

Universität für Bodenkultur Wien



Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

**Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf das
Ertragsverhalten von Körnermais, Wintergerste und Ölkürbis im
Rahmen der Grundwassersanierung im Leibnitzer Feld
(Steiermark)**

Diplomarbeit

Eingereicht von

Angelika Assfall

Studienrichtung Landwirtschaft

Betreuer

A.o. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. Peter Liebhard

Wien, Oktober 2009

DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Herrn A.o. Univ. Prof. Dr. Peter Liebhard für die fachliche und wissenschaftliche Hilfestellung meiner Arbeit und die herzliche Betreuung.

Für die Bereitstellung der Daten danke ich dem Leiter des Versuchsreferat Steiermark und Direktor der Fachschule Silberberg Herrn Dir. DI Dr. Robier sowie seinen Mitarbeitern Herrn Ing. Fastl und Herrn Pferscher.

Für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung bedanke ich mich bei Herrn Gerhard Sigl.

Bei meinen Eltern und der gesamten Familie möchte ich mich für jegliche Unterstützung bei der Betreuung meiner drei Kinder (Arthur, Rupert und Theresa) bedanken, ohne die mein Studium nicht möglich gewesen wäre, wobei meine Oma, Waltraut Mikyska († 2008), den größten Anteil beigetragen hat.

Meinem Mann, DI Rudolf Assfall, danke ich für das Verständnis und den erforderlichen Zeitaufwand, um mein Studium abzuschließen.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG, PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Problemstellung.....	3
1.3	Zielsetzung	4
2	AUSGEWÄHLTE LITERATUR	5
2.1	Wasserrecht und Grundwasserschutz	5
2.2	Grundwasserschutzmaßnahmen	14
2.3	Fruchtfolge	20
2.4	N – Bilanz.....	23
2.5	Düngung und Nitratverlagerung.....	25
3	MATERIAL UND METHODE	32
3.1	Material	32
3.1.1	Großraum und Klima	32
3.1.2	Standort Wagna	33
3.1.3	Witterung im Vergleich zum langjährigen Mittel	34
3.1.4	Boden	37
3.1.5	Versuchsanlage.....	40
3.2	Methode.....	43
3.2.1	Versuchsdurchführung	43
3.2.2	Datenerfassung	43
3.2.3	Statistische Verrechnung.....	43
4	AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE	44
4.1	Ertrag	44
4.1.1	Kornertrag bei Mais der Varianten 1 – 6 von 1998 bis 2003	44
4.1.2	Kornerträge bei Wintergerste der Variante 7 in den Jahren 1998 bis 2003	53
4.1.3	Erträge bei Ölkürbis der Variante 8 in den Jahren 1998 bis 2003	55
4.2	N-min – Verlauf	57
4.2.1	N-min-Gehaltswerte im Boden der Varianten 1 – 8 in den Jahren 1998 bis 2003	57
5	DISKUSSION	65
5.1	Einfluss der unterschiedlichen Stickstoffdüngungs- und Fruchtfolge- Varianten auf die Ertragshöhe von Körnermais, Wintergerste und Ölkürbis	65
5.1.1	Einfluss der unterschiedlichen Stickstoffdüngung auf den Kornertrag bei Mais in Monokultur	66
5.1.2	Einfluss der Fruchtfolge auf den Kornertrag bei Körnermais.....	68
5.1.3	Einfluss der Fruchtfolge auf den Kornertrag bei Wintergerste	69
5.1.4	Einfluss der Fruchtfolge auf den Ertrag bei Ölkürbis	70
5.2	Einfluss der Witterung und unterschiedlichen Stickstoffdüngungs- und Fruchtfolgevarianten auf die Stickstoffdynamik im Vegetationsverlauf	71
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	79
7	SUMMARY	81
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	83
9	TABELLENVERZEICHNIS	87
10	LITERATURVERZEICHNIS	88
11	ANHANG.....	94

1 EINLEITUNG, PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

1.1 Einleitung

Die Intensivierung des Ackerbaus führte in den vergangenen Jahrzehnten regional häufig zu hohen Nitratwerten im Grundwasser, teilweise über den zulässigen Grenzwerten (FANK et al., 2006). Eine zu hohe Nitratkonzentration im Grundwasser von seicht liegenden freien Porengrundwasserleitern ist nach derzeitigem Kenntnisstand überwiegend eine Folge der Art und Intensität der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung. Bei hohen Stickstoffdüngergaben oder regional sehr hoher N-Mineralisation im Boden wird durch infiltrierende Niederschläge Stickstoff über das Sickerwasser aus der ungesättigten Zone in das Grundwasser eingetragen und dort über die Grundwasserströmung verteilt.

Eine überhöhte oder zum falschen Zeitpunkt ausgebrachte Stickstoffdüngung führt nachfolgend insbesondere im Herbst und Winter in durchlässigen Böden zu einer Erhöhung der Nitratgehalte im Sickerwasser. Abgesehen vom Witterungsverlauf hat aber der Stickstoff den stärksten Einfluss auf den Ertrag und die Qualität des Ernteprodukts und damit auf den Betriebserfolg (BAUMGÄRTEL, 2003).

Im „Grazer Feld“, im „Leibnitzer Feld“ und im „Unteren Murtal“ in der Steiermark bildet sich aufgrund der hydrogeologischen Rahmenbedingungen ein wasserwirtschaftlich bedeutender Aquifer aus, wobei das Grundwasser Mächtigkeiten zwischen 2 und 20 m erreicht. Überlagert wird das Grundwasser durch eine mehrere Meter mächtige ungesättigte Zone aus Kiesen und Sanden, der eine gering mächtige Bodenbedeckung aus lehmig - sandigen Braunerden aufliegt. Bei mittleren Jahresniederschlagsmengen zwischen 800 und 950 mm erreicht aufgrund der unterschiedlich ausgebildeten Böden die Grundwasserneubildung Werte zwischen 250 und 450 mm pro Jahr. In Kombination mit der hohen Qualität der Böden für den Ackerbau bildete sich im Zuge der Intensivierung ein Konfliktpotential zwischen der Landwirtschaft und der Wasserwirtschaft - die diese Aquifere intensiv für die Einzel-, kommunale, regionale und überregionale Trinkwasserversorgung nutzt – heraus (FANK 1999).

Durch unterschiedliche Maßnahmen und Förderungsstrategien wird in gefährdeten Gebieten versucht, langfristig eine intakte Grundwasserqualitätssituation wiederherzustellen bzw. zu

erhalten. Zur Überprüfung der Effizienz der eingesetzten Sanierungsmaßnahmen wurden österreichweit in den Problemgebieten Versuchsfelder eingerichtet. In Wagna im Leibnitzer Feld im Süden der Steiermark wurde im Jahr 1987 ein Großparzellenversuch eingerichtet, um die Auswirkung unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Grundwasserqualität beurteilen zu können. Diese Feldversuchsanlagen wurden im Jahre 1992 um die Lysimeterstation Wagna erweitert, an der es möglich ist, an einem repräsentativen Standort die Bewegung des Sickerwassers von der Oberfläche bis in das Grundwasser zu verfolgen (FANK, 1999).

Auf den Großparzellen wurde von 1998 bis 2003 eine Bewirtschaftung mit abgeändertem Versuchsplan durchgeführt, der von stark reduzierten N-Mengen und der Anlage von Gründecken in allen Varianten geprägt war. In der Fruchtfolge (als Haupt- und Zwischenfrucht) wurden keine Leguminosen eingesetzt. Die Ausbringung von Gülle im Herbst wurde eingestellt, die Anzahl der Bodenbearbeitungsmaßnahmen wurde verringert und auf Frühjahrsfurche umgestellt (FANK et al., 2006).

In Zusammenarbeit von Verwaltung, Behörde, Landwirtschaft und Wissenschaft gelang es, die Grundwasserqualität bis Anfang des 21. Jahrhunderts zu verbessern. Doch nach den Trockenjahren 2001 bis 2003 stiegen streckenweise die Nitratwerte im Grundwasser des Murtales wieder an, sodass aktuell an einigen Wasserversorgungsbrunnen eine direkte Einspeisung in das Trinkwasserversorgungsnetz nicht möglich ist. Während die grundwasserverträgliche ackerbauliche Bewirtschaftung unter Anwendung von Sonderprogrammen und nach den Programmen des „Integrierten Gemüsebau“ und der „Integrierter Produktion“ auf den kurzfristig reagierenden Systemen der leichten Böden realisierbar scheint, wurden bis dato noch keine Strategien entwickelt, die die Sanierung der Nitratwerte unter den Böden mit hoher Wasserspeicherkapazität, mit hohen Anteilen an organischer Substanz, erlauben. Langfristige Konzepte sind zu erstellen, da das Grundwasser unter diesen Böden mit dem Grundwasser der Niederterrasse oft in Wechselwirkung tritt und damit eine Gefährdung für die Trinkwassergewinnung in den Talgrundwassersystemen darstellt (FANK, 2007a).

1.2 Problemstellung

Bereits Ende der 80er Jahre herrschte mit dem Erlass der Trinkwasser – Nitratverordnung (BGBl. 557/1989) und der darin verordneten stufenweisen Senkung des Nitratgrenzwertes in diesem Problemgebiet akuter Handlungsbedarf. Umfangreiche Schutzgebiete und in weiterer Folge Schongebiete wurden ausgewiesen. Die gesetzten Maßnahmen stellten sich als effizient heraus und es erfolgte die Sanierung des Grundwasserkörpers bzw. das Erreichen des in der Verordnung vorgegebenen Grenzwertes von 50 mg/l Nitrat. Seit 2001 wird durch das Wasserversorgungsunternehmen „Leibnitzerfeld Wasserversorgung GmbH“ wieder ein Anstieg der Nitratwerte in den Brunnen festgestellt. Nur durch Beimischung von Wasser aus dem Brunnen in der Haslacher Au (Nitratwerte um 10 mg/l) mit hervorragender Wasserqualität, ist es möglich, den Konsumenten Trinkwasser mit Nitratgehalten von 25 bis 35 mg/l zu liefern (FANK J. und ULTES W, 2007).

1.3 Zielsetzung

Ziel einer Grundwasser schonenden Bodennutzung ist es, die Ausbringung von Stickstoff mengen- und zeitmäßig so zu optimieren, dass der Pflanze der benötigte Nährstoff zur Verfügung steht, aber eine Verlagerung in den Boden und der damit verbundene Verlust minimiert wird.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, im „Leibnitzer Feld“ unterschiedliche Bewirtschaftungsmaßnahmen zu beurteilen, die zu einem Stickstoffmanagement führen, das die Nitratverlagerung ins Grundwasser möglichst gering hält. Neben der Berücksichtigung des jahresunterschiedlichen Witterungsverlaufes und der N-Mineralisation sollen bei acht unterschiedlichen Bewirtschaftungsvarianten (Fruchtfolge und N-Düngung) Erkenntnisse über den Einfluss auf Ertragsverhalten und die Nitratverlagerung im Produktionsgebiet gewonnen werden.

Folgende Maßnahmen des Großparzellenversuchs von 1998 – 2003 sollen konkret beurteilt werden:

- Einfluss der unterschiedlichen Stickstoffdüngungs- und Fruchtfolgevarianten auf die Ertragshöhe von Körnermais, Wintergerste und Ölkürbis
- Einfluss der Witterung und unterschiedlichen Stickstoffdüngungs- und Fruchtfolgevarianten auf die Stickstoffdynamik im Vegetationsverlauf

2 AUSGEWÄHLTE LITERATUR

2.1 Wasserrecht und Grundwasserschutz

Nitrat hat in natürlichen Konzentrationen kaum Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen, doch das auf chemische Reaktionsprodukte von Nitrat zurückzuführende Nitrit und die cancerogenen Nitrosamine können schon in geringen Dosen gesundheitsschädigend wirken (BORNEFF, 1982; SELENKA, 1982). In zahlreichen weiteren Arbeiten wird das Nitrat hingegen als keine besondere Gefahr gesehen.

Zum Schutz des Menschen und der Umwelt sind in Österreich folgende Richt-, Schwellen- und Grenzwerte festgelegt:

In der Grundwasserschwellenwertverordnung des Bundes (BGBl. Nr. 502/1991, i. d. F. BGBl. II Nr. 147/2002), auf Grundlage des Wasserrechtsgesetzes (1959), liegt der Schwellenwert gemäß § 2 bei 45 mg/l. In der Trinkwasserverordnung (BGBl. II 304/2001 i.d.g.F.), auf der Grundlage des Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz (LMSVG, BGBl. I Nr. 13/2006), liegt der Richtwert bei 25 mg/l und der Grenzwert bei 50 mg/l.

In Österreich erfolgt die Versorgung mit Trinkwasser fast ausschließlich mit Grund- und Quellwasser. Die gesetzlichen Bestimmungen zur Erreichung der oben angeführten Werte sind folgendermaßen geregelt:

EU-Recht:

- Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung
- Richtlinie 91/676/EWG über den Schutz der Gewässer von Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen

Bundes-Recht:

- Wasserrechtsgesetz 1959 (BGBl. Nr. 215/1959 i. d. F. BGBl. I Nr. 123/2006)
 - Grundwasserschutzverordnung (BGBl. II Nr. 398/2000)
 - Österreichisches Aktionsprogramm 2008

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm 2008 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen

Wesentliche Punkte des Aktionsprogramms 2008:

Ziele:

§ 1. Ziel dieses Programms ist es, die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte oder ausgelöste Gewässerverunreinigung zu verringern und weiterer Gewässerverunreinigung dieser Art vorzubeugen.

Inkrafttreten:

§ 10. (1) Diese Verordnung tritt mit 31. Jänner 2008 in Kraft. (2) Mit dem im ersten Absatz bezeichneten Zeitpunkt tritt die Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm 2003 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen, Amtsblatt zur Wiener Zeitung vom 5./6. Dezember 2003, Nr. 235, zuletzt geändert durch die Verordnung, Amtsblatt zur Wiener Zeitung vom 23. März 2006, Nr. 57, tritt mit Ablauf des 30. Jänner 2008 außer Kraft.

- Zeiträume, in denen stickstoffhaltige Düngemittel nicht auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgebracht werden dürfen

Ausbringen von stickstoffhaltigem Handelsdünger, Gülle, Jauche und nicht von Abs. 2 erfassten Klärschlamm	ohne Gründeckung	Verbot	15.10. – 15.02.
	mit Gründeckung	Verbot	15.11. – 15.02.
Ausbringen von Stallmist, Kompost, entwässertem Klärschlamm und Klärschlammkompost		Verbot	30.11. – 15.02.

Für frühanzubauende Kulturen ist eine Düngung bereits ab 01.02. zulässig.

- Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf stark geneigten landwirtschaftlichen Nutzflächen

Bei Abschwemmgefahr in Oberflächengewässer hat die Ausbringung zu unterbleiben, sofern keine Schutzmaßnahmen getroffen werden z.B. In derartigen Hanglagen muss, bei einer Gesamtstickstoffmenge von mehr als 100 kg/ha, die Ausbringung in Teilgaben erfolgen.

- Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf wassergesättigten, überschwemnten, gefrorenen oder schneebedeckten Böden

Verbot

- Bedingungen für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in der Nähe von Wasserläufen

Zur Vermeidung eines Eintrags von stickstoffhaltigen Düngemitteln in Oberflächengewässer ist innerhalb eines bestimmten Abstandes zum Gewässer eine Düngung verboten. Die Ausgangsbasis für die Mindestabstände stellt die Böschungsoberkante dar. Die Böschungsoberkante des Flussbettes stellt die erste Geländekante oberhalb des Wasserspiegels dar. Wenn eine natürliche Böschungsoberkante nicht eindeutig erkennbar ist, so ist der einzuhaltende Abstand zuzüglich weiterer drei Meter ab der Anschlaglinie des Wasserspiegels bei Mittelwasser zu berechnen. In folgender Grafik sind zur Orientierung Fallbeispiele zum Begriff „Böschungsoberkante“ dargestellt (BAUER und HÖLZL, 2008)

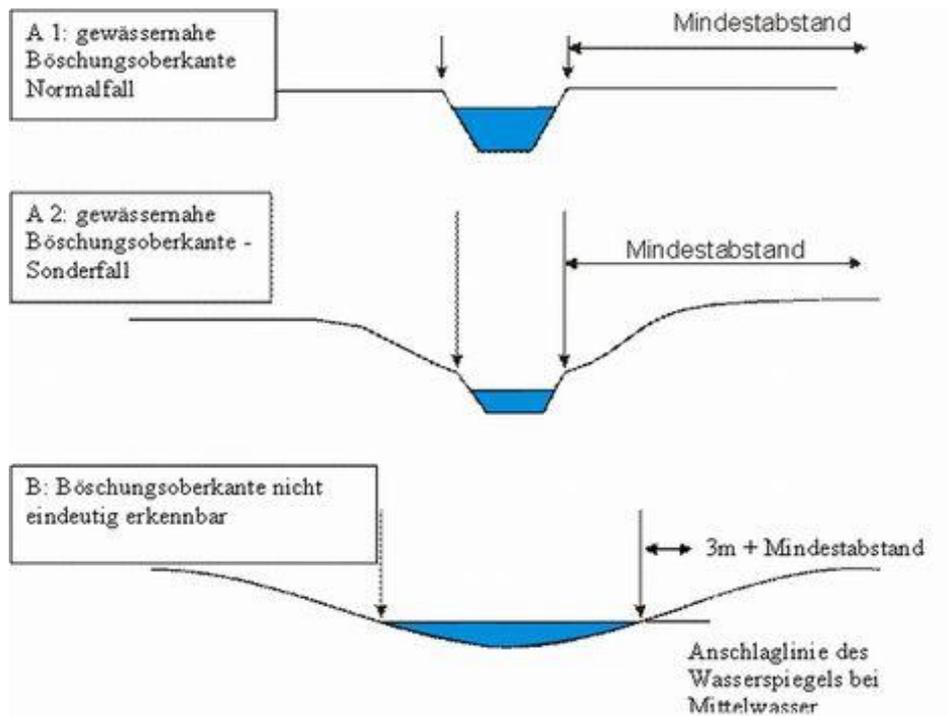


Abbildung 1: Fallbeispiele "Böschungsoberkante" (Aktionsprogramm 2008)

- Fassungsvermögen und Bauweise von Behältern zur Lagerung von Wirtschaftsdünger

Ein Lagerzeitraum von 6 Monaten ist erforderlich. Eine Zwischenlagerung von Stallmist ohne befestigte Bodenplatte darf, unter bestimmten Voraussetzungen, nur auf landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen erfolgen.

- Verfahren für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen

Stickstoffdünger sind zeitlich und mengenmäßig bedarfsgerecht auszubringen. Schnell wirkende bzw. leicht lösliche Stickstoffgaben von mehr als 100 kg Stickstoff je Hektar und Jahr sind zu teilen, ausgenommen bei Hackfrüchten und Gemüsekulturen, wenn der Boden mehr als 15 %-igen Tonanteil aufweist. Die Ausbringung rasch wirkender stickstoffhaltiger Düngemittel darf nur bei Bodenbedeckung oder unmittelbar vor der Feldbestellung oder zur Förderung der Strohrotte, diese bis höchstens 30 kg Stickstoff je Hektar, erfolgen.

- Begrenzung für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen

Die Ausbringungsmenge darf die in drei Tabellen für Acker, Grünland/Feldfutterbau und Gemüse festgelegten Mengengrenzungen nicht überschreiten.

Kulturen, die in den Fruchtfolgen diverser Versuche in Wagna vorkommen:

Tabelle 1: Obergrenzen der N-Düngung – Acker (Aktionsprogramm 2008)

Kultur	Niedrige Ertragslage		Mittlere Ertragslage		Ertragslage hoch 1		Ertragslage hoch 2		Ertragslage hoch 3	
	Ertrag bis t/ha	max. N kg/ha	Ertrag bis t/ha	max. N kg/ha	Ertrag bis t/ha	max. N kg/ha	Ertrag bis t/ha	max. N kg/ha	Ertrag bis t/ha	max. N kg/ha
Wintergerste	< 3,5	95	3,5-6,0	130	6,0-7,5	155	7,5-9,5	170	> 9,0	180
Dinkel (entspelzt)	< 1,5	65	1,5-2,5	90	> 2,5	105	-----	-----	-----	-----
Körnermais	< 6,0	115	6,0-10,0	155	10-11,5	180	11,5-13,0	195	>13,0	210
Leguminosen	-----	60	-----	60	-----	60	-----	60	-----	60

Tabelle 2: Obergrenzen der N-Düngung – Gemüse (Aktionsprogramm 2008)

Kultur	Ertrag t/ha	max. kg N/ha/Kultur bzw. Satz	Ertrag von bis t/ha	max. kg N/ha/Kultur bzw. Satz	Ertrag über t/ha	max. kg N/ha/Kultur bzw. Satz
Ölkürbis	< 0,4	105	0,4 – 0,7	120	> 0,7	140

Landes-Recht:

Steiermark

Für die Grundwasserschongebiete der Steiermark (12.597,6 ha in den Bezirken Graz-Umgebung, Leibnitz und Radkersburg) gelten strengere Richtlinien, welche in den Bestimmungen der Schongebietsverordnung festgehalten sind. Die Gewässeraufsicht des Landes Steiermark prüft den Zustand der Gewässer auf die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen. Die Wahrnehmung der Aufgaben der Gewässeraufsicht erfolgt durch Besichtigungen, Erhebungen (schriftliche Stellungnahmen), Messungen und Untersuchungen (BERNSTEINER und STADLBAUER, 2006).

Durch Verordnung können Wasserschutzgebiete festgesetzt werden, um oberirdische Gewässer oder das Grundwasser vor Verunreinigungen zu schützen. In den Schutz- und Schongebieten können bestimmte Handlungen verboten oder für beschränkt zulässig (genehmigungspflichtig) erklärt werden.

- Grundwasserschongebietsverordnung

Das Stickstoffmanagement betreffende Auszüge der Verordnung:

Im engeren Schongebiet sind folgende Maßnahmen unzulässig:

- Im gesamten Schongebiet ist die Ausbringung von schnell wirkenden bzw. leicht löslichen Stickstoffdüngern (Jauche, Gülle, Geflügelkot, mineralischer Ammonium- und Nitratdünger sowie Amidstickstoff in Form von Harnstoff) nach der Ernte bis zum Frühjahrsanbau, mindestens bis 28. 2., bei Anbau von Mais bis 5. 4. verboten. Die Ausbringung dieser Dünger im unmittelbaren Zusammenhang mit der Anlage von winterharten Gründecken ist bis spätestens 1. 11. und ab 28. 2. zulässig, sofern die Anlage dieser Gründecken zu einem Zeitpunkt mit Aussicht auf hinreichende Bestandesentwicklung im Herbst und die Beseitigung dieser Gründecken frühestens im Zuge des Frühjahrsanbaues erfolgt. Ebenso ist die Ausbringung dieser Dünger nach der Ernte im Sommer (Getreide, Raps, etc.) zulässig, wenn entweder eine überwiegende Begrünung der Aufbringungsflächen vorhanden ist oder unmittelbar mit der Ausbringung dieser Dünger die Anlage einer Gründecke erfolgt.
- Die Ausbringung von Stickstoffdüngern zu Mais in weniger als zwei Teilgaben (§ 32 Abs. 8 WRG) ist unzulässig. Die Ausbringungsmenge von Stickstoff zum Anbau von Mais ist nach fachlicher Beratung unter Bedachtnahme auf die Standortverhältnisse und den Nährstoffbedarf der Kultur zu bemessen. Über die ausgebrachten Stickstoffdünger sind Aufzeichnungen hinsichtlich Menge, Zeitpunkt und Örtlichkeit der Ausbringung (Schlagbezeichnung und Grundstücksgröße) zu führen.

- Die Ausbringung von Fäkal- und sonstigen Hausabwässern auf land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen, ausgenommen Fäkal- und sonstige Hausabwässer des eigenen landwirtschaftlichen Haushaltes in Verbindung mit der Gülle- bzw. Jaucheausbringung.
- Die Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere, wenn das zur Lagerung der anfallenden Wirtschaftsdünger vorhandene Lagervolumen nicht für einen Lagerzeitraum von mindestens 6 Monaten ausreicht.
- Die Aufbringung von stickstoffhaltigen Auftaumitteln auf Verkehrsflächen, Parkflächen, Betriebsarealen u. dgl. mit nachfolgender Versickerung (Verrieselung) ist unzulässig. Bestehende Wasserrechte bleiben unberührt.

Im gesamten Schongebiet ist das „Halten landwirtschaftlicher Nutztiere“ mit einem Wirtschaftsdüngeranfall von über 2,7 Dunggroßvieheinheiten je Hektar selbst bewirtschafteter landwirtschaftlicher Nutzfläche und Jahr ohne Führung eines Güllebuches unzulässig. Das Güllebuch hat Angaben über den monatlichen Gülleanfall, die Art der Verwendung unter grundstücksmäßiger Bezeichnung der Örtlichkeiten, eine allfällige außerbetriebliche Abgabe (Fremdabgabe), Tag und Menge der Ausbringung oder Fremdabgabe sowie eine Abgabebestätigung zu enthalten und ist auf Verlangen der Wasserrechtsbehörde vorzuweisen. Für die Berechnung der Dunggroßvieheinheiten gilt § 32 Abs 2 lit. g 2. Satz WRG. Wer landwirtschaftliche Nutztiere mit einem höheren Düngeräquivalent je Hektar selbst bewirtschafteter landwirtschaftlicher Nutzfläche hält, hat der Wasserrechtsbehörde die Höchstanzahl der gleichzeitig gehaltenen Tiere mitzuteilen und jede Änderung des gemeldeten Sachverhaltes der Behörde zu melden (§ 6 Zif. 11, § 32 Abs. 2 lit. g WRG).

Vor Beginn und nach Ende des Gülleausbringungsverbotes (Abs. 1 Zif. 1 und Abs. 2 Zif. 1) ist die Ausbringung von Gülle bzw. Jauche nur insofern zulässig, als sie unter Einhaltung der bezughabenden Rechtsvorschriften in Berücksichtigung der Standortgegebenheiten, insbesondere betreffend Chemikalien, Pflanzenschutz- und Düngemittel, Klärschlamm, Bodenschutz und Waldbehandlung, sowie besonderer wasserrechtlicher Anordnungen erfolgt (§32 Abs. 8 WRG) und eine Beeinträchtigung der Beschaffenheit der Gewässer (§ 30 WRG) nicht erfolgt.

Im engeren Schongebiet bedürfen folgende Maßnahmen neben einer allenfalls sonst erforderlichen Genehmigung vor ihrer Durchführung einer wasserrechtlichen Bewilligung, sofern diese nicht ohnehin der Bewilligungspflicht nach dem Wasserrechtsgesetz 1959, i. d. g. F., unterliegen und sofern sie nicht gemäß § 5 unzulässig sind:

- Das Halten landwirtschaftlicher Nutztiere, soweit der von ihnen anfallende und nicht anders verwertete, sondern auf landwirtschaftliche Nutzflächen auszubringende Wirtschaftsdünger das Äquivalent von 3,0 Dunggroßvieheinheiten je Hektar selbstbewirtschafteter und zusätzlich für die Ausbringung des eigenen Anfalles rechtlich gesicherter landwirtschaftlicher Nutzfläche und Jahr übersteigt. Die Nutztieranzahl je Dunggroßvieheinheit ist nach der Tabelle im Anhang B zum Wasserrechtsgesetz und erforderlichenfalls in sinngemäßer Einstufung nach Maßgabe dieser Tabelle zu bestimmen. Wer landwirtschaftliche Nutztiere mit einem höheren Düngeräquivalent je Hektar selbstbewirtschafteter landwirtschaftlicher Nutzfläche hält, hat der Wasserrechtsbehörde die Höchstanzahl der gleichzeitig gehaltenen Tiere nach der für die Bestimmung des Düngeräquivalentes maßgebenden Tiergruppen mitzuteilen und die Gründe glaubhaft zu machen, deretwegen eine Bewilligung nicht erforderlich ist. Jede Änderung des gemeldeten Sachverhaltes ist der Behörde zu melden. Eine Bewilligung darf nur erteilt werden, wenn sichergestellt ist, dass unter Berücksichtigung der Standortverhältnisse keine Beeinträchtigung der Beschaffenheit der Gewässer erfolgt.
- Der Anbau von Mais ist wasserrechtlich bewilligungspflichtig, sofern mehr als 75 % der im Schongebiet gelegenen selbstbewirtschafteten Ackerflächen eines landwirtschaftlichen Betriebes durch Maisanbau beansprucht werden. Dies gilt ebenso für den Anbau von Mais und Ölkürbis im Ausmaß von über 75 % der Ackerflächen, es sei denn, dass der Anteil an Mais an der selbstbewirtschafteten Ackerfläche eines landwirtschaftlichen Betriebes im Schongebiet 75 % nicht übersteigt und der Anbau von Ölkürbis in Verbindung mit einer Begrünung erfolgt.

- Die Lagerung von Festmist außerhalb der in Hofnähe befindlichen Anlagen zur Sammlung und Lagerung von Festmist, sofern nicht die Festmistmenge je Feldstapel unter dem Jahresbedarf von einem Hektar verbleibt und der Feldlagerplatz nicht jährlich gewechselt wird.

2.2 Grundwasserschutzmaßnahmen

Maßgebend für die Nitratkonzentration des Grundwassers ist die Summe aller boden- und nutzungsspezifischen Nitrateinträge in das hydraulisch abgegrenzte, abgeschlossene Grundwassersystem (Einzugsgebiet) des jeweiligen Förderbrunnens. Die N-Auswaschung weist im Vergleich zu anderen Nährstoffen erhebliche Schwankungen in der Konzentration auf, die in der von der Jahreszeit abhängigen Mineralisierung, Immobilisierung und Denitrifikation begründet sind. Zeitlicher Ablauf und Ausmaß der N-Auswaschung hängen nicht nur von wenig beeinflussbaren Ursachen wie Klima- und Bodenverhältnissen ab, sondern in erheblichem Umfang auch von Art und Intensität der Bodennutzung (SCHEFFER, 2002).

Laut KEIM und KOBUS (2001) sind bei Grundwasserschutzkonzepten grundsätzlich zwei wesentliche Aspekte zu beachten: Der Grundwasserschutz muss vorbeugend und flächendeckend erfolgen. Vorbeugender Grundwasserschutz ist erforderlich, da längere Zeiträume nötig sind, bis sich die Wirkung von Maßnahmen einstellt und ein flächendeckender Wasserschutz muss angestrebt werden, weil das Grundwasser auch im Naturhaushalt eine bedeutende Rolle spielt und nur der Schutz in den Wasserschongebieten nicht ausreicht.

Allgemeine mögliche Maßnahmen, um den N-Eintrag ins Grundwasser zu minimieren:

- Düngung

Nach FELDWISCH und FREDE (1998) hängen die Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft stark mit der geringen Nährstoffeffizienz der landwirtschaftlichen Produktion zusammen. Auch wenn eine hundertprozentige Ausnutzung nicht erreichbar ist, gehen realistische Abschätzungen davon aus, dass Effizienzwerte von 70 – 80 % bei Stickstoff möglich sind. Nitrat wird im Boden nicht festgelegt, sondern kann mit dem Sickerwasser ausgewaschen werden. Stickstoff liegt entweder in mineralischer oder organischer Form vor und unterliegt vielfältigen Umwandlungsprozessen. Zur Nitratverlagerung kommt es vor allem im Winter in der Hauptsickerungsphase. Da die Pflanzen nicht wachsen, können sie das Nitrat nicht aufnehmen und es verbleibt im Sickerwasser.

Düngeplanung (Bilanzierung):

Die Düngeanwendung muss der Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit dienen, um eine optimale Ernährung der angebauten Kulturpflanzen zu gewährleisten, doch sollte keine Umweltschäden verursachen (SCHILLING, 2000). Eine Anleitung in der Praxis können die „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ darstellen (BMLFUM, 2006): Darin enthalten sind unter anderem Richtwerte für die Stickstoffdüngung von verschiedenen Kulturpflanzen, die nach der Ertragslage, aufgrund der Bodendauereigenschaften (Gründigkeit, Bodenschwere, Wasserverhältnisse, Grobanteil) und des standörtlichen Stickstoffmineralisierungspotenzials zu korrigieren sind. Beschrieben werden die Stickstoffdüngung nach N_{min}-Untersuchungen, die Bemessung auf Basis der Elektro-Ultrafiltration (EUF-Methode) und nach Untersuchungen mit dem N-Tester.

Düngezeitpunkt:

Allgemein gilt, dass die Düngungstermine dem zeitlichen wechselnden Bedarf des Pflanzenbestandes umso besser angepasst sein müssen, je leichter löslich und je verlustgefährdeter das Düngemittel ist. Dies setzt eine genauere Kenntnis über die Eigenschaften der einzelnen Düngemittel voraus (SCHILLING, 2000).

Düngemenge:

Die absolute Düngemenge beeinflusst die N-Auswaschung wesentlich. Um den N-Düngebedarf der Pflanzen zu ermitteln, benötigt man die N-Aufnahme des Ernteprodukts, den N_{min}-Wert im Frühjahr und die N-Nachlieferung. Davon zieht man den nicht pflanzennutzbaren N_{min}-Restwert zum Zeitpunkt der Ernte nach optimaler Düngung ab. Doch auch bei ausgeglichener Bilanz müssen Maßnahmen ergriffen werden, damit der mineralische Bodenstickstoff in der Hauptsicherwasserperiode nicht ausgewaschen wird. N-Einzelgaben sollten 100 kg N/ha nicht überschreiten, stattdessen ist die Düngergabe bei höherem Bedarf zu teilen. Dadurch lässt sich auch der Bestand entsprechend dem Entwicklungszustand, dem Witterungsverlauf und den Mineralisationsbedingungen exakter führen (FELDWISCH, 1998).

Depotdüngung:

Bei Anbauversuchen von Erdbeeren mit NH₄-Depotdüngung könnte KREUSEL (1996) deutliche Vorteile bezüglich des Gewässerschutzes gegenüber einer Düngung mit Kalkammonsalpeter feststellen. Ein NH₄-Depot bleibt über mehrere Wochen annähernd

stabil, doch eine Vorratsdüngung im Spätsommer, die bis ins nächste Jahr reichen soll, ist auch mit diesem Düngungsverfahren nicht möglich.

- Fruchtfolge

Die Gestaltung der Fruchtfolge beeinflusst nach FELDWISCH und SCHULTHEIB (1998) die Anreicherung und Verlagerung von Stickstoff im Boden. Von Bedeutung sind Pflanzenertrag, Wachstumsdauer und Tiefe der Durchwurzelung wegen der Nährstoffaufnahme - besonders im Herbst, sowie aus tieferen Bodenschichten. Das Auswaschungsrisiko wird verringert durch: möglichst kurze Zeitspannen ohne Pflanzenbestand, Anbau N-zehrender Kulturen bei hohen N_{min}-Werten oder zu erwartenden Mineralisationsschüben und gegebenenfalls Abfuhr von N-reichen Ernteresten. Es empfiehlt sich gerade bei Kulturen, deren Erntereste große N-Mengen auf der Fläche zurücklassen (z.B. Körnermais, Winterraps, Sonnenblumen und Gemüse), begleitende Maßnahmen zur Konservierung des Stickstoffs im durchwurzelten Oberboden zu ergreifen. Geeignete Maßnahmen wären: Anbau von Untersaaten, frühe Bodenbearbeitung in Verbindung mit dem Anbau von winterharten oder stark Stickstoff zehrenden Zwischenfrüchten und geringe Intensität der Bodenbearbeitung nach der Ernte bzw. vor dem Winter. Beim Anbau von Leguminosen, die nach Umbruch größere N-Mengen freisetzen, gibt es verschiedene Möglichkeiten N-Verluste zu vermeiden wie z.B.: Mischbestände mit Gräsern, Umbruch im folgenden Frühjahr und Anbau einer Sommerfrucht, früher Umbruch und Anbau einer Zwischenfrucht mit hoher N-Aufnahme oder Umbruch ab November und späte Aussaat von Winter- oder Wechselweizen.

Stilllegungsflächen sollte man aktiv begrünen, um eine N-Auswaschung zu vermeiden (FELDWISCH, 1998).

