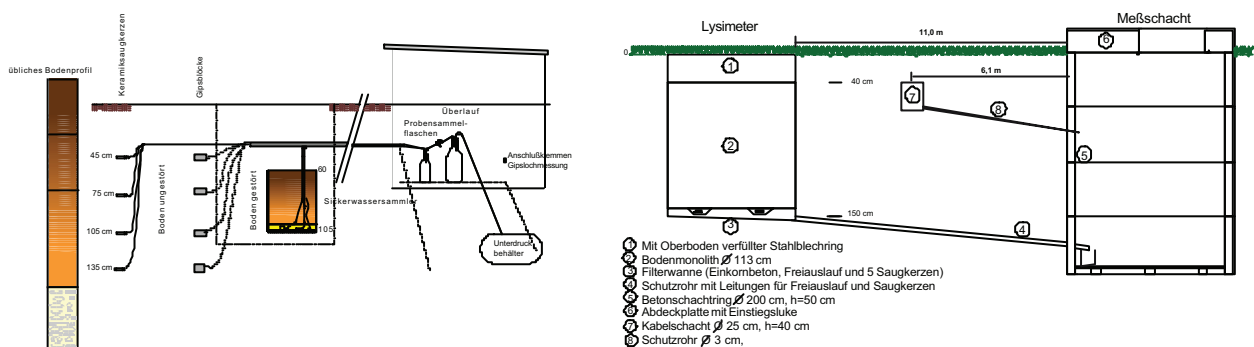


GZ 24.002/59-IIA1a/98

## Endbericht

### UNTERSUCHUNG DER GRUNDWASSERBELASTUNG MIT NITRAT UNTER FELDGEMÜSEBAU IM PANNONISCHEN KLIMARAUM



im Auftrag des  
 Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft

Wien, Juli 2002

Berichtersteller:  
 Dipl.-Ing. Dr. P. CEPUDER  
 WOLFGANG SCHLEDERER

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2. BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES</b>	<b>2</b>
2.1. GEOGRAPHISCHE LAGE	2
2.2. GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE	2
2.3. HYDROLOGISCHE VERHÄLTNISSE	3
2.4. KLIMATISCHE VERHÄLTNISSE	4
2.4.1. NIEDERSCHLAG	4
2.4.2. TEMPERATUR	7
2.5. LANDWIRTSCHAFT IM MARCHFELD	8
2.6. BODENFORMEN	8
2.6.1. BODENTYPEN	10
2.7. LANDWIRTSCHAFT AUF DER VERSUCHSFLÄCHE	12
2.7.1. BODENBEARBEITUNG AN DEN FELDMESSTELLEN IN FUCHSENBIGL	12
2.7.2. ANBAU UND FRUCHTFOLGE	18
2.7.3. DÜNGUNG	20
2.7.4. ERNTE UND ERTRÄGE	22
2.7.5. BEWÄSSERUNG	27
<b>3. AUFBAU DER FELDMESZSTELLEN</b>	<b>30</b>
<b>4. BODENPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>32</b>
4.1. KORNVERTEILUNG	32
4.2. DURCHLÄSSIGKEITSBEIWERT ( $K_F$ -WERT)	34
4.3. DRUCKPOTENTIAL-WASSERANTEILS-BEZIEHUNG	36
4.4. DIE AN DIE SAUGKERZEN ANGELEGTE SAUGSPANNUNG ZUR GEWINNUNG DES BODENWASSERS	37
<b>5. BODENCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>42</b>
5.1. GESAMTSTICKSTOFF	42
5.2. ORGANISCHE SUBSTANZ	44
5.3. C/N - VERHÄLTNIS	46
5.4. $N_{MIN}$ -UNTERSUCHUNGEN	47
<b>6. BODENWASSERHAUSHALT</b>	<b>53</b>

<b>7. NITRATKONZENTRATIONEN IM BODENWASSER, SICKERWASSER-MENGEN UND STICKSTOFFAUSTRAG</b>	<b>67</b>
7.1. PROBENNAHME UND KONSERVIERUNG	67
7.2. NITRATKONZENTRATIONEN DER SAUGKERZENPROBEN	68
7.3. MITTLERE NITRATKONZENTRATIONEN	77
7.4. SICKERWASSERMENGEN	78
7.5. DIE SICKERWASSERMENGEN DES FELDLYSIMETERS	87
7.6. ABSCHÄTZUNG DES STICKSTOFFAUSTRAGES	89
7.6.1. DIE AUSTRAGSMENGEN DES FELDLYSIMETERS	99
7.7. STICKSTOFFENTZUG DURCH PFLANZEN	100
<b>8. ABSCHÄTZUNG DER PERKOLATION UND DES NITRATAUSTRAGES MIT HILFE DES NUMERISCHEN SIMULATIONSMODELLS EPIC</b>	<b>102</b>
8.1. ALLGEMEINES	102
8.2. MODELLBESCHREIBUNG	102
8.3. MODELLPARAMETER	104
8.3.1. TITEL, PROGRAMM CONTROL CODES, GENERAL DATA UND WATER EROSION DATA	104
8.3.2. WETTERDATEN (WEATHER DATA) UND WINDEROSIONS DATEN (WIND EROSION DATA)	105
8.3.3. BODENDATEN (SOIL DATA)	106
8.3.4. ANGABEN ÜBER DIE BEWIRTSCHAFTUNG (MANAGEMENT INFORMATION)	106
8.4. SIMULATIONSERGEBNISSE	107
8.4.1. ERTRAGSERGEBNISSE	107
8.4.2. SICKERWASSER	109
8.4.3. STICKSTOFFAUSTRAG	110
8.4.4. MITTLERE NITRATKONZENTRATION	111
8.4.5. ABSCHLIEßENDE BETRACHTUNG	112
<b>9. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>113</b>
9.1. ALLGEMEIN	113
9.2. ERGEBNISSE DER EINZELNEN VERSUCHSFLÄCHEN	114
9.2.1. VERSUCHSFLÄCHE 1	114
9.2.2. VERSUCHSFLÄCHE 2	114
9.2.3. VERSUCHSFLÄCHE 3	115
9.2.4. VERSUCHSFLÄCHE 4	115
9.2.5. VERSUCHSFLÄCHE 5	116
9.2.6. VERSUCHSFLÄCHE 6	117
9.3. EINFACHE STICKSTOFFBILANZ	117
9.4. ZUSAMMENSTELLUNG DER ERGEBNISSE	121
9.5. SCHLUßFOLGERUNGEN	123
<b>10. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>125</b>

## 1. EINLEITUNG

Das Projekt "Untersuchung der Grundwasserbelastung mit Nitrat unter Feldgemüsebau im pannonischen Klimaraum" wurde vom damaligen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft initiiert.

Die Intensivierung in der Landwirtschaft durch Mechanisierung und Rationalisierung hat in den letzten Jahrzehnten, vor allem in den Gebieten mit intensivem Pflanzenbau und des damit verbundenen Düngemittelaufwandes, dazu geführt, daß große Teile der Grundwasservorkommen unterschiedlich stark mit Nitrat belastet wurden (Wilson, 1987). Neben dem Getreidebau wird besonders dem Gemüsebau ein relevanter Anteil an der Stickstoffbelastung des Grundwassers zugesprochen. Bei Gesprächen mit Organen der Wasserwirtschaft wurden immer mehr die Fragen der Grundwasserbelastung durch Nitrat in den Vordergrund gestellt.

Die über den geplanten Versuchszeitraum von 3 Jahren an den sechs Meßstellen und dem Lysimeter gewonnenen Daten liefern eine Basis hinsichtlich der Verlagerung von Wasser und Stickstoff aus dem durchwurzelten Bodenbereich. Die Ergebnisse der mit und ohne Zwischenfrucht eingesetzten 6-schlägigen Fruchtfolge mit hohem Gemüseanteil können zur Beurteilung weiterer Vorgangsweisen herangezogen werden.

Informationen über Nitratverlagerung und Nitrataustrag zum bereits seit 1993 laufenden Fruchtfolgeversuch sollen besonders in Hinblick auf die Trinkwassernitratverordnung, BGBl. Nr. 557/1989, die Wasserrechtsgesetznovelle 1990 und die Grundwasserschwellenwertverordnung (GSwV), BGBl. Nr. 502/1991 eine Hilfestellung für zukünftige wasserwirtschaftliche Rahmenentscheidungen besonders in Hinblick auf die Wasserrahmenrichtlinie der EU geben.

Neben den oben genannten sei noch auf folgende Gesetze und Verordnungen, die speziell in Hinblick auf die besondere Situation im Marchfeld erlassen wurden, hingewiesen:

- Wasserwirtschaftliche Rahmenverfügung für das Marchfeld (BGBl. Nr. 32/1964)
- Schongebietsverordnung für das Marchfeld (6950/22-0 Stammverordnung 94/80 1980/07/25)
- NÖ-Klärschlamm und Müllkompostverordnung

## **2. BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES**

### **2.1. Geographische Lage**

Die Meßstellen befinden sich auf dem Gelände der Bundesversuchswirtschaft Fuchsenbigl im zentralen Marchfeld ca. 30 km nordöstlich von Wien.

Das „Marchfeld“ als ein Teil des Wiener Beckens liegt nördlich der Donau und nordöstlich von Wien. Seine Fläche umfaßt ca. 100.000 ha und ist Lebens- und Wirtschaftsraum für ca. 225.000 Menschen.

### **2.2. Geologische Verhältnisse**

Der geologische Aufbau eines Gebietes ist beispielsweise Grundlage für die Entstehung verschiedener Bodentypen, oder die Grundwasserverhältnisse. Ein Überblick über die geologischen Verhältnisse des Marchfeldes sei deshalb gegeben.

Das Marchfeld ist ein Einbruchsbecken, das als ein Teil des Wiener Beckens, entlang einer Reihe von Bruchlinien ab dem Tertiär im Inneren des Alpen-Karpatenbogens staffelförmig abgesunken ist. Das führte zu unterschiedlichen tektonischen Senkungs zonen, den sogenannten Wannen, die mit quartären Schottern z. T. auch mit schluffigen und grob bis feinsandigen Sedimenten aufgefüllt wurden.

Diese Sedimentdecken sind häufig von Löß bedeckt. Auf die tertiäre Unterlage wurden im Pleistozän Donauschotter abgelagert, die, terrassiert durch die Donau, ein bestimmendes morphologisches Element des Marchfeldes sind.

Die drei großen Landschaftsräume des Marchfeldes sind:

1. Donauniederung
2. Praterterrasse
3. Gänserndorfer Terrasse

Fuchsenbigl befindet sich im zentralen Bereich des Marchfeldes auf der Praterterrasse auf 149 m ü. A.



Abb. 2.1 Gebietsausschnitt Fuchsenbigel (ÖK Nr.60 1:50000)

### 2.3. Hydrologische Verhältnisse

Die maßgebenden Oberflächengewässer des Marchfeldes sind neben der Donau, die die südliche Grenze bildet, der Rußbach - in Verbindung mit dem Marchfeldkanal, der Stempfelbach, der Weidenbach und die March als östliche Begrenzung. Die eigentlichen Marchfeldgewässer entwässern in der Regel etwa in Richtung NW-SO.

Die Meßstellen bei Fuchsenbigel liegen ca. 300 m bis 1300 m nördlich des Rußbaches (sh. Abb. 2.5). Wegen der Lage der dichten Bachsohle (deutlich über dem Grundwasserspiegel liegend) und der eingedämmten Lage, ist bei Mittel- und Niederwasserständen mit keiner Infiltration ins Grundwasser zu rechnen (nach KURZ, 1991).

Das Grundwasser des Marchfeldes fließt in den quartären, im Durchschnitt 10 m mächtigen Schottern von Nordwesten nach Südosten. Der Flurabstand liegt zwischen ca. 20 m auf der Hochterrasse und ca. 3 m im March-Donau Winkel. Durchschnittlich ist eine Deckschicht von rund 5-10 m über dem Grundwasserspiegel vorhanden (NEUDORFER, 1993).

Der Grundwasserinhalt dürfte schätzungsweise ein Volumen von rund 1,4 Mrd. m<sup>3</sup> ausmachen (SIMULTEC, 1989). Der durchschnittliche Durchfluß beträgt rund 0,7 m<sup>3</sup>/s und die Fließgeschwindigkeit liegt zwischen 1 m/d und 5 m/d.

Der Grundwasserhaushalt im Marchfeld wird nicht nur vom Zu- und Abstrom in horizontaler Richtung, sondern noch mehr vom Umsatz in vertikaler Richtung



(Versickerung von Niederschlägen, Entnahmen) beeinflusst. Donau und March sind mit ihren wechselnden Wasserständen die bestimmenden Einflußfaktoren auf das Grundwasser im südlichen und östlichen Randbereich des Marchfeldes, im zentralen und im nördlichen Marchfeld wird der Wasserhaushalt vor allem durch die großen Grundwasserentnahmen geprägt.

Der Flurabstand - der Abstand zwischen Grundwasserspiegel und Geländeoberkante - beträgt auf der Hochterrasse ca. 15 m und auf der Niederterrasse ca. 5 bis 7 m. Seit 1967 ist eine Spiegelabsenkung von cirka 300 cm zu beobachten.

In einer groben Einteilung aufgrund geologischer und hydrogeologischer Gegebenheiten läßt sich das Marchfeld in mehrere Grundwassergebiete unterteilen, wobei die Grenzen zwischen diesen Bereichen zumeist fließend sind.

Die Grundwasserneubildungsrate und der Nitrataustrag aus der Wurzelzone ins Grundwasser stehen in engem Zusammenhang. Nach KAUPA et al. 1988 und HARREITHER.

Vor allem der Winter und das Frühjahr sind wichtige Neubildungsphasen, aber auch außergewöhnlich ergiebige Sommerniederschläge können vereinzelt zur Grundwasserneubildung beitragen. Meist überwiegt in dieser Jahreszeit jedoch Verdunstung und Wasserentzug durch Pflanzen.

## **2.4. Klimatische Verhältnisse**

Das Marchfeld liegt in einem klimatischen Übergangsbereich zwischen dem westeuropäischen Klimaraum mit milden Wintern und feuchten, verhältnismäßig kühlen Sommern und den kontinental beeinflussten osteuropäischen Klimaprovinzen, die durch kalte Winter und trockene, heiße Sommer gekennzeichnet sind.

Nach pflanzengeographisch-klimatologischen Gesichtspunkten gehört der Raum zur Gänze dem Pannonikum an, also einem Gebiet mit viel Sonnenschein, hohen Temperatursummen in der Vegetationsperiode und relativ geringen Niederschlägen. Es herrscht eine lange Vegetationsperiode in der warmen und trockenen Zone Österreichs. Das 30-jährige Lufttemperatur-Jahresmittel beträgt über 9°C und die mittlere Jahressumme des Niederschlags beträgt 532 mm. Unter diesen Voraussetzungen ist ein gutes Gedeihen von Getreide und Sonderkulturen (hier ist meist eine Bewässerung notwendig) möglich.

Als Lufttemperaturmeßstelle wurde die meteorologische Station in Fuchsenbigl herangezogen. Hier beträgt die mittlere Jahrestemperatur 9,5°C.

Die Differenz der absoluten Temperaturextreme ist sehr ausgeprägt. Im Winter kann die Temperatur örtlich bis gegen minus 15°C absinken, im Sommer bis über 35°C ansteigen. Für den Vegetationsbeginn ist der Zeitpunkt, an dem die Tagesmitteltemperatur +5°C erreicht oder überschritten wird, von Bedeutung (Wiederbeginn des Wachstums bei Wintergetreide, Aussaat der frühen Sommerkulturen); dies ist im Durchschnitt von Mitte März bis Mitte November der Fall; die Dauer der Vegetationsperiode beträgt somit ca. 240 Tage.

### **2.4.1. Niederschlag**

In Tab. 2.1 und Tab. 2.2 sind die während der Untersuchungszeit gefallenen monatlichen Niederschläge der Jahre 1992 bis 2001 der Wetterstation Fuchsenbigl angegeben. Abb. 2.2

und Abb.2.3.enthalten die täglichen Niederschlagssummen und die Jahressummen der Jahre 1998 bis 2001.

Tab. 2.1 Monatssummen der Niederschläge in mm

	Jän.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Σ
1992	15,0	14,4	77,1	19,6	18,9	97,3	38,0	2,7	35,5	55,0	61,6	41,6	476,7
1993	25,1	11,3	21,5	20,3	15,4	49,9	98,9	68,1	33,1	65,7	36,0	56,8	502,1
1994	25,6	9,1	31,3	70,2	47,2	60,5	60,6	39,6	94,4	59,9	44,2	39,1	532,2
1995	17,4	34,8	53,3	65,7	37,2	152,5	34,5	70,3	135,9	8,2	51,7	41,8	703,3
1996	37,4	25,8	14,0	94,5	104,6	87,2	34,1	71,0	66,3	36,3	20,2	16,0	606,8
1997	6,6	13,1	72,2	25,5	67,2	68,6	226,2	13,3	18,8	23,7	76,3	37,2	648,7
1998	23,1	2,4	24,4	20,9	46,2	55,3	90,7	45,6	137,2	99,0	29,8	24,0	598,6
1999	11,1	38,0	25,4	60,1	61,9	96,6	76,1	70,1	55,2	22,2	58,8	35,7	611,2
2000	29,6	47,5	62,4	22,6	23,0	42,2	68,6	62,1	103,8	42,9	56,4	70,2	631,3
2001	11,7	11,6	23,3	30,5	16,0	41,8	114,8	53,9	127,4	5,9			436,9

Tab. 2.2 langjährige Monatsmittel der Niederschläge in mm (1961-1990)

Jän.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Mittel
28	33	35	41	57	66	56	54	43	37	46	36	532

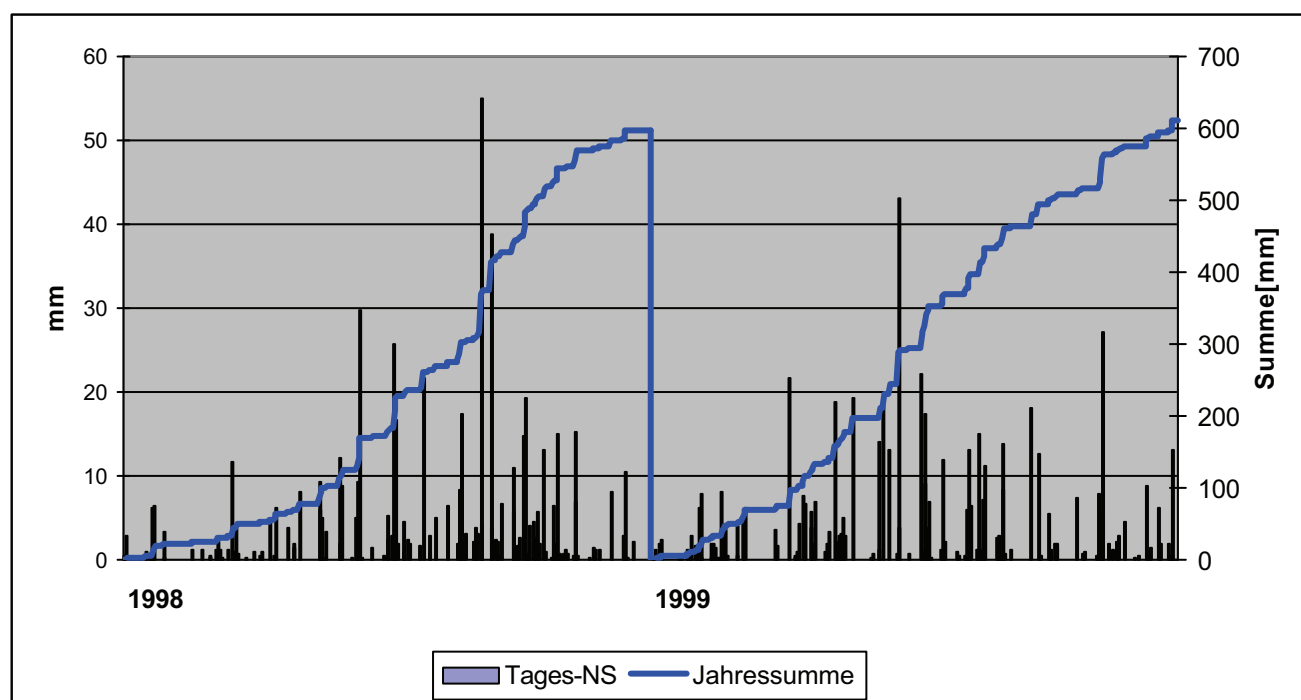


Abb. 2.2 Tägliche Niederschläge und Jahressumme (1998 und 1999) der Wetterstation Fuchsenbigl.



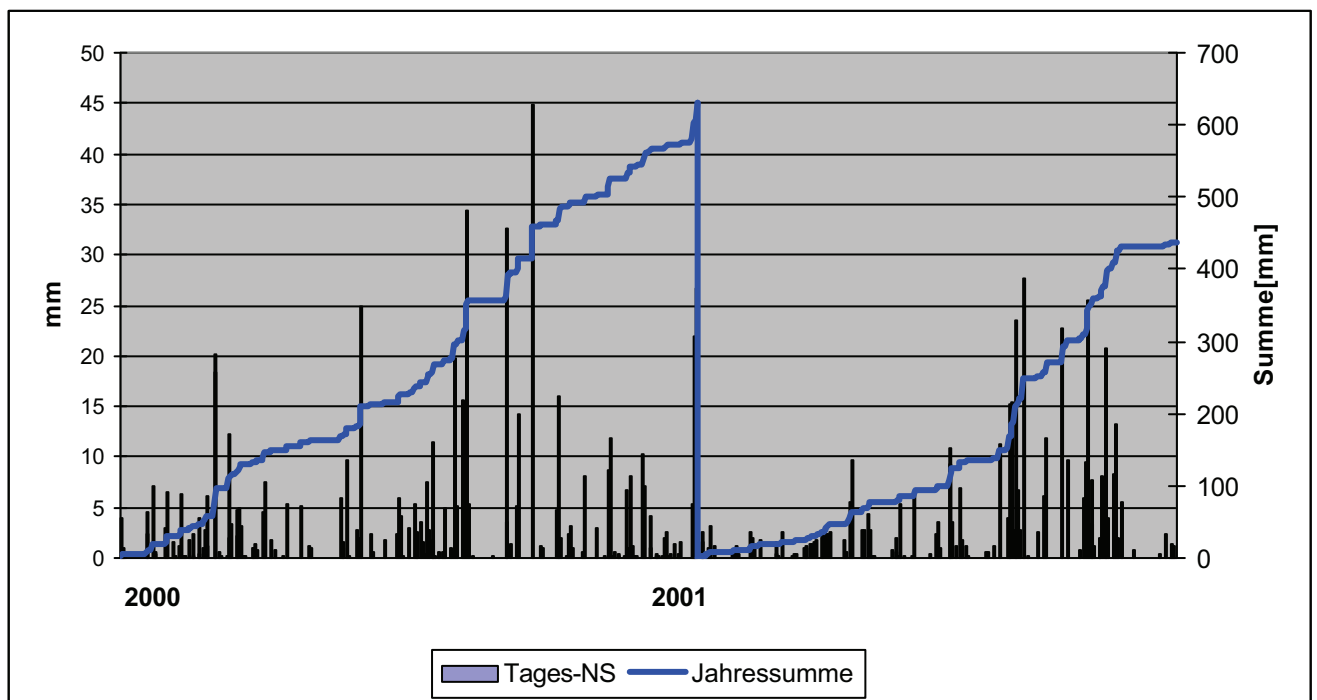


Abb. 2.3 Tägliche Niederschläge und Jahressumme (2000 und 2001) der Wetterstation Fuchsenbigl.

