW 140 N (Gülle-N + Mineral-N)	28	22	7	8
		Beginn Si-ckerwas-serspende	0	5	3	4	5
			40	5	4	6	5
			80	6	4	4	7
			120	5	3	5	6
			160	7	4	7	11
			200	8	6	15	13
			SW 140 N (Gülle-N + Mineral-N)	6	4	4	7

Thülsfelde Versuch 2 GW-orientierte Fruchtfolge Sollwertvariante 2006/2007

Ernte-jahr	Fruchtart N- Düngung kg/ha	Datum	Nmin			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
2006	**Silomais mit Unter-saat SW 180 N (Gülle-N + Mineral-N)**	Jan. 06	19	10	5	7
		Feb. 06	20	15	8	9
		Mrz. 06	12	16	9	9
		Apr. 06	9	15	10	8
		Mai. 06	94	15	12	11
		Jun. 06	195	67	17	15
		Jul. 06	89	14	9	17
		Aug. 06	76	8	6	7
		Sep. 06	15	37	11	9
		Okt. 06	59	15	8	10
		Nov. 06	15	20	11	13
		Dez. 06	12	16	22	17
2007	**Sommergerste + Zwischenfrucht SW 140 N (Gülle-N + Mineral-N)**	Jan. 07	9	7	13	18
		Feb. 07	6	5	5	9
		Mrz. 07	8	5	7	12
		Apr. 07	43	7	9	12
		Mai. 07	33	6	4	8
		Jun. 07	7	5	4	9
		Jul. 07	35	19	5	7
		Aug. 07	28	22	7	8
		Sep. 07	7	21	8	5
		Okt. 07	8	7	8	10
		Nov. 07	6	4	4	7
		Dez. 07	13	8	9	12

Thülsfelde Versuch 3 Fruchtfolge 2006/2007

Ernte-jahr	Fruchtart	Probenahme	N- Dün-gung kg/ha	Nmin			
				0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
2006	**Winterroggen**	Zur Ernte	0	10	3	4	4
			40	9	4	3	3
			80	10	3	3	4
			120	11	4	3	4
			160	17	5	9	15
			SW 160 N (Gülle-N + Mineral-N)	10	3	3	6
		Beginn Si-ckerwas-serspende	0	9	10	8	13
			40	11	9	7	11
			80	8	7	8	13
			120	9	8	10	14
			160	9	8	11	19
			SW 140 N (Gülle-N + Mineral-N)	10	7	12	17
2007	**Wintergerste**	Zur Ernte	0	7	5	4	4
			50	9	8	4	5
			100	9	15	5	4
			150	12	28	6	5
			200	20	42	12	6
			SW 160 N (Gülle-N + Mineral-N)	18	37	11	6
		Beginn Si-ckerwas-serspende	0	8	14	8	5
			50	9	22	10	8
			100	9	19	9	8
			150	9	13	18	10
			200	8	15	36	19
			SW 160 N (Gülle-N + Mineral-N)	9	15	25	21

Thülsfelde Versuch 3 Fruchtfolge Sollwertvariante 2006/2007

Erntejahr	Fruchtart	Datum	Nmin			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
2006	**Winterroggen SW 140 N (Gülle-N + Mineral-N)**	Jan. 06	11	7	21	24
		Feb. 06	8	6	11	23
		Mrz. 06	23	7	11	26
		Apr. 06	15	5	5	12
		Mai. 06	5	2	4	8
		Jun. 06	5	3	6	12
		Jul. 06	5	3	4	10
		Aug. 06	10	3	3	6
		Sep. 06	9	7	11	9
		Okt. 06	16	9	10	8
		Nov. 06	6	7	10	11
		Dez. 06	10	7	12	17
2007	**Wintergerste SW 160 N (Gülle-N + Mineral-N)**	Jan. 07	9	7	7	11
		Feb. 07	5	5	6	8
		Mrz. 07	103	4	8	7
		Apr. 07	39	21	25	106
		Mai. 07	54	5	5	15
		Jun. 07	58	19	14	18
		Jul. 07	18	37	11	6
		Aug. 07	11	27	29	9
		Sep. 07	23	29	28	15
		Okt. 07	14	25	26	22
		Nov. 07	9	15	25	21
		Dez. 07	8	7	9	18

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