- Zwischenfruchtanbau

Neben dem Hauptfruchtanbau ergeben sich je nach Abfolge vegetationslose Zeiträume, in denen der Anbau von Zwischenfrüchten möglich ist, um damit Ziele des Grundwasserschutzes zu verfolgen. Laut FELDWISCH und SCHULTHEIB (1998) sorgen nur geeignete Pflanzenarten und dichte Bestände für eine optimale N-Konservierung. Reststickstoffmengen, die nach der Ernte zurückbleiben, lassen sich gut mit Gräsern, Kreuzblütlern wie Raps, Senf oder Ölrettich und mit Sonnenblumen binden, da diese über ein

ausgeprägtes Wurzelsystem und ein hohes Nährstoffaneignungsvermögen verfügen. Außerdem verdunsten Zwischenfrüchte nach RENIUS (1985) große Wassermengen und setzen somit die Versickerungsrate der Nährstoffe und die Nährstoffkonzentration des Sickerwassers wesentlich herab. Sommerzwischenfrüchte kann man im Untersaatverfahren in die Vorfrucht, als auch im Stoppelsaatverfahren bis Anfang September ausbringen. Bei spätreifen Kulturen oder in Gebieten mit Sommertrockenheit lassen sich die vorhandenen N_{\min} -Reste nach der Ernte nur über Untersaaten verwerten (FELDWISCH und SCHULTHEIB, 1998).

Um die Mineralisation des Zwischenfruchtbestandes noch während der Hauptauswaschungsperiode zu minimieren, sollte den Zwischenfruchtumbruch so spät wie möglich vornehmen. Der Umbruch vor Sommerungen (Mais, Zuckerrüben und Spätkartoffeln) ist in Abhängigkeit von der Witterung im März bis April vorzunehmen, damit der Mineralisationsschub des eingearbeiteten Zwischenfruchtbestandes zu Zeiten hohen N-Bedarfs der Hauptfrucht (Juni bis Juli) einsetzt. Erfolgt der Umbruch später, und setzt dadurch der Mineralisationsschub erst nach Juli ein, kann dies zu erhöhten N_{\min} -Restwerten der Hauptfrucht führen, weil diese die Nährstoffe nicht mehr vollständig nutzt (LÜTKE ENTRUP, 1992).

Die Erhebungen von STAUFFER und SPIESS (2001) bezüglich Sickerwasser und Nitratauswaschung zeigen Unterschiede je nach Niederschlag, Kulturabfolge und Bedeckungsgrad. Fruchtfolgen mit Zwischenfutter wiesen im Mittel von sieben Jahren rund 50 % weniger Nitratverluste auf als solche ohne Zwischenfutter, wo die Auswaschung im Mittel der sieben Versuchsjahre rund 130 kg/N und Jahr betrug.

- Nutzungsänderungen (Grünlandumbruch)

Beim Umbruch von Grünland werden durch die Mineralisierung der organischen Substanz erhebliche N-Mengen freigesetzt. In einer kurzen Zeitspanne von zwei bis fünf Jahren halbieren sich die Gesamtstickstoffvorräte des Bodens, dadurch sind Auswaschungsverluste unvermeidlich (SAUER, 1998a).

- Wirtschaftsweise (konventionell, biologisch)

In diversen Anbauversuchen in Deutschland konnte HAAS et al. (1998) eine mögliche Reduktion des Nitrat im Boden und des Nitrataustrags mit dem Sickerwasser durch den biologischen Anbau nachweisen. In Untersuchungen von BERG (2005) führte der biologische Landbau zu einer deutlichen Verringerung der Nitratausträge, wobei er herausfand, dass die Abstimmung der produktionstechnischen Maßnahmen auf die Prozesse Mineralisierung, Verlagerung und Entzug mehr Einfluss haben, als die Optimierung der Verwertung des eingesetzten Stickstoffs.

- Weidewirtschaft

Weidetiere verändern die Narbenbeschaffenheit und es ist sehr schwierig Weiden umweltverträglich zu bewirtschaften. Die N-Auswaschung ist unter Weiden zwei bis dreimal so hoch als unter Wiesen. Um den N-Austrag so gering wie möglich zu halten sollten folgende Empfehlungen beachtet werden: Tierbesatz und Weideertrag aufeinander abstimmen, Besatzdichte verringern, Weideperiode verkürzen, keine späte Beweidung, statt dessen Schnitt am Ende der Vegetationsperiode, tägliche Weide- und Fresszeit begrenzen, Mischbeweidung betreiben, um selektive Futteraufnahme zu verringern, stark frequentierte Weidebereiche vorübergehend auszäunen (SAUER, 1998b). Die Option der Wiesennutzung stellt hinsichtlich des Gewässerschutzes die günstigste Alternative dar (HAAS et al., 1998).

Grundwasserschutzprogramme:

Mit dem EU-Beitritt wurde den österreichischen Landwirten das erste Umweltprogramm ÖPUL 1995 mit einer Laufzeit bis zum Jahr 2000 angeboten (ÖPUL = Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten Landwirtschaft). Das zweite Umweltprogramm ÖPUL 1998 wurde im Herbst 1997 von der EU-Kommission genehmigt, es handelte sich um ein Zwischenschrittprogramm, in welches die Landwirte umsteigen oder auch neu einsteigen konnten und das noch bis Ende 2003 angeboten wurde. Das dritte Umweltprogramm ÖPUL 2000 wurde als Teil des Österreichischen Programmes für die Entwicklung des ländlichen Raumes im Sommer 2000 von der Europäischen Union genehmigt (www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/landwirtschaft/umweltprogramme/, 2008).

Der Gewässerschutz in diesem Programm wurde primär auf die Nitratbelastung des Grundwassers ausgerichtet. Langfristig zeigte die Grundwasserqualität in Österreich positive Trends bezüglich des Nitrates. Die Messungen seit 2001, vermutlich bedingt durch extreme Wetterphänomene, zeigen jedoch Abweichungen von diesem Trend, speziell in einigen Problemgebieten im Osten Österreichs (WAGNER, 2006).

Das vierte Umweltprogramm ÖPUL 2007 wurde als Teil des Österreichischen Programmes für die Ländliche Entwicklung 2007-2013 ausgearbeitet. In der Maßnahme „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ sind wesentliche Ziele die Reduktion der Nährstoffauswaschung in das Grundwasser und des Nährstoffaustrages in Oberflächengewässer. Besonders in nitratgefährdeten Gebieten soll eine Grundwasser schonende Bewirtschaftung erreicht werden. Ackerflächen des Betriebes, die besonders auswaschungsgefährdet sind, sollen nachhaltig bewirtschaftet werden. Für die Zusammenhänge zwischen Düngung und Grund- und Oberflächengewässerbelastung sollen die Kenntnisse der Bewirtschafter verbessert und eine Sensibilisierung für das Thema erreicht werden. Bei dieser Maßnahme ist zusätzlich zu den Aufzeichnungsverpflichtungen im Rahmen der Teilnahme an der Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ oder „Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen“ eine verpflichtende schlagbezogene Düngeplanung, Dokumentation und Nährstoffbilanzierung durchzuführen. Die Maßnahme „Bewirtschaftung von besonders auswaschungsgefährdeten Ackerflächen“ sieht keine Düngung auf besonders auswaschungsgefährdeten Flächen in grundwassersensiblen Gebieten vor, da insbesondere diese Flächen auch bei geringem Flächenanteil eine wesentliche Quelle des Nitratreintrages in das Grundwasser darstellen (BMLFUW, 2007a). Am Öpul nehmen 75 % aller Betriebe teil, welche 87 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche bewirtschaften (BMLFUW, 2008).

2.3 Fruchtfolge

Eine Fruchtfolge ist die zeitliche Aufeinanderfolge von Fruchtarten auf einem Schlag über mehrere Jahre (ESSER, 1992; FREYER, 2003). Nach STEINBRENNER und LISTE (1988) ist die Fruchtfolge eine grundlegende Maßnahme zur Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit, wirkt ertragssteigernd, ertragsstabilisierend und hat eine phytosanitäre Funktion.

Für die Fruchtfolgeplanung ist das Erfassen der vollen Fruchtfolgerotation notwendig, wobei häufig nicht das Ende einer Rotation sondern die mehrfache Wiederholung erforderlich ist, um die volle Leistungsfähigkeit im Boden-Wasser-Nährstoff-System nachzubilden. Ist ein unveränderter Gleichgewichtszustand auf dem Ausgangsniveau erreicht, so kann dies der Endpunkt für die Planung darstellen (ESSER, 1992).

Zu unterscheiden sind direkter und indirekter Vorfruchtwert. Zum direkten Vorfruchtwert rechnen alle Auswirkungen einer Vorfrucht auf die unmittelbar folgende Nachfrucht (KÖNNECKE, 1967), der indirekte Vorfruchtwert ist die Summenwirkung aller angebauten Kulturarten innerhalb einer Fruchtfolge auf die aktuell angebaute Kultur (FREYER, 2003).

Je enger die Fruchtfolge, je geringer die Einflussmöglichkeiten durch Intensivierungsmaßnahmen und je ungünstiger die Witterungsverhältnisse ausfallen, umso höher ist die Bedeutung der Vorfrucht für die Ertragsbildung der Folgekultur. Der indirekte Vorfruchtwert kommt über die veränderten Eigenschaften des Bodens, wie dem Vorkommen von Unkrautsamen oder Krankheitserregern oder dem Humus- und Nährstoffhaushalt sowie dem pH-Wert zum Ausdruck (FREYER, 2003).

Die unmittelbare Vorfrucht beeinflusst den Ertrag stärker als der Aufbau der gesamten Fruchtfolge bzw. der indirekte Vorfruchtwert (FREYER, 2003). Da aber jede Kulturpflanze in irgendeiner Weise auf das biologische Geschehen im Boden einwirkt, ist ihr Vorfruchtwert davon abhängig, welche Ansprüche die Nachfrucht hat (KÖNNECKE, 1967).

Laut FREYER (2003) wird durch eine Zwischenfrucht der Vorfruchtwert der vorausgehenden Hauptfrucht verstärkt. Nicht verwertete Nährstoffmengen können in leicht abbaubarer Pflanzenmasse gespeichert oder Unkräuter beseitigt oder geschwächt werden. Außerdem fördert die Zwischenfrucht vor allem die Bodenlockerung und die Tiefendurchwurzelung.

Stellung der Kulturarten in der Fruchtfolge:

- Mais

In Bezug auf die Fruchtfolgestellung kann Mais als anspruchslos bezeichnet werden. Seine hohe Selbstverträglichkeit lässt einen zeitlich begrenzten mehrjährigen Nachbau in integrierten und konventionellen Produktionssystemen zu. Daueranbau von Mais erzielt allerdings nicht die Erträge wie bei einem Fruchtwechsel (FREYER, 2003).

Meist folgt er in der Fruchtfolge einer Winterung, doch gedeiht er auch nach Klee, Luzerne oder Lupinien und Steinklee gut. Nach FREYER (2003) sind auch nach stallmistgedüngten Hackfrüchten die Wachstumsbedingungen günstig, selbst auf Neurissen, sobald der Boden noch vor dem Winter gründlich vorbereitet werden kann. Da der Mais das Feld spät räumt, folgt ihm meist ein Sommergetreide, doch an nach früh reifenden Maissorten im Süden kann auch Wintergetreide bestellt werden (SEDLMAYER, 1927).

Nach FREYER (2003) ist im ökologischen Landbau für einen mehrfachen Anbau weder eine erforderliche Düngerversorgung gegeben, noch lässt sich die zu erwartende Verunkrautung in arbeitswirtschaftlich vertretbarem Ausmaß eindämmen. Der Körnermaisbedarf für die Schweine- und Geflügelhaltung kann dagegen zu einem erhöhten Flächenanteil führen.

- Wintergerste bzw. Wintergetreide

Die Wintergerste verlangt Vorfrüchte, die das Feld früh räumen und in einem guten Garezustand hinterlassen (FREYER 2003; KÖNNECKE, 1967; SEDLMAYR, 1927). Laut FREYER (2003) sind Vorfrüchte mit geringem Ungräserbesatz wichtig, da diese beim Aussamen in dem darauf folgenden Wintergerstenbestand nur schwer zu bekämpfen sind.

Gute Vorfrüchte sind Winterraps, Erbsen und Frühkartoffeln, vor allem auf Böden, die an der Grenze der Wintergerstenfähigkeit stehen, doch können diese nicht überall angebaut werden. Zu den ungünstigen Vorfrüchten zählen Spätkartoffel, Mais und Zuckerrübe (KÖNNECKE, 1967).

Auch bei hohem Intensivierungsniveau sind bei allen Getreidearten, besonders bei Winterweizen, Wintergerste und Sommergerste deutliche Vorfruchtwirkungen mit

phytosanitären Faktoren vorhanden, doch werden alle Getreidearten, mit Ausnahme des Hafers, durch Fußkrankheitserreger geschädigt (STEINBRENNER, 1988).

Die Vorfruchtleistung der Wintergerste besteht nach FREYER (2003) vor allem in ihrem frühen Erntetermin, der eine lange Wachstumsperiode für die Zwischenfrucht ermöglicht.

Die Wintergerste spielt im ökologischen Landbau nur eine untergeordnete Rolle. Aufgrund ihres hohen Nährstoffbedarfes muss sie in der Fruchtfolge intensiv gestellt werden und weiters ist sie gegen Herbstverunkrautung besonders empfindlich (HERRMANN und PLAKOLM, 1993)

- Ölkürbis

Mais und Getreide gelten als günstige Vorfrüchte für den Ölkürbis. Weniger geeignet sind Leguminosen, da sie zu viel Stickstoff im Boden hinterlassen und damit die Abreife des Ölkürbis verzögern können. Nach Ölkürbis kann Wintergetreide folgen (FREYER, 2003). Laut SEDLMAYR (1927) gedeihen Sommerölf Früchte ganz vorzüglich nach gedüngter Hackfrucht.

- Untersaaten und Leguminosen

Untersaaten bieten Schutz vor Nährstoffaustrag, Wind- und Wassererosion und sind günstig für die Bodenstruktur und die Gülleverwertung (RENIUS, 1985)

Bei Leguminosen besteht eine große Gefahr von N-Verlusten, besonders bei frühen Umbrüchen und spät nachfolgenden Hauptfrüchten. Der Stickstoff, welcher durch Rhizobien bei Leguminosen gebunden wird, mineralisiert bei frühzeitigen Umbrüchen in herbstlicher Wärme und Bodenfeuchte sehr schnell und wandert leicht in nicht mehr pflanzenverfügbare Bodenschichten ab (RENIUS, 1985).

2.4 N – Bilanz

Grundsätzlich ist nach SCHEFFER (2002) der Stickstoffpool der Böden einer kontinuierlichen Zufuhr und Freisetzung unterlegen. Der N-Kreislauf findet zwischen anorganischen und organischen Verbindungen statt und wird über die Prozesse der Mobilisierung (Mineralisation) und Immobilisierung gesteuert. Beide Prozesse sind stark klima-, standort- und nutzungsbeeinflusst.

Da die Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Flächen in einem offenen, sehr komplexen System stattfindet, ist der Eintrag von Nährstoffen durch Düngungsmaßnahmen nicht deckungsgleich mit dem Austrag dieser Nährstoffe durch die Ernte der Kulturpflanzen.

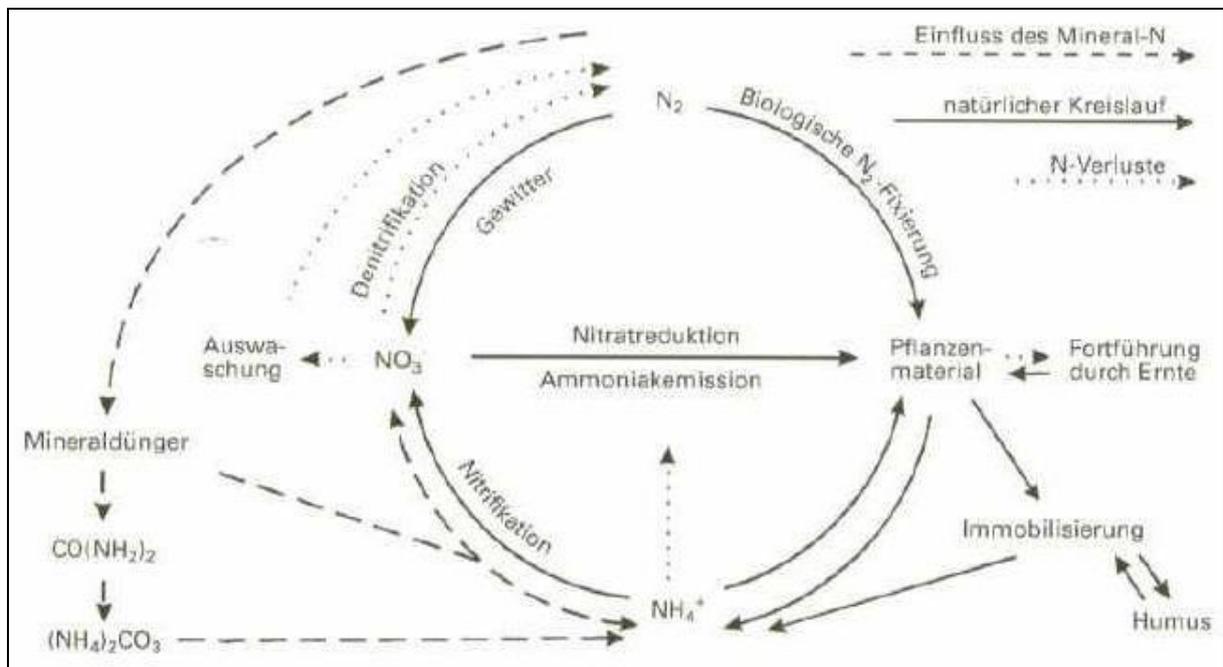


Abbildung 2: N-Kreislauf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche (SCHILLING, 2000)

In diesem offenen System ergibt sich die Bilanz für den Bodenstickstoff aus der Nährstoffzufuhr und der Nährstoffabfuhr. N-Gewinne können aus der anorganischen und organischen Düngung, Zufuhr über Niederschläge, Bewässerung und der biologischen N₂-Fixierung kommen. N-Verluste entstehen durch Pflanzenentzug, Auswaschung, Entweichen gasförmiger Verbindungen (N₂, Stickstoffoxide und Ammoniak) und durch die Erosion (SCHEFFER, 2002). Ergebnis einer Nährstoffbilanzierung ist der Bilanzsaldo, der Aussagen über Austragspotenziale zulässt. Ist der Bilanzsaldo null oder negativ, wurde ohne Überschüsse gewirtschaftet. Ist der Bilanzsaldo positiv, sind Bewirtschaftung

Nährstoffüberschüsse entstanden (AID INFODIENST, 2005). Als Bezugsseinheit kann eine Einzelfläche (Schlag), ein landwirtschaftlicher Betrieb, eine Region oder der gesamte landwirtschaftliche Sektor dienen. Grundsätzlich gilt, je länger der Bilanzierungszeitraum, desto aussagekräftiger ist der Indikator, also ist eine Bilanzierung über mindestens eine Fruchtfolge empfehlenswert (BARUNKE, 2002).

In den Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 2006) wird die gesamtbetrieblich benötigte Stickstoffmenge folgendermaßen ermittelt:

Der Stickstoffbedarf der landwirtschaftlich genutzten Fläche wird ermittelt, indem die Ertragslagen dieser Flächen geschätzt und der Stickstoff aus der Vorfrucht abgezogen wird.

Der jahreswirksame Stickstoffanfall für Wirtschaftsdünger ergibt sich aus:

$$\begin{aligned} & \text{Jährlicher N-Anfall aus der Tierhaltung nach Abzug der Stall-, Lager- und} \\ & \text{Ausbringungsverluste in kg feldfallendem Stickstoff} \\ & \times \\ & \text{Jahreswirksamkeit des Wirtschaftsdüngerstickstoffs in \%} \end{aligned}$$

Damit können die noch benötigten Mengen an Stickstoff für die N-Düngung im Betrieb berechnet werden.

Die Eingangsgrößen für Bilanzrechnungen sind oft Schätzgrößen (Erträge, Ausbringungsmengen von Wirtschaftsdüngern) und Faustzahlen (Nährstoffgehalte, Verluste usw.) Deshalb ist der Bilanzsaldo in seiner absoluten Zahl ebenfalls ein Schätzwert, der trotz gleicher Eingangsgrößen differieren kann. Bei Stickstoff kommt erschwerend hinzu, dass der Verbleib von N-Überschüssen mit einfachen Methoden nicht erfasst werden kann (AID INFODIENST, 2005).

2.5 Düngung und Nitratverlagerung

Mineralische Stickstoffdünger sind in ihrer chemischen Zusammensetzung und Wirkung meist bekannt. Sie lassen sich nach dem Bedarf der Pflanzen entsprechend ausbringen. Organische Dünger enthalten sowohl anorganisch gebundenen als auch organisch gebundenen Stickstoff. Es ist schwierig abzuschätzen, wann der organisch gebundene Stickstoff pflanzenverfügbar wird (GUTSER und HAUCK, 1993). Doch die Anwendung organischer Dünger soll dem Boden auch organische Substanz zuführen sowie zwangsläufig anfallende Produkte aus der Pflanzen- und Tierproduktion verwerten (SCHILLING, 2002).

Mineralstickstoffdünger

Die Stickstoffformen des Düngersortiments sind Ammonium oder Nitrat oder eine Mischung von beiden. Darüber hinaus kommt im Harnstoff Carbamidstickstoff vor. Durch das physiologisch sauer wirkende Ammonium entsteht je nach Düngemittel ein gewisser Kalkbedarf. Während Nitrat sofort von den Pflanzen aufgenommen werden kann, wird Ammonium relativ langsam aufgenommen, da er an den negativ geladenen Oberflächen von Tonmineralen im Boden vorübergehend adsorptiv gebunden wird und erst nach der Nitrifizierung pflanzenverfügbar ist. Es gibt auch Dünger die mit einer Hülle aus Schwefel, trocknende Pflanzenöle und Kunststoffe oder Wachs umgeben sind und je nach Hüllstärke eine unterschiedliche Wirkungsdauer aufweisen (SCHILLING, 2002).

Organische Dünger

- Stallmist

Als Stallmist bezeichnet man eine Mischung aus Kot, Harn und Einstreumaterial, die mehr oder weniger verrottet ist. Stallmist eignet sich am besten für Hackfrüchte einschließlich etlicher Gemüsearten sowie Winteröl- und Winterzwischenfrüchte, weil sie eine relativ lange Vegetationszeit haben, dadurch die Nährstoffe gut nutzen und auf die strukturverbessernde Wirkung sehr positiv reagieren. Als Ausbringungszeitpunkte kommen Spätsommer/Herbst und Frühjahr infrage. Stallmist ist auf schweren Böden möglichst flach, auf leichten Böden

etwas tiefer einzupflügen, um seine mikrobielle Zersetzung im Boden zu ermöglichen, ohne sie zu stark zu beschleunigen (SCHILLING, 2002).

- Jauche

Jauche ist der nicht von der Einstreu aufgesaugte Teil der flüssigen Exkreme der Tiere. Wie die Nährelementgehalte der Jauche zeigen, handelt es sich um einen ausgesprochenen NK-Dünger. Der viel zu geringe P-Gehalt ist bei den Mineralstoffgaben zu berücksichtigen. Geeignete Pflanzenarten sind vor allem Hackfrüchte, Ölfrüchte und Grasland, gegebenenfalls aber auch als Zwischenfrucht stehende Futterpflanzen, sofern es sich nicht um Leguminosen handelt. Die Anwendungszeitpunkte entsprechen denen von mineralischen N-Düngern, da der Stickstoff in leicht löslicher Form vorliegt (SCHILLING, 2002).

- Gülle

Gülle ist ein Gemisch aus Kot, Harn und Wasser und entsteht als Nebenprodukt der intensiven Tierhaltung durch die strohlose Aufstallung. Bei nicht sachgemäßem Umgang mit Gülle sind durch Fehleinschätzung der Inhaltsstoffe und durch die Wahl ungeeigneter Ausbringungszeitpunkte negative Folgen für die Anbaufrucht, den Boden und das Grund- und Oberflächenwasser zu erwarten (GEYER-WEDELL, 1994). Verlustquellen sind vor allem die Ammoniakverflüchtigung bei der Ausbringung in der warmen Jahreszeit sowie die Möglichkeit zur Nitrifikation und Auswaschung mit gegebenenfalls nachfolgender Denitrifikation, wenn die Gülle lange vor dem Entzug durch die Pflanze ausgebracht wird (SCHILLING, 2002).

- Ernterückstände

Ernte- und Wurzelrückstände der angebauten Pflanzenarten sind bedeutsam für die Reproduktion der organischen Bodensubstanz. Im Falle von Leguminosen kommt der Stickstoffgewinn hinzu. Untersaaten und Stoppelfrüchte haben ihrerseits geringere Rückstände als die gleichen Pflanzen in Hauptfruchtstellung, da ihre Vegetationszeit bei der Ernte im gleichen Jahr kürzer ist (SCHILLING, 2002).

- Gründüngung

Hierbei handelt es sich um den gezielten Anbau von Pflanzen, die vollständig eingearbeitet werden. Sie stehen im Allgemeinen in Zweit- oder Zwischenfruchtstellung. Ihr Anbau schafft nicht nur zusätzliche organische Substanz, sondern schließt auch Nährstoffe im Boden auf und vermindert deren Auswaschung (SCHILLING, 2002). Jedoch kann der Stickstoffentzug einer Zwischenfrucht für die Begrünung stark variieren, da einerseits die Standort- und

Witterungsbedingungen sowie der Nährstoffvorrat bzw. die Düngung und andererseits der Saattermin und die Vegetationsdauer (Frühfrost, Wintereinbruch, Umbruchtermin) großen Einfluss ausüben (LIEBHARD, 2005).

Bei Untersaaten besteht der Vorteil darin, dass bereits zur Erntezeit der Hauptfrucht die Zwischenfrucht als Feldfutterbestand oder zur Begrünung besteht. Im Vergleich zur Stoppelsaat weist sie meist einen deutlichen Wachstumsvorsprung auf und dies ohne zusätzliche Bodenbearbeitung (LIEBHARD, 2005).

Die Umsetzungsgeschwindigkeit der Gründüngungspflanzen im Boden wie auch der Ernte- und Wurzelrückstände hängt vom Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis ab. Wird der gesamte Aufwuchs eingepflügt, so sollte dies bei schweren Böden im Herbst geschehen, weil die Umsetzungen hier ohnehin langsam ablaufen und viel Zeit brauchen. Auf leichten Böden ist dagegen der Vorwinter als Zeitpunkt zu empfehlen, um nicht nach schneller Mineralisierung und nachfolgender Nitrifikation zu große N-Verluste hinnehmen zu müssen (SCHILLING, 2002).

Einfluss von Düngerminderungsversuchen auf die Nitratauswaschung:

Der Einsatz von Mineraldüngern (Stickstoff, Phosphat und Kalium) hat in Österreich eine eindeutig rückläufige Tendenz. Seit Mitte der 70er Jahre, der Phase mit den höchsten Verbrauchsmengen, ist eine kontinuierliche Abnahme zu beobachten (BMLFUW, 2007b). Dieser Trend dürfte sich, wenn auch verlangsamt, weiter fortsetzen. Dass dies nicht sofort zu einem Rückgang der Nitratkonzentration im Grundwasser führt, liegt an den, je nach Standort, unterschiedlich langen Zeiträumen vom Austrag des Stickstoffes aus der Bodenkreme bis zum Eintrag in den Grundwasserleiter (WEINGARTEN 1995). Der Einsatz von N-Dünger kann die Ursache für die Nitratbelastung von Grundwasser sein, wobei der nicht sachgemäße Einsatz auf jeden Fall die Umwelt und somit das Wasser belastet, dies ist unbestritten. Deshalb wurden und werden umfassende Anstrengungen von der Beratung und Förderung bis zu einem flächendeckenden Nitrat-Aktionsprogramm unternommen, um diesbezügliche negative Auswirkungen zu vermeiden (BMLFUW, 2007b).

Die Wasserwirtschaft ist verständlicherweise in erster Linie an einer Verminderung der Nitratgehalte des Sickerwassers interessiert. Die Höhe des N-Austrages ist wesentlich von der Art der Bodennutzung sowie acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen abhängig. Die Intensität der organischen und mineralischen Düngung bestimmt entscheidend die Höhe des N-Austrages. Eine Verminderung des N-Einsatzes führt in der Regel zu einem Rückgang der NO₃-Auswaschung. Liegt die N-Düngung jedoch wesentlich unter dem standortgerechten Düngungsniveau und somit unter dem N-Entzug optimal ernährter Pflanzenbestände, muss längerfristig ein Ertragsverlust eingeplant werden (GUTSER und HAUCK, 1993).

In Untersuchungen von PAMPERIN (2002) zeigte sich ein Einfluss der N-Düngung auf die Höhe der berechneten N-Flächenbilanzüberschüsse. Bei reduzierter N-Düngung lagen die N-Flächenbilanzüberschüsse erheblich niedriger. Erfolgte keine N-Düngung, so wurden negative N-Flächenbilanzen berechnet. Eindeutige Zusammenhänge zwischen N-Austrag und Düngungsintensität wurden nicht festgestellt. Die N-Austräge unter Acker waren in erster Linie abhängig von biochemischen Umsetzungen des nicht oder nur schwach bewachsenen Bodens nach der Ernte und der Bodenbearbeitung. Eine Nitratbelastung des mit Sanden überdeckten lokalen Grundwasserkörpers konnte nach seiner Modellberechnung auch eine deutlich schnellere Nitratverlagerung in den Hauptgrundwasserleiter zur Folge haben, als dies durch die oberflächennah anstehende mehrere Meter mächtige Geschiebelehmschicht denkbar wäre. Jedenfalls verdeutlichten seine Ergebnisse, dass mit der Ackernutzung die höchsten Nitratausträge aus dem Wurzelraum zu erwarten sind. Grund dafür sind die durch die Bodenbearbeitung nach der Ernte begünstigten biochemischen Umsetzungen im nicht bewachsenen Boden. PAMPERIN (2002) ist für eine Erhöhung des Dauergrünlandanteiles entsprechend den agrarstrukturellen Bedingungen des jeweiligen Wasserschutzgebietes.

Die Auswertung der durchgeführten Messungen und Analysen und der aufbauenden Modellbetrachtungen von GEYER-WEDELL (1994) zeigten die Vielfältigkeit der naturräumlichen Bedingungen bereits in einem kleinen Einzugsgebiet, die eine generelle Aussage über die Höhe der ökologisch und ökonomisch sinnvollen Güllemenge nicht zuließ. Bei der Bilanzierung von Düngemengen ist die Fruchtfolge und die Einbindung von Zwischenfrüchten, aber auch der Zeitpunkt von Bearbeitungsmaßnahmen mit zu berücksichtigen. Düngbedarf und Pflanzenentzug können für ein isoliert betrachtetes Jahr nicht vollständig erfasst werden, auch wenn der Bodenvorrat an Makronährstoffen durch regelmäßige Bodenproben überprüft wird. Die bodenphysikalischen Voraussetzungen des

Standorts sind allein für die Bereitstellung von Stickstoff aus der ausgebrachten Gülle ausschlaggebend. Sie wirken sich in mehrfacher Weise auf den Umsatz und die Verlagerung von Stickstoff aus. Nach GEYER-WEDELL (1994) sind deshalb folgende drei Punkte für die mengenmäßige und zeitliche Beschränkung der Güllemengen zur Verminderung der Stickstoffauswaschung zu beachten:

- Berücksichtigung des Mineralisierungspotentials des Standortes und seiner Stickstoffreserven
- Ausrichtung der Güllemenge am Nährstoffbedarf der praktizierten Fruchtfolge mindestens über drei Jahre
- Berücksichtigung der Bodenstruktur und der Bodenfeuchte zur Abschätzung des Auswaschungsrisikos und des momentanen Mineralisationspotentials

In einer Arbeit von BERG (2005) berichtete er von einer nur geringen Absenkung der Nitratkonzentration im Boden und Sickerwasser im Integrierten Landbau gegenüber dem Konventionellen Landbau. Es genügte offensichtlich nicht, durch effizientere Düngungs- und Pflanzenschutzstrategien eine höhere N-Ausnutzung und damit die Verringerung des Nitrataustrages anzustreben. Die Bedeutung der Höhe der Stickstoffdüngung und der Düngerausnutzung scheint insbesondere auf austragsgefährdeten Standorten gegenüber anderen Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie dem Umbruchtermin oder der Art der Zwischenfrucht, zurückzutreten. Organischer Landbau führte bei allen Untersuchungsparametern zu einer deutlichen Verringerung der Nitratausträge. Dies konnte sowohl auf der Ebene der vergleichbaren Kulturen als auch bei der Betrachtung der Fruchtfolge festgestellt werden. Dabei waren die Vorteile auf die unterschiedliche Stickstoffversorgung und auf unterschiedliche fruchtfolgebedingte Bewirtschaftungsmaßnahmen (Umbrüche) zurückzuführen.

Im Rahmen einer Arbeit von BOUWER (1995) zeigte sich aufgrund weit vom Brunnen entfernten Quellen ein Anstieg der Nitratkonzentrationen im tiefen Grundwasserbereich des Förderbrunnens. Auch die langsamen Konzentrationsveränderungen im Grundwasser deuten auf Eintragsquellen hin, die in größerer Entfernung zum Brunnen lagen. Die Berechnungen der Abstandsgeschwindigkeit ergaben hohe Nitratkonzentrationen im tiefen Grundwasserbereich des Förderbrunnens, die auf eine Bodennutzung von vor ca. 10 bis 25 Jahren zurückzuführen waren.

Nach BOUWER (1995) besteht zwischen dem N-Flächensaldo und dem Herbst-Nmin-Wert nur eine schwach korrelierte Beziehung. Diese Resultate und die geringe Steigung der Geraden deuten insgesamt darauf hin, dass der Nmin-Wert nach der Ernte sowie der Herbst-Nmin-Wert nicht geeignet sind, um die nutzungsbedingten N-Überschüsse auf den auswaschungsgefährdeten Standorten zu erfassen. Die Nmin-Werte in den Zeitreihen und die N-Tiefenprofile bestätigen das große standörtliche Verlagerungsrisiko der Ackerflächen. Die Rest-N-Mengen wurden am Ende der Vegetationszeit vollständig ausgewaschen und bis auf eine Tiefe von ca. 3 m verlagert. Infolge der ungünstigen standörtlichen Bedingungen waren auch innerhalb der Vegetationszeit N-Verlagerungen festzustellen. Eine isolierte Maßnahme zur Reduzierung der Nitratwerte konnte nicht diagnostiziert werden. Die Maßnahmen der N-Düngerreduzierung und das Aufteilen der N-Gaben haben zu einer deutlichen Reduzierung der Nitratkonzentrationen geführt, doch am Ende des Untersuchungszeitraumes (Frühjahr) waren erneut Nitratkonzentrationen von über 100 mg/l zu registrieren. Schlussfolgernd sind daher für das gesamte Untersuchungsareal Strategien und Maßnahmen in der Landwirtschaft zu ergreifen, die zu einer großflächigen Minimierung der Nitratreinträge ins Grundwasser führen, um möglichst wasserwirtschaftliche und aufbereitungstechnische Maßnahmen zur Schadensreparatur zu verhindern.

Nach BARUNKE (2002) führen Nährstoffausträge an einem Ort stets zu Nährstoffeinträgen an anderen Orten. Über das Ausmaß der tatsächlichen Umweltbelastung am Ort des Nährstoffeintrags entscheiden naturräumliche Faktoren. So können N-Depositionen in besonders sensiblen terrestrischen Ökosystemen zu einer Überschreitung kritischer Belastungsschwellen und damit zu sichtbaren Schäden führen, während andere terrestrische Ökosysteme bei vergleichbaren N-Depositionen nicht oder kaum geschädigt werden. Ebenso ist die Auswaschungsgefahr für Nitrat ins Grundwasser standortabhängig. Die N-Problematik zeichnet sich durch komplexe chemische Umwandlungsprozesse und eine lange Zeitspanne von Zeitpunkt der Emission bis zum Auftreten von Schadeffekten aus, so dass der Schluss von der Immission auf den Verursacher und das Aufstellen geeigneter Referenzwerte außerordentlich erschwert wird.