In Abb. 2.2 ist ersichtlich, daß nur bei einigen Ereignissen Niederschläge über 20 mm auftraten.

Die Verteilung der Niederschläge war in den Jahren unterschiedlich. Wurden 1998 hohe Niederschläge im August, September und Oktober gemessen, so zeigten sich diese 1999 in den Monaten April, Mai und Juni. 1999 fallen die niederschlagsarmen Monate Februar, März und August und der niederschlagsreichere Juni mit über 90 mm auf.

In den Jahren 2000 und 2001 fällt jeweils das niederschlagsarme Frühjahr auf. Überaus niederschlagsreich waren Spätsommer und Herbst. Auch ersichtlich sind die Schwankungen zwischen Wochen mit anhaltender Trockenheit und Starkregenereignissen.

Im den Versuchsjahren 1999 bis 2001 wurde der Niederschlag neben den Feldmeßstellen mit einfachen Regenmessern erfaßt. Die Meßmethodik war sehr einfach gehalten, außerdem wurden diese Regenmesser nur allwöchentlich entleert, sie diente hauptsächlich zu Vergleichszwecken für den Meßstellenbetrieb. Im Untersuchungszeitraum wurden hier daher geringere jährliche Niederschlagssummen ermittelt.

In Abb. 2.4 werden die Wochenwerte der Niederschläge der drei Versuchsjahre aus der einfachen Messung dargestellt, in Abb. 2.5 die Monatsmittelwerte aus 1999 bis 2001 mit denen des langjährigen Mittels der Niederschläge vor Ort verglichen.

Wochenmittel der Niederschläge 1999-2001

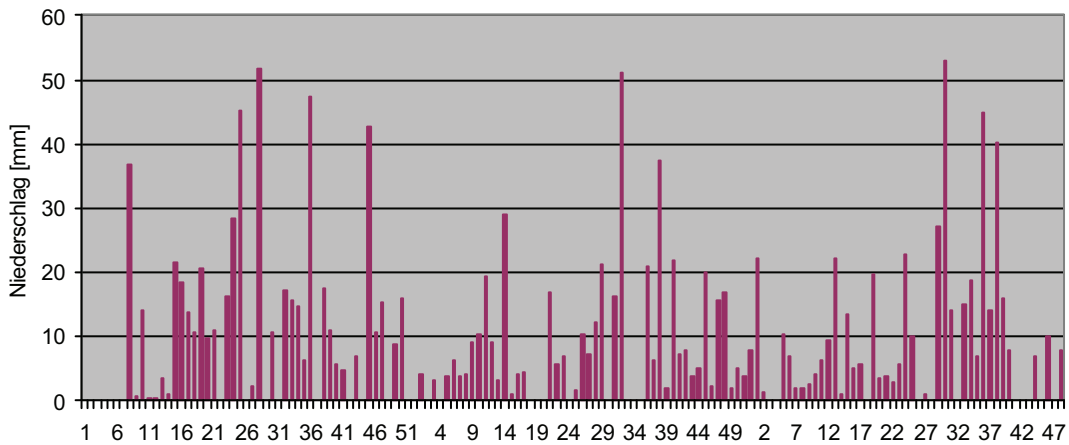


Abb.2.4 wöchentliche Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 1999 bis 2001

Monatssummen 1999-2001 und langjähriges Monatsmittel

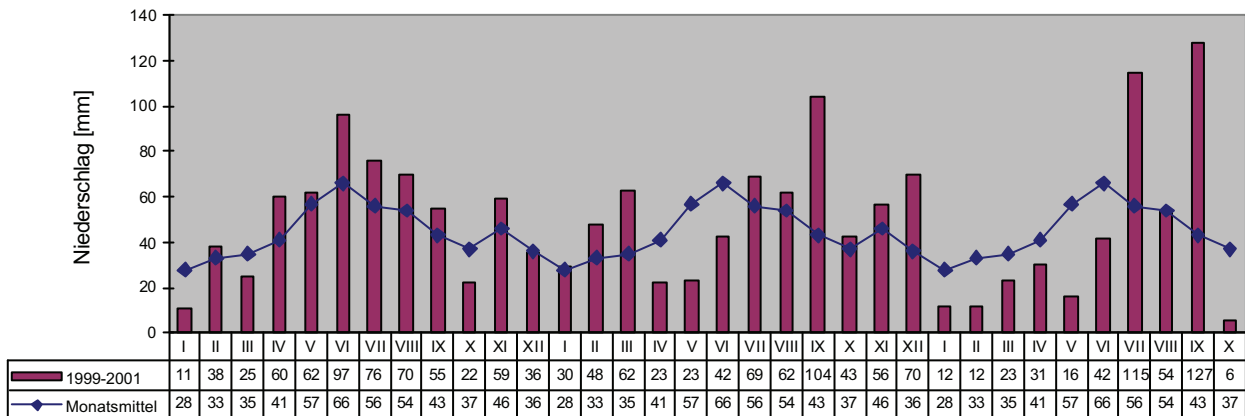


Abb.2.5 Niederschlag 1999 bis 2001 und langjähriges Mittel

2.4.2. Temperatur

In den folgenden Tabellen sind die Monatsmittel der Temperatur der Jahre 1992 bis 2001 und die langjährigen Monatsmittel aufgelistet.

Tab. 2.5 langjährige Monatsmittel der Lufttemperatur (1961-1990)

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Mittel
-1,8	0,5	4,7	9,9	14,5	17,6	19,7	19,1	15,3	9,8	4,2	0,2	9,5

Tab. 2.6 Monatsmittel der Lufttemperatur im Untersuchungszeitraum in °C

	Jän.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez	Mittel
1992	1,7	3,5	5,9	10,1	14,9	18,4	20,9	24,1	16,7	8,9	5,1	0,4	10,9
1993	0,8	-2,1	4,4	10,6	17,3	18,4	19,3	19,8	15,9	10,8	1,2	1,9	9,9
1994	3,8	0,9	8,2	10,5	14,6	18,6	22,8	21,7	17,9	8,6	6,7	1,9	11,4
1995	-0,7	4,7	4,0	10,3	14,3	16,9	22,1	19,0	13,7	11,5	2,1	-0,7	9,8
1996	-3,4	-3,8	-1,5	9,5	15,5	18,4	17,7	18,2	12,1	10,0	6,5	-3,0	8,3
1997	-3,1	3,1	5,3	7,6	15,8	18,3	18,9	20,2	15,5	8,3	5,2	2,4	9,8
1998	1,5	5,0	5,2	11,8	15,2	19,4	20,6	20,7	15,2	11,4	2,3	-1,4	10,6
1999	0,2	0,8	7,4	11,5	15,5	18,0	20,9	19,0	18,1	11,0	3,6	0,7	10,5
2000	-2,1	4,5	6,4	13,5	17,1	19,7	18,6	21,6	15,7	13,4	8,3	2,0	11,6
2001	0,3	2,9	7,2	9,7	16,6	17,0	20,9	21,7	14,2	13,7			12,4

## 2.5. Landwirtschaft im Marchfeld

Die landwirtschaftliche Nutzfläche des Marchfeldes beträgt im niederösterreichischen Anteil ca. 68.000 ha. Diesem Agrarraum kommt besondere Bedeutung zu.

Ebene, kommasierte Flächen bieten günstige Voraussetzungen für eine hochentwickelte, marktorientierte Landwirtschaft. Die Bewirtschaftung erfolgt meist viehlos, die Getreideproduktion steht an erster Stelle. Weitere wichtige Kulturen sind Zuckerrübe, Kartoffel und Mais. Besondere Bedeutung kommt dem Feldgemüseanbau mit einer Fläche von ca. 2000 ha zu.

In den letzten Jahren haben sich Soja, Hirse, Raps, Sonnenblumen und Erbsen etabliert.

## 2.6. Bodenformen

Auf den Versuchsflächen treten Tschernoseme in verschiedenen Ausbildungsformen und Mächtigkeiten auf. Im Folgenden sind die verschiedenen Bodenformen laut Österreichischer Bodenkartierung (ÖBK, 1976) beschrieben, wobei vor allem die Mächtigkeit der einzelnen Horizonte im Bereich der Meßstellen von der Beschreibung der ÖBK abweichen.

### Bodentypen:

14 TS seichtgründiger Tschernosem über Schotter

18 TS, 19 TS Tschernosem aus kalkhaltigen Feinsedimenten

25 TS kalkhaltige Feuchtschwarzerde

Die jetzt zum größten Teil trockenen Kleinformen (Mäander und Schlingen) früherer, postglazialer Gewässerformen zeigen eine deutlich andere Zusammensetzung der einzelnen Kornfraktionen, was sich wiederum auf die Wasserspeicherkapazität, Durchlässigkeit, Wassergehalt-Saugspannungsbeziehung etc. auswirkt. Da solche lokale Inhomogenitäten auch auf den untersuchten Versuchsflächen auftraten (insbesondere Standort 3a und 5), können sie als Erklärung für die unterschiedlichen Sickerwassermengen herangezogen werden.

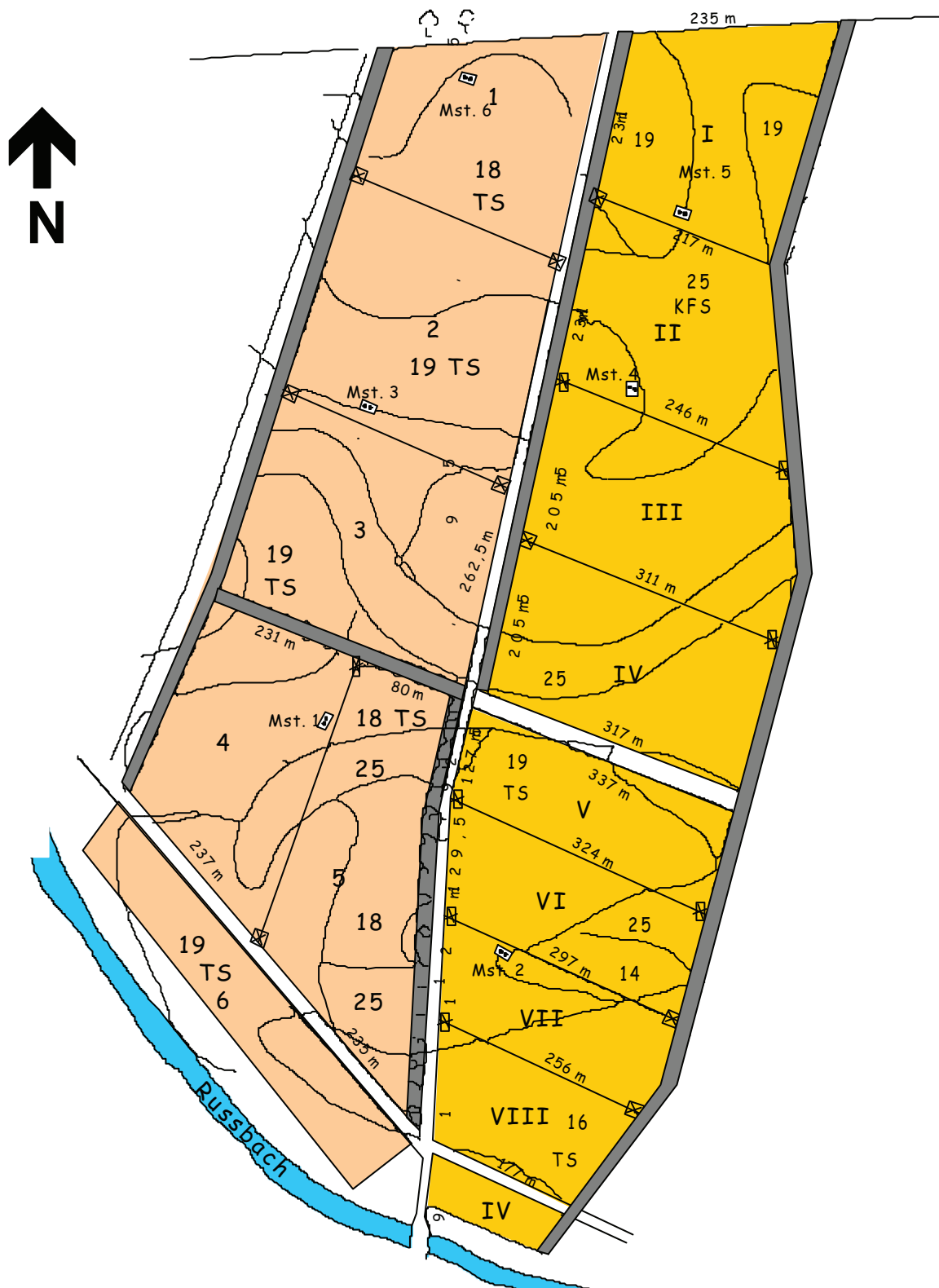


Abb. 2.5 Lageskizze der Meßstellenverteilung mit Bodenformen (nach ÖBK, 1976)

## 2.6.1. Bodentypen

### Profilbeschreibung der Bodenform 14 (nach ÖBK, 1976)

**Bodenform 14TS:** seichtgründiger Tschernosem über Schotter; nur im Bereich der Meßstelle 2b anzutreffen, wobei der Schotteruntergrund erst ab ca. 150 cm auftritt.

#### **A<sub>1</sub>-Horizont**

0-25 cm: lehmiger Schluff, erdtrocken,  
Schluff mit geringem Grobanteil, mittel-humos  
Mull, stark kalkhaltig, mittelkrümmelig,  
dunkelgrau (10 YR 4/1) gut durchwurzelt,  
starke Regenwurm-tätigkeit,  
leicht aufbrechbar, übergehend

#### **A<sub>2</sub>-Horizont**

25-50 cm: lehmiger Schluff, erdtrocken,  
Schluff mit geringem Grobanteil, mittel-humos  
Mull, stark kalkhaltig, mittelkrümmelig,  
dunkelgrau (10 YR 3/1) gut durchwurzelt,  
starke Regenwurm-tätigkeit,  
leicht aufbrechbar, absetzend

#### **D-Horizont**

ab 50 cm: Grobanteil vorherrschend  
Schotter und Kies, 2-6 cm

### Profilbeschreibung der Bodenform 18 (nach ÖBK, 1976)

**Bodenform 18 TS:** Tschernosem aus kalkhaltigen Feinsedimenten; tritt im Bereich der Meßstellen 1 und 6 auf mit einer Mächtigkeit von 210 cm bzw. 130 cm.

#### **A-Horizont**

0-30/35 cm: erfeucht; lehmiger Schluff,  
mittelhumos (Mull), stark kalkhältig, deutlich  
mittelkrümelig, stark mittelporös, leicht  
zerdrückbar, dunkelgrau (10 YR 4/1),  
gut durchwurzelt, starke Regenwurm-  
tätigkeit; übergehend

#### **C<sub>1</sub>-Horizont**

30/35-110 cm: erdfrisch; feinsandiger  
Schluff, stark kalkhaltig, undeutlich feinblockig/  
Kanten gerundet, stark feinporös, leicht zerdrückbar,  
licht braungrau (2,5 Y 6/2), wenig durch-  
wurzelt, geringe Regenwurm-tätigkeit, übergehend

#### **C<sub>2</sub>-Horizont**

110-160 cm: erdfrisch, Feinsand, stark  
kalkhältig, ohne Struktur, lose, zerfallend,  
graubraun(2,5 Y 5/2), nicht durchwurzelt,  
keine Regenwurm-tätigkeit; absetzend

#### **D-Horizont**

ab 160 cm: Grobanteil vorherrschend  
Schotter und Kies

## Profilbeschreibung der Bodenform 19 (nach ÖBK, 1976)

**Bodenform 19TS:** Tschernosem aus kalkhaltigen Feinsedimenten; tritt im Bereich der Meßstellen 3, 4 und 5 auf mit einer Mächtigkeit zwischen 160 und 210 cm

### **A<sub>1</sub>-Horizont**

0-25 cm: erfeucht; lehmiger Schluff, mittelhumos (Mull), stark kalkhältig, deutlich mittelkrümelig, stark mittelporös, leicht zerdrückbar, dunkelgrau (10 YR 3/1), gut durchwurzelt, starke Regenwurmtätigkeit; übergehend

### **A<sub>2</sub>-Horizont**

25-55 cm: erfrisch; lehmiger Schluff, mittelhumos (Mull), stark kalkhältig, deutlich mittelkrümelig, mittelporös, leicht zerdrückbar, dunkelgrau (10 YR 3/1), gut durchwurzelt, starke Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend

### **AC-Horizont**

55-70 cm: erfrisch; lehmiger Schluff, schwach humos (Mull), stark kalkhältig, deutlich feinblockig/Kanten gerundet, mittelporös, leicht zerdrückbar, graubraun (2,5 Y 5/2), wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend

### **C<sub>1</sub>-Horizont**

70-110 cm: erdfrisch, sandiger Schluff, stark kalkhaltig, undeutlich feinblockig/Kanten gerundet, stark mittelporös, leicht zerdrückbar, lichtolivbraun (2,5 Y 5/4), wenig durchwurzelt, keine Regenwurmtätigkeit, allmählich übergehend

### **C<sub>2</sub>-Horizont**

ab 110 cm: erdfrisch; Sand, stark kalkhaltig, ohne Struktur, lose, zerfallend, lichtgelblichbraun (2,5 Y 6/4), nicht durchwurzelt

## Profilbeschreibung der Bodenform 25 (nach ÖBK, 1976)

**Bodenform 25 TS:** kalkhaltige Feuchtschwarzerde; tritt nur im Bereich der Meßstelle 5 auf mit einer Mächtigkeit von 160-180 cm

### **A<sub>1</sub>-Horizont**

0-30 cm: erfrisch; lehmiger Schluff, mittelhumos (Mull), stark kalkhältig, deutlich feinkrümelig, stark mittelporös, leicht zerdrückbar, dunkelgrau (10 YR 4/1), gut durchwurzelt, starke Regenwurmtätigkeit; übergehend

### **A<sub>2</sub>-Horizont**

30-80 cm: erfrisch; schluffiger Lehm, mittelhumos (Mull), stark kalkhältig, deutlich mittelkrümelig, mittelporös, leicht zerdrückbar, dunkelgrau (10 YR 3/1), gut durchwurzelt, starke Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend

### **A<sub>3</sub>-Horizont**

80-95 cm: erfrisch; schluffiger Lehm, mittelhumos (Mull), stark kalkhältig, deutlich feinblockig/Kanten gerundet, mittelporös, leicht zerdrückbar, graubraun (10 YR 5/2), wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend

### **C-Horizont**

ab 95 cm: erdfrisch, sandiger Schluff, stark kalkhaltig, deutlich feinblockig/Kanten gerundet, feinporös, leicht zerdrückbar, lichtbraungrau (2,5 Y 6/2), nicht durchwurzelt, keine Regenwurmtätigkeit,



## 2.7. Landwirtschaft auf der Versuchsfläche

Das Forschungsprojekt „Untersuchung der Grundwasserbelastung mit Nitrat unter Feldgemüsebau im Pannonischen Klimaraum basiert auf dem von 1992-1997 durchgeführten Projekt zur „Erfassung des Nitrataustrages unter einer konventionellen und einer alternativen Fruchtfolge“. Es werden Nitratgehalte im Rahmen einer 6-schlägigen Fruchtfolge mit hohem Gemüseanteil mit den sechs, bereits 1992 installierten, Feldmeßstellen gemessen.

Die gewählte gemüsebetonte Fruchtfolge sieht den Anbau von Zuckerrübe, Karotte, Sommergerste, Zwiebel, Kartoffel und Winterweizen vor.

Bei der Bewirtschaftung der Versuchsflächen durch die BVW-Fuchsenbigl und deren Pächter, die den Feldgemüsebau übernehmen, werden die Auflagen folgender Förderprogramme und Beratungsgrundlagen zur Dokumentation der Praxisrelevanz berücksichtigt.