Um Nitrat- und Pestizideinträge in den Untergrund nahezu auszuschließen, wird die Umstellung, landwirtschaftlicher Betriebe mit agrarchemischer Produktionstechnik und intensiver Tierhaltung, auf den ökologischen Landbau gefordert. Durch den völligen Verzicht auf Agrikulturchemikalien und das Verbot der Ausbringung nicht aufbereiteter, boden- und

pflanzenunverträglicher Güllemengen bietet die ökologische Bewirtschaftungsweise die beste Gewähr für eine Gewässer schonende Bodennutzung (RAU-SCHAMFUß, 1998).

3 MATERIAL UND METHODE

3.1 Material

3.1.1 Großraum und Klima

Das Leibnitzer Feld gehört nach der geologischen Karte von Österreich zum Inneralpinen Becken. Es liegt auf einer Seehöhe von 275 m und erstreckt sich in Nord-Südrichtung, beginnend ab der Enge von Wildon bis in den Raum östlich von Straß. Im Westen erfolgt die Begrenzung durch den Buchkogel und die Hügel des Weststeirischen Tertiärbeckens, durch die zum Oststeirischen Tertiärbecken gehörenden Hügel im Osten und im Norden durch den Kollischberg und Aframberg. Den Süden grenzt die Mur ab (BMLFUW und UBA, 2003).

Das Gebiet liegt im illyrischen Klimabereich, der durch Feuchtigkeit und Wärme während der Vegetationszeit charakterisiert ist. Infolge der gleichen Meereshöhen und des ausgeglichenen Reliefs sind keine nennenswerten lokalklimatischen Unterschiede zu bemerken. Der Augürtel der Mur und die Vernässungszone des Niederterrassenrandes sind ausgeprägte Nebelzonen (BMLF, 1962).

Die Klimadaten der Wetterstation Leibnitz weisen im langjährigen Mittel (1971 – 2000) eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 8,8 ° C und einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von 907,8 l/m² aus. Die jährliche durchschnittliche Windgeschwindigkeit beträgt 0,9 m/s. (www.zamg.at, 2008)

3.1.2 Standort Wagna

Der Versuchsstandort Wagna befindet sich auf einer Seehöhe von 266 m und liegt 36 km südlich von Graz, die Staatsgrenze zu Slowenien ist 10 km entfernt (www.wagna.at, 2008)

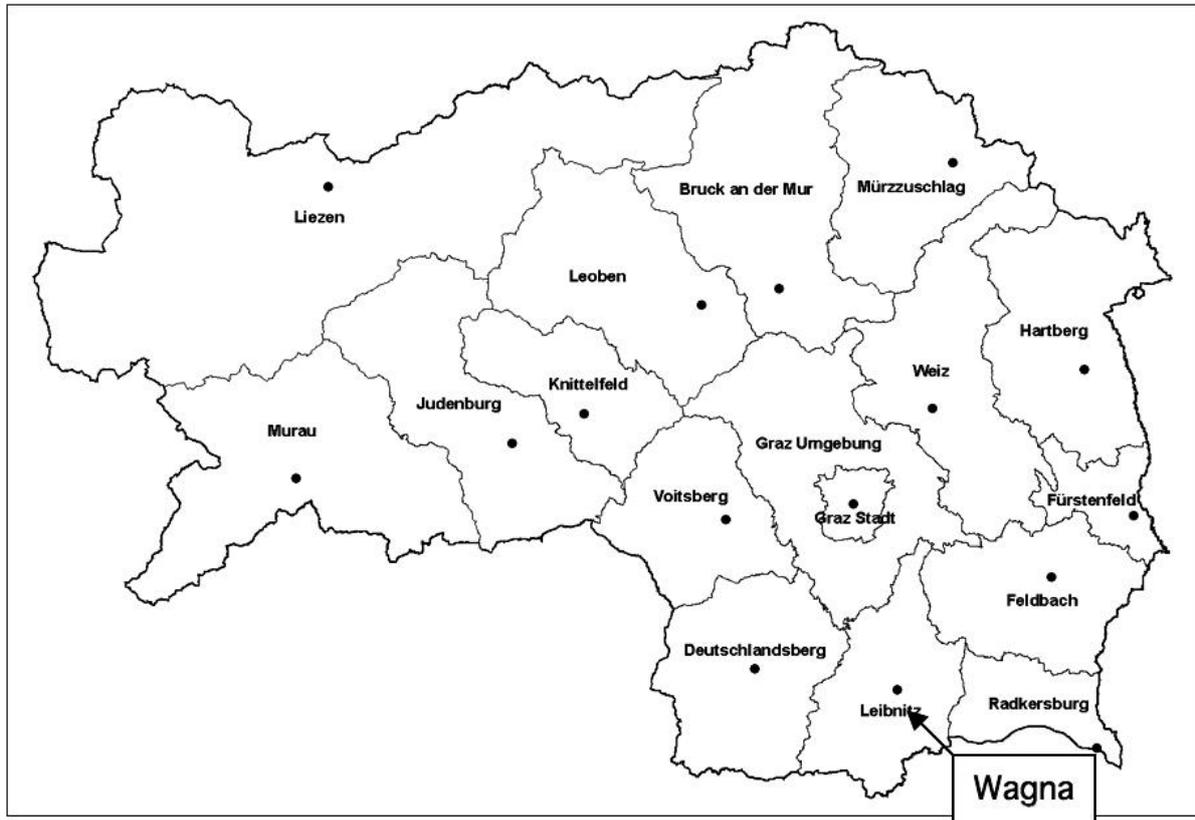


Abbildung 3: Karte Steiermark (Gis Steiermark, 2008), Versuchsstandort Wagna

3.1.3 Witterung im Vergleich zum langjährigen Mittel

Der Witterungsverlauf der Wetterstation Leibnitz – Silberberg in den Jahren 1998 bis 2003 werden im Vergleich zum langjährigen Mittel von 1971 bis 2000 aus Messdaten der Wetterstation Leibnitz in den Abbildungen 4 bis 9 dargestellt (www.zamg.at, 2008).

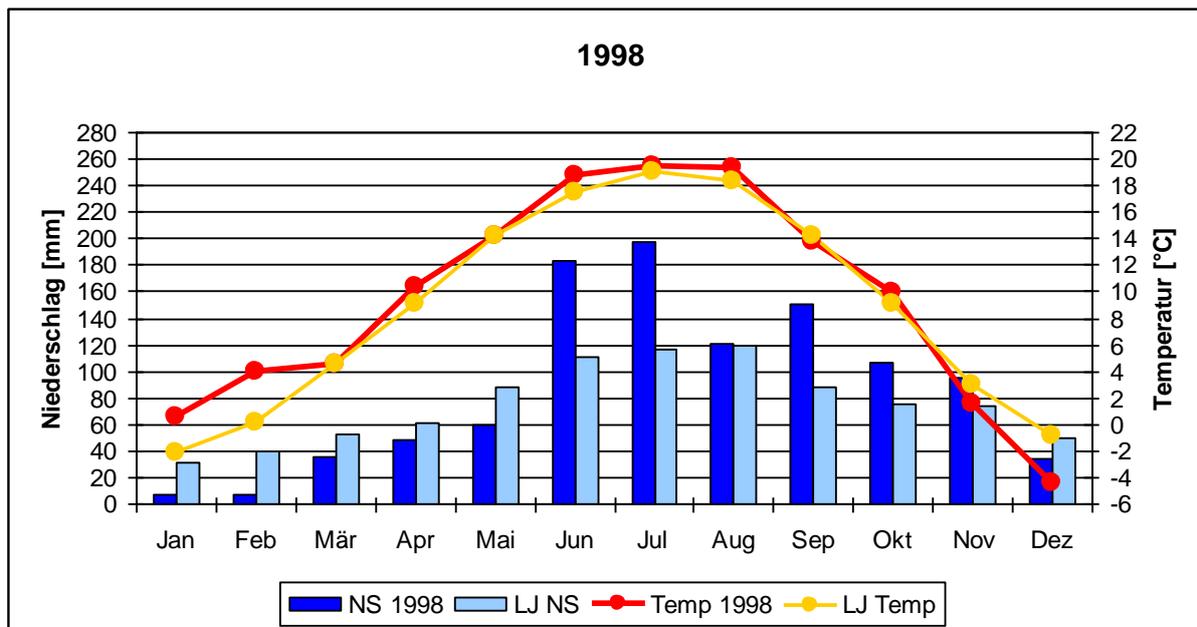


Abbildung 4: Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 1998 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008)

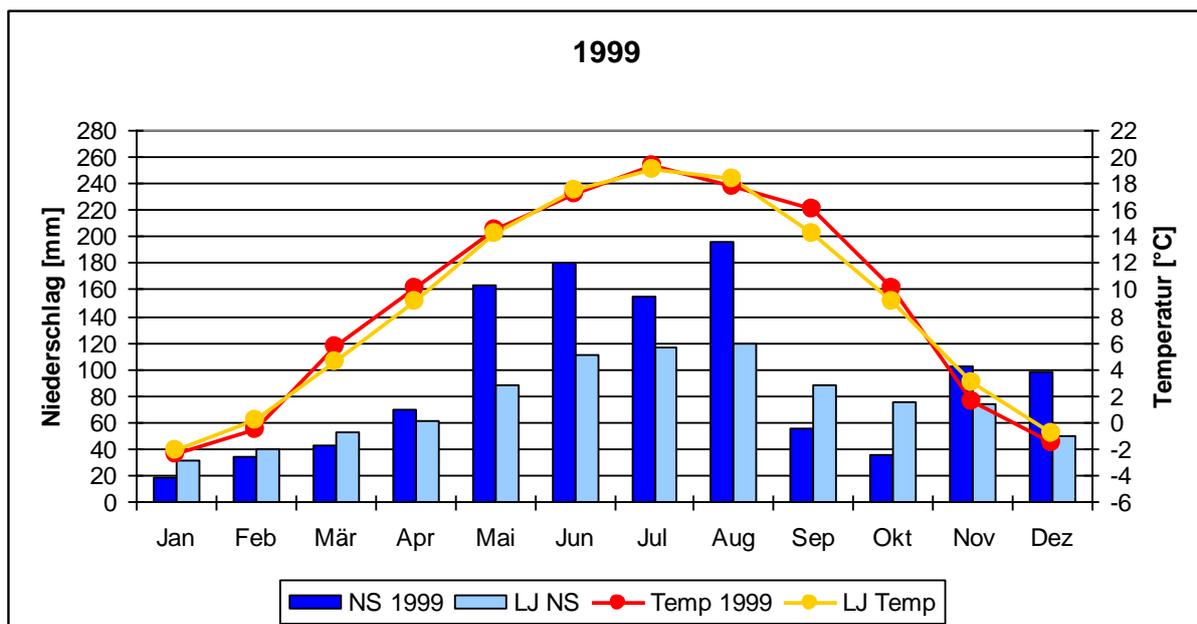


Abbildung 5: Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 1999 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008)

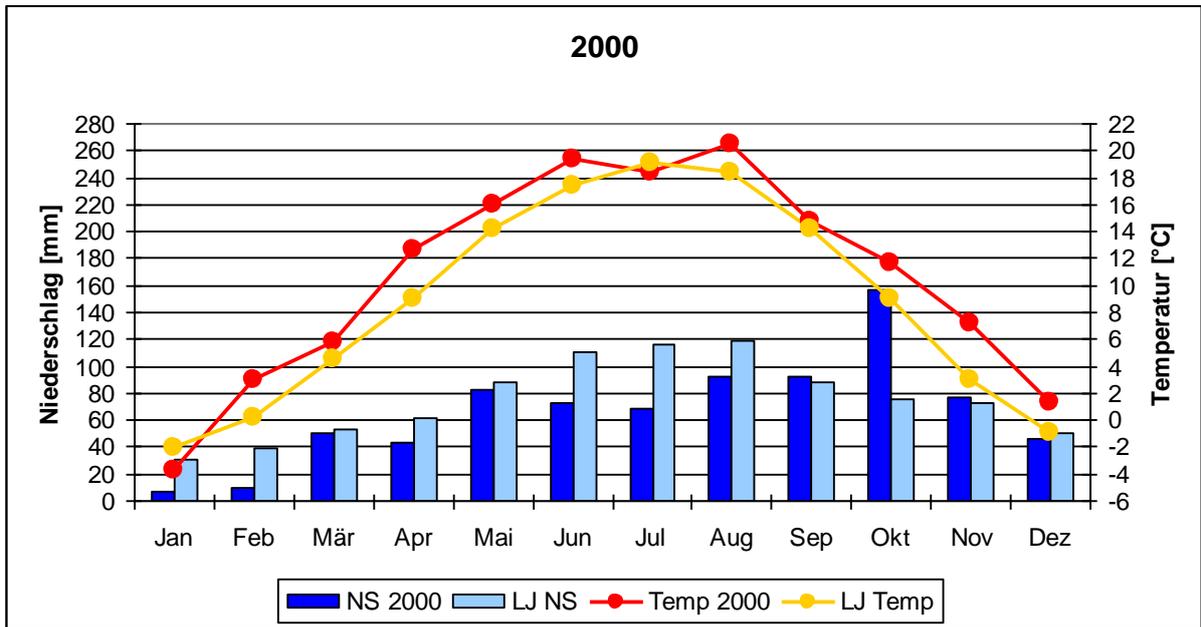


Abbildung 6: Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 2000 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008)

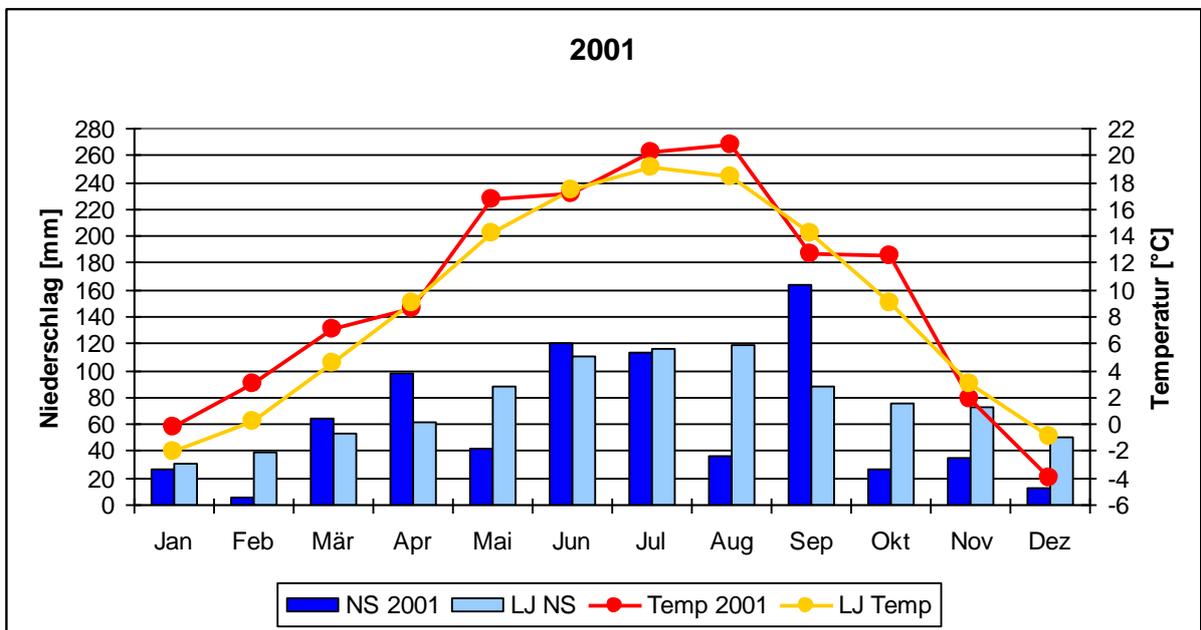


Abbildung 7: Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 2001 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008)

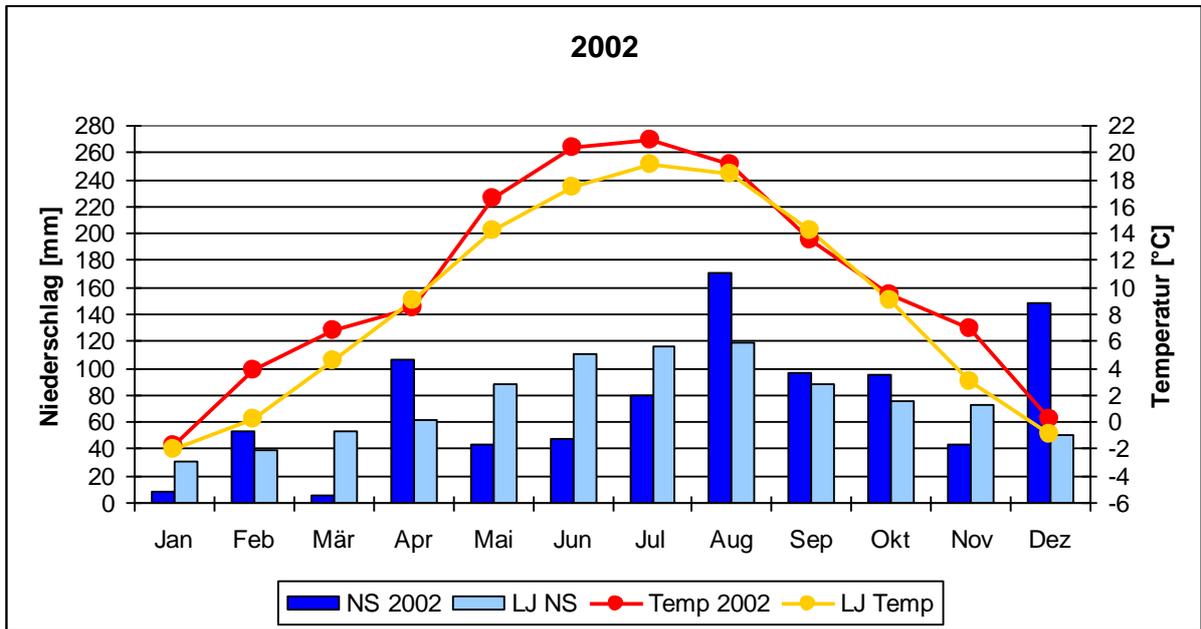


Abbildung 8: Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 2002 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008)

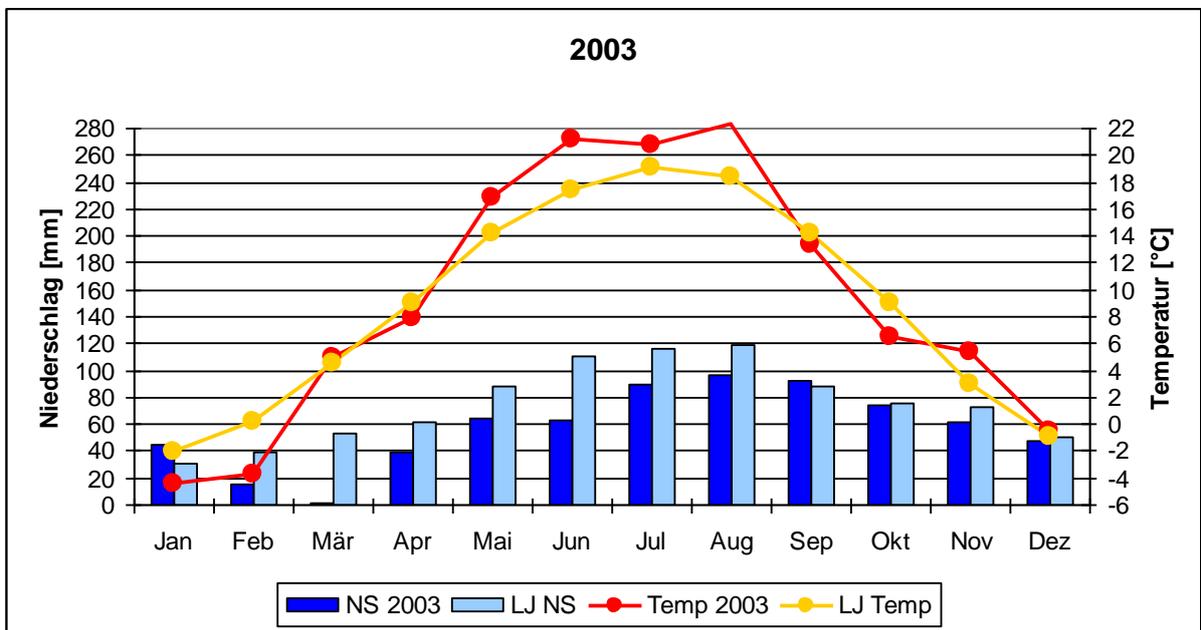


Abbildung 9: Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 2003 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008)

3.1.4 Boden

Das Leibnitzer Feld ist geologisch geprägt durch seine ausgedehnten Terrassen, die durch Akkumulation von fluvioglazialen bzw. fluviatilen Sedimenten über einem vorwiegend aus tertiären Ablagerungen geschaffenen Erosionsrelief entstanden sind. Die Niederterrasse und Austufe wird vorwiegend aus gering schluffigen, sandigen Kiesen mit Steinen aufgebaut, die sich hauptsächlich aus kristallinen Geröllen (Quarze, Gneise, Amphibolite, metamorphe Schiefer etc.) und Kalken zusammensetzen. Die jungquartären Lockergesteinsablagerungen der Terrassen sind die Stauer für das seichtliegende Talgrundwasser (BMLFUW und UBA, 2003).

Die Lysimeteranlage Wagna liegt auf der tieferen Flur der Niederterrasse (Würm) des Leibnitzer Feldes. Auf der Hauptflur, die den zentralen Teil des Feldes einnimmt, dominieren die mittel- bis seichtgründigen, leichten silikatischen Braunerden. Die tiefere Flur, sie ist ein bis zwei Meter in die Hauptflur eingesenkt, kommt überwiegend im Osten der Hauptflur, stellenweise aber auch im Westen vor, wird überwiegend von tiefgründigen (70-150 cm), leicht bis mittelschweren silikatischen Braunerden eingenommen. Charakteristisch für die Bodenverhältnisse auf der Niederterrasse ist die engräumige Schwankung der Gründigkeit (FANK, 1999).

Die Anlage wird von zwei unterschiedlichen Bodenprofilen charakterisiert:

Die feldbodenkundliche Aufnahme der Profile der Anlage brachte folgende Ergebnisse (EISENHUT et al., 1992):

Bodenprofil 1

Ahp 0 – 30 cm: lehmiger Sand mit mäßigem Kies- und Schottergehalt, mittelhumos (Mull), kalkarm, neutral, undeutlich mittelkrümelig bis mittelblockig strukturiert, mittelporös, leicht zerdrückbar, dunkelgraubraun (10 YR 3.5/2), schwach durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit, übergehend in

AB 30 – 60 cm: stark lehmiger Sand mit geringem Kies- und Schottergehalt, schwach humos (Mull), kalkfrei, neutral, deutlich mittelblockig-kantenrund

strukturiert, stark grobporös, leicht zerdrückbar, dunkelbraun (10 YR 3.5/3), gut durchwurzelt, starke Regenwurmtätigkeit, allmählich übergehend in

B1 60 – 85 cm: stark lehmiger Sand, schwach humos (Humus in Wurmröhren und an

Aggregatoberflächen), kalkfrei, neutral, undeutlich mittelblockig-kantenrund strukturiert, porös, leicht zerdrückbar, dunkelbraun (7.5 YR 4/4), gut durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit, allmählich übergehend in

B2 85 – 110 cm: lehmiger Sand, kalkfrei, neutral, undeutlich mittelblockig-kantenrund strukturiert, schwach porös, leicht zerdrückbar, dunkelbraun (7.5 YR 4/4), schwach durchwurzelt und belebt, absetzend über

D ab 110 cm: Grobsand mit sehr hohem Anteil an Kies und Schotter (bis 10 cm Ø).
Wasserverhältnisse: gut versorgt, mäßiges Speichervermögen, hohe Durchlässigkeit.

Bodenprofil 2

Ahp 0 – 30 cm: stark lehmiger Sand mit geringem Kies und Schottergehalt, mittelhumos (Mull), kalkfrei, schwach sauer, undeutlich mittelkrümelig und mittelblockig-kantenrund strukturiert (zwischen 20 und 30 cm mäßig verpresst, blockig-kantenscharf strukturiert), porös, leicht zerdrückbar, dunkelgraubraun (10 YR 3.5/2), schwach durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit, übergehend in

AB 30 – 50 cm: sandiger Lehm mit geringem Kies- und Schottergehalt, schwach humos (Mull), kalkfrei, schwach sauer, deutlich mittelblockig-kantenrund strukturiert, stark mittelporös, leicht zerdrückbar, dunkelbraun (10 YR 4.5/3), schwach durchwurzelt, starke Regenwurmtätigkeit, übergehend in

B 50 – 70 cm: lehmiger Sand mit geringem Kiesgehalt, kalkfrei, schwach sauer, undeutlich mittelblockig-kantenrund strukturiert, porös, dunkelbraun (7.5 YR 4/4), schwach durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit, absetzend über

D ab 70 cm: Grobsand mit sehr hohem Anteil an Kies und Schotter. Wasserverhältnisse: mäßig trocken, geringes Speichervermögen, hohe Durchlässigkeit.

Nach der Finanzbodenschätzung werden die Bodenverhältnisse des Versuchsfeldes charakterisiert als:

- 40 % IS/Scho 4 D 35/39
- 20 % IS 3 D 47/50
- 20 % SL 2 D 64/67
- 20 % SL 3 D 54/56

Tabelle 3: Ausgewählte physikalische und chemische Werte von 0 bis 90 cm Bodentiefe der verschiedenen Bodenabschnitte (VERSUCHSREFERAT STEIERMARK, 2006)

Schicht	0 - 30 cm		30 – 60 cm		60 – 90 cm	
	Mittel	von-bis	Mittel	von-bis	Mittel	von-bis
Sand in %	51,80	46,8-55,2	51,60	39,3-57,3	55,40	41,2-67,0
Schluff in %	33,70	30,1-37,9	31,50	27,1-38,6	27,60	19,7-36,5
Ton in %	14,60	12,0-17,8	16,90	13,7-22,1	17,00	12,7-23,4
Gesamt – C in %	1,40	1,0-1,7	0,90	0,6-1,3	0,06	0,3-0,8
Gesamt – N in %	0,12	0,09-0,15	0,13	0,04-0,9	0,05	0,02-0,08
P in mg/1000 g	61,00	31-91	28,00	4-57	8,00	4-17
K in mg/1000 g	208,00	167-248	232,00	166-324	141,00	83-149
Mg in mg/1000 g	101,00	79-122	50,00	30-80	50,00	30-80
B in mg /1000 g	1,00	0,9-1,1				
pH-Wert	5,90	6,1-6,5	6,00	5,7-6,9	6,10	5,6-6,7
Humusgehalt in %	1,80	1,7-2,2	1,20	0,8-1,7	0,70	0,4-1,0

3.1.5 Versuchsanlage

Das Versuchsfeld Wagna umfasst etwa 40 000 m². Es besteht aus 32 Versuchspartzen zu je 1000 m² und die dazwischen liegenden Fahrgassen.

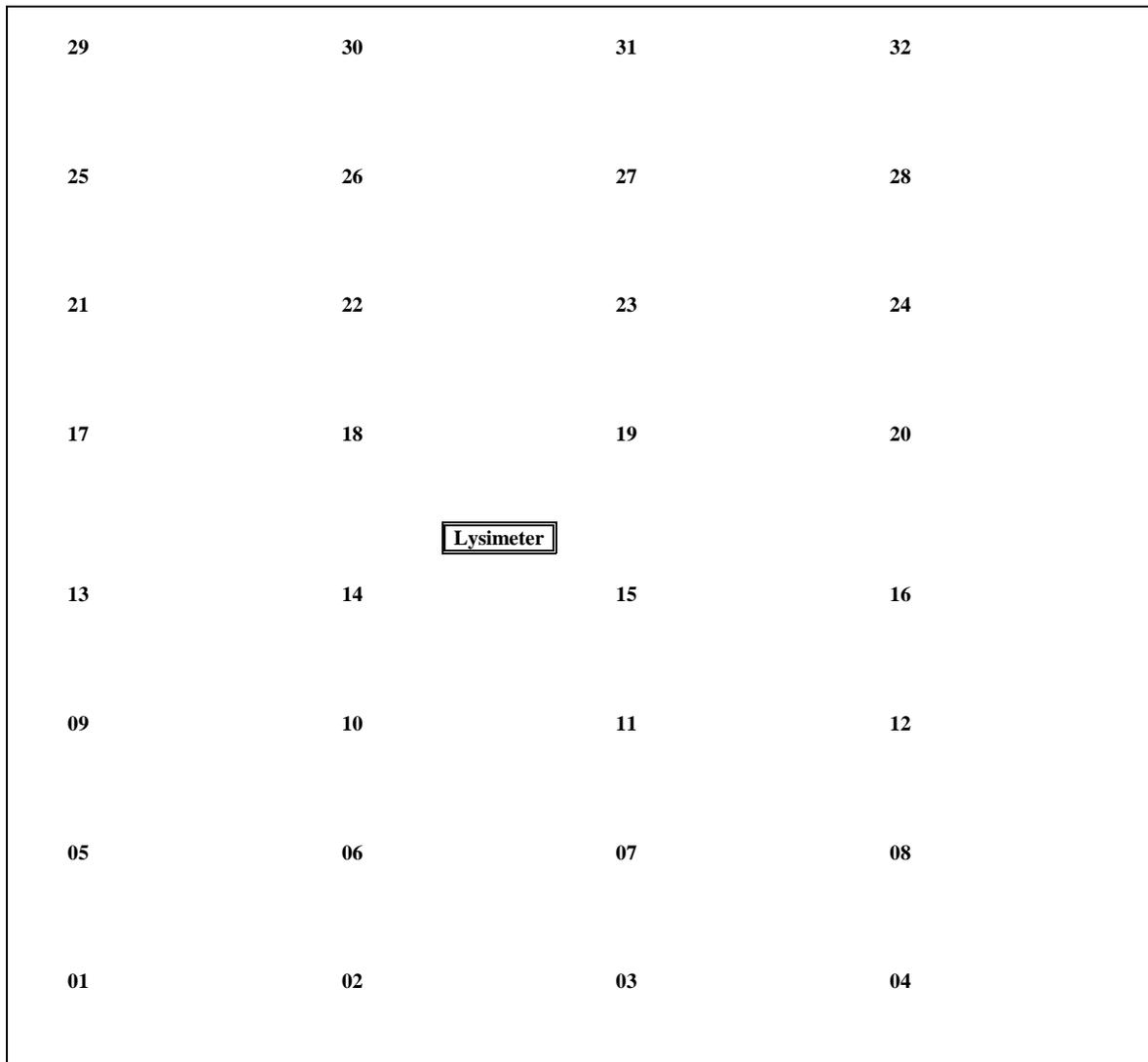


Abbildung 10: Übersicht der Parzellen der Feldversuchsanlage und des Lysimeterstandortes in Wagna

Varianten des Nitratminderungsversuchs von 1998 bis 2003 (6-jährig):

Die Versuchsfläche wurde in 8 Varianten mit jeweils 4 Wiederholungen ortsüblich maschinell bewirtschaftet.

Monokultur Körnermais mit N-Düngungsvarianten:

(Für die Bewertung der Gülle wurde der anrechenbare N = Gesamtstickstoff der Gülle x 0,75 verwendet)

Variante 1:

Körnermais in Monokultur, N-Düngung nach den Empfehlungen der landw.

Umweltberatung **107 kg N/ha**

50 kg/ha N Schweinegülle vor der Saat

57 kg/ha N mineralisch zur Hacke Ende Mai/Anfang Juni

Variante 2:

Körnermais in Monokultur, N-Düngung nach der Sollwertmethode

95 – 145 kg N/ha

0-50 kg/ha N Mineraldünger zum Anbau je nach N_{min} -Gehalt

35 kg/ha N Mineraldünger im Mai

60 kg/ha N Mineraldünger Ende Mai/Anfang Juni

Variante 3:

Körnermais in Monokultur als Standardvariante

175 kg N/ha

70 kg/ha N Schweinegülle vor der Saat

50 kg/ha N mineralisch zum Anbau

55 kg/ha N mineralisch zur Hacke Ende Mai/Anfang Juni

Variante 4:

Körnermais in Monokultur mit optimierter Gülleanwendung

107 kg N/ha

50 kg/ha N Schweinegülle vor der Saat

57 kg/ha N Schweinegülle in den Bestand

Standörtlich – praxisübliche Fruchtfolge:

Variante 5:

Körnermais in der Fruchtfolge nach Kürbis mit Untersaat

107 kg N/ha

Düngung wie Variante 4

Variante 6:

Körnermais in der Fruchtfolge nach Körnermais Variante 5

107 kg N/ha

Düngung wie Variante 4

Variante 7:

Wintergerste mit nachfolgender Gründüngung ohne Leguminosen

50 kg/ha N Schweinegülle im Frühjahr

mineralische Ergänzung nach Beobachtung

Variante 8:

Ölkürbis mit Untersaat aus englischem Raygras

40 kg/ha N Schweinegülle vor dem Anbau

mineralische Ergänzung nach Beobachtung

3.2 Methode

3.2.1 Versuchsdurchführung

Die Versuchsfläche wurde überwiegend von der Landwirtschaftlichen Fachschule Silberberg (Herrn Ing. Georg Fastl, Herrn Josef Pferscher und Mitarbeitern) betreut. Detaillierte Angaben über die Managementmaßnahmen auf den Versuchsflächen, von den Versuchsjahren 1998 – 2003, finden sich im Anhang.

3.2.2 Datenerfassung

Die Daten wurden vom Versuchsreferat Steiermark A-8361 Hatzendorf 181 bereit gestellt (Leiter Dir. DI Dr. Johann Robier).

3.2.3 Statistische Verrechnung

Die statistische Verrechnung der Ergebnisse erfolgte mit dem Statistik-Programm SAS 9.2 für Windows, SAS Enterprise Guide 4.1 (4.1.0.1007). Das Signifikanzniveau der Varianzanalyse und Mittelwertvergleiche bezieht sich auf eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$. Die Dateneingabe für die Erstellung der einzelnen Diagramme erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel.

4 AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE

4.1 Ertrag

4.1.1 Kornertrag bei Mais der Varianten 1 – 6 von 1998 bis 2003

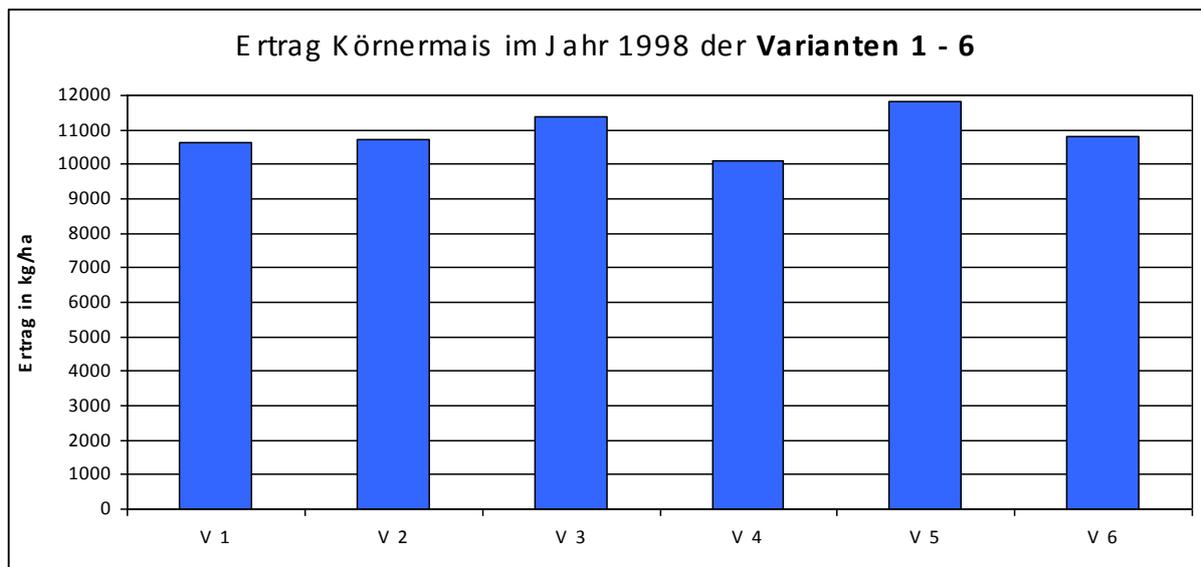


Abbildung 11: Kornertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 1998 der Varianten 1 – 6 (Körnermais)

Ertrag 1998:

Im Jahr 1998 wurde in allen Varianten der höchste Ertrag erzielt, jedoch ist dieses Jahr auszuschließen, weil 1998 als Übergangsjahr von der alten in die neue Versuchsreihe gesehen werden muss.

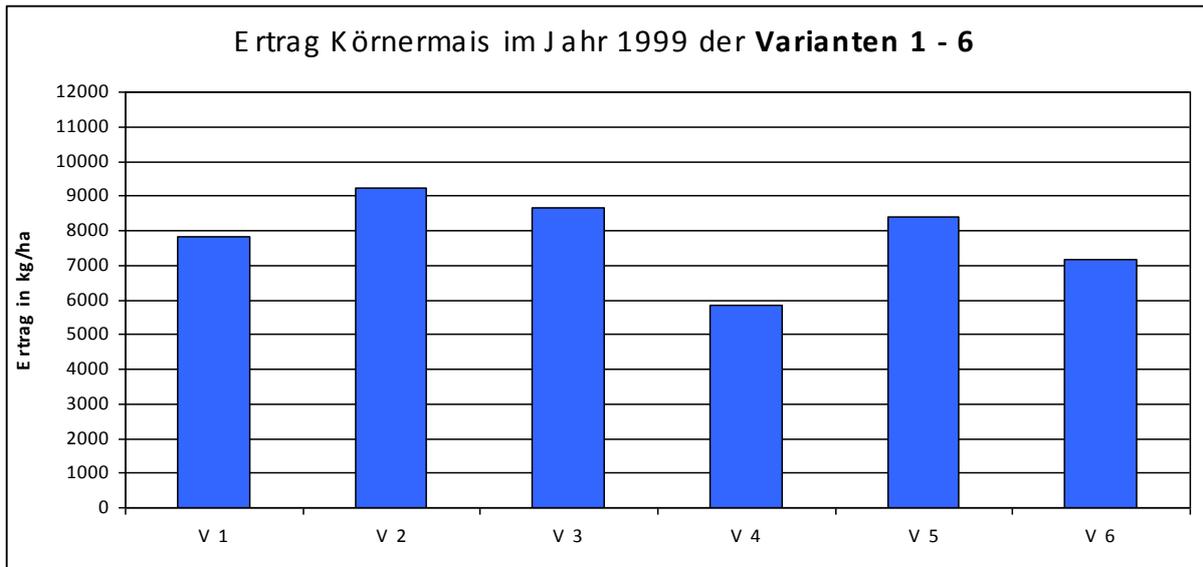


Abbildung 12: Körnerertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 1999 der Varianten 1 – 6 (Körnermais)

Ertrag 1999:

Die Variante 2 mit einer Mineralstickstoffmenge in diesem Jahr von 167 kg/ha, geteilt in drei Gaben, hatte mit 9211 kg/ha den höchsten Ertrag aller Varianten erzielt. Gefolgt von Variante 3 mit einer Stickstoffdüngung in drei Teilgaben von 189 kg/ha, wobei 72 kg/ha N aus der Gülle errechnet worden sind. Im Gegensatz zur Variante 4 Monokultur mit reiner Gülledüngung in zwei Gaben von insgesamt 88 kg/N in diesem Jahr und dem niedrigsten Ertrag von 5853 kg/ha, fiel die Fruchtfolgevariante 5 bei gleicher Düngung (in diesem Jahr insgesamt 111 kg/ha N) mit einem Ertrag von 8411 kg/ha deutlich besser aus.

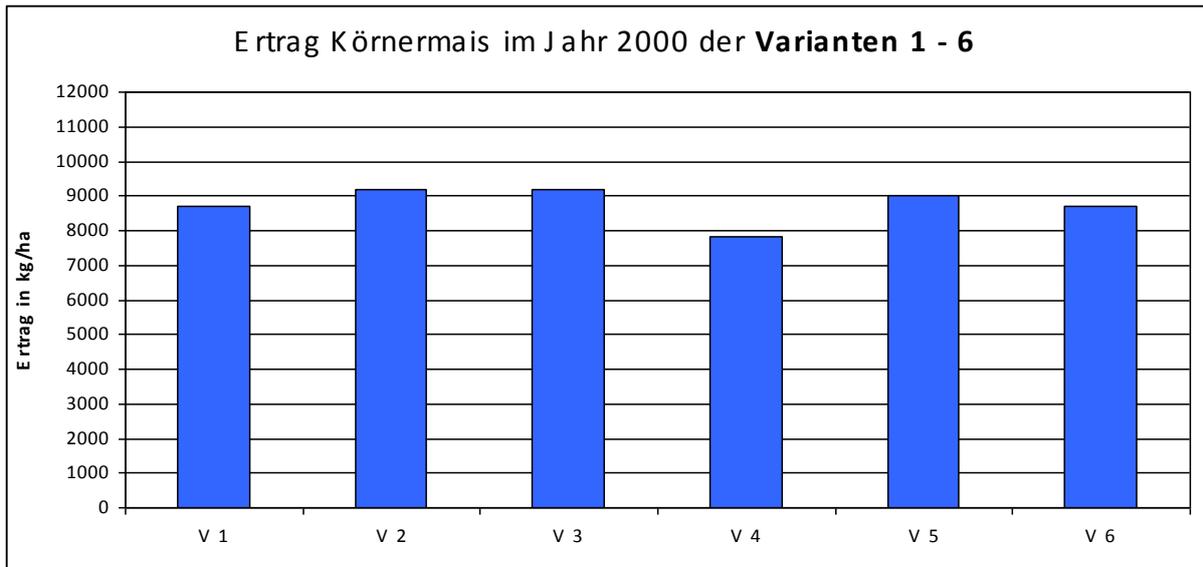


Abbildung 13: Körnertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 2000 der Varianten 1 – 6 (Körnermais)

Ertrag 2000:

In diesem Jahr entsprachen die Düngergaben ziemlich genau den vorgegebenen Richtwerten der einzelnen Varianten und alle Varianten, bis auf Variante 4, wiesen einen Ertrag von knapp unter bzw. über 9000 kg/ha auf. Variante 4 lag mit 7845 kg/ha Ertrag zurück. Mitte Juni gab es einen Hagelschlag, der ca. 35 % Schaden verursachte.

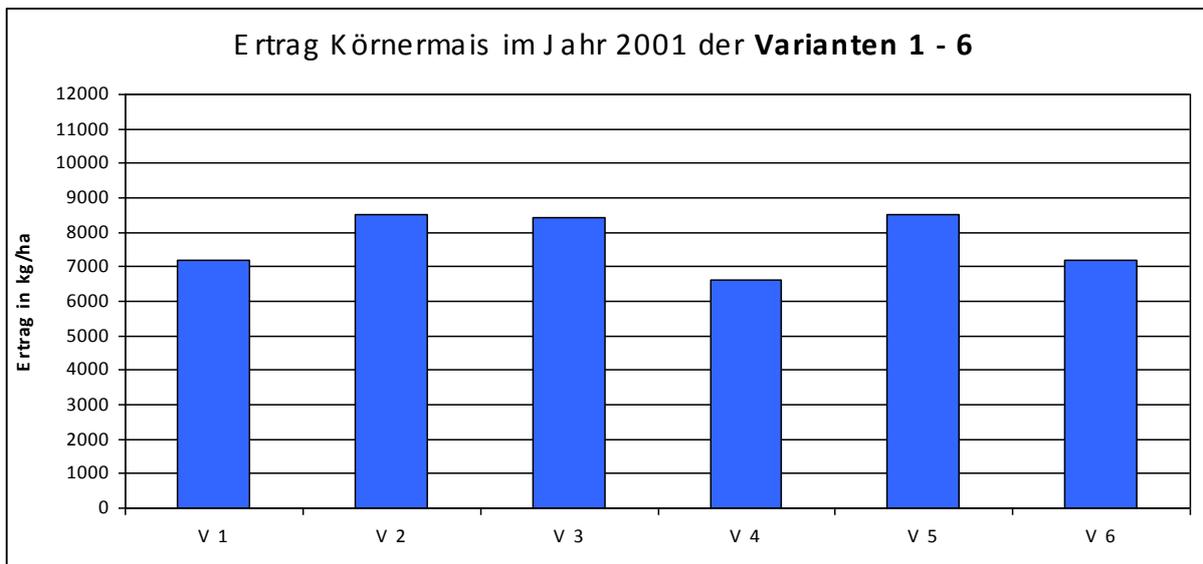


Abbildung 14: Körnertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 2001 der Varianten 1 – 6 (Körnermais)

Ertrag 2001:

Die Varianten 2, 3 und 5 mit Düngergaben von 146 kg, 188 kg und 124 kg/ha N in diesem Jahr, brachten einen durchschnittlichen Ertrag von ca. 8500 kg/ha. Variante 4 wies wieder den niedrigsten Ertrag mit 6618 kg/ha, bei einer Gülledüngung von insgesamt 117 kg/ha anrechenbarem Stickstoff, auf. Die Varianten 1 und 6 wiesen einen ähnlich niedrigen Kornertrag von 7170 und 7197 kg/ha auf, wobei in Variante 1 (Maismonokultur) 110 kg/ha N (davon 50 kg/ha anrechenbarer N aus Schweinegülle) gegeben wurden und in Variante 6 (Fruchtfolge) 119 kg/ha N (100 % anrechenbarer N aus Schweinegülle) ausgebracht wurden.

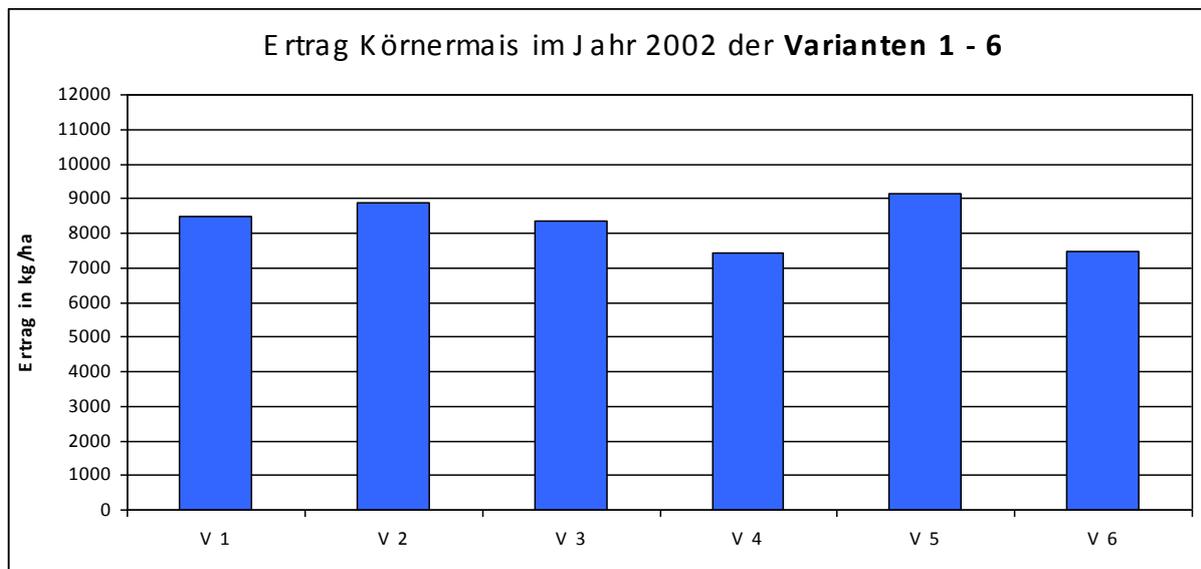


Abbildung 15: Kornertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 2002 der Varianten 1 – 6 (Körnermais)

Ertrag 2002:

Die Variante 5 (Fruchtfolge) hatte in diesem Jahr den höchsten Ertrag mit 9124 kg/ha und das bei einer reinen Gülledüngung von 102 kg/ha in zwei Teilgaben. Variante 4 (Monokultur) stand wieder am letzten Platz mit 7411 kg/ha Ertrag bei gleicher Düngung wie Variante 5. Auch Variante 6 fiel bei gleicher Düngung mit einem Ertrag von 7468 kg/ha niedrig aus. Variante 3 hatte mit 194 kg/ha N die höchste Stickstoffzufuhr erhalten und dabei einen Ertrag von 8363 kg/ha erzielt. In Jahr 2002 gab es in den Monaten Mai, Juni und Juli im Vergleich zum langjährigen Mittel fast um die Hälfte weniger Niederschlag.

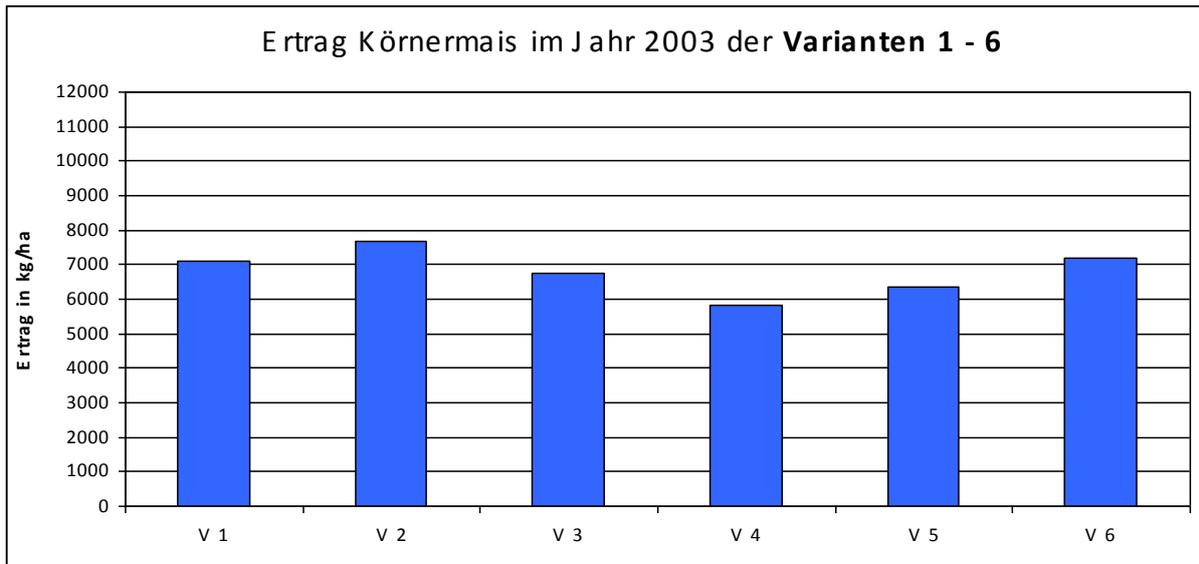


Abbildung 16: Kornertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 2003 der Varianten 1 – 6 (Körnermais)

Ertrag 2003:

Das Jahr 2003 war ein sehr trockenes Jahr und auch die Erträge aller Varianten lagen unter dem Durchschnitt. Variante 2 erzielte mit 7689 kg/ha den höchsten Kornertrag, bei einer Mineralstickstoffmenge von 145 kg/ha in drei Teilgaben. Variante 6 lag mit reiner Gülledüngung von errechnetem 134 kg/ha N in zwei Teilgaben mit einem Ertrag von 7184 kg/ha nur geringfügig darunter. Variante 4 erreichte mit 5837 kg/ha bei einer Gülledüngung von 134 kg/ha in zwei Teilgaben wieder den niedrigsten Kornertrag.

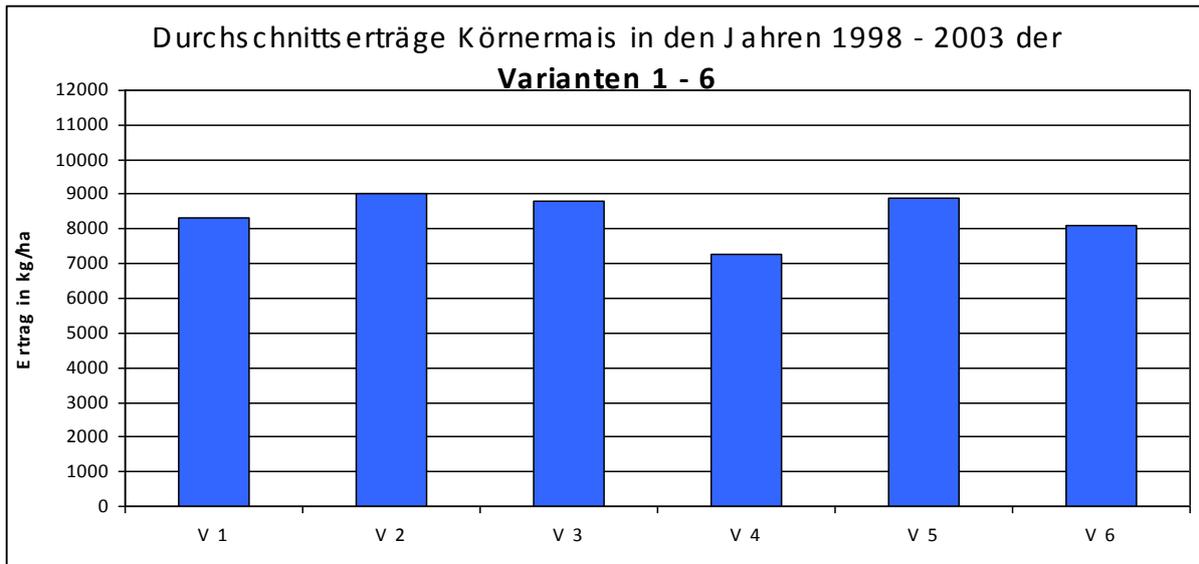


Abbildung 17: Durchschnittskornerträge bei Mais in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) in den Jahren 1998 – 2003 der Varianten 1 – 6 (Körnermais)

Bei den Durchschnittserträgen von Körnermais der Varianten 1 – 6 in den Jahren 1998 bis 2003 lagen die Varianten 2, 3 und 5 mit ca. 9000 kg/ha Ertrag am höchsten, die Varianten 1 und 6 erzielten einen Ertrag von etwas über 8000 kg/ha und Variante 4 lag mit knapp über 7000 kg/ha an letzter Stelle. Die Varianzanalyse der Körnermaiserträge konnte, bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$, keinen signifikanten Einfluss der Jahre feststellen. Die Varianzanalyse bestätigte den signifikanten Einfluss der Varianten auf den Körnermaisertrag.

Tabelle 4: Ergebnisse der Varianzanalyse; Faktor = Jahr

Covariance Parameter Estimates					
Kov.Parm	Quotient	Schätzwert	Standardfehler	Z-Wert	Pr > Z
Jahr	2.9702	1921803	1232510	1.56	0.0595
Residual	1.0000	647027	79344	8.15	<.0001

Tabelle 5: Ergebnisse der Varianzanalyse, Faktor = Variante

Typ 3 Tests der festen Effekte				
Effekt	Zähler Freiheitsgrade	Nenner Freiheitsgrade	F-Statistik	Pr > F
Variante	5	133	15.82	<.0001

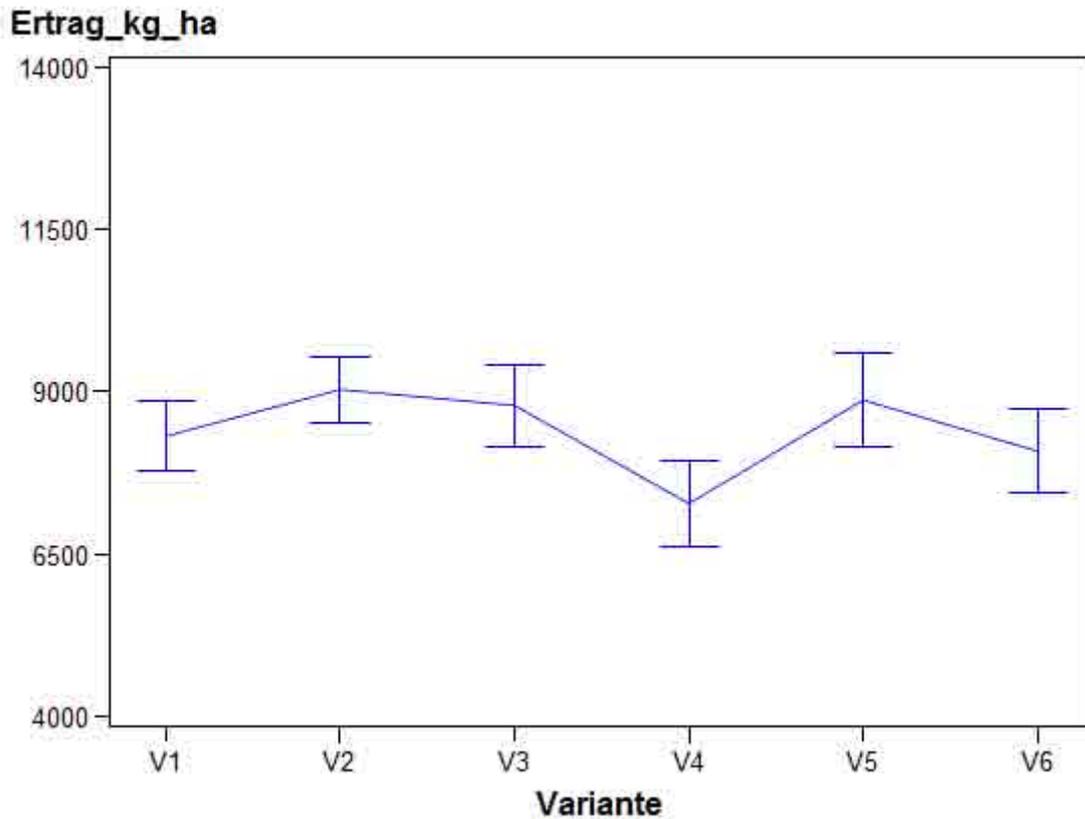


Abbildung 18: Mittelwerte der Maiskornträge der Varianten 1 – 6

In der folgenden Tabelle 6 ist der signifikante Unterschied der Varianten untereinander abzulesen:

Variante 1 zeigte einen signifikanten Unterschied zu den Varianten 2, 3, 4 und 5.

Variante 2 wies einen signifikanten Unterschied zu den Varianten 1, 4 und 6 auf.

Variante 3 unterschied sich signifikant von den Varianten 1, 4 und 6.

Variante 4 ließ sich von allen Varianten signifikant unterscheiden.

Variante 5 unterschied sich signifikant von den Varianten 1, 4 und 6.

Variante 6 ließ sich von den Varianten 2, 3, 4 und 5 signifikant unterscheiden.

Tabelle 6: Ergebnisse der Varianzanalyse der Varianten 1 – 6; gemischtes Modell, Fester Faktor = Variante (1 – 6), zufällige Faktoren = Jahr; Mittelwertsvergleiche der Varianten

Differenzen Kleinste-Quadrate-Mittelwerte									
Effekt	Variante	Variante	Schätzwert	Standardfehler	DF	t-Wert	Pr > t	Korrektur	Adj P
Variante	V1	V2	-717.42	232.20	133	-3.09	0.0024	Tukey-Kramer	0.0288
Variante	V1	V3	-473.13	232.20	133	-2.04	0.0436	Tukey-Kramer	0.3269
Variante	V1	V4	1036.08	232.20	133	4.46	<.0001	Tukey-Kramer	0.0002
Variante	V1	V5	-554.79	232.20	133	-2.39	0.0183	Tukey-Kramer	0.1675
Variante	V1	V6	227.96	232.20	133	0.98	0.3280	Tukey-Kramer	0.9230
Variante	V2	V3	244.29	232.20	133	1.05	0.2947	Tukey-Kramer	0.8991
Variante	V2	V4	1753.50	232.20	133	7.55	<.0001	Tukey-Kramer	<.0001
Variante	V2	V5	162.62	232.20	133	0.70	0.4849	Tukey-Kramer	0.9816
Variante	V2	V6	945.37	232.20	133	4.07	<.0001	Tukey-Kramer	0.0011
Variante	V3	V4	1509.21	232.20	133	6.50	<.0001	Tukey-Kramer	<.0001
Variante	V3	V5	-81.6667	232.20	133	-0.35	0.7256	Tukey-Kramer	0.9993
Variante	V3	V6	701.08	232.20	133	3.02	0.0030	Tukey-Kramer	0.0352
Variante	V4	V5	-1590.88	232.20	133	-6.85	<.0001	Tukey-Kramer	<.0001
Variante	V4	V6	-808.13	232.20	133	-3.48	0.0007	Tukey-Kramer	0.0087
Variante	V5	V6	782.75	232.20	133	3.37	0.0010	Tukey-Kramer	0.0123

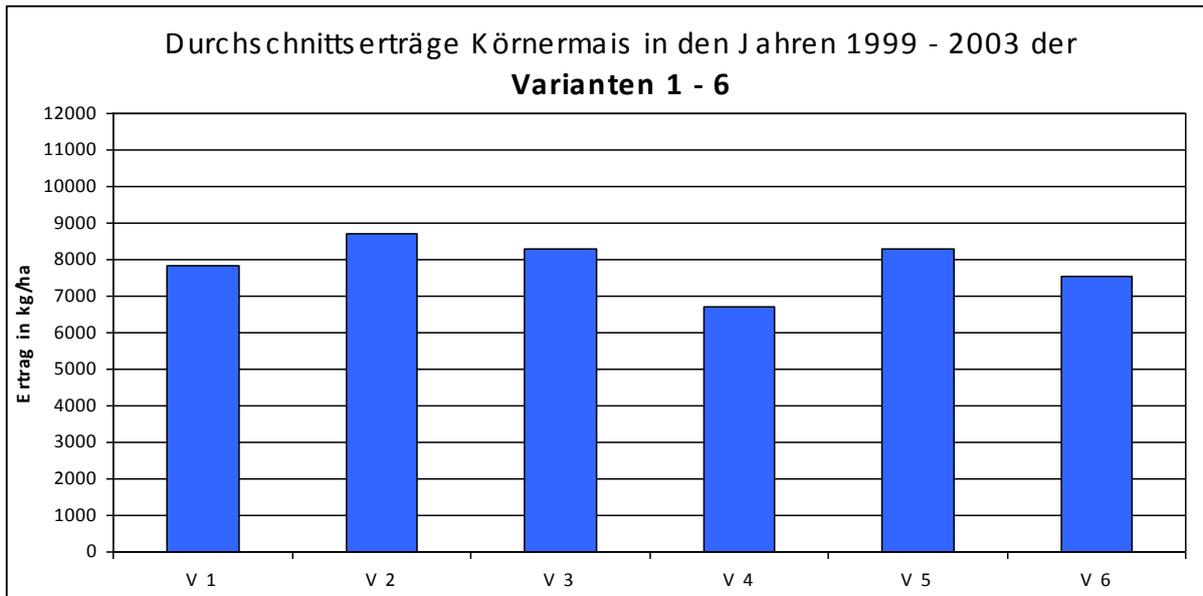


Abbildung 19: Durchschnittskornerträge bei Mais in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) in den Jahren 1999 – 2003 der Varianten 1 – 6 (Körnermais)

Bei Beurteilung ohne das Jahr 1998, welches als Übergangsjahr von der ersten auf die zweite Versuchsreihe des Großparzellenversuches in Wagna angenommen werden kann, lagen die Durchschnittserträge von Körnermais der Varianten 1 – 6 um bis zu 592 kg/ha Kornertrag unter den Durchschnittserträgen mit dem Jahr 1998. Die Stellung der Varianten untereinander blieb jedoch gleich.

4.1.2 Körnerträge bei Wintergerste der Variante 7 in den Jahren 1998 bis 2003

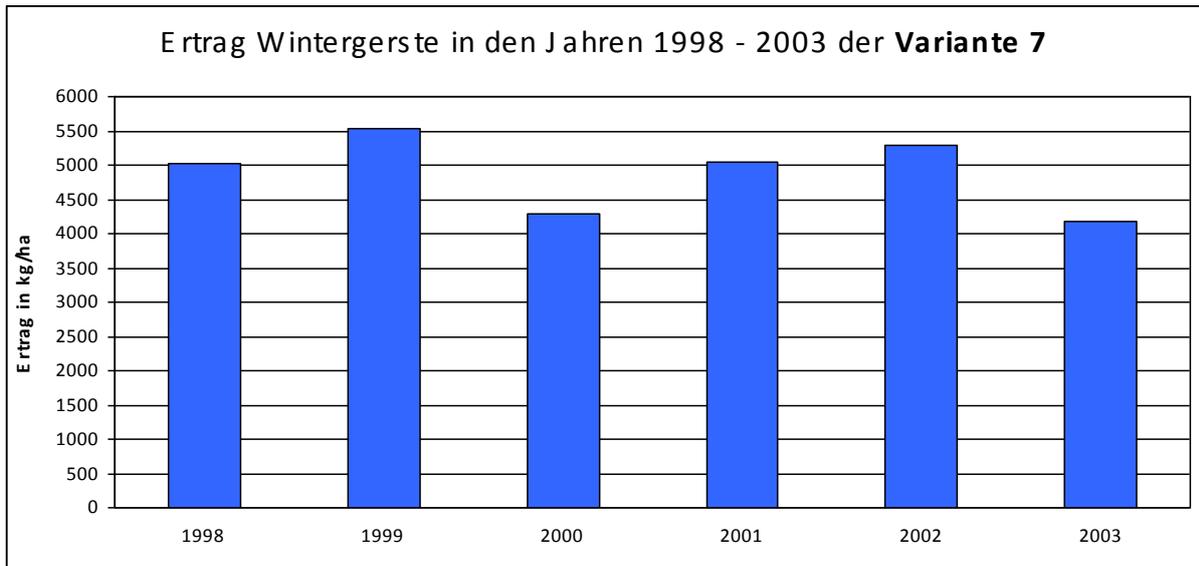


Abbildung 20: Körnertrag bei Wintergerste in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) in den Jahren 1998 – 2003 der Variante 7

Die Wintergerste als Teil der Fruchtfolge brachte einen durchschnittlichen Ertrag von 4892 kg/ha. Im Jahr 1999 war der Ertrag mit 5532,5 kg/ha am höchsten und im Jahr 2003 fiel der Ertrag mit 4183 kg/ha am geringsten aus. Die Varianzanalyse ergab einen signifikanten Einfluss der Jahre, jedoch konnten die Mittelwerte nicht signifikant unterschieden werden.

Tabelle 7: Ergebnisse der einfachen Varianzanalyse Wintergerste Körnertrag, Faktor = Jahr

Quelle	DF	Summe der Quadrate	Mittleres Quadrat	F-Statistik	Pr > F
Modell	5	5841935.33	1168387.07	2.79	0.0489
Fehler	18	7530650.00	418369.44		
Korrigierte Summe	23	13372585.33			

Tabelle 8: Ergebnisse der einfachen Varianzanalyse, Faktor = Jahr

Quelle	DF	Anova SS	Mittleres Quadrat	F-Statistik	Pr > F
Jahr	5	5841935.333	137171.2667	2.79	0.0489

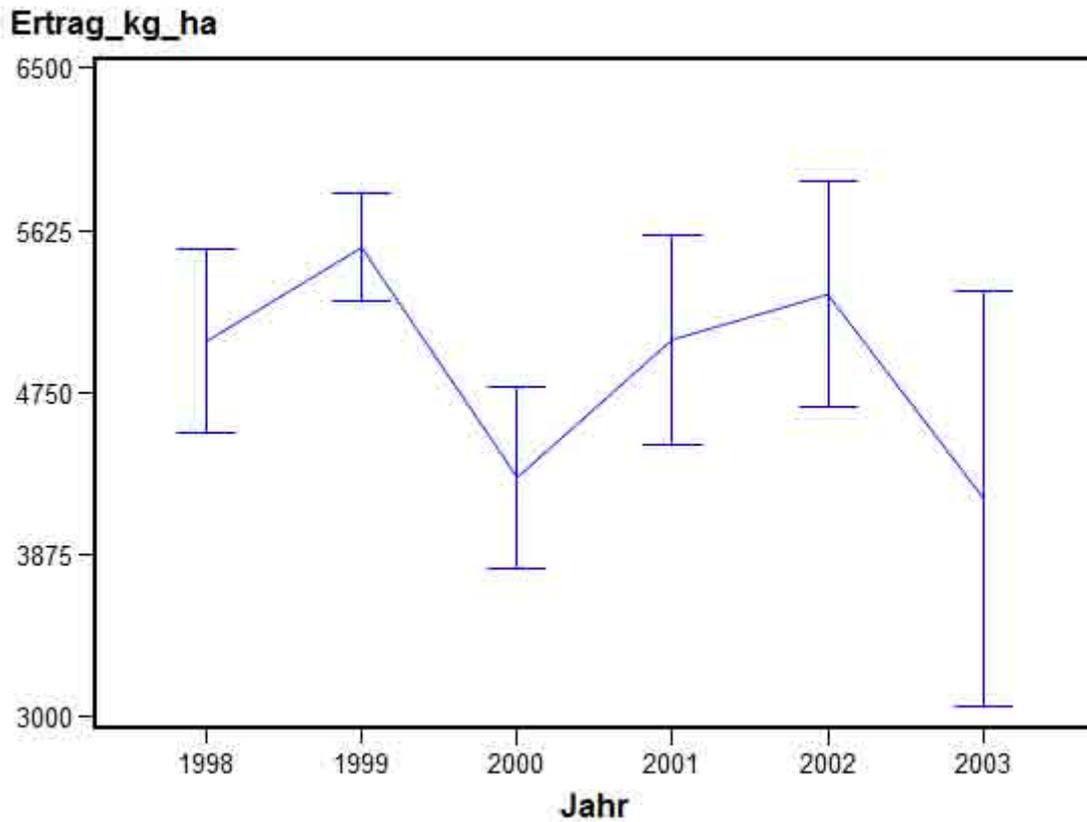


Abbildung 21: Mittelwerte der Kornerträge bei Wintergerste der Variante 7 (1998 – 2003)

Tabelle 9: Mittelwerte der Kornerträge bei Wintergerste der Variante 7 (1998 – 2003)

Mittelwerte mit demselben Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.			
Tukey Gruppierung	Mittelwert	N	Jahr
A	5532.5	4	1999
A			
A	5279.3	4	2002
A			
A	5037.0	4	2001
A			
A	5027.8	4	1998
A			
A	4293.3	4	2000
A			
A	4183.3	4	2003

4.1.3 Erträge bei Ölkürbis der Variante 8 in den Jahren 1998 bis 2003

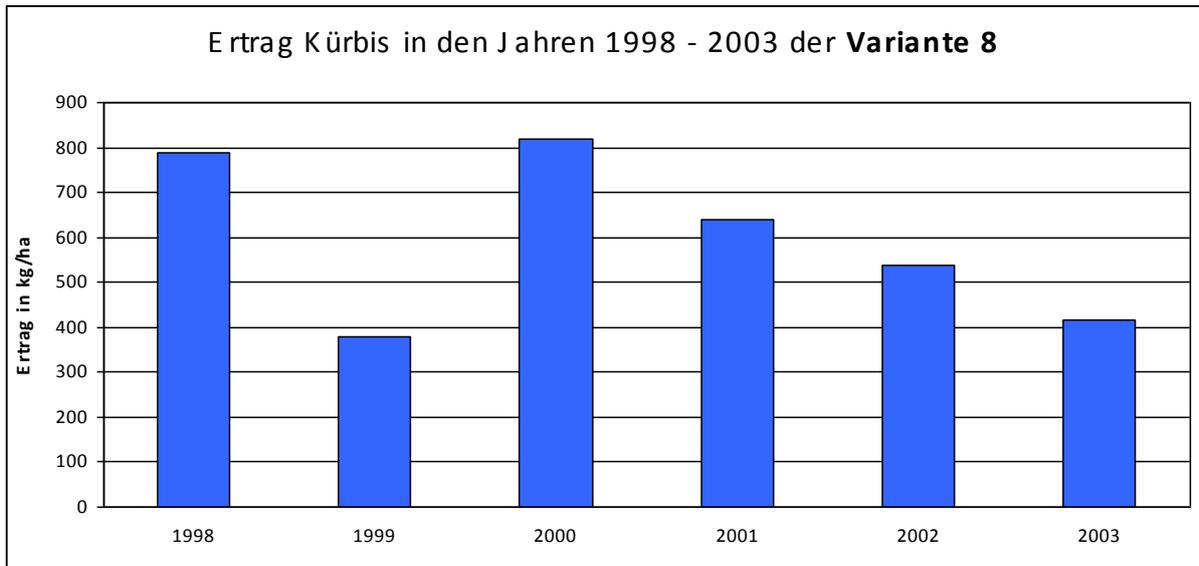


Abbildung 22: Kernertrag in kg/ha bei Ölkürbis (bezogen auf 8 % Wassergehalt) in den Jahren 1998 – 2003 der Variante 8 (Kürbis)

Der Ölkürbis war Teil der standortüblichen Fruchtfolge und brachte einen sehr unregelmäßigen Ertrag. Im Jahr 2000 war der Kernertrag mit 820 kg/ha am höchsten und im Jahr 1999 war der Ertrag mit 380,5 kg/ha am niedrigsten. Der durchschnittliche Ertrag lag bei 598 kg/ha. Die Varianzanalyse ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Jahren. Die Mittelwerte der Erträge in Tabelle 12 mit demselben Buchstaben waren mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % statistisch nicht unterscheidbar.