ÖPUL – extensiver Getreidebau, Begrünungen

IP Gemüse

Richtlinien für sachgerechte und bedarfsgerechte Düngung im Feldgemüsebau

Angebotsberechnung

Bemessung der N-Düngung unter Berücksichtigung aktueller  $N_{\min}$  –Ergebnisse

KNS (kulturbegleitendes Stickstoffsollwertsystem)

### 2.7.1. Bodenbearbeitung an den Feldmeßstellen in Fuchsenbigl

#### 2.7.1.1. Bodenbearbeitung und Düngung an der Feldmeßstelle 1 in Fuchsenbigl

Schlag 4 , Fläche 6,18ha

##### 1999

1.3.99	Nmin Gesamtbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen
15.3.99	Düngung , 600kg/ha Vollkorn –rot
3.4.99	grubbern , fräsen , Kartoffel legen Sorte Ditta, 2000 kg/ha, 0,75 x 0,38m
28.4.99	Pflanzenschutz Agritox (Drahtwurm), aufdämmen
3.5.99	Pflanzenschutz „Bandur“ 4l/ha auf Sorte Dita , Pflanzenschutz „Senkor“ 1kg/ha (Saturna)
20.5.99	Düngung 160 kg Nitramoncal
2.6.99	Pflanzenschutz „Dithane M72“ 2,5 kg/ha (Krautfäule)
15.6.99	Pflanzenschutz „Ridomil“ 2,5 kg/ha (Kraut, Knolle)
17.6.99	Pflanzenschutz „Tiodan“ 1 l/ha (Käfer)
25.6.99	Pflanzenschutz „Ridomil“ 2,5 l/ha (Kraut, Knolle)
26.7.99	Pflanzenschutz „Acrobat MZ“ 2,5 kg/ha (Kraut, Knolle)
7.8.99	Pflanzenschutz „Brestan 60“ 0,5 kg/ha (Kraut, Knolle)
17.8.99	Pflanzenschutz „Brestan 60“ 0,5 kg/ha (Kraut, Knolle)
18.8.99	Pflanzenschutz „Reglone“ 1 l/ha (Kraut tot Spritzen)
8.9.99	Erntebeprobung „Ditta“ 49800 kg/ha, Nmin Teilbeprobung
21.9.99	Ernte(Hauptfrucht) Sorte „Ditta“
25.9.99	Ernte (Hauptfrucht) Sorte „Ditta“ Feldsumme 47000kg/ha
29.9.99	Grubbern
07.10.99	Scheibenegge, Pflügen
18.10.99	Saatbettbereitung Düngung DC 0:12:20 400 kg/ha
18.10.99	Anbau Winterweizen Sorte „Capo“
24.11.99	Nmin Gesamtbeprobung

##### 2000

01.3.00	Nmin Gesamtbeprobung
08.4.00	Striegeln

21.4.00	Pflanzenschutz mit 4l Dicopur U46 KVneu
27.4.00	Düngung NAC 236 kg/ha
17.5.00	Pflanzenschutz mit 0,5l Tilt 0,19l Agro Netz und 0,2l Cymbigom
05.7.00	Erntebeprobung „Capo“ 5200 kg/ha
10.7.00	Ernte (Hauptfrucht), Sorte Capo 5300 kg/ha
12.7.00	Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen
13.7.00	Grubbern, Stoppelsturz
22.8.00	Ackern, Düngung 445 kg/ha DC 0:12:20
23.8.00	Anbau Zwischenfrucht 12 kg Begrünung I (Senf und Phazelia)
15.11.00	Nmin Gesamtbeprobung

## 2001

28.2.01	Nmin Gesamtbeprobung
12.3.01	Scheibenegge
27.3.01	Saatbettbereitung Agropack
06.4.01	Düngung Nitramoncal, 420 kg/ha
06.4.01	Aussaat (Hauptfrucht) Zuckerrübe 100000/ha (Samenpillen), Sorte Corsica
04.05.01	Pflanzenschutz (Spritzungen) mit Neowet 1,2 lt/ha mit Golix 18,6 lt, mit Betanal prog of 5,8 kg, mit Betanal prog. 4 kg und Deput 185 g
21.5.01	Pflanzenschutz (Spritzungen) gegen Unkraut
31.7.01	Pflanzenschutz (Spritzungen) gegen Cerospora
10.10.01	Erntebeprobung „Corsica“ 65200 kg/ha
31.10.01	Ernte (Hauptfrucht) „Corsica“ 61055 kg/ha
6.11.01	Nmin Gesamtbeprobung

**2.7.1.2. Bodenbearbeitung und Düngung an der Feldmeßstelle 2 in Fuchsenbigl**

Schlag VII , Fläche 3,38 ha

## 1999

01.3.99	Nmin Gesamtbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen
24.4.99	Saatbettbereitung mit Grubber
12.5.99	Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen , bzw. 3 Tiefen
20.5.99	Düngung , 480kg/ha Vollkorn –rot 12:12:17
31.5.99	Aussaat (Hauptfrucht) Karotte 2100000 Korn /ha ; Sorte Nerac
22.6.99	Pflanzenschutz mit Maloran 0,7kg/ha
28.7.99	Pflanzenschutz mit 0,4 l Bardos
23.8.99	Pflanzenschutz mit 2kg/ha Dithane M22
10.9.99	Pflanzenschutz mit 2 l Rovral
23.9.99	Pflanzenschutz mit 2kg/ha Dithane M22
20.10.99	Erntebeprobung „Nerac“ 96000 kg/ha, Nmin Teilbeprobung
10.11.99	Ernte (Hauptfrucht) 60000kg/ha , Sorte Nerac
14.11.99	Untergrundlockerung 40 cm
15.11.99	Pflügen 30 cm
23.11.99	Ackern
24.11.99	Nmin Gesamtbeprobung

## 2000

01.3.00	Nmin Gesamtbeprobung
27.3.00	Saatbettbereitung mit Grubber
28.3.00	Düngung , 251kg/ha Vollkorn plus 20:8:8
29.3.00	Aussaat (Hauptfrucht) Brau Sommergerste 177 kg/ha , Sorte Viva
10.5.00	Pflanzenschutz mit 0,1 Dicopur 046kv, 0,9 DicopurM, 0,5 Dicopurfluid und 1liter Corbel
18.5.00	Pflanzenschutz mit 0,18 Agro Netz und 0,24 Cymbigom
05.7.00	Erntebeprobung „Viva“ 2800kg/ha
21.7.00	Ernte (Hauptfrucht), Sorte Viva 2000 kg/ha
12.7.00	Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen
23.8.00	Grubbern
23.8.00	Anbau Zwischenfrucht 18 kg Begrünung I (Senf und Phazelia)

15.11.00	Nmin Gesamtbeprobung
<b>2001</b>	
28.2.01	Nmin Gesamtbeprobung
14.3.01	Saatbettbereitung eggen , schleifen
5.4.01	Düngung , 400 kg/ha Vollkorn –rot
6.4.01	mit Kombination gebaut: Zwiebel Sorte „Spirit“
10.4.01	Pflanzenschutz 4 lt/ha Stomp
30.5.01	Düngung , 300 kg/ha Vollkorn –rot 12:12:17
10.5.01	Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen
8.6.01	Pflanzenschutz 0,15 lt/ha Goal
10.6.01	Düngung , 150 kg/ha NAC
15.23.6.01	Pflanzenschutz 0,15 lt/ha Goal
23.6.01	Pflanzenschutz 2,5 kg/ha Ridomil (Lauch, Zwiebel), Agritox 1lt/ha, Rogor L50 0,3lt/ha
4.7.01	Pflanzenschutz 2,5 kg/ha Ditane
18.7.01	Pflanzenschutz 2,5 kg/ha Ditane, Rogor 1lt/ha
23.6.01	Pflanzenschutz 2,5 kg/ha Ridomil,
7.8.01	Pflanzenschutz 2,5 kg/ha Dithane
18.8.01	Pflanzenschutz 3 kg/ha Galben, Rogor 1lt/ha, Neowet
22.8.01	Erntebeprobung „Spirit“ 64000kg/ha
22.8.01	Nmin Teilbeprobung
28.8.01	Absaugen
3.9.01	Roden
9.01	Ernte Sorte „Spirit“
4.10.01	Spatenrollegge

### 2.7.1.3. Bodenbearbeitung und Düngung an der Feldmeßstelle 3 in Fuchsenbigl

Schlag 2 , Fläche 6,37 ha

#### 1999

1.3.99	Nmin Gesamtbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen
15.3.99	Saatbettbereitung Agropack
18.3.99	Düngung , 286 kg/ha Vollkorn plus 12:12:17
19.3.99	Saatbettbereitung Agropack ; Lysimeterring-Zug
19.3.99	Aussaat (Hauptfrucht) Brau Sommergerste 180 kg/ha , Sorte Viva
4.5.99	Pflanzenschutz mit 0,5l/ha Tilt 250 EC und 1 l/ha Dicopurfluid
14.7.99	Erntebeprobung „Viva“ 5207 kg/ha , Nmin Teilbeprobung
15.7.98	Ernte (Hauptfrucht) 5282 kg/ha , Sorte Viva
4.8.99	Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen
29.9.99	Grubbern
7.10.99	Ackern
24.11.99	Nmin Gesamtbeprobung

#### 2000

1.3.00	Nmin Gesamtbeprobung
22-28.3.00	Saatbettbereitung eggen , schleifen
29.3.00	Düngung , 450 kg/ha Vollkorn –rot 12:12:17
9.4.00	mit Kombination gebaut:2 ha Sorte Lena
11.4.00	mit Kombination gebaut: 2 ha Sorte Spirit
13.4.00	Pflanzenschutz 4 l/ha Stomp
10. 18.5.00	Pflanzenschutz 0,15 l/ha Goal
10.5.00	Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen , bzw. 3 Tiefen
21.6.00	Pflanzenschutz 2,5 kg/ha Ridomil (Lauch, Zwiebel), 0,3 l/ha Roxion
30.6.00	Pflanzenschutz 3 kg/ha Ditane 45 (Lauch, Zwiebel) Pflanzenschutz 0,1 l/ha Fastac
12. 25.7.00	Pflanzenschutz 2,5 l/ha Ridomil (Lauch, Zwiebel), 1 l/ha Rogor L50
16.8.00	Absaugen und roden
9.8.00	Erntebeprobung „Lena“ 57400kg/ha
19. 20.8.00	Ernte Sorte „Lena“

23.8.00 Nmin Teilbeprobung  
 28.9.00 Ernte Sorte „Spirit“ Summe 55000 kg/ha  
 1.10.0 Spatenrollegge

#### 2001

28.2.01 Nmin Gesamtbeprobung  
 17.18.4.01 fräsen Pflanzenschutz 2lt/ha Agritox (Drahtwurm)  
 3.01 Düngung , entfällt  
 18.4.01 Nmin Teilbeprobung  
 18.4.01 Kartoffel legen Sorte „Ditta“ 2000 kg/ha , 0,75 x 0,38m  
 4.5.01 aufdämmen  
 8.5.01 Pflanzenschutz Bandur 4 lt/ha  
 8.6.01 Pflanzenschutz Ridomil 2,5 kg/ha (Kraut, Knolle), Thiodan 0,75 lt/ha (Käfer)  
 15.6.01 Pflanzenschutz Ridomil 2,5 kg/ha (Kraut, Knolle), Thiodan 0,75 lt/ha (Käfer)  
 8.7.01 Pflanzenschutz Ridomil 2,5 kg/ha (Kraut, Knolle)  
 18.7.01 Pflanzenschutz Bravo 2,5 kg/ha  
 6.8.01 Reglone 2 lt/ha (Kraut tot spritzen)  
 19.9.01 Ernte (Hauptfrucht) „Ditta“  
 19.9.01 Erntebeprobung „Ditta“ 50000 kg/ha  
 20.9.01 Scheibenegge

### 2.7.1.4. Bodenbearbeitung und Düngung an der Feldmeßstelle 4 in Fuchsenbigl

Schlag II , Fläche 4,80 ha

#### 1999

1.3.99 Nmin Gesamtbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen  
 1.4.99 Saatbettbereitung eggen , schleifen  
 15.3.99 Düngung , 600 kg/ha Vollkorn –rot 12:12:17  
 16.3.99 mit Kombination gebaut: 2 ha Sorte Festival  
 28.4.99 Pflanzenschutz 3 l/ha Stomp  
 3.5.99 Pflanzenschutz 0,3/ha 1 Goal  
 12.5.99 Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen , bzw. 3 Tiefen  
 20.5.99 Düngung 150 kg/ha Nitramoncal  
 10.6.99 Pflanzenschutz 250 g/ha Fastrac (Insekten)  
 17.6.99 Pflanzenschutz 2 l/ha Totril (Beikräuter), 2,5 kg/ha Ditane 42 (Lauch, Zwiebel)  
 30.6.99 Pflanzenschutz 2,5 kg/ha Ditane 45 (Lauch, Zwiebel)  
 17.7.99 Pflanzenschutz 2,5 kg/ha Ridomil (Lauch, Zwiebel), 3 l/ha Siapton  
 27.7.99 Pflanzenschutz 2,5 kg/ha Dithane 45  
 15.8.99 Absaugen Festival, Spirit  
 18.8.99 Erntebeprobung „Festival“ 60720 kg/ha , Nmin Teilbeprobung  
 23.8.99 Ernte Sorte „Festival“  
 24.8.99 Ernte Sorte „Spirit“  
 25.8.99 Feld grubbern Festival und Spirit  
 16.9.99 Grubbern  
 1.10.99 Saatbettbereitung  
 8.10.99 Anbau Winterbegrünung I 15kg (Senf und Phazelia)  
 24.11.99 Nmin Gesamtbeprobung

#### 2000

1.3.00 Nmin Gesamtbeprobung  
 29.3.00 Düngung , 450 kg/ha Vollkorn –rot 12:12:17  
 17. 18.4.00 grubbern , fräsen , Kartoffel legen Sorte Russet Burbank 2000 kg/ha 0,75 x 0,38m  
 27.4.00 Pflanzenschutz 3l Agritox (Drahtwurm) , aufdämmen  
 12.5.00 Pflanzenschutz „Bandur“ 4 l/ha  
 6.6.00 Pflanzenschutz „Ridomil“ 2,5 kg/ha (Kraut, Knolle)  
 20.6.00 Pflanzenschutz „Dithane 72“ 2,5 kg/ha (Krautfäule)  
 3.7.00 Pflanzenschutz „Winner“ 2 l/ha (Kraut, Knolle)  
 6.7.00 Pflanzenschutz „Tiodan“ 1 l/ha (Käfer)

28.7.00	Pflanzenschutz „Ridomil“ 2,5 l/ha (Kraut, Knolle)
16.7.00	Pflanzenschutz „Acrobat“ 2,5 kg/ha (Kraut, Knolle)
12.8.00	Pflanzenschutz „Winner“ 2 l/ha (Kraut, Knolle)
24.8.00	Pflanzenschutz „Dithane 72“ 2,5 kg/ha (Kraut, Knolle)
3.9.00	Pflanzenschutz „Reglone“ 1 l/ha (Kraut tot Spritzen)
20.9.00	Erntebeprobung „Russet“ 55700 kg/ha, Nmin Teilbeprobung
27.9.00	Ernte (Hauptfrucht)
6.10.00	Ernte (Hauptfrucht)
20.10.00	Scheibenegge

## 2001

10.00	Grubbern
10.00	Pflügen
25.10.00	Saatbettbereitung Düngung DC 0:12:20 370 kg/ha
31.10.00	Anbau Winterweizen Sorte „Capo“ 167kg/ha
15.11.00	Nmin Gesamtbeobachtung
28.2.01	Nmin Gesamtbeobachtung
19.3.01	Düngung NAC 183 kg/ha
2.4.01	Striegeln
18.4.01	Nmin Teilbeobachtung
26.4.01	Pflanzenschutz mit Cercobin 0,32lt/ha, Lotus 0,2lt, Duplosan KV 1,6l
23.5.01	Düngung NAC 100 kg/ha
6.6.01	Pflanzenschutz mit Neowett 0,5lt, Fastac 0,12lt
11.7.01	Erntebeprobung „Capo“ 6400 kg/ha
1.8.01	Ernte (Hauptfrucht), Sorte Capo 6000 kg/ha
8.8.01	Nmin Teilbeobachtung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen
8.01	Grubbern, Stoppelsturz
8.01	Anbau Zwischenfrucht Begrünung I (Senf und Phazelia)
6.11.01	Nmin Gesamtbeobachtung

### 2.7.1.5. Bodenbearbeitung und Düngung an der Feldmeßstelle 5 in Fuchsenbigl

Schlag I , Fläche 4,79 ha

## 1999

1.3.99	Nmin Gesamtbeobachtung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen
15.3.99	Saatbettbereitung Agropack
23.3.99	Düngung Nitramoncal, 355 kg/ha
26.3.99	Saatbettbereitung Agropack
27.3.99	Aussaart (Hauptfrucht) Zuckerrübe 100000/ha (Samenpillen), Sorte Rival
26.4.99	Pflanzenschutz (Spritzungen) mit Nopon 11E 1 l/ha mit Goltix WG 2 kg/ha mit Betanal Tandem 2 l/ha
3.5.99	Händisch hacken
26.5.99	Pflanzenschutz (Spritzungen) mit Nopon 11E 1 l/ha mit Goltix WG 3,77 kg/ha mit Betanal Tandem 1,66 l/ha
13.10.99	Erntebeprobung „Rival“ 97625 kg/ha , Nmin Teilbeobachtung
7.10.99	Ernte (Hauptfrucht) „Rival“ 80000 kg/ha
24.11.99	Nmin Gesamtbeobachtung

## 2000

1.3.00	Nmin Gesamtbeobachtung
30.5.00	Saatbettbereitung mit Grubber
12.5.00	Nmin Teilbeobachtung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen , bzw. 3 Tiefen
31.5.00	Düngung , 420 kg/ha Vollkorn –rot 12:12:17
03.6.00	Aussaart (Hauptfrucht) Karotte 2100000 Korn /ha ; Sorte Darvil
07.8.00	Pflanzenschutz mit 2 l Rovral
23.8.00	Pflanzenschutz mit 0,5 l Bardos
05.09.00	Pflanzenschutz mit 2 l Rovral
20.9.00	Pflanzenschutz mit 0,5 l Bardos

18.10.00 Erntebeprobung „Darvil“ 85000 kg/ha  
 10.11.00 Ernte (Hauptfrucht) 67000kg/ha , Sorte Darvil  
 15.11.00 Nmin Gesamtbeprobung  
 20.11.00 Pflügen

#### 2001

20.11.00 Düngung , 324 kg/ha DC 0:12:20  
 28.2.01 Nmin Gesamtbeprobung  
 30.3.01 Saatbettbereitung  
 31.3.01 Düngung , 220kg/ha NAC  
 31.3.01 Aussaat (Hauptfrucht) Sommergerste 180 kg/ha , Sorte Barke  
 15.5.01 Pflanzenschutz mit Andiamo 2,5lt  
 18.7.01 Erntebeprobung Barke 6100 kg/ha  
 29.7.01 Ernte (Hauptfrucht), Sorte Barke 5200 kg/ha  
 8.8.01 Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen  
 8.01 Grubbern, Stoppelsturz  
 8.01 Anbau Zwischenfrucht Begrünung I (Senf und Phazelia)  
 6.11.01 Nmin Gesamtbeprobung

### 2.7.1.6. Bodenbearbeitung und Düngung an der Feldmeßstelle 6 in Fuchsenbigl

Schlag 1, Fläche 4,85 ha

#### 1999

1.3.99 Nmin Gesamtbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen  
 27.3.99 Ringeln mit Cambridgewalze  
 1.4.99 Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen , bzw. 3 Tiefen  
 30.4.99 Pflanzenschutz mit 0,44l Tilt und 4l Dicopur U46 KVneu  
 5.5.99 Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen , bzw. 3 Tiefen  
 6.5.99 Düngung Nitramoncal 150 kg/ha  
 25.5.99 Pflanzenschutz mit 0,5 l Cercobin M + Harnstoff  
 26.5.99 Düngung Nitramoncal 100 kg/ha  
 21.7.99 Erntebeprobung „Capo“ 7173 kg/ha , Nmin Teilbeprobung  
 26.7.99 Ernte (Hauptfrucht) 6217 kg/ha , Sorte Capo  
 4.8.99 Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen  
 4.8.99 Stoppelsturz  
 24.9.99 Grubbern  
 8.10.99 Ackern und Düngen 530kg/ha DC 0:12:20  
 24.11.99 Nmin Gesamtbeprobung

#### 2000

01.3.00 Nmin Gesamtbeprobung  
 07.4.00 Saatbettbereitung Agropack  
 07.4.00 Düngung Nitramoncal, 350 kg/ha  
 07.4.00 Aussaat (Hauptfrucht) Zuckerrübe 100000/ha (Samenpillen), Sorte Rival  
 03.05.00 Pflanzenschutz (Spritzungen) mit Neowet 1,4 l/ha mit Goltix 700SC 4,86 mit Betanal prog. 3,26 und Deput 0,05  
 16.5.00 Pflanzenschutz (Spritzungen) gegen Unkraut  
 21.7.00 Pflanzenschutz (Spritzungen)mit Netz. 7,15 mit Alto 0,77 kg/ha mit Brestan 0,58  
 04.10.00 Erntebeprobung „Rival“ 82600 kg/ha , Nmin Teilbeprobung  
 10.00 Ernte (Hauptfrucht) „Rival“ 65000 kg/ha  
 15.11.00 Nmin Gesamtbeprobung

#### 2001

28.2..01 Nmin Gesamtbeprobung  
 10.5.01 Nmin Teilbeprobung 2 mal 6-8 Züge über 4 Tiefen  
 30.5.01 Saatbettbereitung  
 1.6.01 Düngung , 310 kg/ha Vollkorn –rot  
 6.6.01 Aussaat (Hauptfrucht) Karotte 2100000 Korn /ha ; Sorte Maestro



29.6.01	Pflanzenschutz mit Maloran
6.8.01	Pflanzenschutz mit 0,5 l Bardos
29.8.01	Pflanzenschutz mit 2,5 l Rovral
14.9.01	Pflanzenschutz mit 0,5 l Bardos
24.10.01	Erntebeprobung Maestro 80500 kg/ha
29.10.01	Ernte (Hauptfrucht) 50000 kg/ha , Sorte Maestro
6.10.01	Nmin Gesamtbeprobung

### 2.7.2. Anbau und Fruchtfolge

Zwischen den Meßstellen 1 bis 6 können direkte Vergleiche des Stickstoffaustrages im Rahmen einer 6-schlägigen Fruchtfolge mit hohem Gemüseanteil angestellt werden. Mit Hilfe der bereits 1992 installierten sechs Meßstellen mit zwei Wiederholungen werden Sickerwässer und deren Nitratgehalt gemessen.

Tab. 2.7 und Tab. 2.8 enthalten eine Aufstellung der Fruchtarten der gewählten gemüsebetonten Fruchtfolge, sowie die Begrünungsvarianten .

Tab. 2.7 Zuordnung der Meßstelle zu den einzelnen Fruchtfolgeflächen 1998

Schläge		Schläge	
<b>Meßstelle 1</b>	1998 Sommergerste, Begrünungsvariante	<b>Meßstelle 2</b>	1998 Sorghum, Begrünungsvariante
<b>Meßstelle 3</b>	1998 Sorghum,	<b>Meßstelle 4</b>	1998 Sommergerste Begrünungsvariante
<b>Meßstelle 5</b>	1998 Winterweizen, Begrünungsvariante	<b>Meßstelle 6</b>	1998 Sommergerste

Die Begrünungsvariante der Winterbegrünung II ist eine Mischung aus Phazelia, Buchweizen, Klee, Senf und Örettich (nematodenhemmend)

Anbaudatum und Saatgutmenge für das Erntejahr 1998:

Meßstelle 1	Sommergerste, Sorte Viva	26.3.98	175 kg/ha
Meßstelle 2	Sorghum, Sorte Rosus	23.4.98	11 kg/ha
Meßstelle 3	Sorghum, Sorte Rosus	23.4.98	11 kg/ha
Meßstelle 4	Sommergerste, Sorte Viva	26.3.98	175 kg/ha
Meßstelle 5	Winterweizen , Sorte Capo	21.10.97	190 kg/ha
Meßstelle 6	Sommergerste, Sorte Viva	26.3.98	175 kg/ha

Tab. 2.8 Zuordnung der Meßstelle zu den einzelnen Fruchtfolgeflächen 1999 bis 2001

Schläge		Schläge	
<b>Meßstelle 1</b>	1999 Kartoffel	<b>Meßstelle 2</b>	1999 Karotte
	2000 Winterweizen, Begrünungsvariante		2000 Sommergerste, Begrünungsvariante
	2001 Zuckerrübe		2001 Zwiebel
<b>Meßstelle 3</b>	1999 Sommergerste	<b>Meßstelle 4</b>	1999 Zwiebel, Begrünungsvariante
	2000 Zwiebel		2000 Kartoffel
	2001 Kartoffel		2001 Winterweizen, Begrünungsvariante
<b>Meßstelle 5</b>	1999 Zuckerrübe	<b>Meßstelle 6</b>	1999 Winterweizen
	2000 Karotte		2000 Zuckerrübe
	2001 Sommergerste, Begrünungsvariante		2001 Karotte

Die Begrünungsvariante I ist eine Mischung aus Phazelia, Klee, Senf und Ölrettich (nematodenhemmend)

Anbaudatum und Saatgutmenge für das Erntejahr 1999:

Meßstelle 1	Kartoffel, Sorte Ditta	3.-12.4.99	2000 kg/ha
Meßstelle 2	Karotte, Sorte Nerac	31.5.99	21 U/ha
Meßstelle 3	Sommergerste Sorte Viva	22.3.99	170 kg/ha
Meßstelle 4	Zwiebel, Sorte Festival	16.-19.3.99	3,10 kg/ha
	Begrünung	8.10.99	10 kg/ha
Meßstelle 5	Zuckerrübe, Sorte Rival	27.3.99	1 U/ha
Meßstelle 6	Winterweizen, Sorte Capo	31.10.98	150 kg/ha

U= 100000Korn

Anbaudatum und Saatgutmenge für das Erntejahr 2000:

Meßstelle 1	Winterweizen , Sorte Capo	29.10.99	178 kg/ha
	Begrünung	23.8.00	8,40 kg/ha
Meßstelle 2	Sommergerste, Sorte Viva	29.3.00	177 kg/ha
	Begrünung	23.8.00	8,40 kg/ha
Meßstelle 3	Zwiebel, Sorte Lena	29.3.00	3,10 kg/ha
Meßstelle 4	Kartoffel, Sorte Rasset	12.4.00	2000 kg/ha
Meßstelle 5	Karotte, Sorte Darvil	3.6.00	21 U/ha
Meßstelle 6	Zuckerrübe, Sorte Rival	11.4.00	1,03 U/ha

U= 100000Korn

Anbaudatum und Saatgutmenge für das Erntejahr 2001:

Meßstelle 1	Zuckerrübe, Sorte Corsica	6.4.01	1,00 U/ha
Meßstelle 2	Zwiebel, Sorte Spirit	6.4.01	3,10 kg/ha
Meßstelle 3	Kartoffel, Sorte Ditta	18.4.01	2000 kg/ha
Meßstelle 4	Winterweizen, Sorte Capo	30.10.00	167 kg/ha
	Begrünung	8.01	8,40 kg/ha
Meßstelle 5	Sommergerste, Sorte Barke	31.3.01	180 kg/ha
	Begrünung	8.01	8,40 kg/ha
Meßstelle 6	Karotte, Sorte Maestro	6.6.01	21 U/ha

U= 100000Korn

### 2.7.3. Düngung

In Tab. 2.9 bis 2.12 sind für die Erntejahre 1998 bis 2001 die Zeitpunkte, Düngerart, Düngemengen und Reinstickstoffgaben der einzelnen Fruchtarten der Versuchsflächen enthalten.