Tabelle 10: Ergebnisse der einfachen Varianzanalyse Ertrag bei Ölkürbis, Faktor = Jahr

Quelle	DF	Summe der Quadrate	Mittleres Quadrat	F-Statistik	Pr > F
Modell	5	685856.3333	137171.2667	10.69	<.0001
Fehler	18	230885.0000	12826.9444		
Korrigierte Summe	23	916741.3333			

Tabelle 11: Ergebnisse der einfachen Varianzanalyse Ertrag bei Ölkürbis, Faktor = Jahr

Quelle	DF	Anova SS	Mittleres Quadrat	F-Statistik	Pr > F
Jahr	5	685856.3333	137171.2667	10.69	<.0001

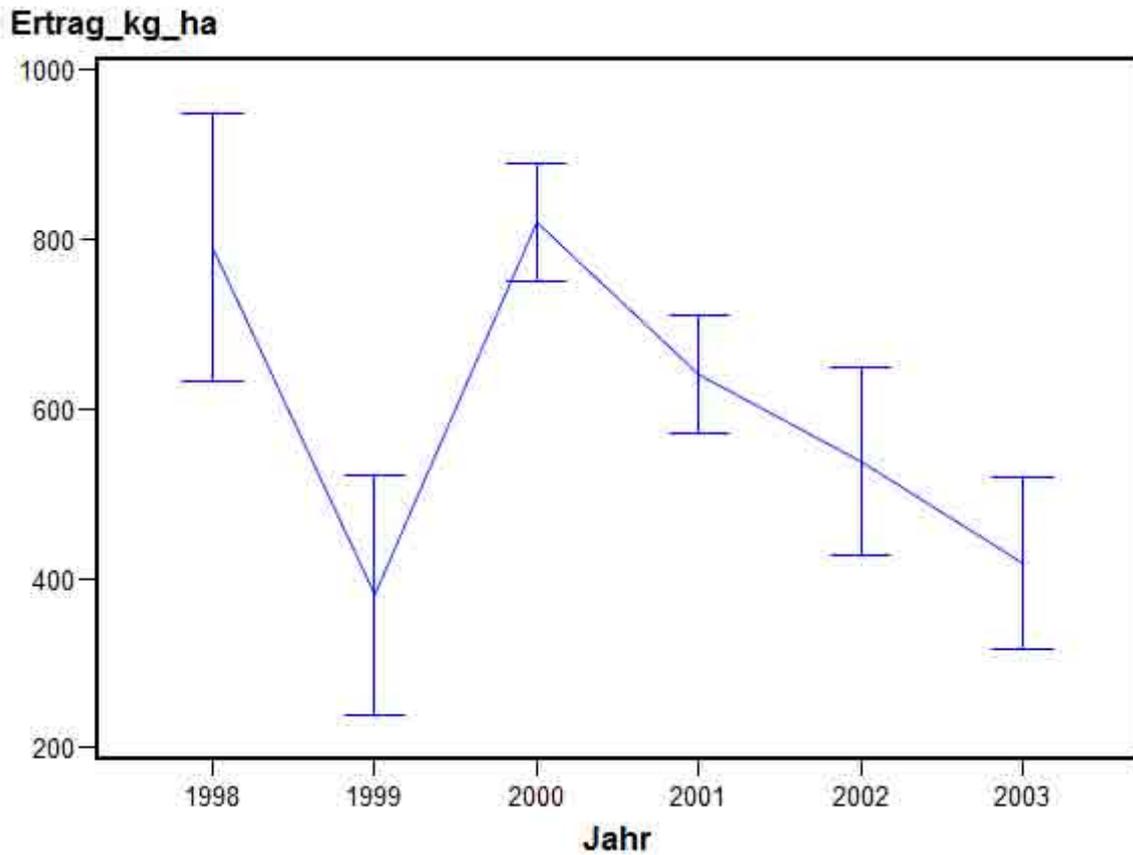


Abbildung 23: Mittelwerte der Kernerträge bei Ölkürbis der Variante 8 (1998 – 2003)

Tabelle 12: Mittelwerte der Kernerträge bei Ölkürbis der Variante 8 (1998 – 2003)

Mittelwerte mit demselben Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.					
Tukey Gruppierung			Mittelwert	N	Jahr
	A		820.25	4	2000
	A				
B	A		789.75	4	1998
B	A				
B	A	C	640.25	4	2001
B		C			
B	D	C	537.75	4	2002
	D	C			
	D	C	417.50	4	2003
	D				
	D		380.50	4	1999

4.2 N-min – Verlauf

4.2.1 N_{min}-Gehaltswerte im Boden der Varianten 1 – 8 in den Jahren 1998 bis 2003

Jährlich wurden von allen Parzellen vier- bis fünfmal Bodenproben in den Tiefen 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm gezogen und auf mineralisierten Stickstoffgehalt untersucht. Die Abbildungen 24 – 31 geben einen Einblick in die Stickstoffdynamik der einzelnen Bodenschichten.

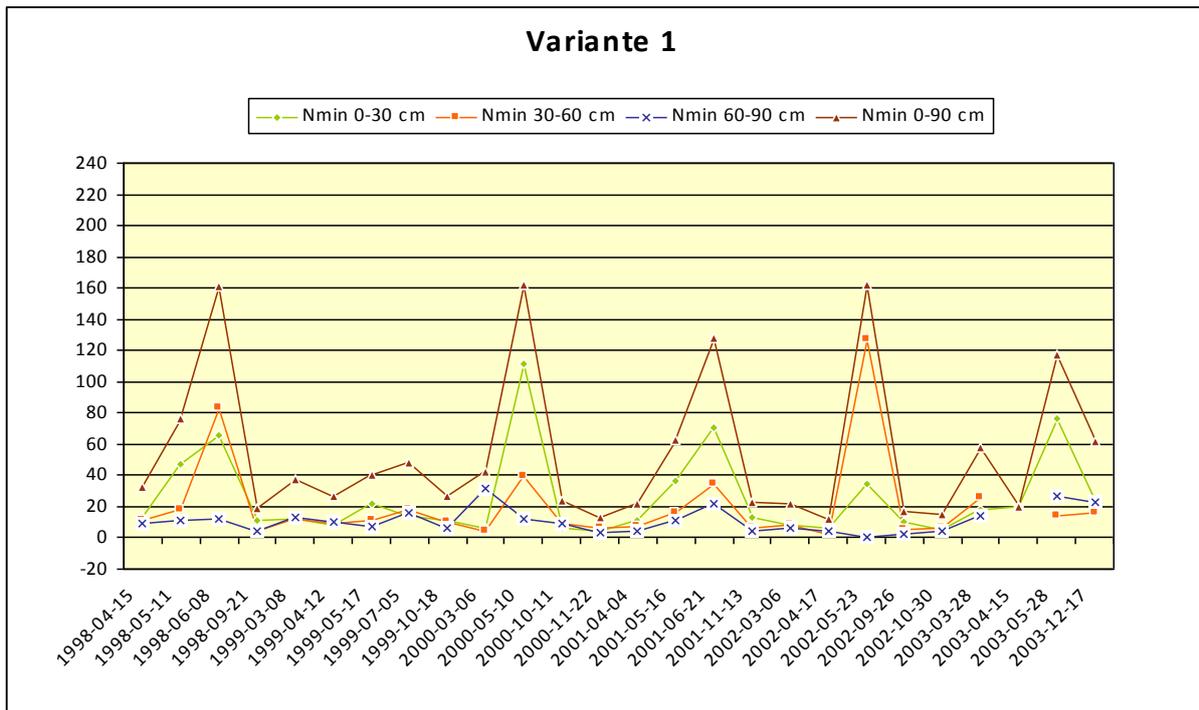


Abbildung 24: Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 1

In **Variante 1** lagen in den Jahren 1998 und 2002 die N_{min}-Gehalte in der Bodenschicht 30 – 60 cm über den N_{min}-Werten der ersten Bodenschicht. Im Jahr 2002 wurde im Bodenbereich 60 – 90 cm der niedrigste N-Gehalt gemessen. Die höchsten Werte des Gesamtstickstoffes waren bei ca. 160 kg/ha.

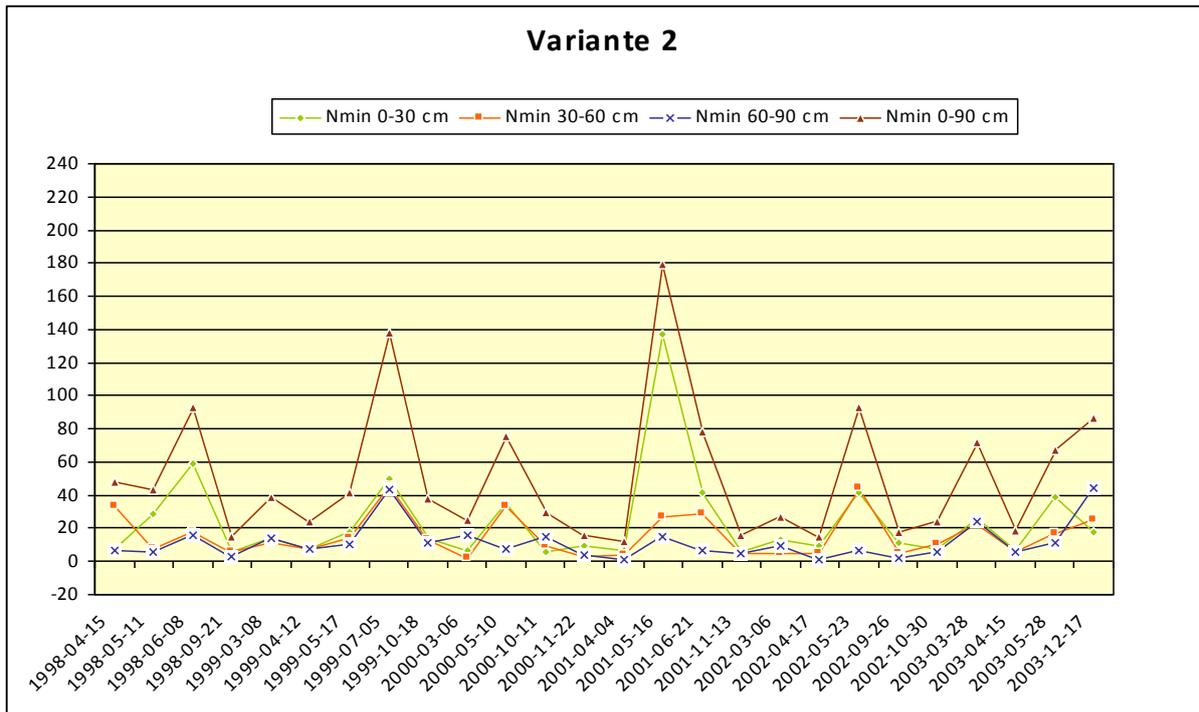


Abbildung 25: Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 2

In **Variante 2** war in den Jahren 1999 und 2003 der Gesamtstickstoff gleichmäßig auf alle drei Bodenschichten verteilt und in den Jahren 1998 und 2001 überwiegte der N_{min} -Wert der ersten Bodenschicht deutlich. Der höchste Wert lag bei 180 kg/ha Gesamtstickstoff im Mai 2001.

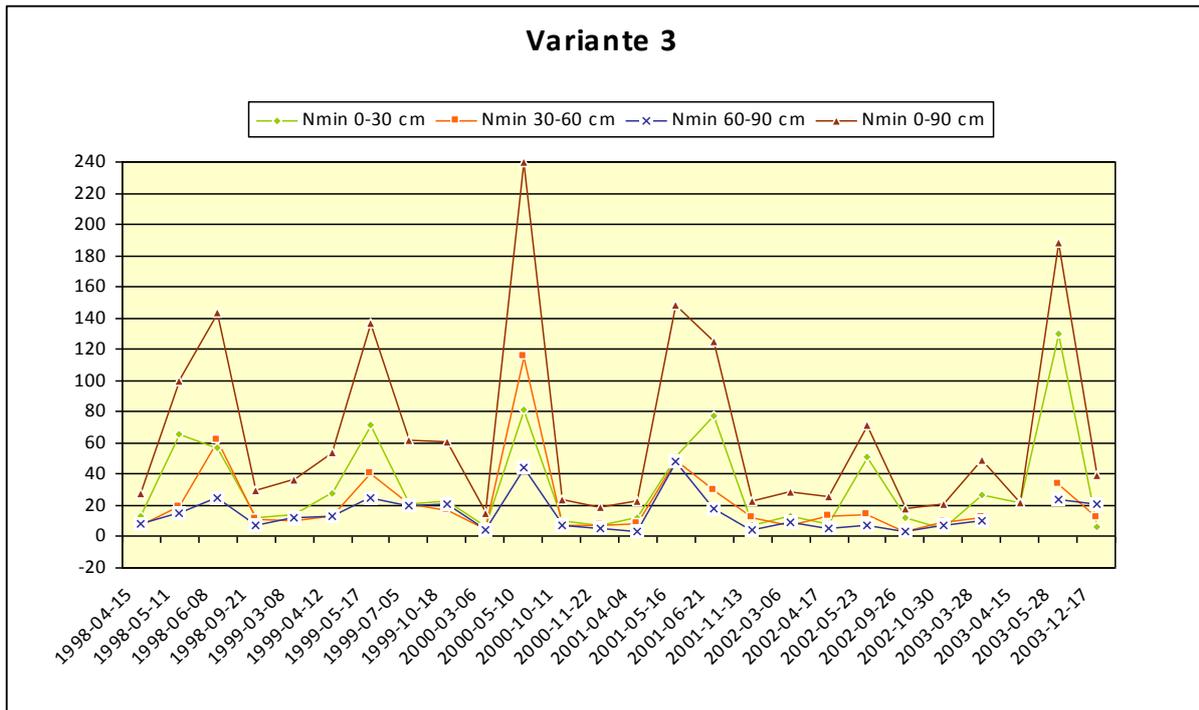


Abbildung 26: Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 3

In **Variante 3** lagen im Jahr 2000 in der Bodenschicht 30 – 60 cm und in der Bodenschicht 60 – 90 cm erhöhte N_{min} -Werte vor sowie auch im Jahr 2001. In den Jahren 1998 und 1999 war der Gesamtstickstoff ungefähr gleichmäßig auf alle drei Bodenschichten verteilt. Der höchste Wert lag bei ca. 240 kg/ha Gesamtstickstoff im Mai 2000.

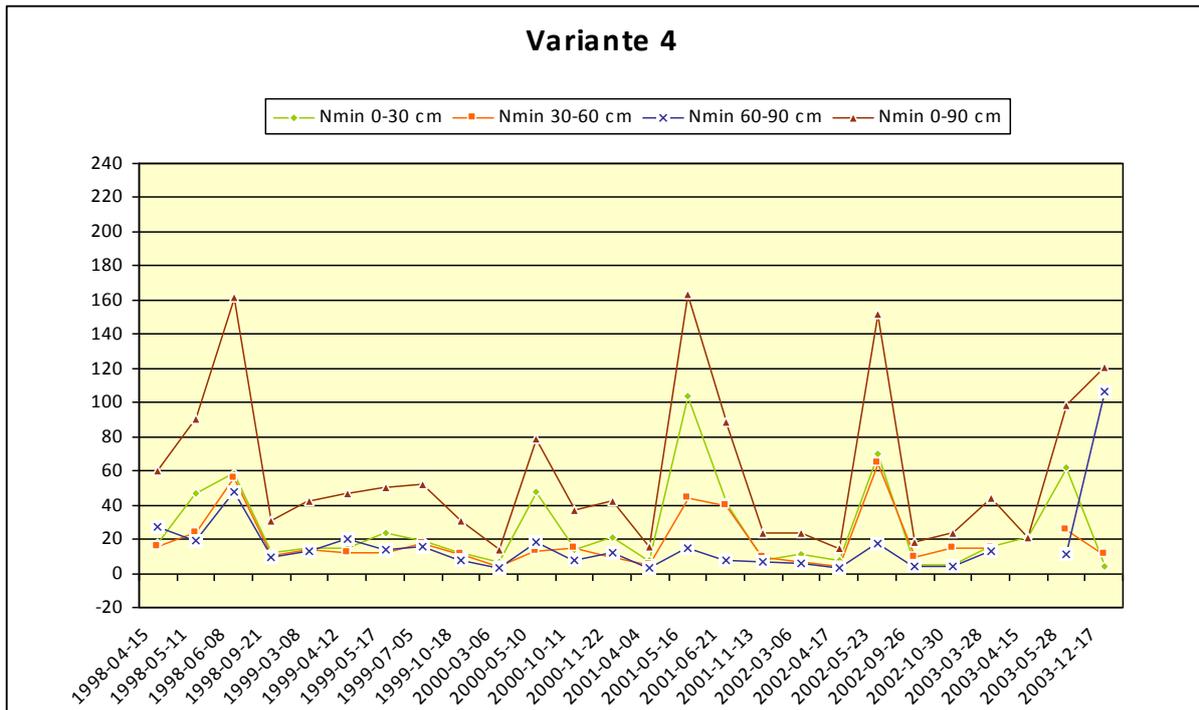


Abbildung 27: Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 4

In **Variante 4** lag der Gesamtstickstoff im Jahr 1999 unter 60 kg/ha und war auf alle drei Bodenschichten beinahe gleichmäßig verteilt. In den Jahren 2001 und 2002 überwogen die N_{min}-Gehalte der ersten beiden Bodenschichten. 2003 wurden extrem hohe N_{min}-Gehalte in der Bodenschicht 60 – 90 cm gefunden. Die höchsten Werte lagen bei ca. 160 kg/ha Gesamtstickstoff in den Jahren 1998, 2001 und 2002.

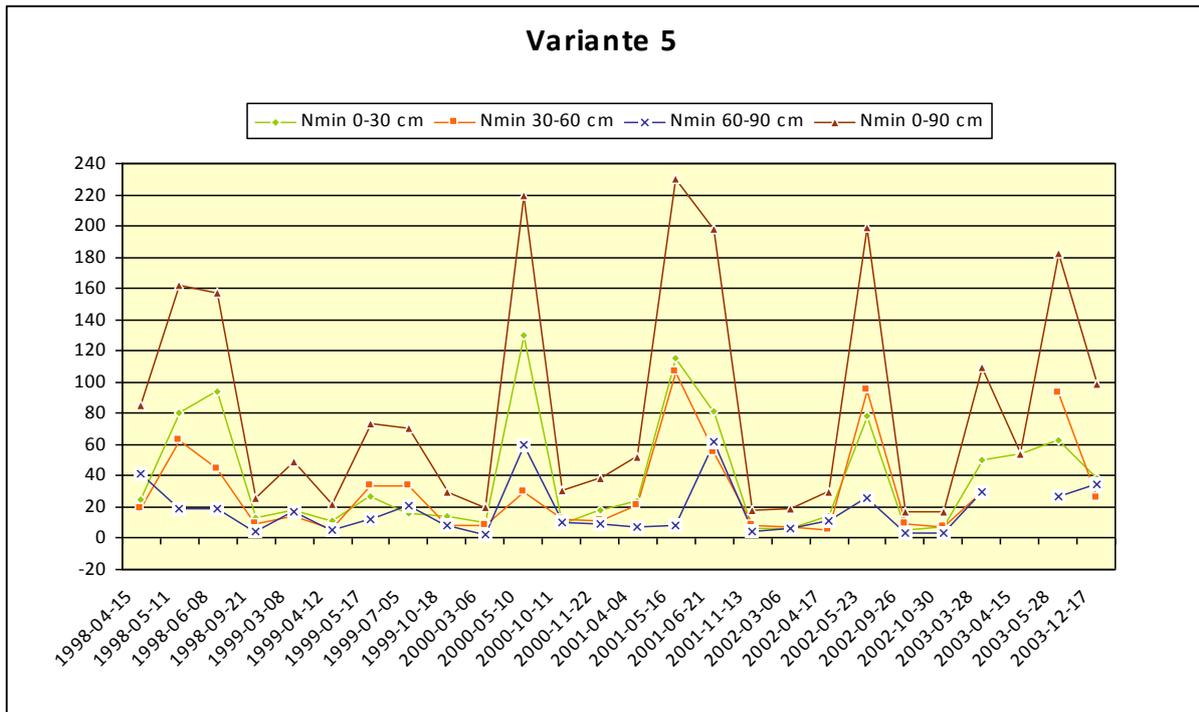


Abbildung 28: Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 5

In **Variante 5** verliefen im Jahr 1998 die N_{\min} -Werte parallel zum Gesamtstickstoff. Im Jahr 1999 waren die Gehalte übers Jahr gleichmäßig in den drei Bodenschichten verteilt und der höchste Wert des Gesamtstickstoffes lag bei knapp über 70 kg/ha. In allen übrigen Jahren überstieg der Gesamtstickstoff 160 kg/ha und der höchste Wert lag über bei 230 kg/ha im Mai 2001. In den Jahren 2001, 2002 und 2003 waren die N_{\min} -Werte der Bodenschicht 30 – 60 cm sehr dominant. Und 2000 und 2001 lagen die N_{\min} -Werte der dritten Bodenschicht von 60 – 90 cm bei 60 kg/ha.

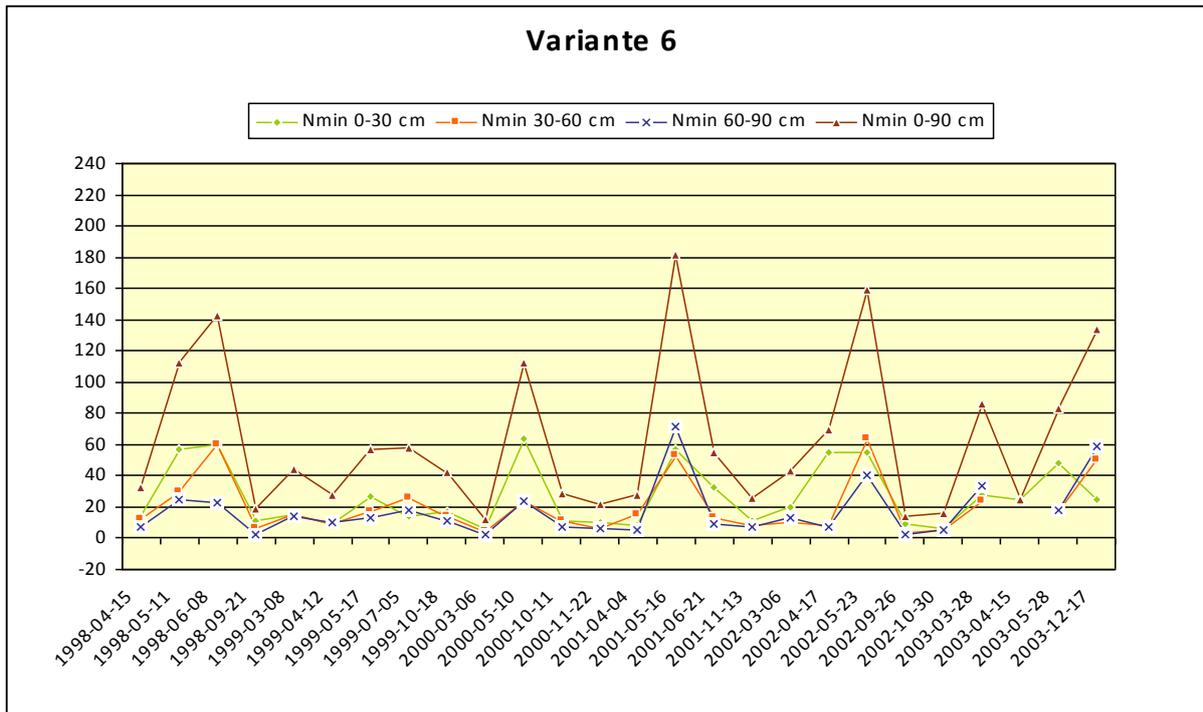


Abbildung 29: Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 6

In **Variante 6** lagen die höchsten Werte bei 140 – 180 kg/ha Gesamtstickstoff in den Jahren 1998, 2001 und 2002. Der Verlauf der N_{min}-Werte war der Variante 5 sehr ähnlich.

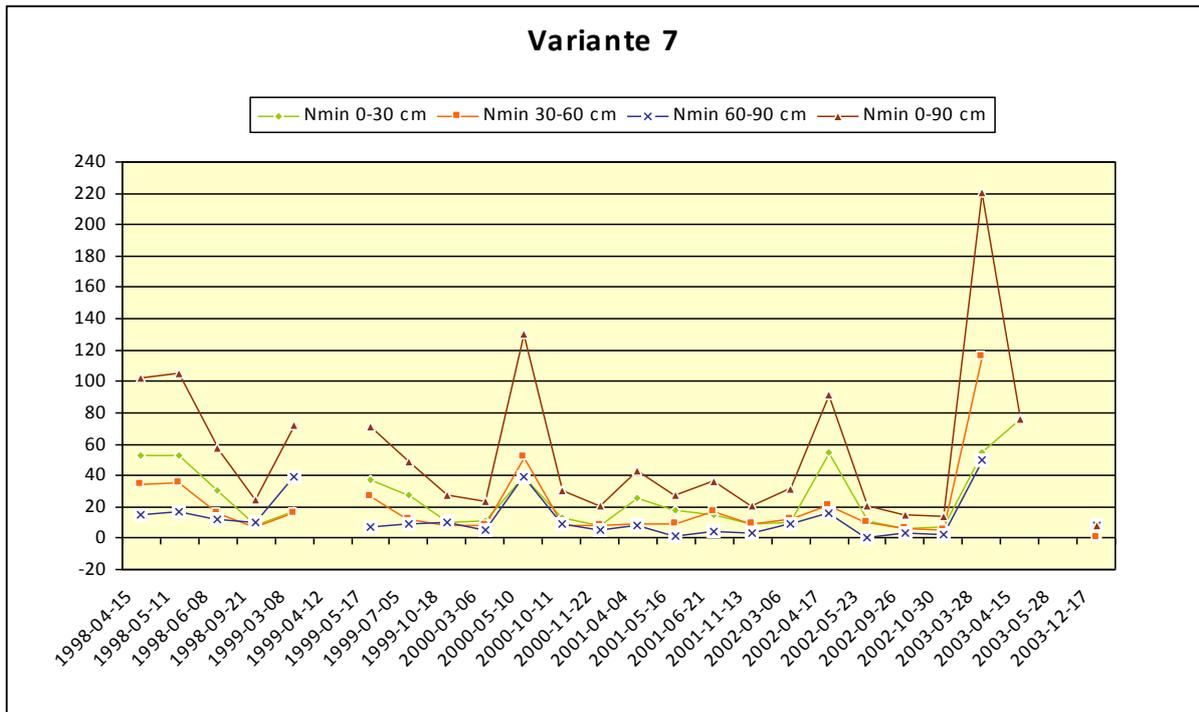


Abbildung 30: Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 7

In **Variante 7** verliefen in den Jahren 1998 und 1999 die N_{min} -Werte parallel zum Gesamtstickstoff. Im Jahr 2000 waren die Gehalte gleichmäßig in den drei Bodenschichten verteilt und im Jahr 2001 lag der höchste Wert des Gesamtstickstoffes bei knapp über 40 kg/ha. Der insgesamt höchste N_{min} -Wert des Gesamtstickstoffes der Variante 7 lag bei ca. 220 kg/ha im März 2003.

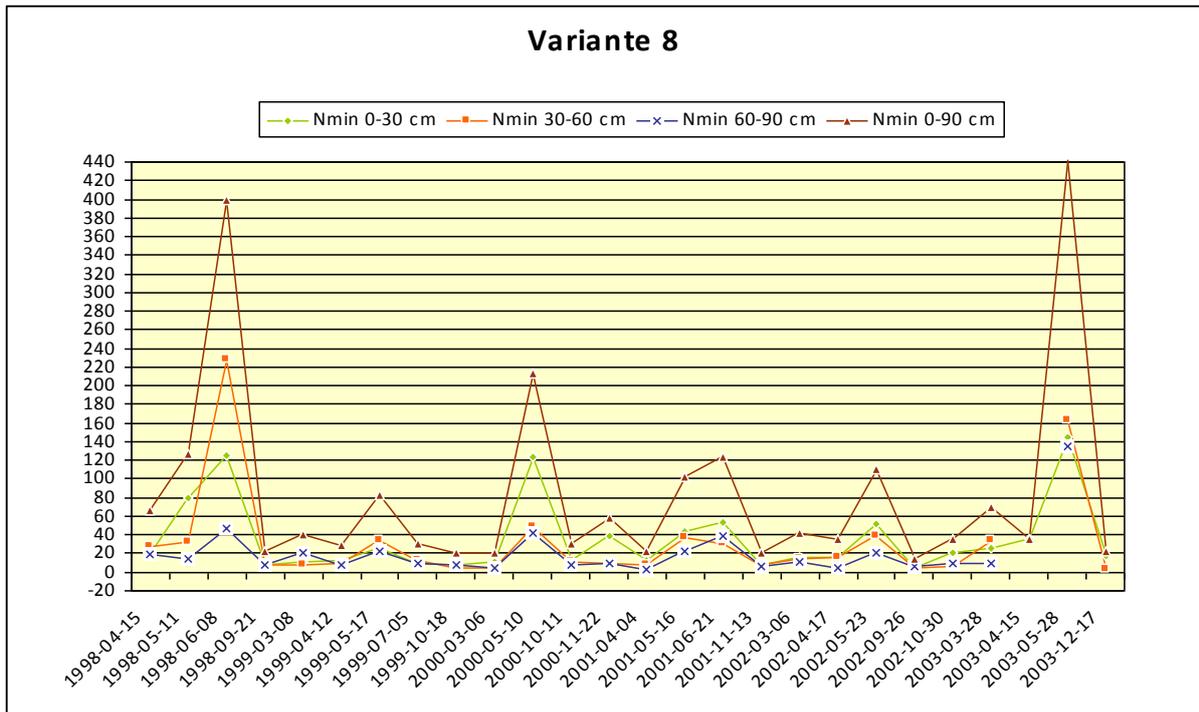


Abbildung 31: Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 8

In **Variante 8** dominierte im Juni 1998 deutlich der N_{min} -Gehalt in der Bodenschicht von 30 – 60 cm Tiefe und der Gesamtstickstoff lag bei 400 kg/ha. In den Jahren 1999, 2001 und 2003 waren die N_{min} -Gehalte gleichmäßig auf alle drei Bodenschichten verteilt. Im Jahr 2000 lag der N_{min} -Wert der Bodenschicht 0 – 30 cm am höchsten. Im Jahr 2002 verliefen die N_{min} -Gehalte parallel zum Gesamtstickstoff. Extrem war der stark schwankende Gesamtstickstoffgehalt mit Werten von 80 bis 440 kg/ha in den einzelnen Jahren.

5 DISKUSSION

5.1 Einfluss der unterschiedlichen Stickstoffdüngungs- und Fruchtfolge-Varianten auf die Ertragshöhe von Körnermais, Wintergerste und Ölkürbis

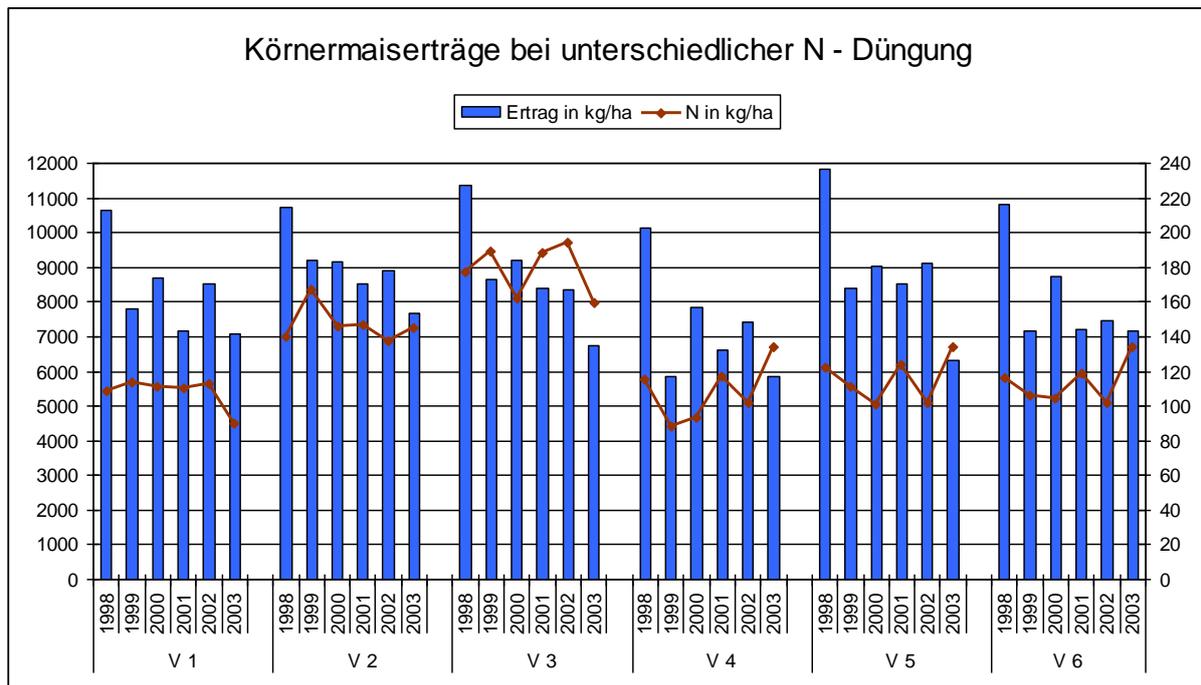


Abbildung 32: Körnermais bei unterschiedlicher N-Düngung der Varianten 1 – 6 von 1998 bis 2003

Generell war der Ertrag im Jahr 1998 bei allen Varianten im Vergleich zu den nachfolgenden Jahren sehr hoch. Ursache könnte sein, dass in den Jahren davor Versuchsreihen mit Stickstoffgaben von 170 – 240 kg/ha zum Einsatz kamen und der Niederschlag im Juni und Juli 1998 war überdurchschnittlich hoch.

Abbildung 32 zeigt ergänzend die jährlichen Schwankungen in der N-Ausbringungsmenge, die in der Praxis nicht zu vermeiden sind. Variante 3 erhielt die höchsten Stickstoffgaben (175 kg/ha N), die Körnerträge bei Mais waren aber gegenüber Variante 2 nicht mehr höher. Die Varianten 1, 4, 5 und 6 erhielten 107 kg/ha N und ergaben ähnliche Erträge. Die genauen Ergebnisse der Erträge der einzelnen Varianten (1 – 6) in den Jahren 1999 bis 2003 werden in den folgenden Kapiteln besprochen:

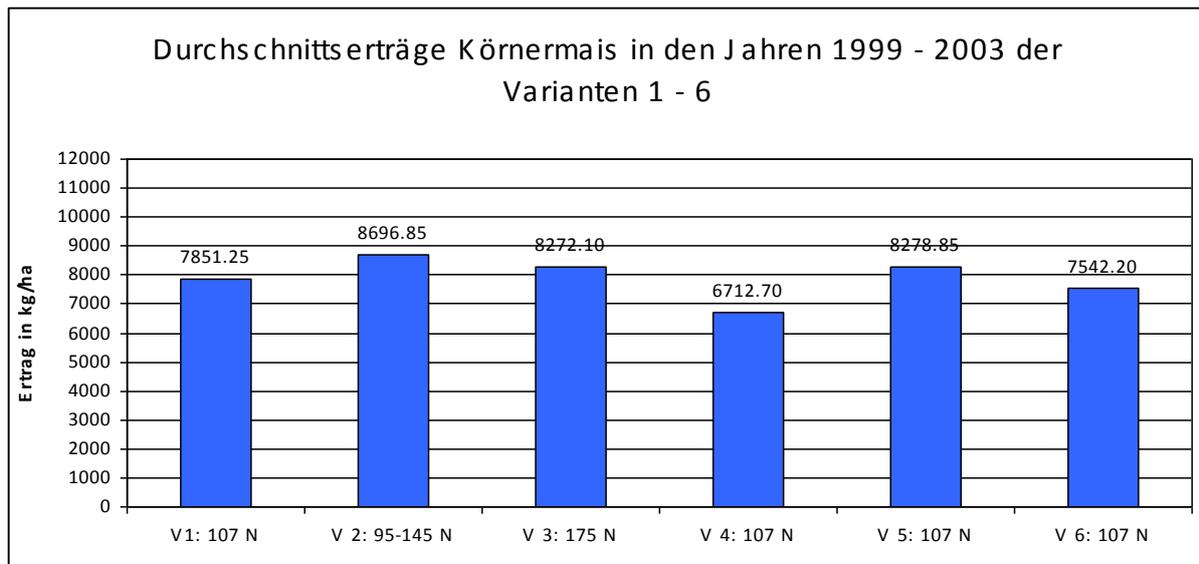


Abbildung 33: Durchschnittserträge Körnermais in den Jahren 1999 – 2003 (ohne dem Jahr 1998) der Varianten 1 – 6

5.1.1 Einfluss der unterschiedlichen Stickstoffdüngung auf den Kornertrag bei Mais in Monokultur

In der Variante 1 **Körnermais in der Monokultur mit N-Düngung nach den Empfehlungen der landwirtschaftlichen Umweltberatung** wurden 50 kg/ha anrechenbarer N als Schweinegülle vor der Saat ausgebracht und 57 kg/ha N Mineraldünger zur Hacke Ende Mai/Anfang Juni. Die Variante 1 unterschied sich signifikant von den Varianten 2, 3, 4 und 5. Jedoch hatte von diesen nur Variante 4 einen geringeren Ertrag zu verzeichnen. Die Mehrerträge der Varianten 2 und 3 sind durch die wesentlich höheren Stickstoffmengen zu erklären. Variante 4 unterschied sich durch eine reine Gülledüngung und es ist deshalb anzunehmen, dass die mineralische Stickstoffkopfdüngung vom Bestand besser aufgenommen wurde, beziehungsweise die Gülle nicht so gut verwertet werden konnte.

In Variante 2 wurde **Körnermais in der Monokultur mit N-Düngung nach der Sollwertmethode** durchgeführt, was bedeutet, dass sich die N-Düngung an die Angaben der Richtlinien der sachgerechten Düngung des BMLF (1999) hielt, jedoch von diesem Wert der Nmin-Gehalt des Bodens abgezogen wurde. Der Mineraldünger wurde in drei Gaben ausgebracht und betrug insgesamt kaum unter 145 kg/ha. Variante 2 hatte mit 8696,85 kg/ha den höchsten Durchschnittsertrag aller Varianten und unterschied sich signifikant von den Varianten 1, 4 und 6, welche mit 107 kg/ha weniger Stickstoff erhalten haben und das hauptsächlich in Form von Schweinegülle. Variante 3 erhielt mit 175 kg/ha N mehr Stickstoff,

jedoch bestand kein signifikanter Unterschied gegenüber Variante 2. Grund dafür könnte die vor der Saat ausgebrachte Schweinegülle (70 kg/ha anrechenbare Stickstoff) in Variante 3 sein, welche nicht vollständig umgesetzt werden konnte. Wie auch in einer Arbeit von NEWIL (2001) beschrieben ist, bringt eine reine Mineraldüngung auch bei Langzeitversuchen den höchsten Korntrag bei Roggen, welcher als Fruchtart, aufgrund der Selbstverträglichkeit, durchaus mit Mais vergleichbar ist. Durch die Teilung der Düngung lässt sich der Bestand entsprechend dem Entwicklungszustand, dem Witterungsverlauf und den Mineralisationsbedingungen exakter führen (FELDWISCH, 1998). Ob sich die reine Mineralstoffdüngung negativ auf den Humusgehalt und die Bodenstruktur ausgewirkte und somit den Ertrag in weiterer Folge beeinträchtigt hätte, kann nicht beurteilt werden, da die Zeit des Versuches zu kurz war. Die jährlichen Gründecken liefern organische Substanz und können ausgleichend wirken (FREYER, 2003).

Variante 3 **Körnermais in der Monokultur als Standardvariante** unterschied sich signifikant von den Varianten 1, 4 und 6. Es wurden 70 kg/ha N als Schweinegülle vor der Saat, 50 kg/ha N-Mineraldünger zum Anbau und 55 kg/ha N-Mineraldünger zur Hacke Ende Mai anfangs Juni ausgebracht. Insgesamt 175 kg/ha N, eine Menge, die der Variante 3 gegenüber den Varianten 1, 4 und 6 mit 107 kg/ha N in jeweils zwei Teilgaben, bezüglich der Ertragshöhe, einen Vorteil verschaffte. Variante 5 mit 107 kg/ha N unterschied sich im Ertrag nicht signifikant von Variante 3, was nur aufgrund des Fruchtwechsels zu erklären ist (FREYER, 2003). Variante 3 zeigte auch keinen signifikanten Unterschied zu Variante 2. Ein anderer Grund, als der Vergleich Mineralstoffdüngung und Schweinegülle (siehe oben Variante 2), könnte der etwa drei Wochen vor dem Rispenziehen beginnende Höchstbedarf an Stickstoff beim Körnermais sein (ZSCHEISCHLER, 1990). Dies lässt vermuten, dass der meiste Stickstoff zu einem Zeitpunkt ausgebracht wurde, zu dem der Bedarf noch nicht so hoch war und vor dem Rispenziehen bis zur Blüte zu wenig Stickstoff vorhanden war. Ein anderer Aspekt wäre das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs, welches ZWATZ (1999) war am gleichen Standort bestätigte und Stickstoffgaben über 175 kg/ha N für nicht mehr wirtschaftlich befand.

In Variante 4 **Körnermais in der Monokultur mit optimierter Gülleanwendung** wurde ausschließlich mit Schweinegülle gedüngt, 50 kg/ha N vor der Saat und 57 kg/ha in den Bestand. Diese Variante hatte mit 6712,70 kg/ha den geringsten Ertrag und unterschied sich signifikant von allen anderen Varianten. Die Gülle konnte anscheinend nicht gut verwertet

werden. Nach SCHILLING (2000) ist es günstiger nur maximal 50 % des N-Bedarfs aus Gülle zu decken, weil der Güllestickstoff infolge der witterungsabhängigen Mineralisierung unsicher wirkt, was durch einen Vergleich mit Variante 1 bestätigt wird. Ein anderes Problem stellte die Ausbringtechnik in den hohen Maisbestand dar, welches nur mit Spezialmaschinen gelöst werden konnte.

5.1.2 Einfluss der Fruchtfolge auf den Kornertrag bei Körnermais

In Variante 5 stand **Körnermais in der Fruchtfolge nach Kürbis mit Untersaat**, welcher einen guten Vorfruchtwert hat. Mit der gleichen N-Düngung von 107 kg/ha wie in Variante 1, 4 und 6 unterschied sich Variante 5 signifikant. Die Varianten 2 und 3 erhielten wesentlich höhere Mengen an Stickstoff unterschieden, sich jedoch nicht signifikant von Variante 5. Hier kam die positive Wirkung des Fruchtwechsels zum Ausdruck, welche FREYER (2003) immer wieder bestätigt. Es konnte auch die reine Güllendüngung besser verwertet werden.

Die Variante 6 **Körnermais in der Fruchtfolge nach Körnermais Variante 5** zeigte signifikante Ertragseinbußen gegenüber Variante 5, jedoch brachte der indirekte Vorfruchtwert, gegenüber der Monokultur in Variante 4 bei gleicher Düngung, immer noch einen signifikanten Vorteil. Variante 6 konnte aufgrund der reinen Güllendüngung und seiner Stellung in der Fruchtfolge mit den Varianten 2 und 3 nicht gleichziehen und deren Überlegenheit durch die deutlich höhere Mineralstoffdüngung nicht mehr ausgleichen, wie es mit Variante 5 gelungen war. Gegenüber Variante 1 behauptete sich Variante 6 in der Gülleverwertung. Variante 1 erhielt zirka zur Hälfte Mineralstoffdünger, zeigte jedoch keinen signifikanten Unterschied zur rein mit Schweinegülle gedüngten Variante 6.

5.1.3 Einfluss der Fruchtfolge auf den Kornertrag bei Wintergerste

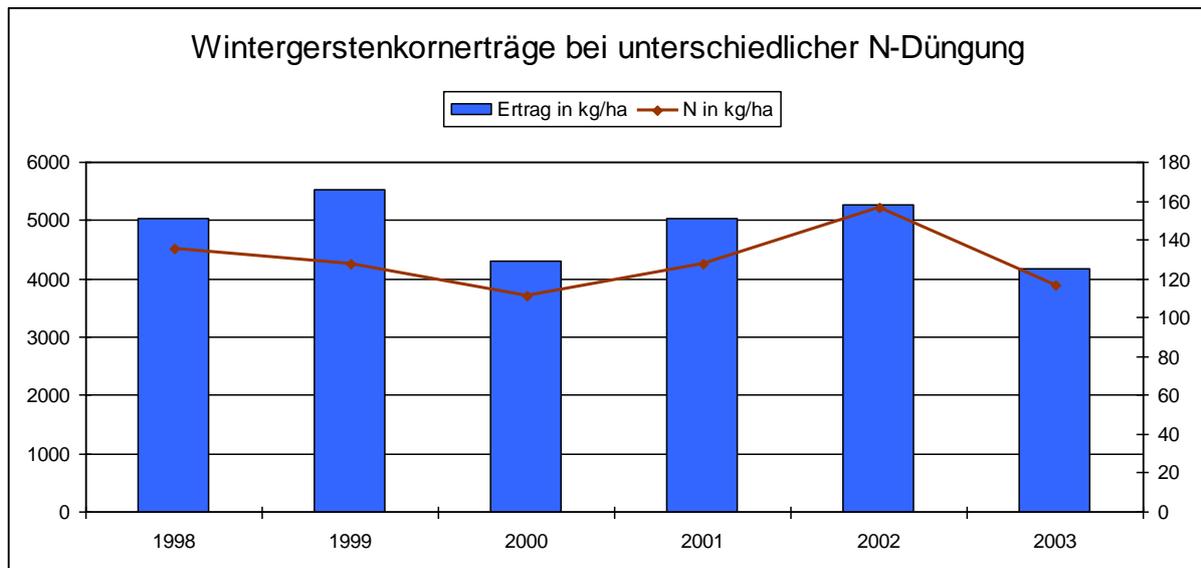


Abbildung 34: Wintergerstenkornerträge der Variante 7 bei unterschiedlicher N-Düngung in den Jahren 1998 bis 2003

Die Variante 7 **Wintergerste** war Teil des Fruchtfolgeversuches vom Körnermais. Die Ergebnisse dieser Erträge können in den einzelnen Jahren nur getrennt beurteilt werden. In Variante 7 wurden 50 kg/ha N in Form von Schweinegülle und mineralische Düngung nach Beobachtung ausgebracht. Die Wintergerste stand in der Fruchtfolge nach Körnermais, laut KÖNNECKE (1967) zählt Mais zu den ungünstigen Vorfrüchten für Wintergerste, vor allem weil der Mais das Feld spät räumt. Die Varianzanalyse ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Jahren. Die unterschiedlichen Düngermengen und Abfolgen von Gülle- und Mineralstoffgaben in den einzelnen Jahren könnten, abgesehen von der Witterung, Gründe für dafür sein.

5.1.4 Einfluss der Fruchtfolge auf den Ertrag bei Ölkürbis

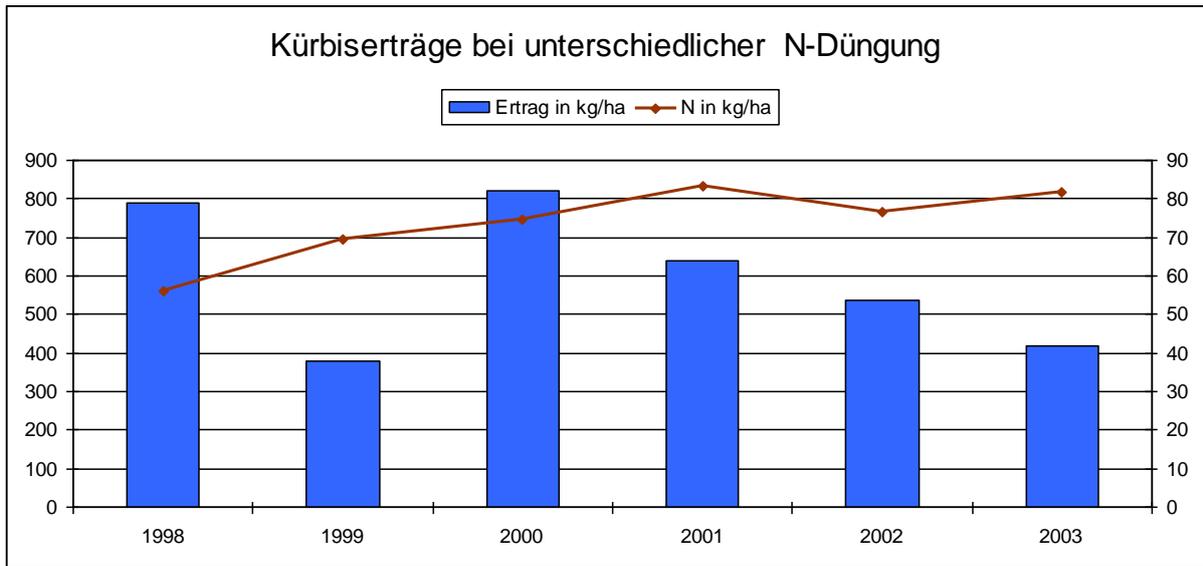


Abbildung 35: Kürbiskernerträge der Variante 8 bei unterschiedlicher N-Düngung in den Jahren 1998 bis 2003

Der Ölkürbis stand in der Fruchtfolge nach Wintergerste, welche laut FREYER (2003) eine günstige Vorfrucht ist. In der Variante 8 wurden 40 kg/ha N Schweinegülle vor dem Anbau ausgebracht und mineralische Ergänzung nach Beobachtung. Der signifikante Unterschied zwischen den Jahren kann, aufgrund der Witterung und dem unterschiedlichen Gülle-Mineralstickstoffverhältnis in den einzelnen Jahren, entstanden sein.

5.2 Einfluss der Witterung und unterschiedlichen Stickstoffdüngungs- und Fruchtfolgevarianten auf die Stickstoffdynamik im Vegetationsverlauf

Zur Nitratverlagerung kommt es vor allem in den Wintermonaten, da die Pflanzen nicht wachsen und das Nitrat aufnehmen können (FELDWISCH und FREDE, 1998). Um die Nitratverlagerung gering zu halten, wurden im Herbst Ende September des jeweiligen Vorjahres Gründecken in den Strohmulch (Roggen, Senf oder Perko) gesät und anschließend gehäckselt, diese sollten für eine N-Konservierung der zurückbleibenden Reststickstoffmengen nach der Ernte sorgen (FELDWISCH und SCHULTHEIB, 1998). Zusätzlich können diese heranwachsenden Gründecken große Wassermengen verdunsten und somit die Versickerungsrate der Nährstoffe herabsetzen (RENIUS, 1985). Der Umbruch erfolgte je nach Witterung im März bis April, damit der Mineralisationsschub der eingearbeiteten Gründecken zu Zeiten hohen N-Bedarfs (Juni bis Juli) einsetzt (LÜTKE ENTRUP, 1992). Die Düngergaben wurden, je nach Variante, in zwei bis drei Teilgaben ausgebracht.

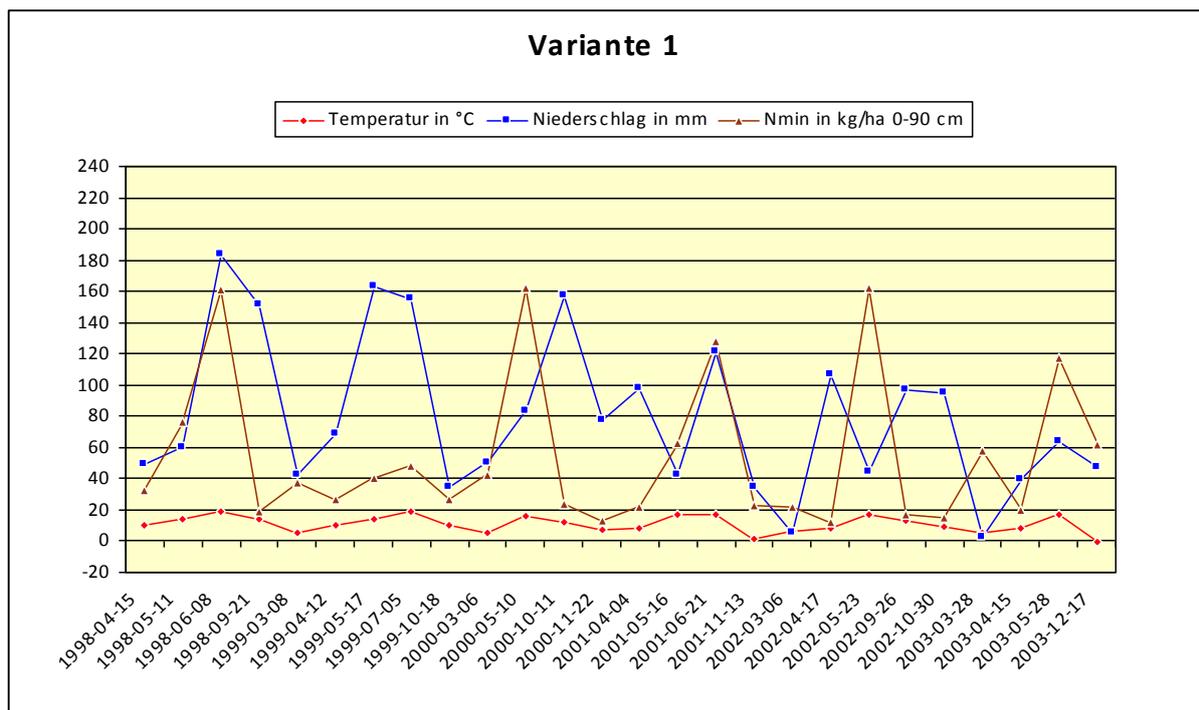


Abbildung 36: Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 1

Variante 1 erhielt jährlich 107 kg/ha N (davon 57 kg/ha Mineraldünger) und zeigte außer im Jahr 1999 einen erwarteten regelmäßigen N_{min} -Verlauf. Zur Zeit der Düngung war der N_{min} -

Gehalt hoch, stieg aber nicht über 160 kg/ha an. Mit Anstieg der Temperatur im Frühjahr und Sommer setzte auch die Mineralisation verstärkt ein und erhöhte den N_{min} -Wert zusätzlich zur Düngung. Im Herbst fiel der N_{min} -Gehalt stark ab. Ausnahme im Verlauf war das Jahr 1999 in dem die erste Gülledüngung nach der Messung am 17. April 1999 ausgebracht wurde und die Mineralstoffdüngung im Juni erfolgte, jedoch die nächste Messung des N_{min} -Gehalts erst wieder im Juli statt fand. Im Jahr 1999 fielen überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen von Mai bis August und es ist anzunehmen, dass deshalb mehr Nitrat ausgewaschen wurde. In Abbildung 24 ist die gleichmäßige Verteilung in den Bodentiefen 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm zu sehen.

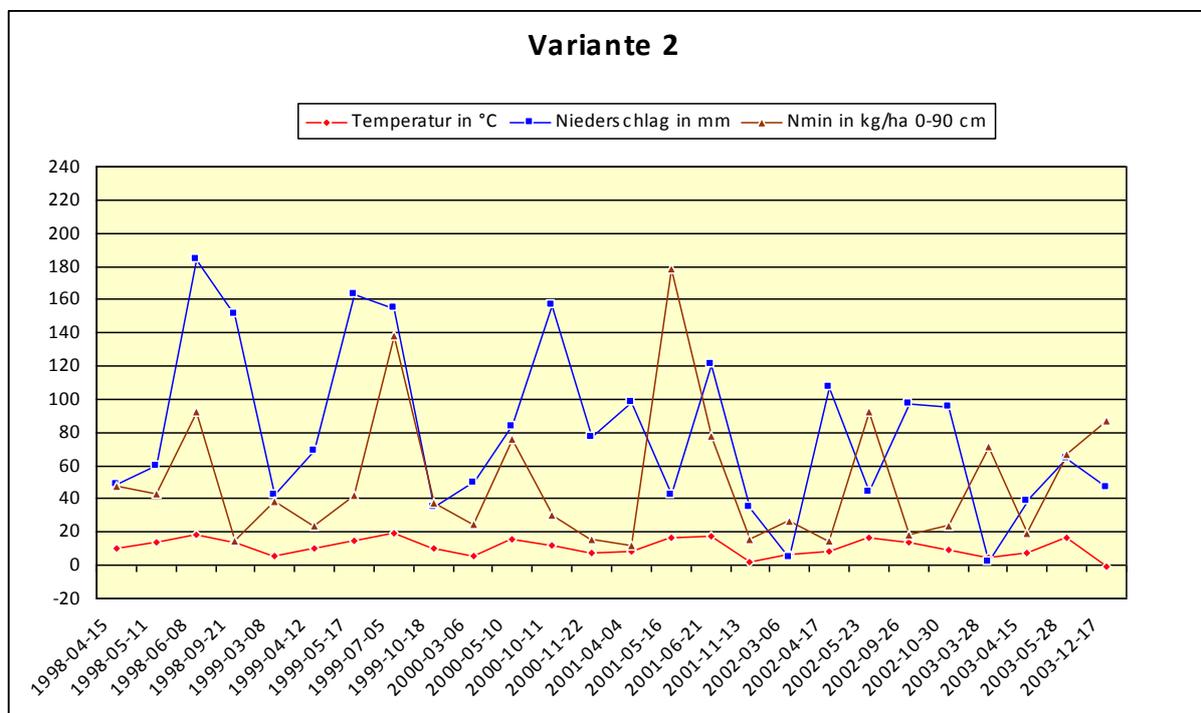


Abbildung 37: Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 2

Variante 2 erhielt drei Teilgaben Mineraldünger mit insgesamt bis zu 145 kg/ha N. Der N_{min} -Verlauf zeigte einen Anstieg im Frühjahr und Sommer, der N_{min} -Gehalt war bis auf das Jahr 2001 relativ gering. Mit der reinen Mineralstoffdüngung scheint der Nitratgehalt im Boden besser kontrollierbar zu sein und Variante 2 lieferte auch den höchsten Ertrag aller Varianten. Im Jahr 2001 regnete es im Mai nur halb so viel wie im Vergleich zum langjährigen Mittel, dadurch wurde mehr Nitrat im Boden gehalten und nicht mit dem Sickerwasser

ausgewaschen. Im Herbst fiel der N_{\min} -Gehalt auf 30 – 40 kg/ha. Im Dezember 2003 wurden jedoch 87 kg/ha gemessen.

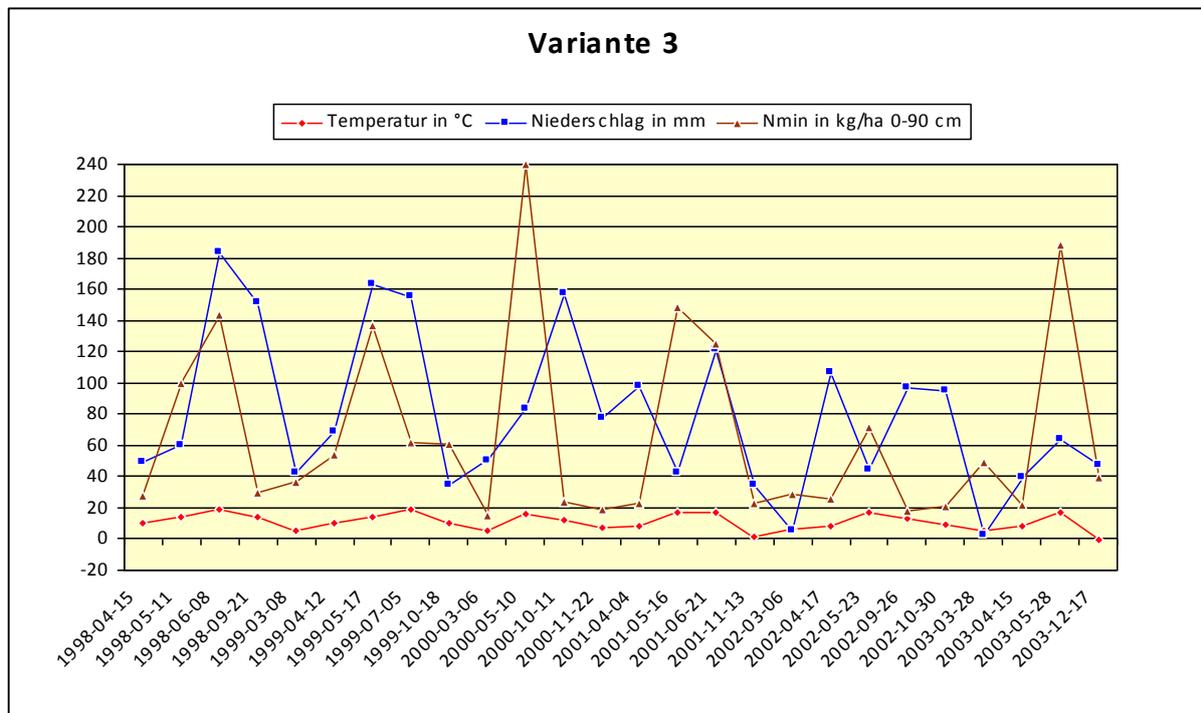


Abbildung 38: Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 3

Variante 3 erhielt mit 175 kg/ha den meisten Stickstoff aller Varianten, davon waren 70 kg/ha N in Form von Schweinegülle. Im Jahr 2000 war der N_{\min} -Gehalt mit 240 kg/ha besonders hoch und auf alle drei Bodenschichten gleichmäßig verteilt (siehe Abbildung 26). Der Niederschlag fiel in diesem Sommer eher gering aus, dafür regnete es im Oktober doppelt so viel wie im Vergleich zum langjährigen Mittel. Auch 2003 war ein trockenes Jahr und der N_{\min} -Gehalt war relativ hoch. Durch den geringen Niederschlag blieb der mineralisierte Stickstoff vorerst im Boden.

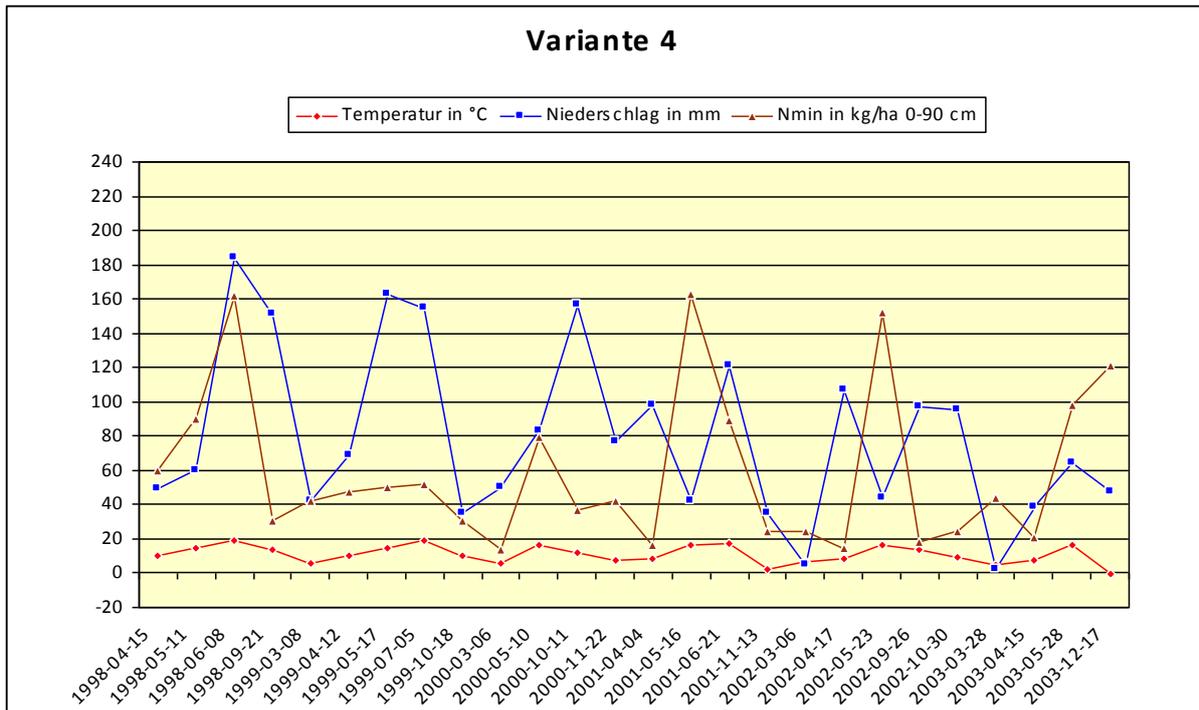


Abbildung 39: Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 4

Variante 4 erhielt 107 kg/ha N in Form von reiner Schweinegülle und es zeichnete sich ein ähnlicher Verlauf wie in Variante 1 ab. Die höchsten N_{min} -Gehalte lagen bei 160 kg/ha. Im Jahr 1999 dürften, wie in Variante 1, die Zeitpunkte der Messung zu diesen Ergebnissen geführt haben. In den Jahren 2000 – 2003 war der N_{min} -Gehalt in den Monaten mit geringen Niederschlag höher und in Monaten mit hohem Niederschlag geringer. Dieser Verlauf bestätigt die hohe Witterungsabhängigkeit in der Stickstoffdynamik.

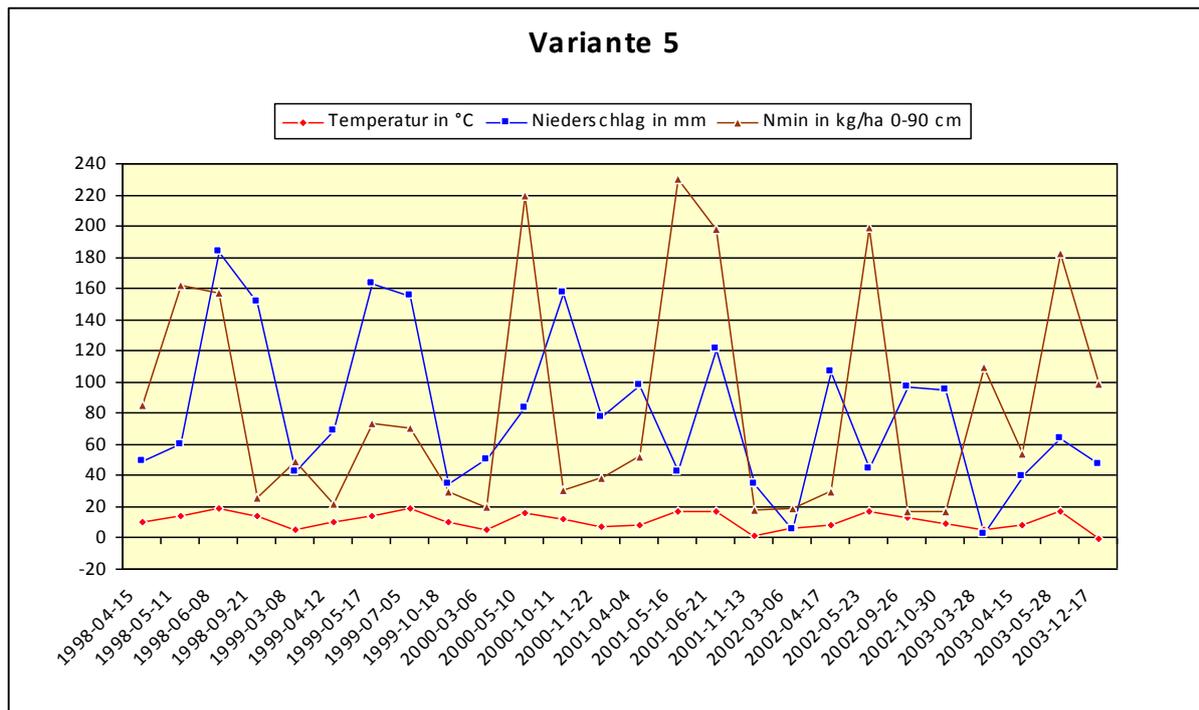


Abbildung 40: Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 5

Variante 5 steht in der Fruchtfolge nach Kürbis mit Untersaat und erhielt 107 kg/ha N als Schweinegülle. Die N_{min} -Werte waren im Frühjahr und Sommer relativ hoch und überstiegen teilweise 220 kg/ha. Grund für diese hohen N_{min} -Gehalte könnte die, durch Fruchtfolge und Untersaat, verbesserte Bodenstruktur sein, welche zu einer besseren Sauerstoffversorgung im Boden beitrug. Dadurch wurden optimale Mineralisation- und Nitrifizierungsbedingungen geschaffen, die sich, mit den höheren Temperaturen im Sommer, positiv auf die Mobilisierungsraten ausgewirkt haben, wie es FREYER (2003) beschrieb. Über die Wintermonate konnten, bezüglich der N_{min} -Gehalte, keine konkreten Aussagen getroffen werden, da keine oder zu wenige Messergebnisse vorlagen. Angesichts der hohen Umsetzungsraten in dieser Fruchtfolgevariante könnte die N-Düngung, bezüglich verminderter N-Verlagerung, noch optimiert werden.