Tab. 2.9 Zeitpunkt, Dünger, Düngemengen und Reinstickstoffgaben der Versuchsflächen für das Erntejahr 1998

Meßstelle Nr.	Fruchtart	Datum	Dünger	kg/ha	Gehalt an Reinstickstoff [kg/ha]
1	Sommergerste, Begrünungsvari.	23.3.98	VK+	250	50
2	Sorghum, Begrünungsvari.	7.4.98 24.10.98	VK+ DC	353 503	70,6
3	Sorghum,	7.4.98 24.10.98	VK+ DC	353 400	70,6
4	Sommergerste, Begrünungsvari.	23.3.98	VK+	250	50
5	Winterweizen, Begrünungsvari.	16.9.97 25.3.98 7.5.98	DC NAC NAC	346 200 103	54 27,8
6	Sommergerste, Begrünungsvari.	23.3.98	VK+	250	50

Tab. 2.10 Zeitpunkt, Dünger, Düngermengen und Reinstickstoffgaben der Versuchsflächen für das Erntejahr 1999

Meßstelle Nr.	Fruchtart	Datum	Dünger	kg/ha	Gehalt an Reinstickstoff [kg/ha]
1	Kartoffel	15.3.99	VKrot	600	72
		20.5.99	NAC	160	43,2
2	Karotte	20.5.99	VKrot	480	57,6
3	Sommergerste	18.3.99	VK+	286	57,2
4	Zwiebel	15.3.99	VKrot	600	72
		20.5.99	NAC	150	40,5
5	Zuckerrübe	21.4.99	NAC	355	95,9
6	Winterweizen	18.5.99	NAC	95	25,7
		26.5.99	NAC	257	63,4

VK+ Vollkorn plus (20 % N)

VKrot Vollkorn rot (12 % N)

NAC Kalkammonsalpeter (27 % N)

Tab. 2.11 Zeitpunkt, Dünger, Düngermengen und Reinstickstoffgaben der Versuchsflächen für das Erntejahr 2000

Meßstelle Nr.	Fruchtart	Datum	Dünger	kg/ha	Gehalt an Reinstickstoff [kg/ha]
1	Winterweizen	18.10.99	DC	256	
		27.4.00	NAC	236	47
2	Sommergerste	28.3.00	VK+	251	50
3	Zwiebel	29.3.00	VKrot	450	54
4	Kartoffel	29.3.00	VKrot	450	54
5	Karotte	31.5.00	VKrot	420	50
6	Zuckerrübe	8.10.99	DC	530	
		7.4.00	NAC	350	91

Tab. 2.12 Zeitpunkt, Dünger, Düngermengen und Reinstickstoffgaben der Versuchsflächen für das Erntejahr 2001

Meßstelle Nr.	Fruchtart	Datum	Dünger	kg/ha	Gehalt an Reinstickstoff [kg/ha]
1	Zuckerrübe	22.8.00	DC	445	
		6.4.01	NAC	420	113
2	Zwiebel	5.4.01	Vkrot	400	48
		30.5.01	Vkrot	300	36
3	Kartoffel	3.01	Keine	-	-
4	Winterweizen	25.10.00	DC	370	
		19.3.01	NAC	183	49
		23.5.01	NAC	100	27
5	Sommergerste	31.4.01	NAC	220	59
6	Karotte	1.6.01	Vkrot	310	37

#### 2.7.4. Ernte und Erträge

Zum Zeitpunkt der großflächigen, maschinellen Ernte wurde mit einem Ernterahmen jeweils 1 m<sup>2</sup> 3 mal (Winterweizen) bis 5 mal (Sommergerste) bzw. 3 mal zwei Reihen auf 8 Laufmetern händisch geerntet und im Labor der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur in Groß-Enzersdorf untersucht. Im Fall der Gemüseernte wurde etwas anders beprobt (siehe unten). In den Tabellen sind die Daten und Erträge der Versuchsflächen 1 bis 6 in den Jahren 1998 und 2001 enthalten.

Zwiebelernte: 3 Beete jeweils 1m mal 1,5m

Kartoffelernte: 4 Dämme jeweils 5 Laufmeter

Karotte: 4 Dämme jeweils 3 Laufmeter

Tab. 2.13 Ernte und Erträge 1998

Meßstelle	Fruchtart	Erntedatum	Ertrag in kg/ha	Ertrag in dt/ha
Meßstelle 1	Sommergerste, Begrün	15.7.98	3188	32
Meßstelle 2	Sorghum, Begrünung	10.98	8320	83
Meßstelle 3	Sorghum	10.98	7110	71
Meßstelle 4	Sommergerste, Begrün	13.7.98	4442	44
Meßstelle 5	Winterweizen, Begrün	23.7.98	4635	46
Meßstelle 6	Sommergerste, Begrün	13.7.98	3377	34

Die geringen Erträge bei Sommergerste wurden auf Meßstelle 1 (32%), auf Meßstelle 4 (15%) und auf Meßstelle 6 (24%) durch Hagel bedingt.

Tab. 2.14 Ernte und Erträge 1999 (Ergebnisse der Kleinparzellenernte)

Meßstelle	Fruchtart	Erntedatum	Ertrag in kg/ha	Ertrag in dt/ha	Trockem dt/ha
Meßstelle 1	Kartoffel	8.9.99	44300	443	68
Meßstelle 2	Karotte	20.10.99	91100	911	86
Meßstelle 3	Sommergerste	15.7.99	5200	52	46
Meßstelle 4	Zwiebel	18.8.99	55200	552	43
Meßstelle 5	Zuckerrübe	13.10.99	98600	986	194
Meßstelle 6	Winterweizen	26.7.99	7200	72	64

Tab. 2.15 Ernte und Erträge 2000 (Ergebnisse der Kleinparzellenernte)

Meßstelle	Fruchtart	Erntedatum	Ertrag in kg/ha	Ertrag in dt/ha	Trockem dt/ha
Meßstelle 1	Winterweizen	5.7.00	5200	52	45
Meßstelle 2	Sommergerste	5.7.00	2800	28	25
Meßstelle 3	Zwiebel	23.8.00	57400	574	52
Meßstelle 4	Kartoffel	20.9.00	55800	558	101
Meßstelle 5	Karotte	18.10.00	85400	854	80
Meßstelle 6	Zuckerrübe	11.10.00	82600	826	198

Tab. 2.16 Ernte und Erträge 2001 (Ergebnisse der Kleinparzellenernte)

Meßstelle	Fruchtart	Erntedatum	Ertrag in kg/ha	Ertrag in dt/ha	Trockem dt/ha
Meßstelle 1	Zuckerrübe	10.10.01	65200	652	132
Meßstelle 2	Zwiebel	22.8.01	64000	640	63
Meßstelle 3	Kartoffel	19.9.01	49000	490	89
Meßstelle 4	Winterweizen	11.7.01	6500	65	57
Meßstelle 5	Sommergerste	18.7.01	6100	61	54
Meßstelle 6	Karotte	24.10.01	80500	805	62

In den Tabellen sind die Anzahl der Ähren pro m<sup>2</sup>, das Korn- und Strohgewicht sowie Tausendkorngewicht (TKG) und das Hektolitergewicht (HLG, nur bei Getreide) enthalten.

Tab. 2.17 Erntedaten des Winterweizen 1999

Meßstelle 6	Ährenanzahl pro m <sup>2</sup>	Stroh [g/m <sup>2</sup> ]	Korngewicht [g/m <sup>2</sup> ]	TKG	HLG
6.1	509	789,4	691,4	46,9	85,3
6.2	505	727,8	697,7	46,8	84,5
6.3	640	1032,7	762,8	46,4	85,7
<b>Winterweizen</b>	<b>550</b>	<b>850,0</b>	<b>717,3</b>	<b>46,6</b>	<b>85,2</b>

Tab. 2.18 Erntedaten des Winterweizen 2000

Meßstelle 1	Ährenanzahl pro m <sup>2</sup>	Stroh [g/m <sup>2</sup> ]	Korngewicht [g/m <sup>2</sup> ]	TKG	HLG
1.1	447	725,9	520,1	59,9	209,2
1.2	379	713,7	489,3	63,0	208,4
1.3	446	879,0	547,0	60,9	209,5
<b>Winterweizen</b>	<b>424</b>	<b>772,9</b>	<b>518,8</b>	<b>61,3</b>	<b>209,0</b>



Tab. 2.19 Erntedaten des Winterweizen 2001

Meßstelle 1	Ährenzahl pro m <sup>2</sup>	Stroh [g/m <sup>2</sup> ]	Korngewicht [g/m <sup>2</sup> ]	TKG	HLG
4.1	493	1357,6	677,2	63,3	85,3
4.2	655	1406,0	589,9	58,3	84,9
4.3	541	1473,3	668,0	62,1	85,3
<b>Winterweizen</b>	<b>563</b>	<b>1412,3</b>	<b>645,0</b>	<b>61,2</b>	<b>85,2</b>

Tab. 2.20 Erntedaten der Sommergerste 1999

Meßstelle 3	Ährenzahl pro m <sup>2</sup>	Stroh [g/m <sup>2</sup> ]	Korngewicht [g/m <sup>2</sup> ]	TKG	HLG
3.1	528	750,3	487,6	45,6	72,95
3.2	583	792,5	524,7	46,0	73,15
3.3	676	1000,4	645,3	45,2	73,60
3.4	561	520,0	469,3	42,8	67,50
Lysimeter	621	536,9	476,4	39,8	68,30
<b>Sommergerste</b>	<b>594</b>	<b>720,0</b>	<b>520,7</b>	<b>43,9</b>	<b>71,1</b>

Tab. 2.21 Erntedaten der Sommergerste 2000

Meßstelle 2	Ährenzahl pro m <sup>2</sup>	Stroh [g/m <sup>2</sup> ]	Korngewicht [g/m <sup>2</sup> ]	TKG	HLG
2.1	575	416,2	326,8	53,6	172,6
2.2	395	387,9	215,1	54,7	169,6
2.3	498	574,5	286,5	53,7	169,0
<b>Sommergerste</b>	<b>489</b>	<b>459,5</b>	<b>276,1</b>	<b>54,0</b>	<b>170,0</b>

Tab. 2.22 Erntedaten der Sommergerste 2001

Meßstelle 2	Ährenzahl pro m <sup>2</sup>	Stroh [g/m <sup>2</sup> ]	Korngewicht [g/m <sup>2</sup> ]	TKG	HLG
5.1	787	1303,6	714,4	56,2	69,4
5.2	606	1062,6	535,0	53,2	67,9
5.3	567	728,9	567,1	58	70,7
<b>Sommergerste</b>	<b>653</b>	<b>1031,7</b>	<b>605,5</b>	<b>58,9</b>	<b>69,3</b>

Tab. 2.23 Daten der Zwiebel 1999

Meßstelle 4	Pflanzen/m <sup>2</sup>	Zwiebelgewicht [g/m <sup>2</sup> ]
4.1	59	4927
4.2	51	5793
4.3	49	5847
<b>Zwiebel</b>	<b>53</b>	<b>5522</b>

Tab. 2.24 Erntedaten der Zwiebel 2000

Meßstelle 3	Lauchgewicht [g/m <sup>2</sup> ]	Zwiebelgewicht [g/m <sup>2</sup> ]
3.1	1038	5542
3.2	1201	5196
Lysimeter3	991	6467
<b>Zwiebel</b>	<b>1076</b>	<b>5735</b>

Tab. 2.25 Erntedaten der Zwiebel 2001

Meßstelle 3	Lauchgewicht [g/m <sup>2</sup> ]	Zwiebelgewicht [g/m <sup>2</sup> ]
2.1	1275	5958
2.2	1419	6969
2.3	1396	6280
<b>Zwiebel</b>	<b>1363</b>	<b>6402</b>

Tab. 2.26 Daten der Kartoffel 1999 4 mal 5 m

Meßstelle 1	Pflanzen/ m <sup>2</sup>	Kartoffelgewicht [g/ m <sup>2</sup> ]
1.1	3	3853
1.2	4	4960
1.3	3	4387
1.4	4	4507
<b>Kartoffel</b>	<b>4</b>	<b>4427</b>

Tab. 2.27 Erntedaten der Kartoffel 2000 4 mal 5 m

Meßstelle 4	Krautgewicht [g/ m <sup>2</sup> ]	Kartoffelgewicht [g/ m <sup>2</sup> ]
4.1	352	4933
4.2	299	6400
4.3	352	6480
4.4	299	6947
<b>Kartoffel</b>	<b>325</b>	<b>6190</b>

Tab. 2.28 Erntedaten der Kartoffel 2001 4 mal 5 m

Meßstelle 4	Krautgewicht [g/ m <sup>2</sup> ]	Kartoffelgewicht [g/ m <sup>2</sup> ]
4.1	352	5307
4.2	299	3773
4.3	352	5000
4.4 Lysimeter	299	5483
<b>Kartoffel</b>	<b>325</b>	<b>4891</b>

Tab. 2.29 Erntedaten der Zuckerrübe 1999 2 Reihen je 3 mal 8 m

Meßstelle 5	Blattmasse [g/ m <sup>2</sup> ]	Rübe [g/ m <sup>2</sup> ]
5.1	4040	10514
5.2	3460	9806
5.3	3290	9264
<b>Zuckerrübe</b>	<b>3600</b>	<b>9861</b>

Tab. 2.30 Erntedaten der Zuckerrübe 2000 2 Reihen je 3 mal 4 m

Meßstelle 6	Blattmasse [g/ m <sup>2</sup> ]	Rübe [g/ m <sup>2</sup> ]
6.1	3708	8347
6.2	3014	8431
6.3	3597	8014
<b>Zuckerrübe</b>	<b>3440</b>	<b>8264</b>

Tab. 2.31 Daten der Zuckerrübe 2001

Meßstelle 5	Blattmasse [g/ m <sup>2</sup> ]	Rübe [g/ m <sup>2</sup> ]
1.1	2583	6028
1.2	2944	6222
1.3	3389	7306
<b>Zuckerrübe</b>	<b>2972</b>	<b>6519</b>

Tab. 2.32 Daten der Karotte 1999

Meßstelle 2	Kraut [g/ m <sup>2</sup> ]	Rübe [g/ m <sup>2</sup> ]
2.1	854	9688
2.2	792	8271
2.3	667	9063
2.4	783	9410
<b>Karotte</b>	<b>774</b>	<b>9108</b>

Tab. 2.33 Erntedaten der Karotte 2000

Meßstelle 5	Kraut [g/ m <sup>2</sup> ]	Rübe [g/ m <sup>2</sup> ]
5.1	2484	8737
5.2	2366	8183
5.3	2470	8709
5.4	2233	8537
<b>Karotte</b>	<b>2388</b>	<b>8541</b>

Tab. 2.34 Daten der Karotte 2001

Meßstelle 2	Kraut [g/ m <sup>2</sup> ]	Rübe [g/ m <sup>2</sup> ]
6.1	1834	8047
6.2	1751	8629
6.3	1479	6575
6.4	1904	8967
<b>Karotte</b>	<b>1742</b>	<b>8054</b>

### 2.7.5. Bewässerung

In Trockengebieten wird durch die Bewässerung ein Niederschlagsdefizit ausgeglichen. Bei unsachgemäßer Anwendung der Beregnung können jedoch zu hohe Wassergaben einen wesentlichen Beitrag zum Nitrataustrag liefern.

In den Versuchsjahren wurden Karotte, Kartoffel, Zuckerrübe und Zwiebel bewässert.

Die Tabellen 2.34 bis 2.36 zeigen eine Aufstellung der Bewässerungen und deren Beregnungsmengen. Das Beregnungswasser wies im Beobachtungszeitraum einen konstant bleibenden Nitratgehalt von 25 mg/l auf. Daraus ergeben sich die in den Tabellen angeführten Stickstoffgaben.

Tab. 2.34 Beregnungsmenge mit Stickstofffracht auf Meßstelle 1, 2, 4 und 5 1999

Datum	Meßstelle 1 Kartoffel		Meßstelle 2 Karotte		Meßstelle 4 Zwiebel		Meßstelle 5 Zuckerrübe	
	Mm	KgNO <sub>3</sub> - -N/ha	mm	kgNO <sub>3</sub> - N/ha	Mm	kgNO <sub>3</sub> - N/ha	mm	kgNO <sub>3</sub> - N/ha
11. Juni 99	26	1,47						
1. Juli 99					26	1,46		
2. Juli 99	23	1,30	12	0,68				
10. Juli 99			12	0,68				
19. Juli 99			20	1,13				
20. Juli 99					30	1,69		
28. Juli 99			24	1,35				
30. Juli 99					20	1,13		
2. August 99							66	3,72
4. August 99			28	1,58				
18. August 99			24	1,35				
10. September			23	1,30				
12. September			24	1,35				
Summe	49	2,77	167	9,42	76	4,28	66	3,72

Tab. 2.35 Berechnungsmenge mit Stickstofffracht auf Meßstelle 3, 4, 5 und 6 2000

Datum	Meßstelle 3 Zwiebel		Meßstelle 4 Kartoffel		Meßstelle 5 Karotte		Meßstelle 6 Zuckerrübe	
	mm	kgNO <sub>3</sub> - N/ha	mm	kgNO <sub>3</sub> - N/ha	mm	kgNO <sub>3</sub> - N/ha	mm	kgNO <sub>3</sub> - N/ha
6. Mai 00	51	2.88						
15. Mai 00			33	1.86				
16. Mai 00	41	2.31						
2. Juni 00			26	1.47				
3. Juni 00	54	3.05						
8. Juni 00					10	0.56		
9. Juni 00					18	1.02		
11. Juni 00					12	0.68		
13. Juni 00	85	3.05			9	0.51		
15. Juni 00					10	0.56		
17. Juni 00					10	0.56		
20. Juni 00					17	0.96	46	2.60
22. Juni 00					17	0.96		
28. Juni 00	28	1.58	14	0.79				
3. Juli 00					13	0.73		
8. Juli 00	39	2.20						
14. Juli 00					18	1.02		
22. Juli 00	20	1.13						
23. Juli 00			15	0.85				
26. Juli 00					27	1.52	53	2.99
15. August 00					24	1.35		
19. August 00							48	2.71
Summe	318	17.95	88	4.97	185	10.44	147	8.30

Tab. 2.36 Berechnungsmenge mit Stickstofffracht auf Meßstelle 1, 2, 3 und 6 2001

Datum	Meßstelle 1 Zuckerrübe		Meßstelle 2 Zwiebel		Meßstelle 3 Kartoffel		Meßstelle 6 Karotte	
	mm	KgNO <sub>3</sub> - N/ha	mm	kgNO <sub>3</sub> - N/ha	mm	kgNO <sub>3</sub> - N/ha	mm	kgNO <sub>3</sub> - N/ha
27. April 01			13	0,73				
30. April 01			13	0,73				
3. Mai 01			21	1,19				
21. Mai 01					27	1,52		
18. Juni 01							13	0,73
22. Juni 01							13	0,73
23. Juni 01							15	0,85
24. Juni 01					26	1,47		
25. Juni 01			21	1,19				
26. Juni 01							15	0,85
29. Juni 01	58	3,27						
30. Juni 01							22	1,24
5. Juli 01			20	1,13				
6. Juli 01					28	1,58		
9. Juli 01							27	1,52
10. Juli 01			30	1,70				
15. Juli 01	58	3,27						
16. Juli 01							53	2,99
2. August 01			42	2,37			27	1,52
7. August 01	64	3,61						
10. August 01			40	2,26				
15. August 01							27	1,52
30. August 01							31	1,75
4. Sept. 01	17	0,96						
Summe	197	11,11	200	11,30	81	4,57	243	13,71

### 3. AUFBAU DER FELDMESZSTELLEN

Jede Feldmeßstelle ist zweifach mit je einem Kleinlysimeter (Sickerwassersammler), neun Saugkerzen und fünf Gipsblöcken ausgestattet. Ein Kleinlysimeter besteht aus einer 3 bar Keramik-Druckplatte, über welche durch Anlegen eines Unterdrucks Wasser aus dem Boden abgesaugt wird, einer Keramiksaugkerze und einem Gipsblock. (Cepuder, Tuller et al., 1992)

Jeweils zwei Saugkerzen und ein Gipsblock und ein TDR-Fühler wurden im ungestörten Boden in den Tiefen 45, 75, 105 und 135 cm installiert. Die TDR-Fühler an den Meßstellen 1, 4 und 5 waren aber schon 1996/97 defekt geworden. Eine nochmalige Überprüfung im Jahr 2001 ergab, daß von den 26 TDR-Fühlern nur ein TDR-Fühler ein meßbares Ergebnis lieferte.

Um die aus der Wurzelzone perkolierende Wassermenge zu erfassen, wurde die Unterkante des Kleinlysimeters in einer Tiefe von 105 cm eingesetzt.