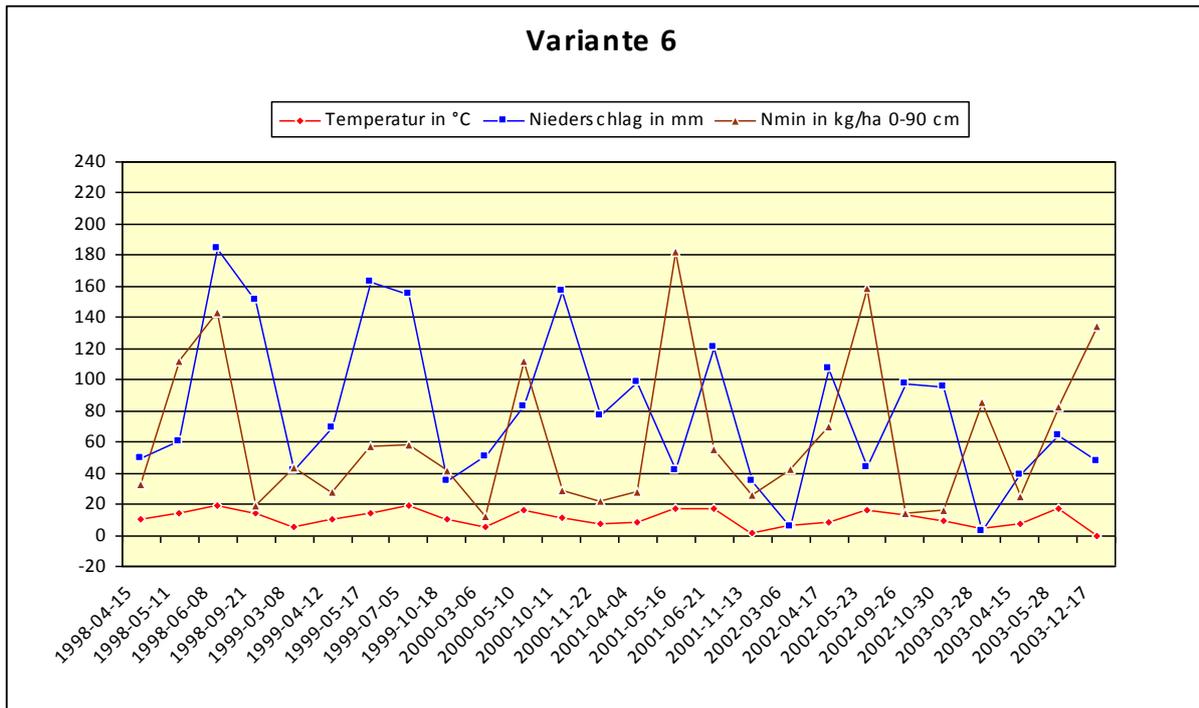


Abbildung 41: Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 6

Die Variante 6 in der Fruchtfolge nach Körnermais zeigte einen regelmäßigen N_{min}-Verlauf, erreichte jedoch nicht die Nitrifikationsraten von Variante 5. Im Jahr 1999 waren die gewählten Messzeitpunkte für die geringen N_{min}-Werte verantwortlich. In den niederschlagsreicheren Jahren 1998 bis 2000 war der N_{min}-Gehalt geringer als in den niederschlagsärmeren Jahren 2001 bis 2003.

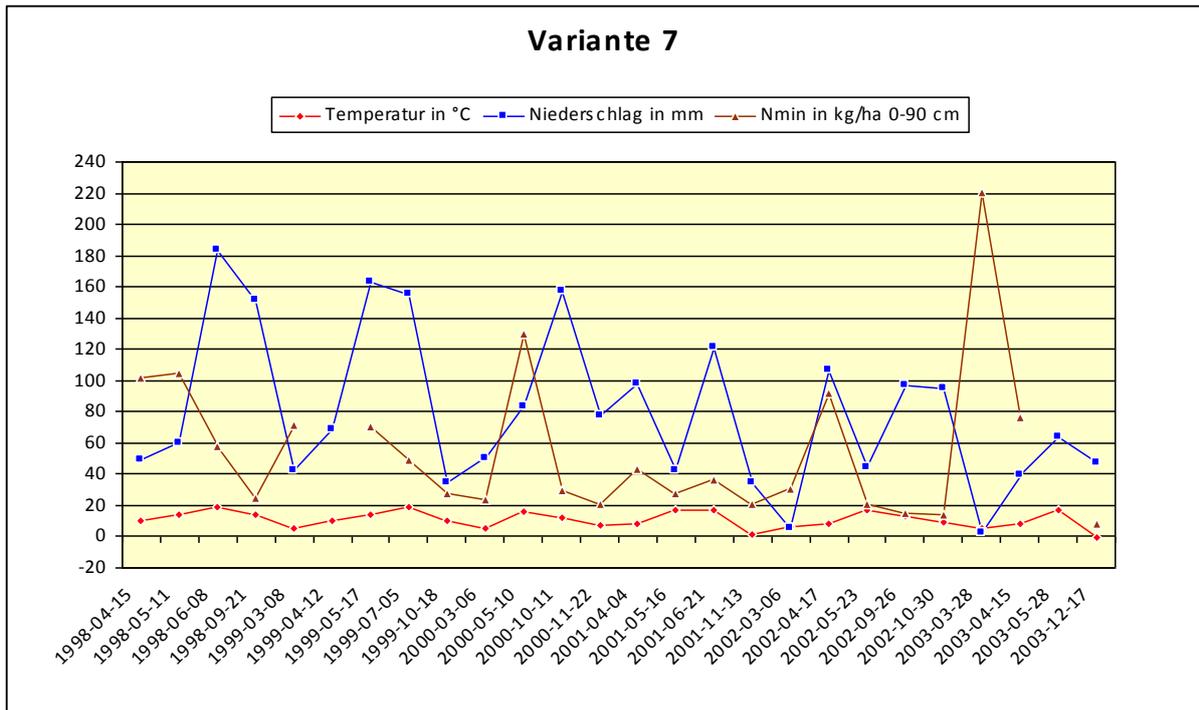


Abbildung 42: Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 7

Variante 7 (Wintergerste) war Teil des Fruchtfolgeversuches und zeigte einen unregelmäßigen Verlauf in der Stickstoffdynamik. Im Jahr 2001 lagen die N_{min} -Gehalte unter 40 kg/ha, dies wirkte sich aber nicht negativ auf den Ertrag aus. Im März 2003 stieg der N_{min} -Gehalt sprunghaft an, was auf zwei Düngergaben vor der Messung zurückzuführen war. 2003 war ein sehr trockenes Jahr und der N_{min} -Wert im Dezember betrug lediglich 8 kg/ha.

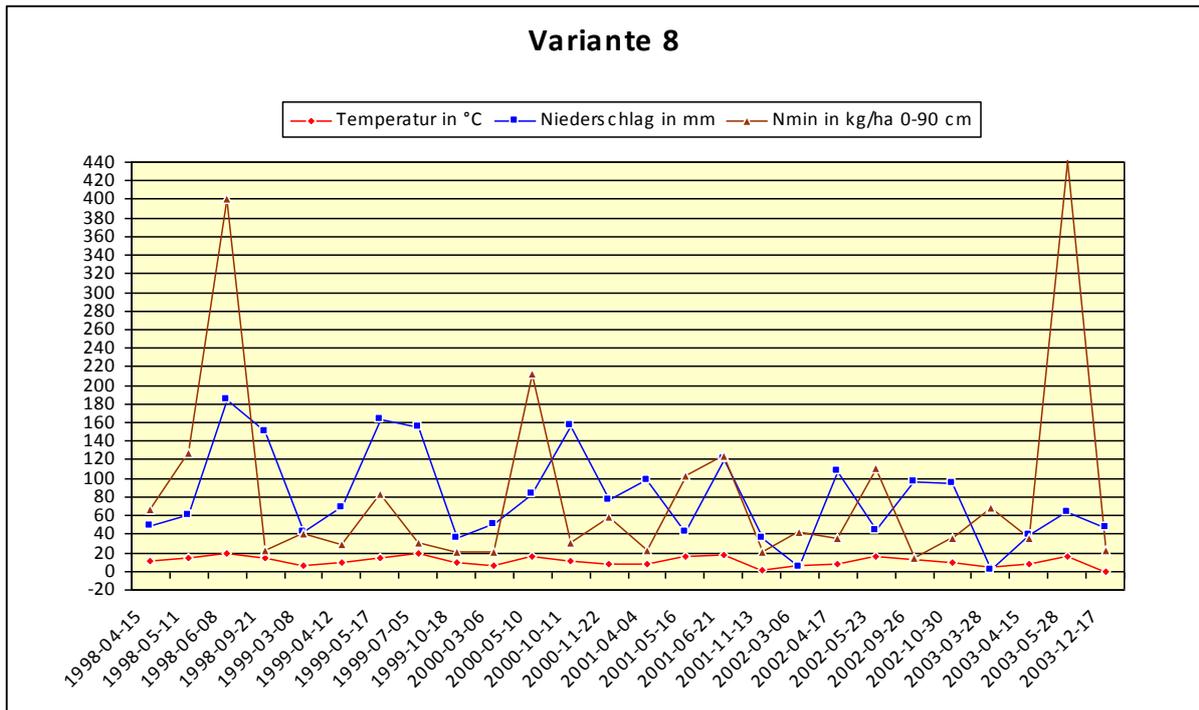


Abbildung 43: Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 8

Variante 8 (Ölkürbis) war ebenfalls Teil des Fruchtfolgeversuches. Der N_{min}-Verlauf war während der Vegetationszeit vom Ölkürbis sehr unregelmäßig und zeigte Spitzen bis zu 440 kg/ha. Trotz der Untersaat (Englisches Raygras) und der Teilung der Düngung in zwei Gaben, waren die N_{min}-Gehalte sehr hoch und von Jahr zu Jahr völlig unterschiedlich. Aufgrund der dadurch entstehenden hohen Nitratauswaschungsgefahr ist der Anbau von Ölkürbis in Grundwasserschonungsgebieten problematisch.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Das Leibnitzer Feld verfügt über große Grundwasservorkommen, die wasserwirtschaftlich sehr bedeutend sind. Durch die Intensivierung des Ackerbaus in den letzten Jahrzehnten wurden diese durch stellenweise extrem hohe Nitratkonzentrationen gefährdet. Ziel der Arbeit war die Beurteilung der Einflüsse von unterschiedlichem Stickstoffmanagement auf den Ertrag von Körnermais, Wintergerste und Ölkürbis und auf die Nitratverlagerung unter Berücksichtigung der N-Mineralisation und Witterung im Vegetationsverlauf.

Grundlage für die Auswertung war der am Standort Wagna im Leibnitzer Feld (Steiermark) durchgeführte „Nitratminderungsversuch in den Jahren 1998 bis 2003“, der einen Maisanbau ohne Verzicht auf wirtschaftliche Erträge zum Ziel hatte:

Die N-Düngungsvarianten waren geprägt von stark reduzierten N-Mengen in organischer oder mineralischer Form, geteilt in zwei bis drei Gaben. Gründecken ohne Leguminosen wurden angelegt. Die Ausbringung von Gülle im Herbst wurde eingestellt, die Anzahl der Bodenbearbeitungsmaßnahmen wurden verringert und auf Frühjahrsfurche umgestellt. Es gab vier Varianten Monokultur Körnermais mit unterschiedlicher Düngung und eine Fruchtfolge mit vier Varianten: Körnermais – Körnermais – Wintergerste – Ölkürbis.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Eine ausschließliche Gülledüngung wird, bezüglich der Ertragsleistung, betriebswirtschaftlich nicht so günstig verwertet, als eine teilweise oder reine Mineralstoffdüngung.
- Die reine N-Mineralstoffdüngung in drei Teilgaben ergab den höchsten Ertrag und N_{\min} -Gehaltswerte bis 90 cm Bodentiefe auf einem „günstigen Niveau“.
- Düngergaben über 175 kg/ha N waren nicht mehr wirtschaftlich und führten zu einem Auswaschungsrisiko.
- Zu frühe hohe N-Düngergaben vor der Vegetationszeit können vom aufwachsenden Nutzpflanzenbestand nicht genügend genutzt werden.

- Die Verfügbarkeit von Güllestickstoff ist sehr witterungsabhängig.
- Die N_{\min} -Gehaltswerte sind in niederschlagsreichen Monaten meist niedriger als in niederschlagsarmen Monaten.
- Die Gülleausbringung in den wachsenden Maisbestand im Juni erfordert einen höheren technischen Aufwand und ist in wetterbezogenen Ausnahmejahren mit hohem Risiko verbunden.
- Eine Fruchtfolge hat einen positiven Einfluss auf das Ertragsverhalten und die Gülleverwertung gegenüber der Maismonokultur.
- Die Fruchtfolgevarianten erzielten mit niedrigeren N-Düngermengen höhere Erträge als die Maismonokulturvarianten.
- Eine Fruchtfolge erhöht durch die erforderlichen vernetzten Managementmaßnahmen die Mineralisation und somit zeitweise auch die unerwünscht hohen N_{\min} -Gehaltswerte.

Wie die angeführten Ergebnisse zeigen, ist der Maisanbau mit den entsprechenden Umweltschutzmaßnahmen im Wasserschongebiet vorteilhaft, auch die Wirtschaftlichkeit bleibt erhalten. Die Ergebnisse des im Jahr 2004 neu angelegten Versuchs in Wagna, bei dem die Bewirtschaftung des Versuchsfeldes vollständig umgestellt wurde, sind für Maßnahmen, zur Verminderung des Nitrateintrages ins Grundwasser einzubinden. Nach FANK (2007b) ist es das Ziel der aktuellen Versuchsanlage einen Vergleich zu schaffen zwischen den Auswirkungen ackerbaulicher Maßnahmen einer konventionellen Bewirtschaftung, unter Befolgung der Maßnahmen des Gewässerschutzprogramms, mit jenen der biologischen Bewirtschaftung, auf die Grundwasserqualität, unter dem Aspekt einer ökonomischen Verträglichkeit.

7 SUMMARY

The Leibnitzer field disposes of big ground-water occurrences which is, water-economically, very meaningful. These were endangered through the intensification of agriculture in the last decades by too high nitrate concentrations here and there. Aim of the work was to judge the influence of different nitrogen management on the harvest of maize, winter barley and oil pumpkin as well as on the nitrate misalignment taking into account the N-Mineralisation and atmospheric conditions of the vegetation progress.

Basis for the evaluation was a carried out „nitrate decrease attempt in the years from 1998 to 2003“ at the location Wagna in the Leibnitzer field (Styria), which had the aim of a maize cultivation without abdication of economic yields.

The N-manuring variations were affected by strongly diminished N-amounts in organic or mineral form, divided into two to three applikations. Green covers without legumes were put on. The output of liquid manure in autumn was suspended; the number of soil cultivation strategies were reduced and adapted to the spring furrow. There were four variations of monoculture punch maize with different manuring and a crop rotation with four variations: Punch maize – punch maize – winter barley – oil pumpkin.

The results at hand admit the following conclusions:

- Concerning the profit achievement, an exclusive liquid manure is not disposed as well as a partial or pure mineral substance-fertilisation.
- The pure N-mineral substance-fertilisation, in three partial applikations, proved the highest yield and the highest N_{\min} values at a „favourable level.
- Fertilizers applikations over a 175kg/ha of N were not economic anymore and led to an eluviations risk.
- Too early and high N-fertilizer applikations before the vegetation period cannot be used enough by the crop.

- The availability of liquid manure nitrogen is very much subject to changes in weather.
- The Nmin-level values are mostly lower during months with high rainfall than during months with low rainfall.
- The spreading of manure into the growing maize crop in June requires a higher technical effort and is connected with high risk during weather-related special years.
- A crop rotation has an essential positive influence on the profit behaviour and the liquid manure utilisation compared to the maize monoculture.
- The crop rotation variations achieved higher yields through lower N-fertilizer amounts than the maize monoculture variations.
- A crop rotation raises the mineralisation and therefore also the Nmin-level values.

A maize cultivation in a water sanctuary is possible with suitable environmental protection strategies. Also the economic efficiency is maintained. The results of the newly invested attempt in the year 2004 in Wagna, with which the cultivation of the test field was completely reorganized, are to be integrated for measures of the decrease of the nitrate entry into the ground water. By FANK (2007b), it is the aim of the current experimental plant to judge a comparison of the effects of agricultural strategies of a conventional agriculture, under compliance of measures of the water pollution control programme, with that of the biological agriculture on the effects of the ground water quality, under the aspect of an economic compatibility.

8 **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1:	Fallbeispiele "Böschungsoberkannte" (Aktionsprogramm 2008).....	8
Abbildung 2:	N-Kreislauf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche (SCHILLING, 2000)	23
Abbildung 3:	Karte Steiermark (Gis Steiermark, 2008), Versuchsstandort Wagna.....	33
Abbildung 4:	Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 1998 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008).....	34
Abbildung 5:	Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 1999 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008).....	34
Abbildung 6:	Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 2000 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008).....	35
Abbildung 7:	Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 2001 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008).....	35
Abbildung 8:	Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 2002 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008).....	36
Abbildung 9:	Monatliche Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C im Jahr 2003 im Vergleich zum langjährigen Mittel (www.zamg.at, 2008).....	36
Abbildung 10:	Übersicht der Parzellen der Feldversuchsanlage und des Lysimeterstandortes in Wagna	40
Abbildung 11:	Kornertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 1998 der Varianten 1 – 6 (Körnermais).....	44
Abbildung 12:	Kornertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 1999 der Varianten 1 – 6 (Körnermais).....	45
Abbildung 13:	Kornertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 2000 der Varianten 1 – 6 (Körnermais).....	46
Abbildung 14:	Kornertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 2001 der Varianten 1 – 6 (Körnermais).....	46
Abbildung 15:	Kornertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 2002 der Varianten 1 – 6 (Körnermais).....	47
Abbildung 16:	Kornertrag in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) im Jahr 2003 der Varianten 1 – 6 (Körnermais).....	48

Abbildung 17:	Durchschnittskornerträge bei Mais in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) in den Jahren 1998 – 2003 der Varianten 1 – 6 (Körnermais)	49
Abbildung 18:	Mittelwerte der Maiskornerträge der Varianten 1 – 6.....	50
Abbildung 19:	Durchschnittskornerträge bei Mais in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) in den Jahren 1999 – 2003 der Varianten 1 – 6 (Körnermais)	52
Abbildung 20:	Kornertrag bei Wintergerste in kg/ha (bezogen auf 14 % Wassergehalt) in den Jahren 1998 – 2003 der Variante 7	53
Abbildung 21:	Mittelwerte der Kornerträge bei Wintergerste der Variante 7 (1998 – 2003)..	54
Abbildung 22:	Kernertrag in kg/ha bei Ölkürbis (bezogen auf 8 % Wassergehalt) in den Jahren 1998 – 2003 der Variante 8 (Kürbis)	55
Abbildung 23:	Mittelwerte der Kernerträge bei Ölkürbis der Variante 8 (1998 – 2003).....	56
Abbildung 24:	Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 1.....	57
Abbildung 25:	Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 2.....	58
Abbildung 26:	Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 3.....	59
Abbildung 27:	Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 4.....	60
Abbildung 28:	Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 5.....	61
Abbildung 29:	Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 6.....	62
Abbildung 30:	Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 7.....	63

Abbildung 31:	Verlauf des Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha in den Bodenschichten von 0 – 30, 30 – 60 und 60 – 90 cm Bodentiefe am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 8.....	64
Abbildung 32:	Körnermais bei unterschiedlicher N-Düngung der Varianten 1 – 6 von 1998 bis 2003	65
Abbildung 33:	Durchschnittserträge Körnermais in den Jahren 1999 – 2003 (ohne dem Jahr 1998) der Varianten 1 – 6.....	66
Abbildung 34:	Wintergerstenkornenerträge der Variante 7 bei unterschiedlicher N-Düngung in den Jahren 1998 bis 2003	69
Abbildung 35:	Kürbiskernerträge der Variante 8 bei unterschiedlicher N-Düngung in den Jahren 1998 bis 2003.....	70
Abbildung 36:	Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 1	71
Abbildung 37:	Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 2	72
Abbildung 38:	Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 3	73
Abbildung 39:	Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 4	74
Abbildung 40:	Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 5	75
Abbildung 41:	Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 6	76

- Abbildung 42: Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 7 77
- Abbildung 43: Verlauf des mineralisierten Nitratstickstoffgehaltes in kg/ha der Bodenschicht 0 – 90 cm und die dazugehörigen monatlichen Niederschläge in mm und Durchschnittstemperaturen in ° C am Versuchsstandort Wagna von April 1998 bis Dezember 2003, Variante 8 78

9 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Obergrenzen der N-Düngung – Acker (Aktionsprogramm 2008)	9
Tabelle 2:	Obergrenzen der N-Düngung – Gemüse (Aktionsprogramm 2008)	9
Tabelle 3:	Ausgewählte physikalische und chemische Werte von 0 bis 90 cm Bodentiefe der verschiedenen Bodenabschnitte (VERSUCHSREFERAT STEIERMARK, 2006).....	39
Tabelle 4:	Ergebnisse der Varianzanalyse; Faktor = Jahr	49
Tabelle 5:	Ergebnisse der Varianzanalyse, Faktor = Variante	49
Tabelle 6:	Ergebnisse der Varianzanalyse der Varianten 1 – 6; gemischtes Modell, Fester Faktor = Variante (1 – 6), zufällige Faktoren = Jahr; Mittelwertvergleiche der Varianten	51
Tabelle 7:	Ergebnisse der einfachen Varianzanalyse Wintergerste Korntrug, Faktor = Jahr	53
Tabelle 8:	Ergebnisse der einfachen Varianzanalyse, Faktor = Jahr.....	53
Tabelle 9:	Mittelwerte der Korntrüge bei Wintergerste der Variante 7 (1998 – 2003)..	54
Tabelle 10:	Ergebnisse der einfachen Varianzanalyse Ertrag bei Ölkürbis, Faktor = Jahr.	55
Tabelle 11:	Ergebnisse der einfachen Varianzanalyse Ertrag bei Ölkürbis, Faktor = Jahr..	55
Tabelle 12:	Mittelwerte der Kernerträge bei Ölkürbis der Variante 8 (1998 – 2003).....	56

10 LITERATURVERZEICHNIS

AID INFODIENST, (2005): Landwirtschaft und Gewässerschutz. aid infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e. V. und dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) (Hrsg.). Bonn, Darmstadt, 25 und 28

BARUNKE, A. (2002): Die Stickstoffproblematik in der Landwirtschaft – Erfahrungen mit Stickstoffminderungspolitiken. In: WEINGARTEN, P. (Hrsg.): Landwirtschaft und Umwelt: Schriften zur Umweltökonomik, Band 19. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk, 26f

BAUER, K. und HÖLZL, F. X. (2008): Aktionsprogramm 2008 – Änderungen, Landwirtschaftskammer Österreich, Landwirtschaftskammer Steiermark, Graz

BAUMGÄRTEL, G. (2003): Nachhaltigkeit bei der Düngung: Bewertung von Umweltschutzleistungen in der Pflanzenproduktion. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) (Hrsg.): KTBL-Tagung vom 3. – 4. April 2003 in Halle/Saale. Darmstadt, 31-33

BERG, M. (2005): Nitrataustrag bei unterschiedlicher Bodennutzung: Organischer, integrierter und konventioneller Landbau im Vergleich. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 104f

BERNSTEINER, A. und STADLBAUER, H. (2006): Vorbeugender Grundwasserschutz und dessen Auswirkungen auf die Grundwasserqualität in der Steiermark. In: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Bericht der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft – BAL Gumpenstein. Irding, 25f

BORNEFF, J. (1982): Nitrat-Nitrit-Nitrosamine in Gewässern: Stand der Kenntnisse und der Forschung. In: Mitteilung III der Kommission für Wasserforschung in Verbindung mit der Kommission zur Prüfung von Lebensmittelzusatz und Inhaltsstoffen. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 9ff

BOUWER, W. (1995): Wasser- und Stickstoffumsatz im Boden- und Grundwasserbereich eines Wassereinzugsgebietes in Niedersachsen. Dissertation, Justus-Liebig-Universität, Gießen, 120; 131f

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1962): Österreichische Bodenkartierung: Erläuterungen zur Bodenkarte 1 : 5.000, Arbeitsbereich Leibnitz I. Wien, 8

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1999): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Auflage 5, Wien

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT und UMWELTBUNDESAMT (2003): Hydrogeologische Charakterisierung Donau (inkl.Elbe)/Mur/Grundwasser: GK100098. Wien, 1 u. 3

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Auflage 6, Wien

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2007a): Sonderrichtlinie des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft: BMLFUW-LE.1.1.8/0073-II/8/2007. Wien

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2007b): Österreichische Programm für die Entwicklung des Ländlichen Raums 2007-2013. Wien, 35-38

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2008): Grüner Bericht 2008. Wien, 113

EISENHUT, M., FANK, J. und RAMSPACHER, P. (1992): Einfluß der Bodenbearbeitung auf die Temperaturverhältnisse in der ungesättigten Zone am Beispiel der Lysimeteranlage Wagna (Steiermark, Österreich). Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges. 45.

ESSER, H. (1992): Die Entwicklung eines Informations- und Bewertungssystems für die Beurteilung von Fruchtfolgen bei Unsicherheit von Wetter und Markt. Auflage 1, Witterschlick/Bonn: Verlag M. Wehle.

FANK, J. (1999): Die Bedeutung der ungesättigten Zone für Grundwasserneubildung und Nitratbefruchtung des Grundwassers in quartären Lockersediment-Aquiferen am Beispiel des Leibnitzer Feldes (Steiermark, Österreich). Beiträge z. Hydrogeologie. Graz, 44f

FANK, J. (2004): Die Bedeutung der Ergebnisse der Untersuchungen an der Forschungsstation Wagna für die ackerbauliche Praxis im Grundwassergebiet des Murtales von Graz bis Bad Radkersburg. . In: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Bericht der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft – BAL Gumpenstein. Irding, 63-72

FANK, J.; FASTL, G.; KUPFERSBERGER, H. und ROCK, G. (2006): Die Bewirtschaftung des Versuchsfeldes Wagna – Auswirkungen auf die Grundwassersituation. In: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Umweltprogramme für die Landwirtschaft. Bericht der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft – BAL Gumpenstein. Irding, 43-48

FANK, J. (2007a): Die Nitratproblematik im Murtal von Graz bis Radkersburg aus hydrologischer Sicht. Wasserland Steiermark Ausgabe 01: 14-17

FANK, J. (2007b): Die Forschungsstation Wagna. Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH (Hrsg.), Institut für WasserRessourcenManagemant, Hydrogeologie und Geophysik, Graz, 1f

FANK, J. und ULTES, W. (2007): Die Nitratproblematik aus der Sicht eines betroffenen Wasserversorgungsunternehmens u. Die Nitratproblematik im Murtal. Wasserland Steiermark Ausgabe 1.4: 2f

FELDWISCH, N., (1998): Austragspfad Auswaschung. In: FREDE, H-G. und DABBERT, St. (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Landsberg: ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, 109 -113

FELDWISCH, N. und SCHULTHEIB, U. (1998): Verfahren zur Verminderung der Stoffausträge aus der Pflanzenproduktion: Allgemeine ackerbauliche Aspekte. In: Frede, H-G. und DABBERT, St. (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Landsberg: ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, 58 – 93

FELDWISCH, N. und FREDE, H.-G. (1998): Stoffeinträge in Gewässer aus der Landwirtschaft, Nährstoffeinträge. In: FREDE, H-G. und DABBERT, St. (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Landsberg: ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, 7

FREYER, B. (2003): Fruchtfolgen. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer GmbH & Co.

GEYER-WEDELL, K. (1994): Der Einfluss der Gülledüngung auf den Stoffumsatz in kleinen Einzugsgebieten: Belastung und Belastbarkeit von Ökosystemen aus agrarökologischer Sicht. Regensburg: Roderer Verlag.

GUTSER, R. und HAUCK, S. (1993): Pflanzenbauliche Maßnahmen zur Verringerung des Stickstoffaustrages von landwirtschaftlich genutzten Flächen. In: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK): Verminderung des Stickstoffaustrags aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in das Grundwasser – Grundlagen und Fallbeispiele. Heft 106, Bonn: Kommissionsvertrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, 345

HAAS, G.; BERG, M. und KÖPKE, U. (1998): Grundwasserschonende Landnutzung: Vergleich der Ackernutzungsformen, konventioneller, integrierter und organischer Landbau: Vergleich der Landnutzungsformen, Ackerbau, Grünland (Wiese) und Forst (Aufforstung). Auflage 1, Bonn/Berlin: Verlag: Dr. Hans-Joachim Köster

HERRMANN, G. und PLAKOLM, G. (1993): Ökologischer Landbau: Grundwissen für die Praxis. Wien: Österreichischer Agrarverlag, 190

KEIM, B. und KOBUS, H. (2001): Grundwasser. In: LECHNER, K, LÜHR, H-P, ZANKE, U. C. E. (Hrsg.): Taschenbuch der Wasserwirtschaft. Auflage 8, Berlin, Wien: Parey Buchverlag im Backwell Wissenschafts-Verlag GmbH, 312

KÖNNECKE, G. (1967): Fruchtfolgen. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.

KREUSEL, U. (1996): Senkung von Nitratauswaschung mit Hilfe der NH₄-Depotdüngung und ihr Einfluss auf die Entwicklung von Erdbeeren. Dissertation, Univ. Bonn. Göttingen: Cuvillier Verlag Göttingen, 130

LIEBHARD, P. (2005): Expertise zur Wirksamwerdung der Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter im Rahmen der ÖPUL-Förderung 2000 auf Nitratverlagerung und Grundwasserqualität unter unterschiedlichen hydrologischen, bodenkundlichen und pflanzenbaulichen Rahmenbedingungen in Österreich. Univ. für Bodenkultur. Wien, 21 u. 23

LÜTKE ENTRUP, N. (1992): Vorfruchtwert und Vorfruchtwirkungen von Zwischenfrüchten. In: RENIUS, W., E. und LÜTKE ENTRUP, N. (Hrsg.): Zwischenfruchtbau: Zur Futtergewinnung und Gründüngung. Frankfurt am Main: DLG-Verlag.

NEWIL S. (2001): Einfluss unterschiedlicher Düngungssysteme auf Ertrag und Qualitätsparameter bei Sommergerste und Winterroggen in einem Langzeitversuch (Grobenzersdorf – Österreich). Diplomarbeit, Univ. für Bodenkultur. Wien, 32

PAMPERIN, L. (2002): Nitratverlagerung in Abhängigkeit von der Bodennutzung, den Standorteigenschaften und der Grundwasserneubildung eines stauwasserbeeinflussten Grundmoränenstandortes. Dissertation, Universität Hannover: Der Andere Verlag, 169-171

RAU-SCHAMFUß, C. (1998): Chemie in der Landwirtschaft: Wie wir Umwelt und Nahrung vergiften. Nürnberg, Stuttgart, Leipzig: S. Hirzel Verlag.

RENIUS, W. (1985): Der Zwischenfruchtbau: Zwischenfruchtbau, ein Baustein zum Umweltschutz. Auflage 1, Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH.

SAUER, S. (1998a): Allgemeine Aspekte der Grünlandwirtschaft. In: FREDE, H-G. und DABBERT, St. (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Landsberg: ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, 124f

SAUER, S., (1998b): Auftragspfad Auswaschung. In: FREDE, H-G. und DABBERT, St. (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Landsberg: ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, 140f

SCHEFFER, F. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde: SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL – Spektrum, Auflage 15 / Neubearb. und erw. BLUME, H-P, Heidelberg: Akademischer Verlag GmbH.

SCHILLING, G. (2000): Pflanzenernährung und Düngung. Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co.

SEDLMAYR, E. (1927): Fruchtfolgen und die Aufstellung des Fruchtfolgeplanes: Ein Beitrag zur Organisation des Feldbetriebes. Berlin: Verlagsbuchhandlung Paul Parey.

SELENKA, F. (1982): Nitrataufnahme durch Wasser und Lebensmittel: Nitrat-Nitrit-Nitrosamine in Gewässern. In: Mitteilung III der Kommission für Wasserforschung in Verbindung mit der Kommission zur Prüfung von Lebensmittelzusatz und Inhaltsstoffen. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 115f

STAUFFER W. und SPIESS E. (2001): Einfluss unterschiedlicher Fruchtfolgen und nachwachsender Rohstoffe auf die Nitratauswaschung. In: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Bericht der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft – BAL Gumpenstein. Irding, 47

STEINBRENNER K. (1988): Einfluss der Vorfrucht auf den Getreideertrag: Fruchtfolgeforschung und Fruchtfolgegestaltung. In: Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR (Hrsg.): Tagungsbericht Nr. 261. Berlin, 181

STEINBRENNER K. und LISTE H. J. (1988): Fruchtfolgegestaltung aus aktueller Sicht: Fruchtfolgeforschung und Fruchtfolgegestaltung. In: Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR (Hrsg.): Tagungsbericht Nr. 261. Berlin, 13f

VERSUCHSREFERAT STEIERMARK (2006): Versuchsbericht 2006, Hatzendorf, 40

WAGNER, K. (2006): Grundwasserwirksame Maßnahmen im ÖPUL – Evaluierungsergebnisse. In: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Bericht der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft – BAL Gumpenstein. Irding, 17

WEINGARTEN, P. (1995): Grundwasserschutz und Landwirtschaft. In: DE HAEN, H. (Hrsg.): Landwirtschaft und Umwelt: Schriften zur Umweltökonomik. Band 13, Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk, 243

ZSCHEISCHLER, J. (1990): Handbuch Mais. Frankfurt am Main: DLG Verlag.

ZWATZ F. B. (1999): Einfluss einer unterschiedlichen Stickstoffdüngung auf Ertrag und Ertragsverhalten von Mais im Rahmen der Grundwassersanierung in Wagna/Steiermark. Diplomarbeit, Univ. für Bodenkultur. Wien, 59

Links:

Land Steiermark Abteilungsgruppe Landesbaudirektion – Stabsstelle GIS Stempfergasse 7
A-8010 Graz
lbd-gis@stmk.gv.at Web: www.gis.steiermark.at

www.wagna.at/fhs/template_wagna.php?ID=14&nLID=3&nLID_sub=3&bereich=1,
8.3.2008

www.zamg.at, Jahrbuch, 5.5.2008

www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/landwirtschaft/umweltprogramme/, 5.11.2008

11 ANHANG

Datum	Maßnahme	Gerät	Mittel, Sorte, Bonitur usw.	Einheit/ ha	Menge/ ha	N- Menge in kg /ha	Bemerkungen	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	
08.07.1998	Bonitierung Kürbis	Hagelschaden Kürbis	5 -10 Löcher pro Blatt													1
31.07.1998	Bonitierung Kürbis		50% Abdeckung des Boden durch kleine Blätter													1
16.09.1998	Bonitierung Mais		Vogelfraß, Maishöhe				Maishöhe 294 cm	1								
16.09.1998	Bonitierung Mais		Vogelfraß, Maishöhe				Maishöhe 301 cm		1							
16.09.1998	Bonitierung Mais		Vogelfraß, Maishöhe				Maishöhe 315 cm			1						
16.09.1998	Bonitierung Mais		Vogelfraß, Maishöhe				Maishöhe 283 cm				1					
16.09.1998	Bonitierung Mais		Vogelfraß, Maishöhe				Maishöhe 314 cm					1				
16.09.1998	Bonitierung Mais		Vogelfraß, Maishöhe				Maishöhe 289 cm						1			
16.09.1998	Ernte Mais	Claas Mädrescher	Kornertrag	kg/ha	10642,00		Durchschnitt der 4 Parzellen	1								
16.09.1998	Ernte Mais	Claas Mädrescher		kg/ha	10718,50		Durchschnitt der 4 Parzellen		1							
16.09.1998	Ernte Mais	Claas Mädrescher		kg/ha	11376,75		Durchschnitt der 4 Parzellen			1						
16.09.1998	Ernte Mais	Claas Mädrescher		kg/ha	10118,25		Durchschnitt der 4 Parzellen				1					
16.09.1998	Ernte Mais	Claas Mädrescher		kg/ha	11832,75		Durchschnitt der 4 Parzellen					1				
16.09.1998	Ernte Mais	Claas Mädrescher		kg/ha	10819,50		Durchschnitt der 4 Parzellen						1			
21.09.1998	Ernte Kürbis	Moty 200		kg/ha	794,50		Durchschnitt der 4 Parzellen									1
03.06.1998	Grasuntersaat in Kürbis	Kürbischacke mit Sägerät	Englisches Raygras	17 kg								1				
31.07.1998	kombinierte Saat Sommerzwischenfrucht	Grubber 3 m, 2 Säkästen	pro ha: Waldstaudenkorn 101 kg, Sonnenblumen 4 kg, englisches Raygras 15,9 kg, 8,9 kg/ha Phacelia													1
22.09.1998	Saat Gründecken in den Strohmulch	Pendeldüngerstreuer	103 kg/ha Roggen, 8 kg/ha Senf					1	1	1	1		1			
22.09.1998	Saat Gründecken in den Strohmulch	händisch	103 kg/ha Roggen, 8 kg/ha Senf													
23.09.1998	Häckseln							1	1	1	1		1	1		
23.09.1998	Pflügen	3- Scharpflug														1
24.09.1998	Eggen	3 m Kreiselegge														1
25.09.1998	Saat Gerste	mechan. Drillsämaschine 3 m	Sorte Lorena 204 kg /ha													1
31.10.1998	Häckseln der Sommerzwischenfrucht															1
01.01.1999	Anwachsen der Gründecken							1	1	1	1	1	1	1		1
12.03.1999	Gülledüngung Gerste	Güllefass 5000 Liter mit Prallkopfverteiler	Gülle Spindelwert 6,5	m ³ /ha	12,50	48,66	Gülleprobe Spindelwert 6,5									1
06.04.1999	Unkrautbekämpfung in der Gerste	Feldspritze 10 m	Trio	kg/ha	3,70											1
07.04.1999	Düngung Gerste	Pendeldüngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg/ha	157,00	42,39										1
17.04.1999	Gülledüngung	Güllefass 6000 Liter	Gülle Spindelwert 5,675	m ³ /ha	19,50	72,37	Gülleprobe Spindelwert 4,0			1						
17.04.1999	Gülledüngung	Güllefass 6000 Liter	Gülle Spindelwert 3,1	m ³ /ha	18,00	41,00	Gülleprobe Spindelwert 4,0	1								
17.04.1999	Gülledüngung	Güllefass 6000 Liter	Gülle Spindelwert 3,05	m ³ /ha	18,00	41,00	Gülleprobe Spindelwert 4,0				1					
17.04.1999	Gülledüngung	Güllefass 6000 Liter	Gülle Spindelwert 3,55	m ³ /ha	18,00	46,35	Gülleprobe Spindelwert 4,0					1				
17.04.1999	Gülledüngung	Güllefass 6000 Liter	Gülle Spindelwert 3,175	m ³ /ha	18,00	41,00	Gülleprobe Spindelwert 4,0						1			
17.04.1999	Gülledüngung	Güllefass 6000 Liter	Gülle Spindelwert 4,55	m ³ /ha	15,50	44,67	Gülleprobe Spindelwert 4,0									1
19.04.1999	Bonitierung						Nachwirkung von Leguminosenzwischenfrucht noch deutlich erkennbar (Parzelle 14 und 27)									1
19.04.1999	Bonitierung Gründecken		Höhe Gründecken 25						1		1					1
19.04.1999	Bonitierung Gründecken		Höhe der Gründecken 27,5				Gründecke in Strohmulch	1								
19.04.1999	Bonitierung Gründecken		Höhe der Gründecken 33,75				Gründecke in Strohmulch									1
19.04.1999	Bonitierung Gründecken		Höhe der Gründecken 40				Gründecke in Strohmulch			1						
19.04.1999	Bonitierung Gründecken		Kürbisuntersaat dichtes Raygras									1				
19.04.1999	Bonitierung Fahrspuren		Fahrspuren 0,25				Güllefaß - 0= keine nennenswerten Fahrspuren; 3= 4 x tiefe Fahrspuren (10cm)						1			

Datum	Maßnahme	Gerät	Mittel, Sorte, Bonitur usw.	Einheit/ ha	Menge/ ha	N- Menge in kg /ha	Bemerkungen	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
19.04.1999	Bonitierung Fahrspuren		Fahrspuren 0,5				Güllefaß - 0= keine nennenswerten Fahrspuren; 3= 4 x tiefe Fahrspuren (10cm)	1							
19.04.1999	Bonitierung Fahrspuren		Fahrspuren 0,75				Güllefaß - 0= keine nennenswerten Fahrspuren; 3= 4 x tiefe Fahrspuren (10cm)				1				
19.04.1999	Bonitierung Fahrspuren		Fahrspuren 0,875				Güllefaß - 0= keine nennenswerten Fahrspuren; 3= 4 x tiefe Fahrspuren (10cm)						1		
19.04.1999	Bonitierung Fahrspuren		Fahrspuren 1,25				Güllefaß - 0= keine nennenswerten Fahrspuren; 3= 4 x tiefe Fahrspuren (10cm)								1
19.04.1999	Bonitierung Fahrspuren		Fahrspuren 1,625				Güllefaß - 0= keine nennenswerten Fahrspuren; 3= 4 x tiefe Fahrspuren (10cm)			1					
19.04.1999	Pflügen	3- Scharpflug						1	1	1	1	1	1		1
	Umstechen	händisch													
21.04.1999	Eggen für den Anbau	Kreiselegge						1	1	1	1	1	1		1
22.04.1999	P und K - Düngung mineralisch	Pendeldüngerstreuer	Hyperkali 18/18	kg/ha	250,00		45 kg K ₂ O und P ₂ O ₅ /ha	1							1
22.04.1999	P und K - Düngung mineralisch	Pendeldüngerstreuer	Hyperkali 18/18	kg/ha	500,00		30 kg K ₂ O und P ₂ O ₅ /ha		1						
22.04.1999	P und K - Düngung mineralisch	Pendeldüngerstreuer	Superphosphat	kg/ha	105,00		20 kg P ₂ O ₅ /ha				1		1		
22.04.1999	P und K - Düngung mineralisch	Pendeldüngerstreuer	Superphosphat	kg/ha	200,00		38 kg P ₂ O ₅ /ha			1		1			
26.04.1999	Eggen für den Anbau	Kreiselegge						1	1	1	1	1	1		
27.04.1999	Reihendüngung bei der Saat	Einzelkornsämaschine- 4reihig, mit Düngeaufsatz	Kalkammonsalpeter	kg/ha	185,00	49,95			1	1					
27.04.1999	Saat Mais	Einzelkornsämaschine- 4reihig, mit Düngeaufsatz	Clarica (Sacrust Captan Flutriafol), Abstand in der Reihe 17,5 cm, Reihenabstand 70 cm	Körner /ha	81500,00			1	1	1	1	1	1		
03.05.1999	Eggen für die Saat Kürbis	Kreiselegge													1
04.05.1999	Saat Kürbis	Einzelkornsägerät 2 reihig	Gleisdorfer (Gaucho gebeizt)	Körner/ha	17636,00										1
04.05.1999	Unkrautbekämpfung im Kürbis bei der Saat	Einzelkornsägerät mit aufgebautem Bandspritzgerät	Gesagard 2kg/ha und Dual gold 1,25 Liter /ha				Mit der Saat, Bandbreite 33cm, Mittelmenge korrekt auf die Bandbreite								1
08.05.1999	Pilzbekämpfung bei der Gerste	Feldspritze mit Traktor	Folicur				gegen Blattflecken und Netzfleckenkrankheit								1
10.05.1999	Düngung Gerste	Pendeldüngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg/ha	134,00	36,18	Getreide vor der Blüte, kräftig								1
18.05.1999	Hacke und Düngung im Mais	Hackgerät und Düngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg/ha	185,00	49,95	Düngung mit Hacke		1						
20.05.1999	Hacke und Düngung im Kürbis	Hackgerät und Düngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg/ha	92,00	24,84	Düngung mit Hacke								1
ca. 25.05.1999	Unkrautbekämpfung im Mais	Feldspritze 10 m	Titus 30 g, Banvel 0,5 l, Harmony 10 g Netzmittel 200 ml					1	1	1	1	1	1		
07.06.1999	Hacke und Düngung im Mais	Hackgerät und Düngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg/ha	268,00	72,36		1							
07.06.1999	Hacke und Düngung im Mais	Hackgerät und Düngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg/ha	248,00	66,96			1	1					
07.06.1999 und 10.06.1999	Hacke und Gülledüngung im Mais	Güllefaß 3000 lt mit selbstgebauter Hacke und Gülledrillvorrichtung	Gülle Spindelwert 2,75	m ³ /ha	3075,00	65,65	keine Gülleuntersuchung					1	1		
07.06.1999 und 10.06.2000	Hacke und Gülledüngung im Mais	Güllefaß 3000 Liter mit selbstgebauter Hacke und Gülledrillvorrichtung	Gülle Spindelwert 1,875	m ³ /ha	29,00	46,79	keine Gülleuntersuchung				1				
05.07.1999	Ernte Gerste		Kornertrag	kg/ha	5556,00										1
15.09.1999	Bonitierung		Wuchshöhe Mais 247,5 cm					1							
15.09.1999	Bonitierung		Wuchshöhe Mais 260 cm						1						
15.09.1999	Bonitierung		Wuchshöhe Mais 262,5 cm							1					
15.09.1999	Bonitierung		Wuchshöhe Mais 223,75 cm								1				
15.09.1999	Bonitierung		Wuchshöhe Mais 243,5 cm									1			
15.09.1999	Bonitierung		Wuchshöhe Mais 230 cm											1	
15.09.1999	Ernte Mais	Maisdrescher Claas	Kornertrag	kg/ha	7911,00		Durchschnitt der 4 Parzellen	1							
15.09.1999	Ernte Mais	Maisdrescher Claas	Kornertrag	kg/ha	9258,25		Durchschnitt der 4 Parzellen		1						
15.09.1999	Ernte Mais	Maisdrescher Claas	Kornertrag	kg/ha	8722,25		Durchschnitt der 4 Parzellen			1					
15.09.1999	Ernte Mais	Maisdrescher Claas	Kornertrag	kg/ha	5930,25		Durchschnitt der 4 Parzellen				1				

Datum	Maßnahme	Gerät	Mittel, Sorte, Bonitur usw.	Einheit/ ha	Menge/ ha	N- Menge in kg /ha	Bemerkungen	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
17.04.2000	Reihendüngung bei der Saat	Einzelkornsämaschine- 4reihig, mit Düngeaufsatz	Kalkammonsalpeter	kg /ha	153,00	41,56			1	1					
27.04.2000	Bonitierung Maisaufgang		Bewertung 1,625				Bewertung: 1= guter Aufgang; 3= schlechter Aufgang					1			
27.04.2000	Bonitierung Maisaufgang		Bewertung 1,75				Bewertung: 1= guter Aufgang; 3= schlechter Aufgang						1		
27.04.2000	Bonitierung Maisaufgang		Bewertung 1,875				Bewertung: 1= guter Aufgang; 3= schlechter Aufgang		1		1				
27.04.2000	Bonitierung Maisaufgang		Bewertung 2				Bewertung: 1= guter Aufgang; 3= schlechter Aufgang	1		1					
03.05.2000	Düngung Gerste	Pendeldüngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg /ha	115,00	31,05									1
03.05.2000	Düngung Gerste	händisch	Kalkammonsalpeter	kg /ha	125,00	33,75	Gefäblysimeter 12,5 g KAS								
03.05.2000	Bonitierung Maisaufgang		Mais teilw. 2 Blätter, teilw. 4 Blätter				Mais bereits überall gekeimt	1	1	1	1	1	1		
04.05.2000	Pilzbekämpfung Gerste	Feldspritze 10m Balken	Tilt EC 250	Liter /ha	0,50										1
05.05.2000	Unkrautbekämpfung Mais	Feldspritze 10m Balken	30g Titus, 0,8kg Terano, 0,4 Liter Netowett					1	1	1	1	1	1		
05.05.2000	Saat Kürbis	Einzelkornsämaschine - 2 reihig	Gleisdorfer (Gaucho gebeizt)	Körner/ha	17636,00		17636 Körner pro ha								1
05.05.2000	Unkrautbekämpfung Kürbis	Bandspritzvorrichtung aufgebaut auf die Einzelkornsämaschine	Command 0,2 Liter; Gesagard 1,5 Liter/ha				Bandspritzung Band 25-30cm								1
16.05.2000	Düngung im Mais	Hackgerät mit aufgebautem Düngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg /ha	253,00	68,31			1						
26.05.2000	Hacke und Gülledüngung im Mais	Gülledrillgerät Selbstfahrer	Gülle Spindelwert 1,65	m ³ /ha	29,00	53,29	Gülleprobe Spindelwert 1,7				1				
26.05.2000	Hacke und Gülledüngung im Mais	Gülledrillgerät Selbstfahrer	Gülle Spindelwert 3,675	m ³ /ha	24,75	63,99	Gülleprobe Spindelwert 1,7					1			
26.05.2000	Hacke und Gülledüngung im Mais	Gülledrillgerät Selbstfahrer	Gülle Spindelwert 2,9	m ³ /ha	29,87	67,85	Gülleprobe Spindelwert 1,7						1		
26.05.2000	Hacke und Düngung im Mais	Hackgerät mit aufgebautem Düngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg /ha	250,00	67,50		1	1						
26.05.2000	Hacke und Düngung im Mais	Hackgerät mit aufgebautem Düngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg /ha	133,00	35,91	Zellenrad gebrochen bei einigen Zellen unexakte Ausbringung		1						
26.05.2000	Hacke und Düngung Kürbis	Hackgerät mit aufgebautem Düngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg /ha	167,00	45,09									1
13.06.2000	Bonitierung Hagelschaden						Kürbisblätter durchlöchert; Mais beschädigt; Maisfeld in der Nähe 35 bis 40 % Schaden geschätzt	1	1	1	1	1	1		1
27.06.2000	Ernte Gerste	Claas Mährescher		kg /ha	4313,00										1
27.06.2000	Ernte Gerste	händisch													
30.06.2000	Strohabfuhr														1
01.09.2000	Bonitierung Mais		Maishöhe 276 cm					1							
01.09.2000	Bonitierung Mais		Maishöhe 293 cm						1						
01.09.2000	Bonitierung Mais		Maishöhe 295 cm							1					
01.09.2000	Bonitierung Mais		Maishöhe 2,84 cm								1				
01.09.2000	Bonitierung Mais		Maishöhe 293 cm									1			
01.09.2000	Bonitierung Mais		Maishöhe 284 cm										1		
01.09.2000	Bonitierung Vogelfraß		geschädigte Kolben 5,75 Stück					1							
01.09.2000	Bonitierung Vogelfraß		geschädigte Kolben 1,25 Stück						1						
01.09.2000	Bonitierung Vogelfraß		geschädigte Kolben 0,75 Stück							1					
01.09.2000	Bonitierung Vogelfraß		geschädigte Kolben 2 Stück								1				
01.09.2000	Bonitierung Vogelfraß		geschädigte Kolben 12,5 Stück									1			
01.09.2000	Bonitierung Vogelfraß		geschädigte Kolben 87,25 Stück										1		
02.09.2000	Ernte Körnermais	händisch													
01.09.2000	Ernte Körnermais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg /ha	8737,50			1							
01.09.2000	Ernte Körnermais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg /ha	9207,50				1						
01.09.2000	Ernte Körnermais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg /ha	9225,75					1					
01.09.2000	Ernte Körnermais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg /ha	7894,25						1				

Datum	Maßnahme	Gerät	Mittel, Sorte, Bonitur usw.	Einheit/ ha	Menge/ ha	N- Menge in kg /ha	Bemerkungen	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
03.09.2001	Ernte Mais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg /ha	7241,50		Pflanzen komplett vertrocknet - Notreife	1							
03.09.2001	Ernte Mais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg /ha	8620,25		Pflanzen komplett vertrocknet - Notreife		1						
03.09.2001	Ernte Mais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg /ha	8476,75		Pflanzen komplett vertrocknet - Notreife			1					
03.09.2001	Ernte Mais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg /ha	6690,25		Pflanzen komplett vertrocknet - Notreife				1				
03.09.2001	Ernte Mais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg /ha	8592,75		Pflanzen komplett vertrocknet - Notreife					1			
03.09.2001	Ernte Mais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg /ha	7274,50		Pflanzen komplett vertrocknet - Notreife						1		
19.09.2001	Ernte Kürbis	Moty 2000	Kornertrag in kg	kg /ha	640,25		Kürbis mittel bis klein, wenig Stück; Aufzeilen mit Kürbispflug vor der Ernte								1
01.06.2001	Grasuntersaat in den Kürbis	Hackgerät mit Säkasten	englisches Raygras	kg /ha	23,00		Parz. 9 und 14- 16 kg, Parz. 27 und 32- 30 kg Raygras pro Hektar					1			
07.08.2001	kombinierte Saat Sommerzwischenfrucht	Grubber mit Säkasten	Roggen 104,25 kg; Sonnenblume 17,38 kg; Phacelia 8,69 kg; 8,69 kg Raygras pro ha				trockener Boden schwer zu lockern, sehr fein; viel Saatgut an der Oberfläche, Parzelle 10 auf der Wegseite verdichtet - Bohrwagen Joanneum								1
04.09.2001	Saat Gründecken in den Strohmulch	Pendeldüngerstreuer	Roggen 86 kg; Weizen 47 kg; Perko 7 kg pro Hektar					1	1	1	1		1		
04.09.2001	Häckseln	Maishäcksler (Mulcher)						1	1	1	1		1	1	
04.09.2001	Pflügen	4- schar Wendepflug	Eggen danach												1
01.10.2001	Eggen für die Saat Gerste	Kreiselegge													1
02.10.2001	Saat Gerste	Drillsämaschine 3m	Carola 128 kg pro Hektar	Körner/m ²	282,00		optimale Bedingungen								1
31.10.2001	Häckseln der Sommerzwischenfrucht														1
01.01.2001	Anwachsen der Gründecken							1	1	1	1	1	1	1	1
06.03.2002	Gülledüngung in der Gerste	Güllefass 4000 lt, Prallkopfverteiler	Gülle Spindelwert 2	m ³ /ha	17,85	55,16	Verteilung Parzellen 1 und 6 etwas schmal, keine Einarbeitung, windig 10 bis 15 °C								1
06.03.2002	Bonitierung Gerste		4 Blätter pro Haupttrieb, 3- 6 Triebe/Pflanze, 3 Triebe gleich stark, 250 - 300 Pflanzen pro m ²				Parzelle 1: Gerste stark ausgewintert								1
12.03.2002	Unkraut- und Pilzbekämpfung in der Gerste	Feldspritze 10 m	Trilogran 2,35kg /ha, Gladio 0,47 Liter/ha beides auf 452 l Wasser/ha				sonnig warm								1
12.03.2002	Düngung Gerste	Pendeldüngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg/ha	118,50	32,00									1
20.03.2002	Harnstoff und Spurenelemente Spritzung	Feldspritze 10 m	Harnstoff 9,78 kg; Bittersalz 3,26 kg; Mn Sulfat und Schwefel 1,3 kg pro Hektar	kg/ha	9,78	4,50									1
14.03.2002	Bonitierung Gerste		3-4 Blätter pro Trieb, 4- 6 Triebe/Pflanze,				leidet unter Trockenheit, Körner vom Mineraldünger noch zu sehen, wo genug Gülle hingekommen ist keine Gelbverfärbungen mehr, teilweise ausgewintert								1
20.03.2002	Round up Spritzung, Abtötung der Gründecken auf den Lysimeterparzellen	Feldspritze 10 m	3,872 Liter Roundup ultra/ha, auf 242 Liter Wasser (1,6 %)				Abtötung der Gründecken nur auf den Lysimeterparzellen (Raygras auf 14, und Roggen, Weizen und Perko Gemenge auf 18)				1	1			
03.04.2002	Düngung Gerste	Pendeldüngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg/ha	162,00	43,74									1
03.04.2002	Bonitierung Gerste						Gerste leidet unter Trockenheit unterschiedlich mit gelben Stellen, Blattspitzen braun - wahrscheinlich Frostschäden								1
10.04.2002	Pflügen	4-schar Wendepflug	26 bis 27 cm tief				leichter Regen, schönes Pflugbild	1	1	1	1	1	1	1	1
11.04.2002	Eggen	Kreiselegge						1	1	1	1	1	1	1	1
23.04.2002	Düngung Gerste	Pendeldüngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg/ha	78,00	21,06	auf Parzelle 1 nur 64 kg Kalkammonsalpeter bzw. 17,23 kg N/ha								1
23.04.2002	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	Superphosphat	kg/ha	500,00		95 kg P ₂ O ₅ /ha	1	1						
23.04.2002	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	Superphosphat	kg/ha	250,00		47,5 kg P ₂ O ₅ /ha			1					1
23.04.2002	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	Superphosphat	kg/ha	200,00		38 kg P ₂ O ₅ /ha				1	1	1	1	

Datum	Maßnahme	Gerät	Mittel, Sorte, Bonitur usw.	Einheit/ ha	Menge/ ha	N- Menge in kg /ha	Bemerkungen	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
23.04.2002	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	60 iger Kali	kg/ha	150,00		90 kg K ₂ O/ha		1						
23.04.2002	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	60 iger Kali	kg/ha	50,00		30 kg K ₂ O/ha					1			
23.04.2002	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	60 iger Kali	kg/ha	100,00		60 kg K ₂ O/ha								1
26.04.2002	Gülldüngung mit eineggen	Gülletraktor von der Maschinenringgemeinschaft	Gülle Spindelwert 4,2 bis 4,5	m ³ /ha	16,00	51,60	starke Spuren, direkte Einbringung mit Scheibenegge, Probleme beim Beginn und am Ende der Parzelle	1			1	1	1		
26.04.2002	Gülldüngung mit eineggen	Gülletraktor von der Maschinenringgemeinschaft	Gülle Spindelwert 4,2 bis 4,5	m ³ /ha	22,00	70,95	starke Spuren, direkte Einbringung mit Scheibenegge, Probleme beim Beginn und am Ende der Parzelle			1					
26.04.2002	Gülldüngung mit eineggen	Gülletraktor von der Maschinenringgemeinschaft	Gülle Spindelwert 4,2 bis 4,5	m ³ /ha	12,00	38,70	starke Spuren, direkte Einbringung mit Scheibenegge, Probleme beim Beginn und am Ende der Parzelle								1
29.04.2002	kombinierte Maissaat	4- reihiges Einzelkornsägerät mit Kreiselegge und Düngeaufsatz	Clarica, Abstand in der Reihe 17 cm, Reihenabstand 70 cm	Körner/ha	84033,61			1	1	1	1	1	1	1	
29.04.2002	Reihendüngung bei der Maissaat	4- reihiges Einzelkornsägerät mit Kreiselegge und Düngeaufsatz	Kalkammonsalpeter	kg/ha	230,00	62,10	Düngung mit der Saat		1	1					
03.05.2002	Saat Kürbis	3 reihiges Einzelkornsägerät	Sorte Gleisdorfer, Gaucho gebeizt	Körner/ha	13513,51		10 Reihen auf Parzelle 13 sonst 9 Reihen								1
03.05.2002	Unkrautbekämpfung Kürbis	4 reihiges Einzelkornsägerät mit Bandspritzung	Dual Gold 1,25 Liter; Centium 0,25 Liter; 1 kg Gesagard pro ha				Bandspritzung Band 30 cm								1
10.05.2002	Pilzbekämpfung Gerste	Feldspritze 10 m Balken	Charisma 1,4 Liter/ha				Ähren teilweise aus dem Fahnenblatt								1
10.05.2002	Bonitierung Kürbis		Kürbis beim Keimen noch nicht aus der Erde												1
14.05.2002	Bonitierung Gerste		Höhe ca 1 m, Ährenschieben fast vorbei				einige schwache Flecken - Ähren dort noch im Fahnenblatt								1
14.05.2002	Bonitierung Mais		Mais 3 bis 4 Blätter				ungleichmäßige Saat	1	1	1	1	1	1	1	
15.05.2002	Unkrautbekämpfung Mais	Feldspritze 10 m Balken	30g Titus, 0,8kg Terano, 0,4 Liter Netowett, Mais 4- Blätter 10- 15 cm				Parzelle 20 nicht behandelt - am 23.05.2002 mit Titus und Banvel von Herrn Holler in Aflenz behandelt - extremer Spritzschaden in weiterer Folge	1	1	1	1	1	1	1	
15.05.2002	Bonitierung Mais		Mais 4 Blätter 10 bis 15 cm Höhe					1	1	1	1	1	1	1	
22.05.2002	Hacke und Düngung Kürbis	3 reihiges Hackgerät mit Düngeaufsatz	Kalkammonsalpeter	kg/ha	140,00	37,80									1
31.05.2002	Hacke und Düngung Mais	Hackgerät mit Düngeaufsatz	Kalkammonsalpeter	kg/ha	225,00	60,75		1		1					
31.05.2002	Düngung Mais	Hackgerät mit Düngeaufsatz	Kalkammonsalpeter	kg/ha	279,00	75,33			1						
31.05.2002	Hacke und Gülldüngung	Güllefass 3000 Liter Faß mit Gülleddrill und einfacher Einbringung	Gülle Spindelwert 3,8	m ³ /ha	21,00	50,40	Einarbeitung der Gülle bzw. Hacken schlecht, daher mit dem Hackgerät Schule am gleichen Tag nachgehackt, Spindelwert Gülleprobe 3,8				1	1	1		
04.06.2002	Kürbishacke händisch	händisch	Händische Hacke in den Reihen												1
04.06.2002	Bonitierung Mais		Höhe 50- 60 cm				gute Färbung gleichmäßig alle Parzellen, wahrscheinlich Spuren der Gülleausbringung oder vom Pflügen sichtbar - alle 3,5 m jeweils 2 Reihen niedriger	1	1	1	1	1	1	1	
04.06.2002	Bonitierung Kürbis		gut angewachsen, Reihen sehr breit für die Einsaat. (Reihen=50 bis 60 cm)				in den Reihen weißer Gänsefuß etwas Hirse und einige Disteln und Winden								1
01.07.2002	Ernte Gerste	Claas Mähdescher	Kornertrag in kg	kg/ha	5298,00		Strohertrag fehlt								1
03.07.2002	Strohabfuhr						Strohertrag fehlt								1
18.07.2002	Bonitierung Kürbis		50 - 70% der Bodenfläche noch bedeckt, Rest bereits abgestorben												1
05.08.2002	Bonitierung Kürbis		alle Blätter braun												1
11.09.2002	Bonitierung Mais		Wuchshöhe 214,5					1							
11.09.2002	Bonitierung Mais		Wuchshöhe 219						1						
11.09.2002	Bonitierung Mais		Wuchshöhe 218,5							1					
11.09.2002	Bonitierung Mais		Wuchshöhe 219,75								1				
11.09.2002	Bonitierung Mais		Wuchshöhe 217,25									1			
11.09.2002	Bonitierung Mais		Wuchshöhe 213,33											1	
11.09.2002	Ernte Mais	Claas Mähdescher	Kornertrag in kg	kg/ha	8564,25			1							

Datum	Maßnahme	Gerät	Mittel, Sorte, Bonitur usw.	Einheit/ ha	Menge/ ha	N- Menge in kg /ha	Bemerkungen	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
11.09.2002	Ernte Mais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg/ha	8941,25				1						
11.09.2002	Ernte Mais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg/ha	8421,50					1					
11.09.2002	Ernte Mais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg/ha	7457,75						1				
11.09.2002	Ernte Mais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg/ha	9170,75							1			
11.09.2002	Ernte Mais	Claas Mährescher	Kornertrag in kg	kg/ha	7505,25								1		
18.09.2002	Ernte Kürbis	Moty 2000	Kornertrag in kg	kg/ha	540,50										1
03.06.2002	Grasuntersaat in den Kürbis	Hackgerät mit Säaufsatz	englisches Raygras	kg/ha	20,00							1			
18.07.2002	kombinierte Saat Sommerzwischenfrucht	Grubber mit Säkasten	Roggen 58,2 kg; Gerste 23,28; Sonnenblume 5,82 kg; Phacelia- und Senfmischung 9,7 kg; pro ha												1
27.09.2002	Saat Gründecke in den Strohmulch	Pendeldüngerstreuer	Roggen 135 kg; Perko 5,4 kg pro Hektar					1	1	1	1		1		
27.09.2002	Saat Gründecke in den Strohmulch	händisch	Roggen 135 kg; Perko 5,4 kg pro Hektar												
27.09.2002	Häckseln Maisstroh	Häcksler						1	1	1	1		1	1	
30.09.2002	Pflügen	4- schar Wendepflug													1
30.09.2002	Eggen	Kreiselegge													1
07.10.2002	Saat Gerste	Drillsämaschine 3m	Lorena 162 kg pro Hektar	Körner/m ²	355,00										1
31.10.2002	Häckseln der Sommerzwischenfrucht														1
01.01.2003	Anwachsen der Gründecken							1	1	1	1	1	1	1	1
12.03.2003	Düngung Gerste	Pendeldüngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg/ha	119,00	32,13	Boden feucht, Räder bleiben trocken								1
18.03.2003	Gülledüngung Gerste	Güllefass 4000 Liter, Universalverteiler	Gülle Spindelwert 4	m ³ /ha	17,00	47,38									1
25.03.2003	Unkrautbekämpfung in der Gerste	Feldspritze 10 m	Trilogran 2,5kg /ha, auf 310 l Wasser/ha												1
25.03.2003	Round up Spritzung, Abtötung der Gründecken auf den Lysimeterparzellen	Feldspritze 10 m	4,47 Liter Roundup ultra/ha, auf 284 Liter Wasser/ha (1,575% Round up)								1		1		
01.04.2003	Bonitierung Gerste		300 Pflanzen pro m ² , Bestockung 1,9												1
15.04.2003	Harnstoff- Spurenelemente- und Fungizidspritzung	Feldspritze 10 m	Harnstoff 15 kg; Netzschwefel 2 kg, 0,5 kg Gladio pro Hektar,	kg/ha	15,00	6,90									1
15.04.2003	Düngung Gerste	Pendeldüngerstreuer	Kalkammonsalpeter	kg/ha	112,00	30,24									1
23.04.2003	Pflügen	4-schar Wendepflug	26 bis 27 cm tief					1	1	1	1	1	1	1	1
23.04.2003	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	Superphosphat	kg/ha	450,00		85,5 kg P ₂ O ₅ /ha								
23.04.2003	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	Superphosphat	kg/ha	300,00		57 kg P ₂ O ₅ /ha			1					1
23.04.2003	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	Superphosphat	kg/ha	200,00		38 kg P ₂ O ₅ /ha				1	1	1		
23.04.2003	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	Superphosphat	kg/ha	100,00		19 kg P ₂ O ₅ /ha								1
23.04.2003	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	50 iger Kali	kg/ha	200,00		120 kg K ₂ O/ha		1						
23.04.2003	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	60 iger Kali	kg/ha	100,00		60 kg K ₂ O/ha					1			
23.04.2003	Grunddüngung P und K	Pendeldüngerstreuer	60 iger Kali	kg/ha	100,00		50 kg K ₂ O/ha								1
24.04.2003	Eggen	Kreiselegge						1	1	1	1	1	1	1	1
25.04.2003	Gülledüngung Mais	Güllefass 4000 Liter, Prallkopfverteiler	Gülle Spindelwert zwischen 3,75 und 4,6	m ³ /ha	16,00	40,88		1							
25.04.2003	Gülledüngung Mais	Güllefass 4000 Liter, Prallkopfverteiler	Gülle Spindelwert zwischen 3,75 und 4,6	m ³ /ha	19,00	50,16				1					
25.04.2003	Gülledüngung Mais	Güllefass 4000 Liter, Prallkopfverteiler	Gülle Spindelwert zwischen 3,75 und 4,6	m ³ /ha	16,00	41,25	Parzelle 3,8,9,10 schon am 24.04.2003 gegüllt und gesät				1				
25.04.2003	Gülledüngung Mais	Güllefass 4000 Liter, Prallkopfverteiler	Gülle Spindelwert zwischen 3,75 und 4,6	m ³ /ha	16,50	43,56	Parzelle 3,8,9,10 schon am 24.04.2003 gegüllt und gesät					1	1		

Datum	Maßnahme	Gerät	Mittel, Sorte, Bonitur usw.	Einheit/ ha	Menge/ ha	N- Menge in kg /ha	Bemerkungen	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	
25.04.2003	Gülledüngung Kürbis	Güllefass 4000 Liter, Prallkopfverteiler	Gülle Spindelwert zwischen 3,75 und 4,6	m ³ /ha	10,00	27,72										1
25.04.2003	kombinierte Maissaat	4- reihiges Einzelkornsäegerät mit Kreiselege mit Düngeaufsatz	Kuxxar (350), Reihenabstand 70 cm, Abstand in der Reihe 17,5 cm	Körner/ha	81632,65		Parzelle 3,8,9,10 schon am 24.04.2003 gegüllt und gesät	1	1	1	1	1	1			
25.04.2003	Reihendüngung bei der Maissaat	4- reihiges Einzelkornsäegerät mit Kreiselege mit Düngeaufsatz	Kalkammonsalpeter	kg/ha	223,00	60,21	Düngung mit der Saat		1	1						
01.05.2003	Saat Kürbis	3 reihiges Einzelkornsäegerät	Sorte Gleisdorfer, Gaucho gebeizt	Körner/ha	13513,51											1
03.05.2003	Unkrautbekämpfung Kürbis bei der Saat	4 reihiges Einzelkornsäegerät mit Bandspritzung	Dual Gold 1,25 Liter; Centium 0,25 Liter; 1 kg Gesagard pro ha				Bandspritzung Band 30 cm									1
15.05.2003	Unkrautbekämpfung Mais	Feldspritze 10 m Balken	30g Titus, 0,8kg Terano, 0,4 Liter Netowett,					1	1	1	1	1	1			
17.05.2003	Saat Kürbis - Nachsäen	händisch	angekeimte Kürbis in den Fehlstellen nachsäen													1
23.05.2003	Hacke und Düngung Kürbis	3 reihiges Hackgerät mit Düngeaufsatz	Kalkammonsalpeter	kg/ha	200,00	54,00										1
26.05.2003	Hacke und Düngung Mais	Hackgerät mit Düngeaufsatz	Kalkammonsalpeter	kg/ha	129,63	35,00	Betreuung Pferscher		1							
27.05.2003	Hacke Kürbis	händisch					Händische Hacke in den Reihen									1
30.05.2003	Hacke und Düngung Mais	Hackgerät mit Düngeaufsatz	Kalkammonsalpeter	kg/ha	183,00	49,41		1	1	1						
30.05.2003	Hacke und Gülledüngung	3000 Liter Güllefass mit Gülledrill und einfacher Einbringung mit Rollhacke	Gülle Spindelwert 2,7 bis 4	m ³ /ha	26,80	92,46	Einarbeitung der Gülle bzw. Hacken schlecht, daher mit dem Hackgerät Schule am gleichen Tag nachgehackt, Spindelwert Gülleprobe 3,2				1					
30.05.2003	Hacke und Gülledüngung	3000 Liter Güllefass mit Gülledrill und einfacher Einbringung mit Rollhacke	Gülle Spindelwert 2,7 bis 4	m ³ /ha	26,15	90,22	Einarbeitung der Gülle bzw. Hacken schlecht, daher mit dem Hackgerät Schule am gleichen Tag nachgehackt, Spindelwert Gülleprobe 3,2					1	1			
04.06.2003	Hacke und Grasuntersaat in den Kürbis	Hackgerät mit Säaufsatz	englisches Raygras	kg/ha	20,00											1
10.06.2003	Kürbishacke händisch	händisch														1
23.06.2003	Bonitierung Gerste		Parzelle 20 und 23: sehr niedrig 40 cm hoch und extreme Trockenschäden													1
23.06.2003	Ernte Gerste	Claas Mähdrescher	Kornertrag in kg	kg/ha	4417,00											1
23.06.2003	Strohabfuhr															1
23.06.2003	Bonitierung Kürbis		erxtreme Trockenschäden beim Kürbis, wenig erster Beerenansatz													1
18.07.2003	kombinierte Saat Sommerzwischenfrucht	Grubber mit Säkasten	Weizen 75kg; Roggen 33,3kg; Sonnenblume 8,3 kg; Phacelia 8,3 kg; pro ha													1
26.08.2003	Ernte Mais	Claas Mähdrescher	Kornertrag in kg	kg/ha	7172,25		extreme Trockenheitsschäden, beste Stellen bis zu 2,8m Wuchshöhe und schlechte Stellen 1,2 m Wuchshöhe	1								
26.08.2003	Ernte Mais	Claas Mähdrescher	Kornertrag in kg	kg/ha	7769,25		extreme Trockenheitsschäden, beste Stellen bis zu 2,8m Wuchshöhe und schlechte Stellen 1,2 m Wuchshöhe		1							
26.08.2003	Ernte Mais	Claas Mähdrescher	Kornertrag in kg	kg/ha	6815,25		extreme Trockenheitsschäden, beste Stellen bis zu 2,8m Wuchshöhe und schlechte Stellen 1,2 m Wuchshöhe			1						
26.08.2003	Ernte Mais	Claas Mähdrescher	Kornertrag in kg	kg/ha	5896,00		extreme Trockenheitsschäden, beste Stellen bis zu 2,8m Wuchshöhe und schlechte Stellen 1,2 m Wuchshöhe				1					
26.08.2003	Ernte Mais	Claas Mähdrescher	Kornertrag in kg	kg/ha	6414,25		extreme Trockenheitsschäden, beste Stellen bis zu 2,8m Wuchshöhe und schlechte Stellen 1,2 m Wuchshöhe					1				