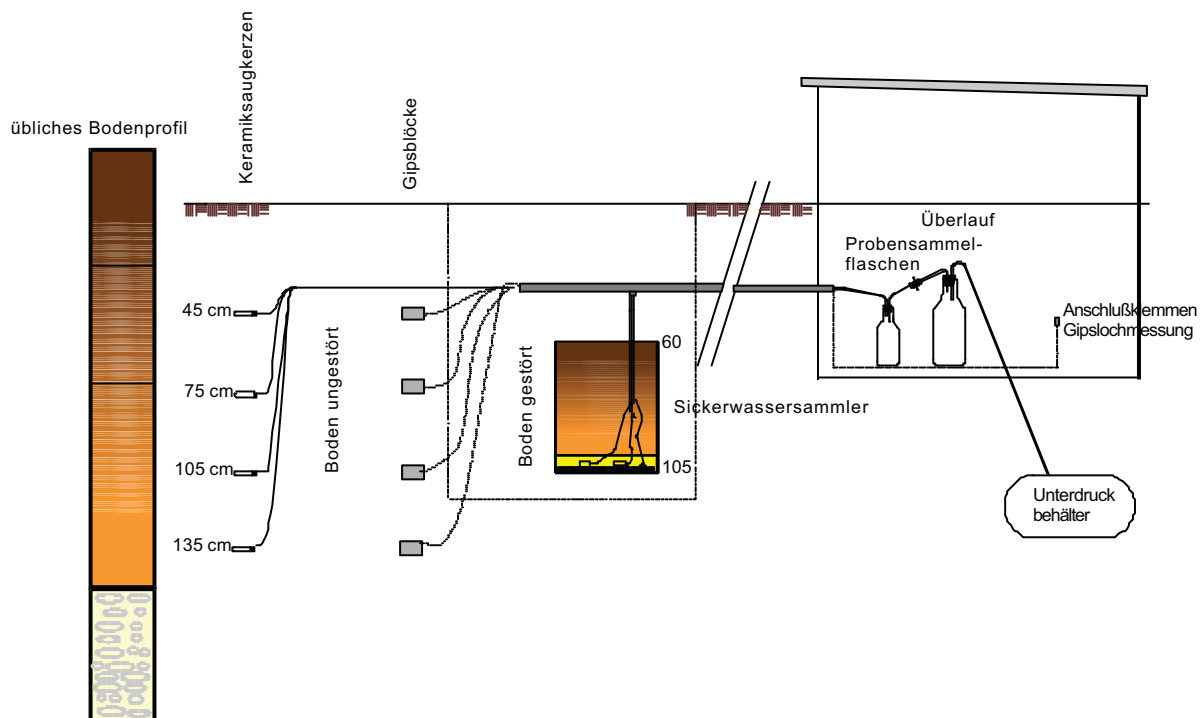


Abb. 3.1 Aufbau einer Feldmeßstelle

Von diesen Einbauten wurden Unterdruckleitungen und Kabel in einer Tiefe von ca. 50 cm an den Feldrand geführt, wo sich Unterdruck- und Auffangbehälter für die Bodenwasserproben befinden. Für die Saugkerzen in 45 cm Tiefe wurde ein eigener Unterdruckbehälter vorgesehen, da dieser Bodenbereich relativ rasche Änderungen des Bodenwassergehaltes erfährt (Entzug durch Pflanzen, Niederschlag, Bewässerung).

Der Einbau der Anlage erfolgte bereits im Dezember 1992. Mit Jahresbeginn 1993 wurde der Meßbetrieb aufgenommen und bis Jänner 1997 durchgeführt. Im Herbst 1998 mußte man



daher für die Weiterführung der Feldmeßstellen eine Wiederinstandsetzung vornehmen, wobei auch einige Umänderungen und Umbauten notwendig waren.

Die Bereitstellung des Unterdrucks (Unterdruckbehälter) sollte etwas modifiziert werden. Dazu wurde eine, später eine zweite, mobile, solarbetriebene Unterdruckanlage gebaut, um bei Bedarf den Unterdruck aufrecht erhalten zu können.

Die Anlage besteht aus einem Solarpaneel mit Batterie und Regler, und einer Vakuumpumpe mit Steuerungseinheit.

Daneben wurde im November 1998 an der Meßstelle 3 ein Lysimeter vom Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt errichtet, um die Sickerwasserergebnisse abzugleichen. Es sollte das Sickerwasser in seiner Menge und in seiner Qualität in 1,5 m unter der Bodenoberfläche in Abhängigkeit der Bodenform und der Bewirtschaftungsweise erfaßt werden.

Das Feldlysimeter besitzt eine kreisförmige Oberfläche von 1 m<sup>2</sup> und eine Gesamttiefe von 1,5 m. Der Boden wurde monolithisch, unweit des Aufstellungsortes mit dem Entnahmegerät gewonnen. Das Monolithentnahmegerät besteht im Prinzip aus der zylinderförmigen Lysimeterwand, dem Verstärkungsring, einem Deckel und einem Schneidring.

Das Monolithentnahmegerät wurde abwechselnd durch seitliches Abgraben des umgebenden Bodenmaterials und durch Eindringen mit der Baggerschaufel in die Tiefe getrieben. Nach dem Herausheben des Monolithen wurden Deckel, Verstärkungs- und Schneidring entfernt, die Unterseite plangearbeitet und die Filterwanne aufgebracht.

Die gesamte Meßanlage besteht aus dem Bodenmonolith, einem Meßschacht und den Verbindungsleitungen für den Freiauslauf und die 5 Saugkerzen der Filterwanne. (Abb. 3.2)

Zusätzlich war im Frühjahr auf der Versuchsfläche 3 das Meßsystem EnviroSCAN der australischen Firma SENTEC aus Adelaide installiert worden. Es diente zur kontinuierlichen Beobachtung der Bodenfeuchte über eine Tiefe von 0 bis 100 cm, um Vergleichsmessungen zu den schon bestehenden Anlagen zu erhalten.

Dieses Meßsystem EnviroSCAN mißt mit Sensoren fortwährend den Gehalt an Bodenwasser und das zugehörige Aufzeichnungsgerät speichert die Meßergebnisse. Das System besteht aus Sensoren, die in mehreren Sonden zusammengefaßt sind. Die Sensoren können alle 10 cm in unterschiedlichen Tiefen innerhalb eines PVC-Rohres eingebracht werden.

Der Sensor mißt die Bodenfeuchte anhand der elektrischen Kapazität, indem um jeden Sensor ein hochfrequentes elektrisches Feld erzeugt wird, das sich über das Sondenrohr im umgebenden Boden ausbreitet. Die gemessene Frequenz ergibt sich aus dem Wassergehalt des Bodens.

Die Sonden wurden mittig im Lysimeter, bzw. an den beiden bestehenden Saugkerzenmeßstellen eingebaut. Die drei Sonden waren mit dem zentralen Aufzeichnungsgerät, das das System auch mit Strom versorgte (Solarpaneel) und die Meßwerte speicherte, mit Kabeln verbunden. Über ein systemeigenes Computerprogramm wurden die Daten überspielt und dargestellt (Cepuder, 1999).

Zur internen Überprüfung der Saugspannung an dieser Meßstelle waren in beiden Meßbereichen der Anlage von Mai bis Juli 1999 und im Herbst/Winter 2000/01 Tensionics-

Rohre, die vor allem im Herbst/Winter keine eindeutig aussagekräftigen Ergebnisse lieferten, für die Tiefen in 105 und 120 cm eingesetzt.

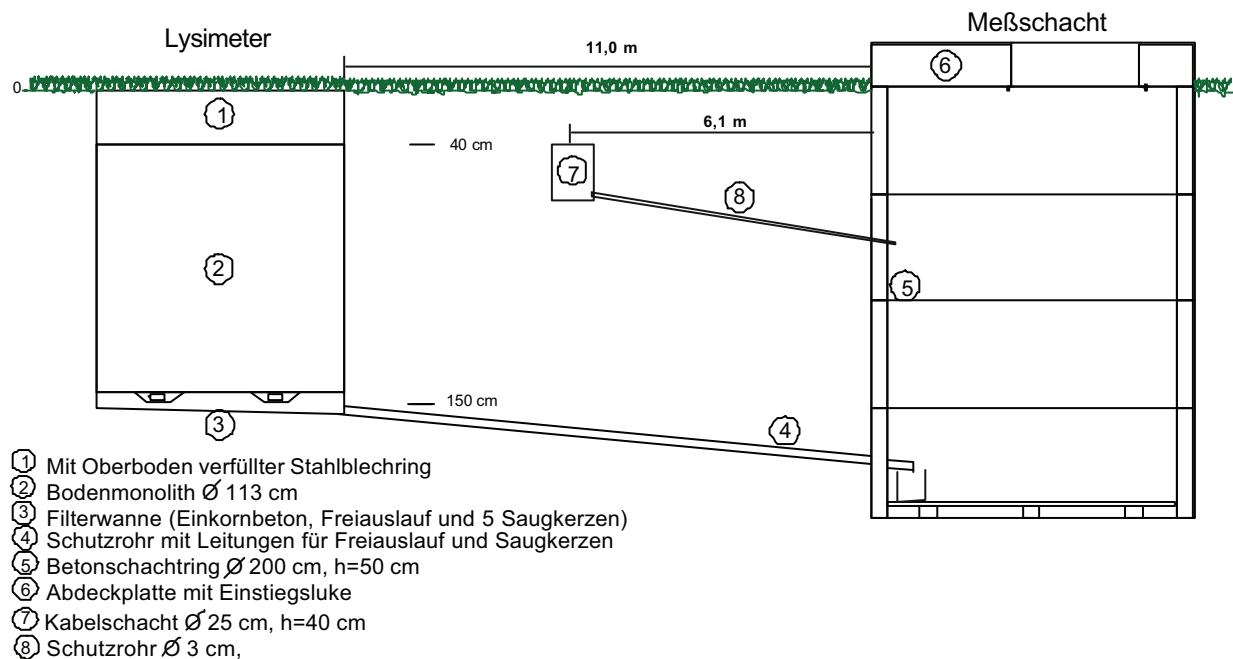


Abb. 3.2 Aufbau der Feldlysimeteranlage

#### 4. BODENPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN

Um gleiche Randbedingungen bei allen Meßstellen zu schaffen, wurden 1992 von allen Standorten Stechzylinder und gestörte Bodenproben aus verschiedenen Tiefen entnommen und verschiedene bodenphysikalische Untersuchungen vorgenommen.

##### 4.1. Kornverteilung

Die Kornverteilung aller Standorte wurde mittels Naßsiebung und Schlämmanalyse nach Kubiena in verschiedenen Tiefenbereichen untersucht und miteinander verglichen.

Alle Standorte zeigen eine ähnliche Kornverteilung mit ca. 20-35 % Sand, 40-70 % Schluff und 5-25 % Ton. Nur auf der Feldmeßstelle 2 tritt in Tiefen über 80 cm ein Sandanteil bis zu 86 % auf.

Tab. 4.1 Kornverteilungen der einzelnen Standorte

1a	0-35	35-50	50-80	80+
Bodenart	sL	SU	IS	SU
S	23,8	27	47,4	32
U	52,8	59,4	43,6	58,4
T	23,4	13,6	8,98	9,6

1b	0-35	35-50	50-80	80+
Bodenart	sU	sU	IS	IS
S	24,8	28,2	41,7	41,1
U	62,7	61,5	51,4	51,5
T	12,5	10,3	6,9	7,4

Die beiden Standorte 1a und 1b zeigen eine sehr ähnliche Kornverteilung nur im obersten Horizont liegt der Schluffanteil bei 1b etwas höher.

2a	0-45	45-80	80+
Bodenart	IS	IS	IS
S	40,4	45,7	66,9
U	46,8	40,2	23,6
T	12,8	14,1	9,5

2b	0-45	45-80	80+
Bodenart	sL	IS	S
S	42,6	54	86,1
U	38,3	33,5	6,5
T	19,1	12,5	7,4

Im Vergleich zu den anderen Standorten ist der Sandanteil am Standort 2 höher. Der Sandanteil des C-Horizontes unter der Meßstelle 2b ist mit 86 % der höchste aller Versuchsflächen.

3a	0-40	40-55	55-110
Bodenart	sL	IU	IS
S	21,4	17,2	40,6
U	54	67	50,9
T	24,6	15,8	8,5

3b	0-40	40-55	55-110
Bodenart	IU	IU	sU
S	19,2	20,2	23,8
U	55,9	64,5	67,3
T	24,9	15,3	8,9

Der Standort 3 fällt vor allem durch seinen Schluffanteil auf, der mit bis zu 67 % um einiges höher liegt als bei den übrigen Standorten.

4a	0-40	40-60	60-110
Bodenart	sL	sU	IS
S	32,3	27	66,3
U	46,9	58,7	26,9
T	20,8	14,3	6,8

4b	0-40	40-60	60-110
Bodenart	IS	IU	IS
S	38	23,3	41
U	49,3	55,2	49,8
T	12,7	21,5	9,2

Die Kornverteilungen von 4a und 4b weisen keine größeren Unterschiede auf.

5a	0-40	40-60	60-110
Bodenart	sL	sL	IS
S	30,9	25,3	43
U	48,3	52,4	46,3
T	20,8	22,3	10,7

5b	0-40	40-60	60-110
Bodenart	IS	sL	IS
S	38	28,4	68,5
U	48,8	52,1	21,8
T	13,2	19,5	9,7

Der Standort 5 weicht durch einen etwas erhöhten Schluff- und Tonanteil von den anderen Standorten ab.

6a	0-40	40-60	60-110
Bodenart	sL	IU	IS
S	28,8	21,9	42,6
U	52,9	61	51,7
<b>T</b>	<b>18,3</b>	<b>17,1</b>	<b>5,7</b>

6b	0-40	40-60	60-110
Bodenart	IU	IU	IS
S	24,3	24,3	43,7
U	58,4	59,7	47,6
<b>T</b>	<b>17,3</b>	<b>16</b>	<b>8,7</b>

Auch bei Standort 6 sind keine wesentlichen Unterschiede in der Kornverteilung zu erkennen.

#### 4.2. Durchlässigkeitsbeiwert ( $k_f$ -Wert)

Die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit im gesättigten Zustand wurde nach den Arbeitsvorschriften der ÖNORM L1065 an ungestörten Bodenproben durchgeführt. Die Probennahme erfolgte im Zuge der Errichtung der Feldmeßstellen mit Stechzylindern aus der Stirnseite der Schürfgrube.

Tab. 4.2 Mittlere gesättigte Durchlässigkeitsbeiwerte der Meßstellenstandorte

Tiefe [cm]	$k_f$ -Wert [m/d]	$k_f$ -Wert [cm/s]
Standort 1a		
20	13,13	$15,2 \cdot 10^{-3}$
47,5	2,45	$2,83 \cdot 10^{-3}$
60	0,89	$1,03 \cdot 10^{-3}$
80	2,17	$2,51 \cdot 10^{-3}$
Standort 1b		
20	3,90	$4,51 \cdot 10^{-3}$
47,5	0,79	$0,91 \cdot 10^{-3}$
60	1,78	$2,06 \cdot 10^{-3}$
80	1,56	$1,81 \cdot 10^{-3}$

Tiefe [cm]	$k_f$ -Wert [m/d]	$k_f$ -Wert [cm/s]
Standort 2a		
15	24,46	$28,3 \cdot 10^{-3}$
35	2,51	$2,91 \cdot 10^{-3}$
60	6,03	$6,98 \cdot 10^{-3}$
80	3,91	$4,53 \cdot 10^{-3}$
Standort 2b		
15	6,77	$7,84 \cdot 10^{-3}$
35	2,38	$2,75 \cdot 10^{-3}$
60	11,06	$12,8 \cdot 10^{-3}$
80	6,13	$7,09 \cdot 10^{-3}$

Tiefe [cm]	kf-Wert [m/d]	kf-Wert [cm/s]
Standort 3a		
15	15,55	18,0*10 <sup>-3</sup>
30	0,94	1,08*10 <sup>-3</sup>
47,5	6,95	8,04*10 <sup>-3</sup>
80	0,98	1,13*10 <sup>-3</sup>
Standort 3b		
15	3,94	4,56*10 <sup>-3</sup>
30	1,01	1,17*10 <sup>-3</sup>
47,5	1,51	1,75*10 <sup>-3</sup>
80	0,83	0,96*10 <sup>-3</sup>

Tiefe [cm]	kf-Wert [m/d]	kf-Wert [cm/s]
Standort 4a		
15	5,25	6,07*10 <sup>-3</sup>
30	4,24	4,91*10 <sup>-3</sup>
50	1,63	1,89*10 <sup>-3</sup>
80	2,09	2,42*10 <sup>-3</sup>
Standort 4b		
15	12,36	14,3*10 <sup>-3</sup>
30	2,17	2,51*10 <sup>-3</sup>
50	5,14	5,95*10 <sup>-3</sup>
80	2,03	2,35*10 <sup>-3</sup>

Tiefe [cm]	kf-Wert [m/d]	kf-Wert [cm/s]
Standort 5a		
15	7,55	8,74*10 <sup>-3</sup>
30	3,66	4,24*10 <sup>-3</sup>
47,5	0,64	0,74*10 <sup>-3</sup>
80	0,78	0,90*10 <sup>-3</sup>
Standort 5b		
15	9,16	10,6*10 <sup>-3</sup>
30	1,79	2,07*10 <sup>-3</sup>
47,5	0,90	1,04*10 <sup>-3</sup>
80	3,03	3,51*10 <sup>-3</sup>

Tiefe [cm]	kf-Wert [m/d]	kf-Wert [cm/s]
Standort 6a		
15	16,3	18,9*10 <sup>-3</sup>
30	1,58	1,83*10 <sup>-3</sup>
50	1,61	1,86*10 <sup>-3</sup>
80	2,9	3,35*10 <sup>-3</sup>
Standort 6b		
15	15,9	18,4*10 <sup>-3</sup>
30	1,4	1,62*10 <sup>-3</sup>
50	1,6	1,85*10 <sup>-3</sup>
80	2,4	2,78*10 <sup>-3</sup>

Wie aus obiger Übersicht deutlich wird, liegen fast alle Durchlässigkeitsbeiwerte einheitlich in einem Bereich von  $1 \cdot 10^{-3}$  bis  $10 \cdot 10^{-3}$  cm/s. Größere Werte fallen nur in der obersten Bodenschicht an, hervorgerufen durch unterschiedliche Bearbeitungsmaßnahmen.

### 4.3. Druckpotential-Wasseranteils-Beziehung

Die Beziehung Druckpotential-Wasseranteil ist hauptsächlich vom Porenanteil und der Porengrößenverteilung abhängig. Dieser Zusammenhang ist ein wichtiges Charakteristikum des Bodens und erlaubt Rückschlüsse auf den Bodenwasserhaushalt und zusammen mit dem  $k_f$ -Wert auf das Auswaschungspotential des Bodens.

Die Beziehung zwischen Saugspannung und Wassergehalt wurde nach der Überdruckmethode lt. ÖNORM L 1063 ermittelt. Die Beziehung wurde entsprechend den verschiedenen Bodenhorizonten in vier Teilen zwischen 15 cm und 90 cm mittels Stechzylinder erfaßt und zur Eichung der Gipsblöcke und andererseits zur Abschätzung der nutzbaren Kapazität herangezogen. Da es bei der Überdruckmethode durch Lufteintritte zu teilweisen Ausfällen kam, wurde zur Überprüfung der Ergebnisse und zur Ergänzung fehlender Punkte auf der  $p_f$ -Kurve die indirekte Methode nach M.Th.van Genuchten und O.W. Baumer angewandt.

Tab. 4.3 Feldkapazität, permanenter Welkepunkt, pflanzennutzbare Speicherkapazität und pflanzenverfügbares Bodenwasser an den untersuchten Standorten

Tiefenbereich [cm]	Feldkapazität [Vol %]	Perm.Welkepkt. [Vol %]	Nutzb.Kapazität [Vol %]	Nutzb.Kapazität [mm]
0-20	27,2	12,9	14,3	28
20-47,5	19,2	6,6	12,6	35
47,5-60	17,4	5,6	11,8	15
60-90	18,9	5,1	13,8	41
				$\Sigma = 119$

Meßstelle 1

Tiefenbereich [cm]	Feldkapazität [Vol %]	Perm.Welkepkt. [Vol %]	Nutzb.Kapazität [Vol %]	Nutzb.Kapazität [mm]
0-15	26,3	11,6	14,7	22
15-35	27,5	10,5	17,0	34
35-60	23,8	9,5	14,3	36
60-90	12,2	4,6	7,6	23
				$\Sigma = 115$

Meßstelle 2

Tiefenbereich [cm]	Feldkapazität [Vol %]	Perm.Welkepkt. [Vol %]	Nutzb.Kapazität [Vol %]	Nutzb.Kapazität [mm]
0-15	32,1	16,4	15,7	23
15-30	35,3	15,2	20,1	30
30-47,5	28,9	11,7	17,2	30
47,5-90	20,2	5,2	15,0	64
				$\Sigma = 147$

Meßstelle 3

Tiefenbereich [cm]	Feldkapazität [Vol %]	Perm.Welkepkt. [Vol %]	Nutzb.Kapazität [Vol %]	Nutzb.Kapazität [mm]
0-15	27,0	9,8	17,2	26
15-30	25,2	8,5	16,7	25
30-50	30,7	12,9	17,8	36
50-90	14,2	3,8	10,4	42
				$\Sigma = 129$

Meßstelle 4

Tiefenbereich [cm]	Feldkapazität [Vol %]	Perm.Welkepkt. [Vol %]	Nutzb.Kapazität [Vol %]	Nutzb.Kapazität [mm]
0-15	26,2	9,6	16,6	25
15-30	28,3	13,5	14,8	22
30-47,5	33,8	15,2	18,6	32
47,5-90	19,1	5,2	13,9	59
				$\Sigma = 138$

Meßstelle 5

Tiefenbereich [cm]	Feldkapazität [Vol %]	Perm.Welkepkt. [Vol %]	Nutzb.Kapazität [Vol %]	Nutzb.Kapazität [mm]
0-15	30,3	13,2	17,1	25
15-30	31,6	14,8	16,8	25
30-50	28,8	11,4	17,4	35
50-90	14,4	3,6	10,8	43
				$\Sigma = 128$

Meßstelle 6

Die Differenz zwischen Feldkapazität und permanenten Welkepunkt liefert die pflanzennutzbare Bodenwasserkapazität - ein wichtiger Anhaltspunkt für die Beregnung. Da die Pflanzen meist bis in eine Tiefe von 90 cm dem Boden Wasser zu entziehen vermögen, kann mit einer nutzbaren Kapazität (nk) von rund 120 -140 mm gerechnet werden. Nur bei Meßstelle 3a liegt die nutzbare Kapazität mit 158 mm (0-90 cm), bedingt durch einen überdurchschnittlich hohen Schluffanteil von bis zu 67 %, deutlich höher als bei den anderen Meßstellen. Der hohe Sandanteil von ca. 86 % unter der Meßstelle 2 erklärt die geringe nutzbare Kapazität von nur 115 mm. Die Meßstelle 2 liegt im Übergangsbereich zum Bodentyp 14 der sich durch Seichtgründigkeit und erhöhten Sandanteil von den anderen Bodentypen abhebt.

#### 4.4. Die an die Saugkerzen angelegte Saugspannung zur Gewinnung des Bodenwassers

In den folgenden Tab. 2.4 bis Tab. 2.6 sind die, während der dreijährigen Versuchsperiode, an den einzelnen Meßstellen angelegten Saugspannungen aufgelistet. Im Bezug auf die Tiefe der Zone, in der sich die Saugkerzen befinden, und die Tiefe der eingelagerten Sammelbehälter einerseits und den Bodenverhältnissen andererseits, wurde von einem durchschnittlichen angelegten Unterdruck von 0,4 bar ausgegangen.



Tab. 2.4 Angelegte Unterdrücke an den sechs Feldmeßstellen 1999

Jahr: 1999	Messstelle1		Messstelle2		Messstelle3		Messstelle4		Messstelle5		Messstelle6		Feldlysi meter
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
1	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	
2	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	
3	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,35	
4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
6													
7													
8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
10	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
11	0,6	0,45	0,5	0,45	0,6	0,45	0,6	0,35*	0,6	0,45	0,6	0,4	
12	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35*	0,45	0,35	0,45	0,35	
13	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35*	0,45	0,35	0,45	0,35	
14	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
15	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
16	0,45	0,45	0,4	0,45	0,45	0,45	0,45	0,4	0,45	0,45	0,45	0,4	
17	0,45	0,45	0,4	0,3*	0,45	0,45	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,45	
18	0,6	0,45	0,45	0,45	0,6	0,45	0,6	0,45	0,5	0,3*	0,6	0,45	
19	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,45	0,45	0,5	0,45	0,3*	0,5	0,35	0,3
20	0,5	0,45	0,45	0,5	0,2	0,45	0,55	0,45	0,55	0,55	0,45	0,45	0,35
21	0,5	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,5	0,45	0,5	0,3*	0,5	0,4	0,35
22	0,45	0,45	0,45	0,45	0,4	0,4	0,45	0,45	0,45	0,3*	0,45	0,45	0,35
23	0,45	0,5	0,4	0,45	0,45	0,45	0,45	0,55	0,55	0,3*	0,5	0,4	0,35
24	0,45	0,45	0,45	0,4	0,45	0,4	0,45	0,45	0,45	0,3*	0,5	0,45	0,35
25	0,45	0,5	0,45	0,5	0,5	0,45	0,5	0,35	0,5	0,35*	0,55	0,5	0,4
26	0,45	0,5	0,45	0,45	0,45	0,5	0,45	0,5	0,5	0,35*	0,55	0,5	0,45
27	0,5	0,45	0,45	0,45	0,45	0,5	0,45	0,5	0,5	0,35*	0,55	0,5	0,5
28	0,45	0,4	0,45	0,45	0,45	0,5	0,45	0,45	0,5	0,4*	0,55	0,5	0,45
29	0,45	0,4	0,4	0,45	0,4	0,5	0,5	0,5	0,45	0,4*	0,3	0,3	0,45
30		0,45	0,35	0,5	0,4	0,4		0,5		0,4*		0,5	0,45
31		0,45	0,4	0,45	0,4	0,45		0,5	0,4	0,4*	0,5	0,45	0,45
32		0,45	0,45	0,45	0,4	0,4		0,45		0,4*	0,5	0,45	0,4
33		0,45	0,5	0,4*	0,4	0,45	0,45	0,45		0,45*		0,45	0,35
34		0,45	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,4	0,45	0,4	0,45*		0,45	0,4
35	0,5	0,45	0,45	0,4*	0,45	0,45	0,5	0,35*	0,4	0,5	0,45	0,45	0,4
36	0,5	0,45	0,45	0,4*	0,45	0,45	0,5	0,35*	0,4	0,5	0,45	0,45	0,4
37	0,5	0,45	0,45	0,4*	0,45	0,45	0,45	0,35*		0,5	0,5	0,5	0,4
38	0,45	0,5	0,45	0,4*	0,45	0,45	0,45	0,35*		0,45	0,5	0,45	0,45
39	0,5	0,5	0,45	0,4*	0,5	0,45	0,5	0,35		0,5	0,55	0,45	0,4
40	0,45	0,45	0,45	0,4*	0,4	0,45	0,45	0,35*		0,45	0,5	0,45	0,4
41	0,5	0,45	0,45	0,4*	0,45	0,45	0,45	0,35*		0,45	0,5	0,5	0,4
42	0,45	0,45	0,45	0,4*	0,45	0,45	0,45	0,35*		0,45	0,45	0,45	0,4
43	0,5	0,45	0,5	0,35*	0,45	0,45	0,5	0,35*		0,5	0,5	0,45	0,4
44	0,5	0,45	0,5	0,35*	0,5	0,45	0,5	0,35*		0,5	0,5	0,45	0,35
45	0,45	0,45	0,5	0,35*	0,5	0,45		0,35*	0,5	0,5	0,5	0,45	
46	0,45	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,45	0,35*	0,5	0,45	0,55	0,45	
47	0,45	0,45	0,5	0,35*	0,5	0,5	0,5	0,3*	0,5	0,45	0,5	0,45	

48	0,55	0,45		0,35*	0,5	0,5		0,35*		0,5		0,6	
49	0,5	0,45	0,5	0,3*	0,5	0,45	0,5	0,3*	0,5	0,45	0,5	0,45	
50	0,5	0,45	0,5	0,35*	0,5	0,45	0,4	0,3*	0,5	0,45	0,5	0,45	0,5
51		0,45		0,35*	0,45	0,45		0,3*		0,45		0,45	0,35
52													

Tab. 2.5 Angelegte Unterdrücke an den sechs Feldmeßstellen 2000

Jahr: 2000	Messstelle1		Messstelle2		Messstelle3		Messstelle4		Messstelle5		Messstelle6		Feldlysi meter
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
1		0,45		0,3*		0,45		0,3*					
2		0,4		0,3*		0,4		0,3*		0,4		0,4	0,4
3		0,4		0,25*		0,4		0,3*					
4		0,45		0,3*		0,45		0,3*		0,45		0,45	0,4
5		0,45		0,3*		0,45		0,3*		0,45		0,45	
6		0,45		0,3*		0,45		0,3*		0,45		0,45	
7		0,45		0,3*		0,45		0,3*		0,45		0,45	
8		0,45		0,25*		0,45		0,3*		0,45		0,45	
9		0,45		0,3*		0,45		0,3*		0,45		0,45	
10	0,5	0,45	0,5	0,3*	0,5	0,45	0,5	0,3*	0,5	0,45	0,5	0,45	
11	0,5	0,45	0,45	0,3*	0,45	0,45	0,45	0,3*	0,45	0,45	0,45	0,45	
12	0,45	0,45	0,45	0,3*	0,5	0,45	0,45	0,3*	0,45	0,45	0,45	0,45	
13	0,45	0,45	0,45	0,3*	0,45	0,45	0,45	0,3*	0,45	0,45	0,45	0,45	0,5
14	0,45	0,45	0,45	0,3*	0,45	0,45	0,45	0,3*	0,45	0,45	0,45	0,45	0,4
15	0,4	0,35	0,45	0,3*	0,5	0,45	0,4	0,3*		0,4	0,45	0,45	0,35
16		0,45	0,45	0,3*	0,4	0,4	0,4	0,3*		0,45		0,45	0,3
17		0,4		0,3*	0,4	0,4		0,3*		0,45		0,45	
18		0,45		0,3*	0,4	0,4		0,3*		0,45		0,45	0,3
19		0,4		0,3*	0,4	0,4		0,3*		0,45		0,4	0,3
20		0,5		0,4*	0,35	0,4		0,35*		0,5		0,5	
21		0,45		0,4*	0,4	0,4		0,38*		0,45		0,45	0,3
22		0,4		0,4*	0,4	0,35		0,38*		0,4		0,4	
23		0,4		0,4*	0,35	0,35		0,38*		0,4		0,4	
24		0,45		0,4*	0,3	0,3		0,4*		0,4		0,45	0,3
25					0,35	0,35		0,35*	0,45	0,4		0,45	
26					0,3	0,3		0,4*	0,4	0,4		0,4	
27					0,3	0,3		0,4*	0,4	0,4		0,45	
28		0,4		0,4*	0,3	0,35		0,4*	0,4	0,4		0,4	
29		0,45		0,4*	0,3	0,35		0,4*	0,4	0,4		0,45	
30		0,45		0,4*	0,3	0,35		0,4*	0,5	0,4		0,45	
31		0,45		0,4*	0,3	0,35		0,4*	0,4	0,4		0,45	
32		0,45		0,4*	0,35	0,35		0,4*	0,4	0,35		0,45	
33		0,45		0,4*	0,35	0,35		0,4*	0,45	0,4		0,45	
34		0,45		0,4*	0,33	0,35		0,4*	0,4	0,4		0,45	
35		0,45		0,4*	0,35	0,35		0,4*	0,45	0,4		0,45	
36		0,45		0,4*	0,35	0,35		0,4*	0,45	0,4		0,45	
37	0,4	0,4	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4	
38		0,4		0,4*	0,4	0,4		0,4*		0,4		0,4	
39		0,4		0,4*	0,3	0,4		0,4*		0,45		0,45	
40		0,45		0,4*	0,35	0,35		0,4*		0,4		0,4	
41		0,4		0,4*	0,3	0,35		0,4*		0,5		0,45	
42		0,45		0,4*	0,3	0,35		0,4*		0,45		0,45	

43		0,45		0,4*	0,35	0,35		0,4*		0,4		0,45	
44		0,45		0,4*	0,35	0,35		0,4*	0,4	0,45		0,45	
45		0,45		0,4*	0,35	0,35		0,4*		0,45	0,4	0,45	
46		0,45		0,4*	0,35	0,35		0,4*	0,45	0,4	0,45	0,45	
47		0,45		0,4*	0,35	0,35	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,45	0,4	
48		0,45		0,4*	0,3	0,3	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,45	0,45	
49		0,4		0,4*	0,3	0,35		0,4*	0,4	0,4		0,45*	
50		0,45		0,4*	0,35	0,35	0,4	0,4*	0,45	0,45	0,4	0,45	
51		0,45	0,4	0,4*	0,35	0,35	0,45	0,4*	0,45	0,45	0,45	0,45	
52		0,45	0,4	0,4*	0,35	0,35	0,4	0,4*	0,45	0,45	0,4	0,45	0,2

Tab. 2.6 Angelegte Unterdrücke an den sechs Feldmeßstellen 2001

Jahr: 2001	Messstelle1		Messstelle2		Messstelle3		Messstelle4		Messstelle5		Messstelle6		Feldlysi meter
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
1		0,45		0,4*		0,4		0,4*		0,45		0,45	0,25
2		0,4		0,4*		0,35		0,4*		0,4		0,4	0,2
3		0,4		0,4*		0,3		0,4*		0,45		0,45	0,25
4	0,4	0,4	0,4	0,4*	0,4	0,4		0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
5		0,4		0,4*	0,4	0,4		0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
6		0,4	0,4	0,4*	0,35	0,4	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
7		0,4		0,4*	0,35	0,35	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
8		0,4	0,4	0,4*	0,35	0,4	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
9	0,4	0,4	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
10	0,4	0,4	0,4	0,4*	0,4	0,4		0,4*		0,45		0,4	
11	0,4	0,4	0,4	0,4*	0,3	0,4	0,4	0,4*	0,45	0,45	0,45	0,45	0,2
12	0,4	0,4	0,4	0,4*	0,3	0,4	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
13	0,4	0,4	0,4	0,4*	0,35	0,35	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,45	0,45	0,2
14		0,4		0,4*	0,4	0,4		0,4*	0,45	0,4	0,45	0,4	0,2
15	0,4	0,4	0,4	0,4*	0,3	0,35	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
16	0,45	0,45	0,4	0,4*	0,35	0,4	0,4	0,4*	0,45	0,45	0,45	0,45	0,2
17	0,4	0,4	0,4	0,4*	0,35	0,4	0,4	0,4*	0,45	0,45	0,45	0,45	0,2
18	0,4	0,4		0,4*	0,4	0,4		0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
19	0,4	0,45	0,35	0,4*	0,35	0,4		0,4*	0,4	0,45	0,3	0,4	0,2
20	0,45	0,4		0,4*	0,4	0,4		0,4*		0,45	0,45	0,4	0,2
21		0,4		0,4*		0,4		0,4*		0,4	0,45	0,4	0,25
22		0,4		0,4*	0,35	0,4		0,4*		0,4	0,45	0,4	0,2
23		0,45		0,4*		0,4		0,4*		0,45	0,45	0,4	0,2
24		0,45		0,4*		0,4		0,4*		0,45	0,45	0,45	0,2
25		0,45		0,4*		0,4		0,4*		0,4	0,35	0,4	0,2
26		0,5	0,4	0,4*		0,4		0,4*		0,5		0,45	0,15
27		0,5		0,4*		0,45				0,5	0,45	0,45	0,15
28		0,45		0,4*		0,45		0,4*		0,45	0,45	0,45	0,2
29		0,45		0,4*		0,45		0,4*		0,5	0,45	0,45	0,2
30		0,5		0,4*	0,4	0,4		0,5*		0,5	0,45	0,45	0,15
31		0,45		0,4*		0,4		0,4*		0,4		0,4	
32		0,45		0,4*		0,4		0,4*		0,45		0,45	
33		0,45		0,4*		0,4		0,4*		0,45		0,4	0,2
34		0,4		0,4*		0,4		0,4*		0,4		0,4	0,2
35		0,4		0,4*		0,4		0,4*		0,4		0,5	0,2
36		0,4		0,4*		0,4		0,4*		0,4		0,4	
37		0,45		0,4*		0,4				0,4		0,4	0,2

38	0,4	0,4	0,4	0,35*	0,4	0,35	0,4	0,4*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
39		0,4		0,35*		0,35		0,4*		0,4		0,4	0,2
40	0,4	0,45		0,35*	0,35	0,35		0,4*		0,4		0,45	
41		0,45		0,4*		0,35		0,4*		0,45		0,4	0,15
42		0,45		0,4*		0,3		0,4*		0,4		0,4	0,15
43		0,4		0,4*		0,35		0,4*		0,4		0,4	0,2
44		0,4		0,35*		0,3		0,4*		0,4		0,4	0,2
45		0,35		0,35*		0,35		0,35*		0,35		0,35	
46		0,45		0,4*		0,35		0,4*		0,45		0,45	0,2
47		0,45		0,4*		0,4		0,4*		0,45		0,45	
48													
49													
50													
51													
52													

## 5. BODENCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

### 5.1. Gesamtstickstoff

Das Verfahren nach Kjeldahl zur Bestimmung des Gesamtstickstoffgehaltes wurde nach ÖNORM L 1082 durchgeführt.

Tab. 5.1 Gesamtstickstoffgehalt der Versuchsflächen März 1999

Versuchsfläche	Tiefe [cm]	% N 1999	Versuchsfläche	Tiefe [cm]	% N 1999
Meßstelle	0-30	0,21	Meßstelle	0-30	0,23
1	30-60	0,14	4	30-60	0,18
	60-90	0,05		60-90	0,10
	90-120	0,04		90-120	0,06
Meßstelle	0-30	0,15	Meßstelle	0-30	0,23
2	30-60	0,13	5	30-60	0,19
	60-90	0,05		60-90	0,10
	90-120	0,03		90-120	0,04
Meßstelle	0-30	0,22	Meßstelle	0-30	0,23
3	30-60	0,16	6	30-60	0,20
	60-90	0,07		60-90	0,11
	90-120	0,04		90-120	0,07

Tab. 5.2 Gesamtstickstoffgehalt der Versuchsflächen März 2000

Versuchsfläche	Tiefe [cm]	% N 2000	Versuchsfläche	Tiefe [cm]	% N 2000
Meßstelle	0-30	0,20	Meßstelle	0-30	0,22
1	30-60	0,15	4	30-60	0,18
	60-90	0,11		60-90	0,13
	90-120	0,03		90-120	0,04
Meßstelle	0-30	0,16	Meßstelle	0-30	0,22
2	30-60	0,14	5	30-60	0,18
	60-90	0,07		60-90	0,13
	90-120	0,03		90-120	0,05
Meßstelle	0-30	0,22	Meßstelle	0-30	0,22
3	30-60	0,20	6	30-60	0,21
	60-90	0,12		60-90	0,17
	90-120	0,08		90-120	0,09

Tab. 5.3 Gesamtstickstoffgehalt der Versuchsflächen Februar/März 2001

Versuchsfläche	Tiefe [cm]	% N 2001	Versuchsfläche	Tiefe [cm]	% N 2001
Meßstelle	0-30	0,21	Meßstelle	0-30	0,23
1	30-60	0,18	4	30-60	0,20
	60-90	0,11		60-90	0,13
	90-120	0,04		90-120	0,06
Meßstelle	0-30	0,18	Meßstelle	0-30	0,23
2	30-60	0,12	5	30-60	0,18
	60-90	0,06		60-90	0,10
	90-120	0,03		90-120	0,04
Meßstelle	0-30	0,22	Meßstelle	0-30	0,24
3	30-60	0,20	6	30-60	0,22
	60-90	0,11		60-90	0,16
	90-120	0,04		90-120	0,09

Der Gesamtstickstoffgehalt wurde während der dreijährigen Versuchsperiode, einmal im Jahr im Februar/März für alle Tiefenbereiche bestimmt. Auf Meßstelle 2 sind in den oberen und mittleren Tiefen geringere Werte zu erkennen. Im Vergleich mit den vorhergehenden Jahre 1993 bis 1996 liegen die Werte des Gesamtstickstoffgehaltes bei den verschiedenen Meßstellen etwa im gleichen Größenbereich, wobei die Werte der tiefer liegenden Bereiche im Frühjahr 1999 generell ein wenig höher liegen.

Der Gesamtstickstoffgehalt bei den einzelnen Meßstellen war während der gesamten Versuchsdauer im gleichen Größenbereich.

## 5.2. organische Substanz

Die analytische Bestimmung des organischen Kohlenstoffgehaltes erfolgte über Naßoxidation nach ÖNORM L 1081. Die Umrechnung in organische Substanz erfolgt nach folgender Gleichung:

Die Schwankungen des Gehaltes an org. Kohlenstoff scheinen teilweise auf Inhomogenitäten im Boden und auf die unterschiedliche Probennahme zurückzuführen zu sein.

$$\text{Humusgehalt [\%]} = \text{org. C [\%]} * 1,724$$

Tab. 5.4 Gehalt an org. Kohlenstoff der Versuchsflächen 1999

Versuchsfläche	Tiefe [cm]	%org.C 1999	Versuchsfläche	Tiefe [cm]	%org.C 1999
Meßstelle	0-30	2,2	Meßstelle	0-30	2,5
1	30-60	1,5	4	30-60	2,0
	60-90	0,5		60-90	1,1
	90-120	0,5		90-120	0,8
Meßstelle	0-30	1,7	Meßstelle	0-30	2,6
2	30-60	1,1	5	30-60	1,9
	60-90	0,9		60-90	1,1
	90-120	0,6		90-120	0,5
Meßstelle	0-30	2,6	Meßstelle	0-30	2,3
3	30-60	1,9	6	30-60	1,9
	60-90	0,9		60-90	1,2
	90-120	0,6		90-120	0,5



Tab. 5.5 Gehalt an org. Kohlenstoff der Versuchsflächen 2000

Versuchsfläche	Tiefe [cm]	%org.C 2000	Versuchsfläche	Tiefe [cm]	%org.C 2000
Meßstelle	0-30	2,1	Meßstelle	0-30	2,3
1	30-60	1,5	4	30-60	1,9
	60-90	1,0		60-90	1,3
	90-120	0,2		90-120	0,4
Meßstelle	0-30	1,6	Meßstelle	0-30	2,4
2	30-60	1,3	5	30-60	1,9
	60-90	0,6		60-90	1,3
	90-120	0,2		90-120	0,4
Meßstelle	0-30	2,2	Meßstelle	0-30	2,4
3	30-60	2,0	6	30-60	2,2
	60-90	1,1		60-90	1,7
	90-120	0,7		90-120	0,9

Tab. 5.6 Gehalt an org. Kohlenstoff der Versuchsflächen 2001

Versuchsfläche	Tiefe [cm]	%org.C 2001	Versuchsfläche	Tiefe [cm]	%org.C 2001
Meßstelle	0-30	2,2	Meßstelle	0-30	2,4
1	30-60	1,5	4	30-60	2,0
	60-90	0,8		60-90	1,2
	90-120	0,4		90-120	0,5
Meßstelle	0-30	1,6	Meßstelle	0-30	2,2
2	30-60	1,2	5	30-60	1,7
	60-90	0,6		60-90	0,9
	90-120	0,4		90-120	0,4
Meßstelle	0-30	2,3	Meßstelle	0-30	2,2
3	30-60	2,1	6	30-60	2,1
	60-90	1,3		60-90	1,6
	90-120	0,5		90-120	0,4

### 5.3. C/N - Verhältnis

Tab. 5.7 Mittelwerte der C/N-Verhältnisse der Versuchsflächen im März 1999

Versuchsfläche	Tiefe [cm]	C/N	Versuchsfläche	Tiefe [cm]	C/N
Meßstelle 1	0-30	8,0	Meßstelle 4	0-30	8,2
	30-60	8,1		30-60	8,3
	60-90	7,8		60-90	8,1
	90-120	8,1		90-120	9,4
Meßstelle 2	0-30	8,6	Meßstelle 5	0-30	8,3
	30-60	6,5		30-60	7,7
	60-90	14,5		60-90	8,0
	90-120	14,1		90-120	9,9
Meßstelle 3	0-30	8,7	Meßstelle 6	0-30	7,4
	30-60	9,0		30-60	7,3
	60-90	10,4		60-90	7,8
	90-120	11,3		90-120	6,0

Tab. 5.8 Mittelwerte der C/N-Verhältnisse der Versuchsflächen im März 2000

Versuchsfläche	Tiefe [cm]	C/N	Versuchsfläche	Tiefe [cm]	C/N
Meßstelle 1	0-30	10,4	Meßstelle 4	0-30	10,5
	30-60	10,3		30-60	10,6
	60-90	9,1		60-90	10,2
	90-120	6,9		90-120	9,2
Meßstelle 2	0-30	10,2	Meßstelle 5	0-30	10,9
	30-60	9,2		30-60	10,4
	60-90	8,6		60-90	9,9
	90-120	6,0		90-120	6,8
Meßstelle 3	0-30	9,9	Meßstelle 6	0-30	10,7
	30-60	9,6		30-60	10,7
	60-90	9,8		60-90	10,4
	90-120	8,6		90-120	9,7

Tab. 5.9 Mittelwerte der C/N-Verhältnisse der Versuchsflächen im Februar/März 2001

Versuchsfläche	Tiefe [cm]	C/N	Versuchsfläche	Tiefe [cm]	C/N
Meßstelle 1	0-30	10,7	Meßstelle 4	0-30	10,4
	30-60	8,5		30-60	10,1
	60-90	7,9		60-90	9,3
	90-120	8,1		90-120	8,3
Meßstelle 2	0-30	8,9	Meßstelle 5	0-30	9,4
	30-60	9,9		30-60	9,3
	60-90	10,1		60-90	9,1
	90-120	10,7		90-120	8,4
Meßstelle 3	0-30	10,7	Meßstelle 6	0-30	9,4
	30-60	10,3		30-60	9,7
	60-90	11,2		60-90	9,7
	90-120	13,6		90-120	5,0

Die C/N-Verhältnisse lagen während der Probennahmen im Frühjahr in den obersten Bodenschichten zwischen 6,0 und 10,7 was sich durch die schwankenden Witterungseinflüsse

während der Wintermonate erklären ließ und auf leicht unterschiedliche Mineralisierungsraten hinwies. Auffällig waren bei vielen Meßstellen die ungünstigeren C/N Verhältnisse in den tieferen Schichten.

#### 5.4. N<sub>min</sub>-Untersuchungen

N<sub>min</sub>-Untersuchungen wurden 1998 im Oktober, und während der Versuchsjahre 1999, 2000 und 2001 jeweils im März, April, Mai, Juli, August, September und Oktober durchgeführt. Die Tabellen geben die Gehalte des pflanzenverfügbaren Bodenstickstoffes der einzelnen Versuchsschläge in den Tiefenbereichen 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm und 90-120 cm sowie die Gesamtsumme im Profil zu den Entnahmezeitpunkten wieder.

Tab. 5.10 N<sub>min</sub>- Gehalte in kg/ha zu den einzelnen Entnahmezeitpunkten für 1999

28.Oktober 98						
Meß- stelle	1*	2*	3	4*	5*	6
0-30	2,7	2,7	3,5	2,3	9,5	17,4
30-60	0,9	3,3	3,8	2,0	19,3	27,1
60-90	1,6	2,0	1,3	3,8	9,8	9,1
90-120	1,7	5,7	0,3	2,3	13,3	7,0
Σ	6,9	13,8	8,8	10,3	51,9	60,8

\* Winterbegrünung

1.März 99												
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
0-30	16,0	11,4	5,5	6,4	7,1	8,2	8,6	13,5	23,1	24,0	26,8	32,0
30-60	7,1	8,0	3,5	7,1	11,1	9,8	7,5	22,2	17,1	20,3	33,7	32,4
60-90	1,8	1,5	6,2	4,1	6,6	4,7	9,7	10,4	10,4	7,9	26,7	36,0
90-120	0,6	0,7	4,0	4,3	1,3	1,0	2,4	3,6	15,8	17,8	14,9	23,9
Σ	25,5	21,6	19,1	22,0	26,1	23,8	28,2	49,7	66,3	70,0	102,1	124,4

1999	1. April		5. Mai		4. August		4. August	
	6a	6b	6a	6b	6a	6b	3a	3b
0-30	26,8	32,0	0,0	0,0	12,0	14,3	13,5	14,3
30-60	33,7	32,4	0,0	6,0	4,7	6,2	9,6	9,0
60-90	26,7	36,0	10,9	10,9	0,3	5,2	2,8	2,8
90-120	14,9	23,9	7,5	3,8	0,2	2,0	0,0	1,6
Σ	102,1	124,4	18,4	20,7	17,2	27,7	25,9	27,7

1999	12.Mai		12.Mai		18.August		8.September		13.Oktober		20.Oktober	
	2a	2b	4a	4b	4a	4b	1a	1b	5a	5b	2a	2b
0-30	21,1	16,7	90,7	88,7	61,4	63,8	18,0	20,9	9,7	5,6	2,9	1,6
30-60	17,2	14,2	43,2	39,3	63,5	68,8	22,2	16,8	5,1	3,9	3,0	3,6
60-90	8,6	5,1	8,8	11,2	6,0	22,3	13,1	10,8	3,7	1,8	12,8	7,4
90-120	10,1	4,7	3,0	2,4	1,5	0,4	1,0	1,1	0,1	0,0	0,1	0,1
Σ	57,0	40,8	145,8	141,5	132,4	155,3	54,3	49,6	18,6	11,2	18,8	12,6

24.November 1999												
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
0-30	44,3	47,2	3,2	3,0	9,3	16,1	86,2	49,7	12,1	11,5	20,8	17,7
30-60	39,1	39,2	6,9	5,9	6,2	6,0	89,2	90,1	7,1	8,1	16,5	16,9
60-90	23,8	29,7	13,5	8,3	1,4	1,6	72,5	63,5	4,2	5,6	7,1	10,6
90-120	3,5	4,4	3,1	15,7	17,3	1,2	13,9	7,6	3,2	3,7	3,0	4,3
Σ	110,7	120,5	26,7	33,0	34,1	24,9	261,8	210,8	26,6	28,9	47,5	49,5

Die Hauptmenge des  $N_{\min}$ -Vorrates bis 90 cm Bodentiefe wird von den Pflanzen aufgenommen. Der  $N_{\min}$ -Gehalt in der darunterliegenden Schichte (90-120 cm) dürfte für die Pflanzen zum Großteil nicht mehr nutzbar sein und wird wahrscheinlich in weiterer Folge mit dem Sickerwasser in das Grundwasser gelangen.

Nach den  $N_{\min}$ -Gesamtbehebungen im Herbst 1998 und im darauffolgenden Frühjahr 1999 wurden für jeden Meßstellenbereich gesonderte eine  $N_{\min}$ -Bestimmung zu ackerbaulich wichtigen Zeitpunkten durchgeführt.

Im Herbst 1998 lagen die  $N_{\min}$ -Gehalte bei den Meßstellen 1 bis 4 um 10 kg/ha und auf den Meßstellen 5 und 6 betragen sie mit 50 bzw. 60 kg/ha das Fünf- bzw. Sechsfache. Im Frühjahr 1999 war die Situation ähnlich, wenngleich der  $N_{\min}$ -Vorrat durch Mineralisation auf das Zwei- bis Dreifache angestiegen war.

Auf Meßstelle 1 (Kartoffel) lag der  $N_{\min}$ -Gehalt im März 1999 bei 24 kg N/ha, bis zur Erntezeit im September hatte er sich verdoppelt. Die stärksten Anreicherungen wurden in den Tiefen von 30 bis 90 cm gemessen.

Auf Meßstelle 2 (Karotte) hatte sich der pflanzenverfügbare Stickstoffgehalt vom März 1999 mit 21 kg N/ha, bis Mai 1999 mit 52 kg N/ha mehr als verdoppelt. Hier lagen die größeren Zuwächse in den oberen Schichten. Zum Erntezeitpunkt war die Situation umgekehrt; der  $N_{\min}$ -Vorrat war in den Schichten 0-60 cm und 90-120 cm enorm vermindert.

Auf Meßstelle 3 (Sommergerste) fanden sich im Frühjahr (25 kg N/ha) und im August (27 kg N/ha) etwa gleich hohe  $N_{\min}$ -Gehalte. In den Tiefen ab 30 cm kam es zu einer geringen Abnahme, in der obersten Schicht zu einer Verdopplung des pflanzenverfügbaren Stickstoffes.

Meßstelle 4 (Zwiebel) zeigt trotz Winterbegrünung einen starken Anstieg des  $N_{\min}$ -Gehaltes. Im Mai 1999 waren stark erhöhte Werte von über 140 kg N/ha zu verzeichnen, die sich bis zum Erntezeitpunkt im August in den Schichten von 0 bis 60 cm gehalten haben. Der  $N_{\min}$ -Gehalt ist somit vom Frühjahr bis zur Ernte durch die natürliche Stickstoffbildung im Boden (Mineralisation) beim Gemüsebau Zwiebel bis über 100 kgN/ha angestiegen.

Bei Meßstelle 5 (Zuckerrübe) war zwar im Herbst 1998 der  $N_{\min}$ -Gehalt mit 52 kg N/ha trotz gut entwickelter Winterbegrünung im Vergleich zu den übrigen Meßstellen mit Begrünung höher, es ist jedoch hier ein etwas geringerer Anstieg des pflanzenverfügbaren Stickstoffes (um 16 kg N/ha) festzustellen. Die höheren Gehalte im Herbst 1998 sind möglicherweise auf die Vorfrucht Winterweizen zurückzuführen. Vom März 1999 bis zur Ernte der Zuckerrübe im Oktober sank der  $N_{\min}$ -Gehalt auf ein Viertel. Erwähnenswert sind die 17 kg N/ha in der Tiefe 90-120 cm die bis zum Oktober praktisch auf 0 sanken.

Die Meßstelle 6 (Winterweizen) lieferte im Frühjahr mit über 113 kg N/ha die höchsten  $N_{\min}$ -Gehalte, was einer Verdopplung seit Herbst 1998 gleichkommt. Bei einer Teilbehebung am 1. April, die zur Überprüfung der Frühjahrswerte diente, lag der  $N_{\min}$ -

Gehalt des Bodens ebenfalls bei 113 kg N/ha. Ende April zeigten die Blätter des Winterweizens an einigen Stellen im Feld erste Mangelerscheinungen. Eine rasch durchgeführte Beprobung ließ ein Absinken des pflanzenverfügbaren Stickstoffes auf 20 kg N/ha erkennen. Vor allem in den oberen Bodenschichten war kein mineralisierter Stickstoff mehr vorhanden.

Nach der Ernte lag der  $N_{\min}$  – Gehalt des Bodens bei 22 kg N/ha, der Hauptanteil befand sich mit 13 kg N/ha in der obersten Schicht.

Tab. 5.11  $N_{\min}$ - Gehalte in kg/ha zu den einzelnen Entnahmezeitpunkten für 2000

1.März 2000												
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
0-30	18,2	20,5	9,3	10,2	25,6	23,6	33,3	73,5	17,5	23,5	25,4	17,4
30-60	46,0	51,1	10,3	8,2	24,8	32,2	30,9	69,4	26,1	23,2	30,2	20,8
60-90	49,2	48,1	7,1	6,5	22,6	28,4	88,4	93,3	20,2	15,3	30,2	21,6
90-120	33,6	28,4	8,9	1,8	9,2	14,0	43,5	57,7	9,1	11,4	13,2	14,7
Σ	146,9	148,0	35,7	26,7	82,3	98,36	196,2	293,9	72,9	73,5	99,0	74,4

2000	19. April		19. Juli		19. Juli		11. Oktober	
	1a	1b	1a	1b	2a	2b	6a	6b
0-30	6,2	6,7	14,3	15,7	77,5	62,3	7,1	4,9
30-60	14,3	12,5	11,1	8,3	56,7	30,1	6,2	5,0
60-90	24,7	9,4	3,2	3,5	7,7	7,4	3,3	4,0
90-120	8,9	11,5	2,3	3,0	5,9	5,2	2,4	1,8
Σ	54,2	40,1	30,8	30,6	147,8	105,0	19,0	15,7

2000	10.Mai		23. August		27. Sept.		10.Mai	
	3a	3b	3a	3b	4a	4b	5a	5b
0-30	35,7	27,4	20,7	18,9	36,7	35,3	26,8	27,2
30-60	32,6	40,2	40,6	51,2	21,1	15,5	39,5	37,2
60-90	18,2	18,3	52,3	44,5	20,0	8,7	9,6	12,2
90-120	1,3	9,0	0,4	0,6	26,5	21,9	2,3	1,0
Σ	87,8	94,9	113,9	115,1	104,3	81,4	78,3	77,5

15.November 00												
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
0-30	1,2	2,2	7,3	3,7	22,1	35,7	34,0	37,5	2,6	6,8	2,1	1,3
30-60	2,0	2,5	16,4	5,8	36,3	38,8	31,4	28,8	21,9	37,2	1,4	2,2
60-90	2,2	1,8	13,9	20,4	41,3	49,1	86,9	22,3	19,7	28,1	1,5	0,6
90-120	1,4	1,7	4,2	6,1	46,1	28,0	48,8	19,4	13,3	34,1	1,0	0,5
Σ	6,9	8,1	41,8	36,0	145,8	151,7	201,2	108,1	57,6	106,2	5,9	4,6

Nach den  $N_{\min}$  –Gesamtbeprobungen im November 1999 und im März 2000 wurde auch im Jahr 2000 für jeden Meßstellenbereich eine gesonderte  $N_{\min}$  –Bestimmung zu ackerbaulich wichtigen Zeitpunkten durchgeführt.

Im Herbst 1999 lagen die  $N_{\min}$  – Gehalte bei den Meßstellen 1 und 4 bedeutend höher als auf den restlichen Meßstellen. Im Frühjahr 2000 war die Situation ähnlich.

Auf Meßstelle 1 (Winterweizen) lag der  $N_{\min}$  – Gehalt im März 2000 bei 150 kg N/ha, bis zur Erntezeit im Juli hatte er sich auf ein Fünftel verringert.

Auf Meßstelle 2 (Sommergerste) hatte sich der pflanzenverfügbare Stickstoffgehalt vom März 2000 mit 30 kg N/ha, bis zum Erntezeitpunkt im Juli 2000 mit 125 kg N/ha vervierfacht. Hier lagen die großen Zuwächse eindeutig in den oberen Schichten. Der N-Bedarf der Sommergerste war im Jahr 2000 auf Grund der Trockenheit sehr gering. Bis in den November wurde der pflanzenverfügbare Stickstoff durch die gut entwickelte Zwischenbegrünung erheblich reduziert.

Auf Meßstelle 3 (Zwiebel) fanden sich im Frühjahr (90 kg N/ha) und im August zur Ernte (115 kg N/ha) leicht gestiegene  $N_{\min}$  – Gehalte. Die natürliche Stickstoffbildung im Boden (Mineralisation) setzte sich bis in den Herbst fort und stieg weiter auf über 145 kg N/ha an.

Meßstelle 4 (Kartoffel) zeigt trotz Winterbegrünung nach der Zwiebel ein Beibehalten des hohen  $N_{\min}$  –Gehaltes. Im März 2000 waren Werte von über 200 kg N/ha zu verzeichnen. Die sich bis zum Erntezeitpunkt im August auf 90 kg N/ha reduziert haben. Der  $N_{\min}$ -Gehalt ist durch die natürliche Stickstoffbildung im Boden (Mineralisation) von der Ernte bis zum November auf über 150 kg N/ha wieder angestiegen.

Bei Meßstelle 5 (Karotte) war im März 2000 ein  $N_{\min}$  –Gehalt von 73 kg N/ha festzustellen. Vom März bis zur Ernte Karotte im Oktober sank der  $N_{\min}$  –Gehalt kaum. Ein Anstieg in der Tiefe 90-120 cm bis zum Oktober ist aber erkennbar.

Die Meßstelle 6 (Zuckerrübe) lieferte im Frühjahr mit über 80 kg N/ha höhere  $N_{\min}$ -Gehalte, was nahezu einer Verdopplung seit Herbst 1999 gleichkommt. Nach der Ernte lag der  $N_{\min}$  – Gehalt des Bodens unter 20 kg N/ha, der Hauptanteil befand sich in der obersten Schicht.

Tab. 5.12  $N_{\min}$ - Gehalte in kg/ha zu den einzelnen Entnahmezeitpunkten für 2001

28.Februar 2001												
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
0-30	4,0	4,9	33,9	34,4	71,1	25,0	25,2	17,2	15,3	12,3	13,6	21,7
30-60	5,5	8,9	21,6	20,3	46,0	39,5	23,1	17,7	26,4	18,8	10,3	14,4
60-90	7,2	8,0	21,3	20,6	19,0	49,8	5,7	12,6	19,4	31,4	4,4	9,2
90-120	4,5	7,2	4,7	3,9	2,5	23,8	4,7	12,2	38,9	38,9	1,0	2,8
Σ	21,2	29,0	81,5	79,2	138,5	138,1	58,8	59,7	100,0	101,4	29,2	48,2

2001	18. April		18. April		10. Mai		10. Mai	
	4a	4b	3a	3b	2a	2b	6a	6b
0-30	8,7	8,0	61,9	61,9	49,4	43,1	49,1	47,8
30-60	12,4	12,0	41,0	41,0	41,0	36,8	29,5	32,9
60-90	12,5	17,4	61,8	61,8	23,0	18,4	10,5	14,1
90-120	13,0	17,3	62,3	62,3	15,4	13,8	4,9	4,4
Σ	46,5	54,7	227,1	227,1	128,8	112,1	93,9	99,2

2001	8. August		8. August		22. August	
	4a	4b	5a	5b	2a	2b
0-30	8,2	8,9	14,6	14,1	8,7	8,0
30-60	7,9	3,9	13,3	23,6	12,4	12,0
60-90	1,9	2,1	20,4	20,1	12,5	17,4
90-120	5,0	1,4	5,8	1,9	13,0	17,3
Σ	23,0	16,3	54,2	59,7	46,5	54,7

6.November 01												
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
0-30	0,2	0,2	27,7	31,5	57,2	41,3	3,8	7,0	1,0	2,6	10,9	4,4
30-60	0,0	0,0	60,0	49,9	36,5	30,0	27,4	23,0	10,7	20,0	49,7	63,0
60-90	1,9	4,3	63,7	35,4	22,4	23,9	10,8	14,1	15,4	19,6	20,5	48,0
90-120	0,0	4,6	63,3	53,4	18,2	19,1	1,6	4,9	20,9	17,6	0,4	16,6
Σ	2,1	9,1	214,7	170,1	134,2	114,4	43,5	49,0	48,1	59,7	81,5	132,0

Nach den  $N_{\min}$ -Gesamtbeprobungen im November 2000 und im Februar 2001 wurden im Jahr 2001 wiederum gesonderte  $N_{\min}$ -Bestimmungen zu ackerbaulich wichtigen Zeitpunkten durchgeführt.

Im Herbst 2000 lagen die  $N_{\min}$ -Gehalte bei den Meßstellen 3, 4 und 5, also unter der Gemüsefruchtfolge mit über 80 bis über 150 kg N/ha (Zwiebel) bedeutend höher als auf den restlichen Meßstellen. Im Frühjahr 2001 war die Situation fast ähnlich. Die hohen Ernterückstände nach der Karotte führten zu einem hohen  $N_{\min}$ -Gehalt an Meßstelle 5. Unter Meßstelle 4 dürfte der Winterweizen zum Absinken des herbstlichen, hohen  $N_{\min}$ -Gehaltes auf ein Drittel geführt haben. Nach der Zwiebel lagen die Gehalte vom Frühjahr und Herbst ähnlich hoch.

Auf Meßstelle 1 (Zuckerrübe) lag der  $N_{\min}$  - Gehalt im März 2001 bei 25 kg N/ha, bis zur Erntezeit im Oktober 2001 hatte er sich auf ein Fünftel verringert. Vor allem die oberen Schichten wiesen minimale Werte auf.

Auf Meßstelle 2 (Zwiebel) hatte sich der pflanzenverfügbare Stickstoffgehalt vom März 2001 mit 80 kg N/ha, bis zum Erntezeitpunkt im August 2001 mit 50 kg N/ha fast halbiert. Die hohen Gehalte vom Frühjahr in den oberen Schichten waren durch das Pflanzenwachstum geschwunden, und teilweise durch Auswaschung verlagert worden. Großen Zuwächse, hauptsächlich in den unteren Schichten, waren bis in den Herbst auf Grund der sommerlichen Ernte und der Wetterbedingungen zu verzeichnen. Bis in den November wurde der pflanzenverfügbare Stickstoff auf 192 kg N/ha erheblich erhöht.

Auf Meßstelle 3 (Kartoffel) fanden sich im Frühjahr mit 138 kg N/ha hohe Werte, die noch weiter anstiegen (227 kg N/ha im April). Es wurde daher auf eine Düngung verzichtet. Die natürliche Stickstoffbildung im Boden (Mineralisation) setzte nach der Ernte wieder ein und hielt so bis in den Herbst die  $N_{\min}$ -Gehalte bei 124 kg N/ha.

Meßstelle 4 (Winterweizen) zeigte noch im Herbst 2000 nach der Kartoffel einen hohen  $N_{\min}$ -Gehalt. Im März 2001 waren die Werte durch den Winterweizenbestand auf 59 kg N/ha gesunken, die sich bis zum Erntezeitpunkt im Juli auf 18,5 kg N/ha reduzierten. Der  $N_{\min}$ -Gehalt ist durch die natürliche Stickstoffbildung im Boden zwar leicht angestiegen eine



Auswaschung und Verlagerung in tiefere Bodenbereiche aber durch die Begrünung unterbunden worden.

Bei Meßstelle 5 (Sommergerste) war im März 2001 ein  $N_{\min}$ -Gehalt von 100 kg N/ha festzustellen. Vom März bis zur Ernte im Juli sank der  $N_{\min}$ -Gehalt auf die Hälfte. Durch die Begrünung wurde zwar Stickstoff aus den oberen Schichten gebunden, sie konnte aber die höheren Gehalte in der Tiefe unter 60 cm nicht ausreichend erreichen. Ein Anstieg in der Tiefe 90-120 cm bis zum November ist somit erkennbar.

Die Meßstelle 6 (Karotte) lieferte im Frühjahr 2001 mit über 38 kg N/ha niedrigere  $N_{\min}$ -Gehalte als andere Versuchsflächen, die Werte hatten sich seit Herbst 2000 stark erhöht. Bis zur Aussaat verdreifachte sich der Wert durch die natürliche Stickstoffbildung im Boden. Nach der Ernte lag der  $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens mit 107 kg N/ha, der Hauptanteil befand sich in den mittleren Schichten, annähernd gleich hoch.

## 6. BODENWASSERHAUSHALT

Die Bestimmung des Bodenwassergehaltes erfolgte wöchentlich mit Hilfe von Gipsblockmessungen. Im Frühjahr bis in den Sommer 1999 wurden kurzfristig Messungen des Meßsystems EnviroScan auf der Versuchsfläche 3 durchgeführt. Sie dienten zur kontinuierlichen Beobachtung der Bodenfeuchte über eine Tiefe von 0 bis 150 cm, um Vergleichsmessungen zu den Gipsblockmessungen zu erhalten.

Der Bodenwasserhaushalt unterliegt in den oberflächennahen Schichten starken Schwankungen durch Verdunstung vom Boden (Evaporation), dem Wasserentzug durch die Vegetation (Transpiration) und dem Niederschlag. Der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Wenn der Wasseranteil über der Feldkapazität liegt, kann angenommen werden, da durch die ebene Lage kaum ein Oberflächenabfluß zu erwarten ist, daß das überschüssige Wasser versickert und schließlich ins Grundwasser gelangt.

Bei der Gipsblockmessung wird davon ausgegangen, daß der Gipsblock hinsichtlich der Saugspannung im Gleichgewicht mit dem ihm umgebenden Boden steht. Bei sinkender Saugspannung, d.h. der Wassergehalt des Bodens steigt an, wird der Widerstand, den der Gipsblock dem Stromdurchgang bietet, kleiner und bei steigender Saugspannung, d.h. bei Bodenentwässerung, größer. Mittels einer Eichbeziehung zwischen Widerstandswert und Saugspannung können die Saugspannungsverhältnisse im Boden nachvollzogen und über die Saugspannungs-Wasseranteilsbeziehung (pf-Kurve) der Bodenwasseranteil ermittelt werden. In den folgenden Diagrammen ist der Wasseranteil aus den Gipsblockauswertungen dargestellt. Wenn der Wasseranteil über dem der Feldkapazität (0,3 bar) liegt, so kann angenommen werden, daß sich das überschüssige (vom Boden nicht speicherbare) Wasser zum Grundwasser hinbewegt.

Die Messung des Bodenwasseranteils mit der Gipsblockmethode beinhaltet einige Unsicherheiten und Nachteile. Neben dem Problem des korrekten Einbaus und der Eichung treten auch bei der Zuordnung der entsprechenden Boden-pf-Kurve zum Gipsblock Schwierigkeiten auf. Neben Temperatureinflüssen und einem gewissen Hysteresiseffekt zwischen der Saugspannung im Gipsblock und der Saugspannung im Boden treten auch Auflösungserscheinungen der Gipsblöcke im Boden auf. Da der Gipsblock eine andere Porenverteilung als der ihn umgebende Boden hat, hält er bei gleicher Saugspannung eine andere Wassermenge als der Boden fest. Es herrscht also ein Gleichgewicht der Saugspannungen in Gipsblock und Boden, aber kein Gleichgewicht der festgehaltenen Wassermengen. Da die Saugspannungs-Wassergehaltsbeziehung nur anhand punktueller, wenig repräsentativen Bodenproben ermittelt wird und lokale Inhomogenitäten des Bodens noch größere Störungen und Beeinflussungen des Bodenwasserhaushaltes bewirken können, sind all die oben genannten Nachteile und Unsicherheiten der Gipsblockmethode bei der Beurteilung und Interpretation der Meßergebnisse zu berücksichtigen. (F. KASTANEK, 1994)

Trotzdem stellt der Gipsblock eine ausreichende Möglichkeit zur Verfolgung der Bodenfeuchteänderungen dar. Die ermittelten Daten sollten aber bezüglich ihrer Qualität nicht als absolut präzise angesehen werden .

Nach dem Zwischenbericht 2000, in dem auf diese Unsicherheiten hingewiesen wurde, wurde seitens des BM angeregt die Ergebnisse der Gipsblockmessungen unter dem Einfluß der Bodentemperatur darzustellen. Am Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt waren mit Gipsblockmessungen unter Berücksichtigung der Bodentemperaturen an landwirtschaftlich genutzten Standorten im Marchfeld gute Erfahrungen gemacht worden. Das Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt stellte Meßergebnisse von Bodentemperaturen an vergleichbaren Standorten im Marchfeld (langjährige Bodentemperaturmessungen in Obersiebenbrunn), sowie eine Korrekturformel für die entsprechenden, unter Laborbedingungen bei 20° C geeichten, Gipsblöcke zur Verfügung.

Korrekturformel:

$$\log R = \log R_t \cdot (1 + 0.0038 \cdot (T - 20))$$

R = Gipsblock-Widerstand bei 20° C (Ohm)

R<sub>t</sub> = gemessener Widerstand bei T °C (Ohm)

T = Bodentemperatur (°C) in der jeweiligen Block-Tiefe

Mit den derartig korrigierten Widerständen wurden dann die jeweiligen (bei etwa 20° C erstellten) Eichkurven der Gipsblöcke ausgewertet.

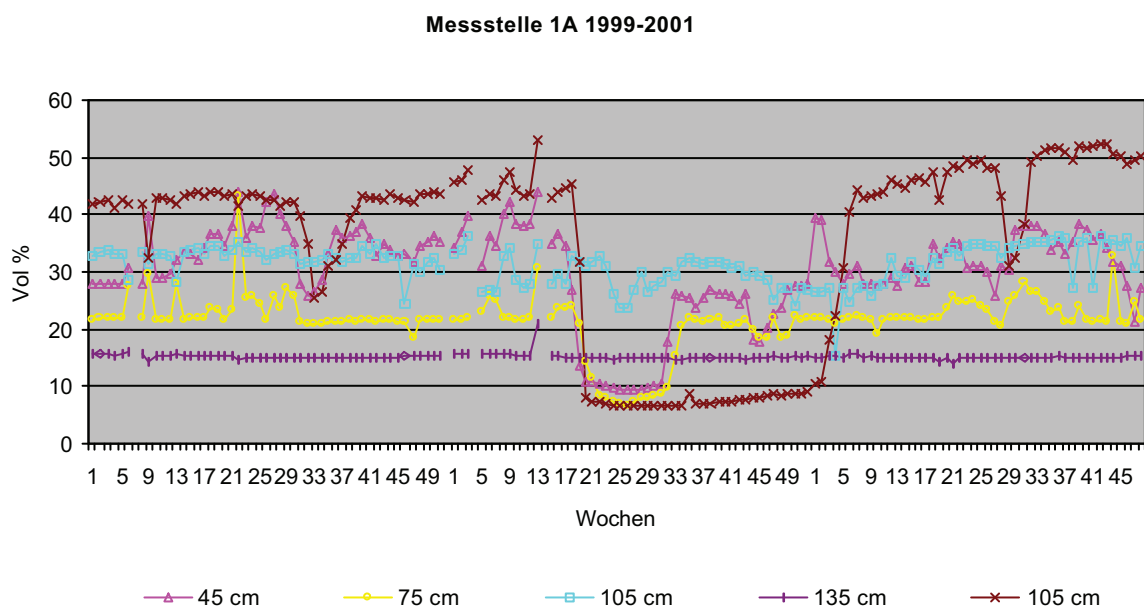


Abb. 6.1 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 1a

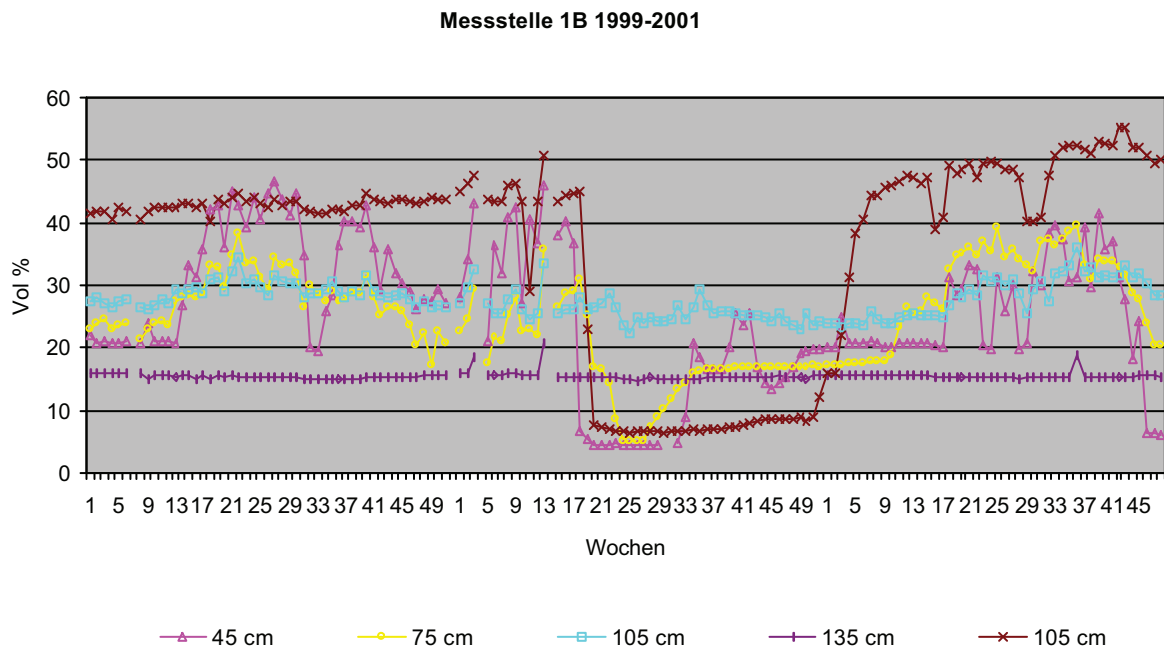


Abb. 6.2 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 1b

Am Standort 1a und 1b stieg der Wasseranteil in 45 cm Bodentiefe erst im Frühjahr 1999 kontinuierlich von ca. 20 bzw. 30 Vol % auf ca. 40 bis 45 an. In der 22. Woche beginnt in 45 und 75 cm Tiefe, und in abgeschwächter Form auch in 105 cm, der Wasseranteil mehr oder weniger regelmäßig zu schwanken, was sich durch den Wechsel der einsetzenden Niederschläge und der Beregnung der Kartoffel in der 24. bzw. 27. Woche und den kurzen Trockenperioden erklärt. Ab der 27. Woche setzte auf 1a, ab der 29. Woche auch auf 1b die sommerliche Abnahme der Bodenfeuchte ein. Das Niederschlagsereignis von über 52 mm in der 35. Woche erhöhte die Bodenfeuchtigkeit in 45 cm, später und weitaus geringer in 75 und 105 cm Tiefe, wieder. Die Auswirkungen der Beregnung waren im Bereich beider Meßstellen bis 105 cm innerhalb einer Woche meßbar, in 105 cm Tiefe und im Lysimeter hielt die geringere Erhöhung Bodenfeuchte einige Wochen länger. In 135 cm Tiefe waren keine Auswirkungen der Beregnung ersichtlich. Nach Ende der Beregnung setzte eine zweite Periode der Austrocknung vor allem durch Pflanzenentzug und Verdunstung ein, die den Feuchteanteil v.a. in 45 cm Tiefe aber auch in Lysimeter 1a stark absinken ließ. Danach trat wieder eine langsame, herbstliche Befeuchtung des Bodens ein.

Bei der Meßstelle 1a 1b erreichte der Bodenwasseranteil im Frühjahr 2000 in 45, 75, und in 105 cm Bodentiefe zwischen der 5. und der 19. Woche seinen Höhepunkt, bevor er durch die sommerliche Austrocknung mit Ausnahme der Gipsblöcke in 105 cm und 135 cm Tiefe stark abfiel. Die Regenfälle im August und September führten ab der 31. Woche in 45 cm und 75 cm Tiefe an diesem Standort zu einem Anstieg des Wassergehaltes.

An Meßstelle 1a,b stieg der Bodenwasseranteil seit dem Frühjahr 2001 in 45, 75, und in 105 cm Bodentiefe zwischen der 1. und der 35. Woche durch den Einfluß der Niederschläge und der Bewässerung an, und erreichte sein Maximum im Sommer, bevor es durch Pflanzenentzug und die geschlossene Vegetationsdecke der Zuckerrübe zur Austrocknung und somit, mit Ausnahme laut der Gipsblöcke in 135 cm Tiefe, zum Abfallen des Wassergehaltes kam.

An Meßstelle 1 beträgt die beim Einbau aller Meßelemente nach der Überdruckmethode ermittelte (siehe Kap. 4.3) mittlere Feldkapazität von 0 bis 90 cm Tiefe 20,7 Vol%.

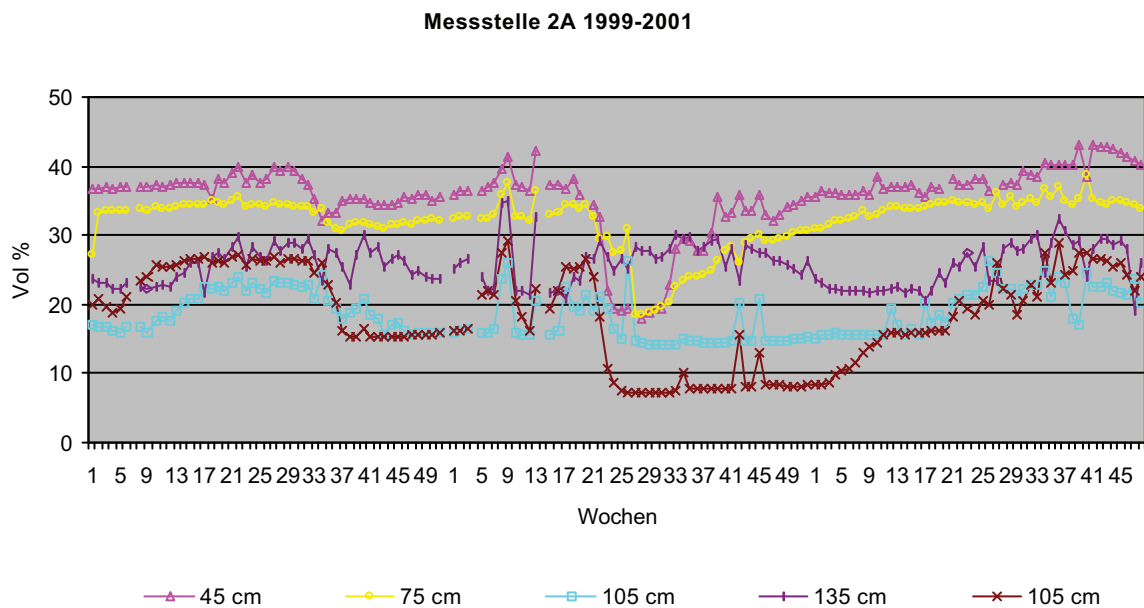


Abb. 6.3 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 2a

Messstelle 2B 1999-2001

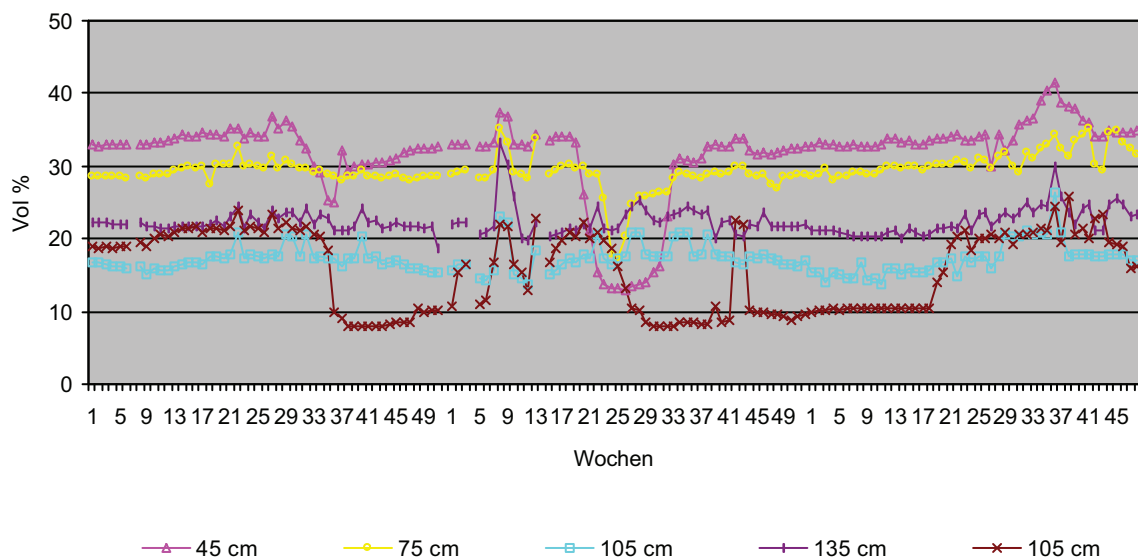


Abb. 6.4 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 2b

Auch an den Standorten 2a und 2b sind die Auswirkungen der Karottenbewässerung und der Sommerniederschläge im Jahre 1999 aus dem Verlauf der Bodenfeuchte ersichtlich. Sowohl an der Meßstelle 2a als auch auf 2b blieb der Wasseranteil in den oberen Bodenschichten (45 cm, 75 cm) bis Ende August etwas über 30 Vol % bei einer Feldkapazität von 23 - 28 Vol % in diesen Bodenschichten. Erst im Herbst war eine kurze, trockenere Periode zu beobachten. In den tieferen Bodenschichten wurde die Abnahme der Bodenfeuchte während der Sommermonate durch die regelmäßige Beregnung verzögert und setzte erst ab der 34. Woche ein. Ab September sinkt der Wasseranteil im Lysimeter in 105 cm doch deutlich. Das kurzfristige Ansteigen der Bodenfeuchte in den Tiefen 105 und 135 cm in der 28., 32. und 40. Woche ist durch ergiebige Niederschläge jeweils zwei bis drei Wochen vorher verursacht worden.

An den Standorten 2a und 2b ist im Jahre 2000 die Wirkung des Getreideanbaus und der einzelner Sommerniederschläge aus dem Verlauf der Bodenfeuchte ersichtlich. Sowohl an der Meßstelle 2a als auch auf 2b blieb der Wasseranteil in den oberen Bodenschichten (45 cm, 75 cm) bis Mitte Mai über 30 Vol % teilweise über 35 Vol %. Ab Anfang Juni begann die sommerliche Austrocknungsphase auf Meßstelle 2 in der 22. Woche. Durch das Fehlen des Wasserentzuges der Pflanzen nach der Ernte der Sommergerste setzte ab der 28. Woche, verstärkt durch Niederschlag in den Monaten August und September, wieder eine Zunahme des Bodenwassergehaltes in 45 und 75 cm Tiefe ein. In 105 cm und in 135 cm Tiefe waren einige wenige Schwankungen des Wasseranteils zu verzeichnen.

2001 kam es wegen der regelmäßigen Bewässerung der Zwiebel zu keiner sommerlichen Austrocknungsphase auf Meßstelle 2. Nach der Ernte sinkt der Bodenwassergehalt ab der 35.

Woche stetig ab. Durch Niederschlag im August und September sank die Bodenfeuchte aber nur mäßig bis zum Jahresende. In den einzelnen Tiefen waren selten Schwankungen des Wasseranteils zu verzeichnen.

An Meßstelle 2 beträgt die beim Einbau aller Meßelemente nach der Überdruckmethode ermittelte (siehe Kap. 4.3) mittlere Feldkapazität von 0 bis 90 cm Tiefe 22,5 Vol%.

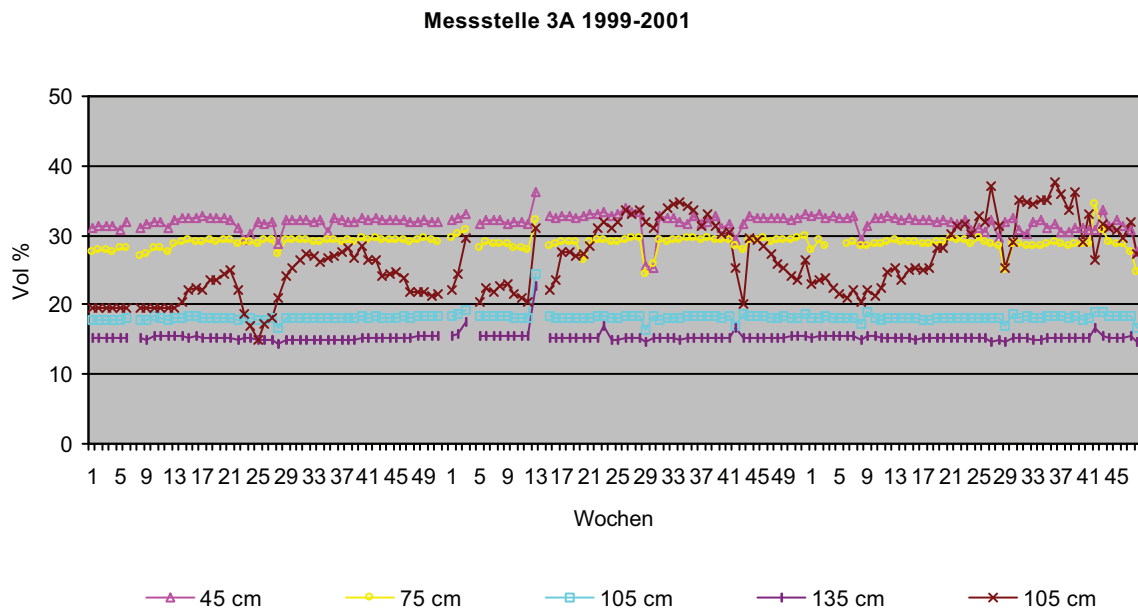


Abb. 6.5 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 3a

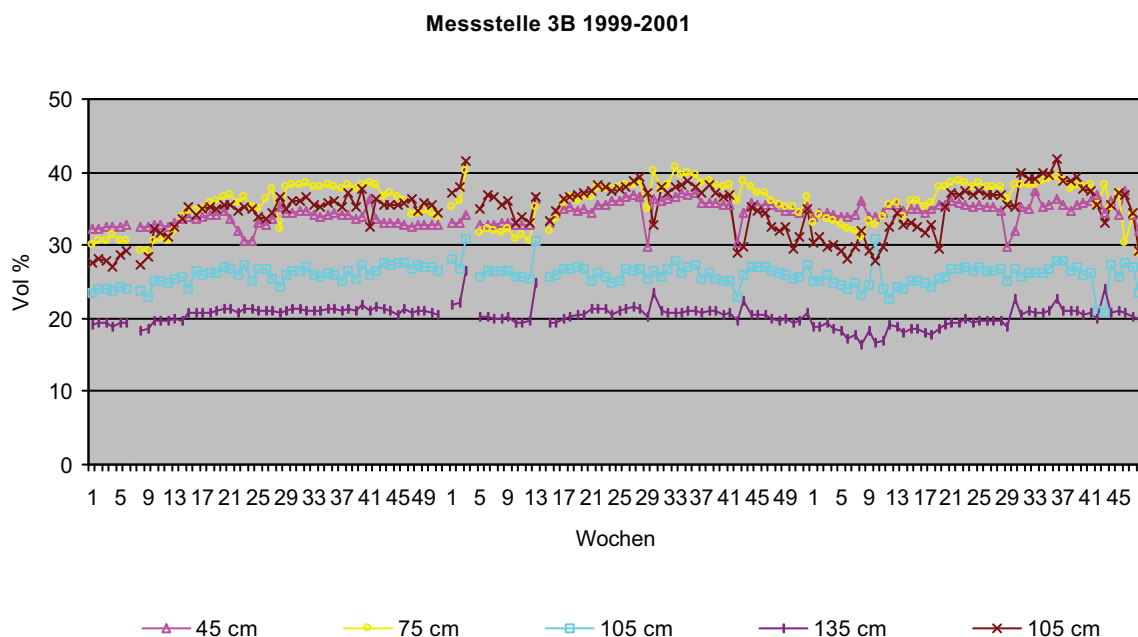


Abb. 6.6 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 3b



Durch den hohen Schluffgehalt am Standort 3 (bis 68 %) liegt die Wasserspeicherkapazität höher als an den übrigen Meßstellen, was dazu führt, daß die Periode der sommerlichen Austrocknung meist verzögert eintritt und die herbstliche Befeuchtung in tiefere Bereiche vordringt. 1999 begann die sommerliche Austrocknungsphase auf Meßstelle 3 in der 21. Woche. Die Auswirkungen waren auf 3a in 45 cm nur 5 Wochen und im Lysimeter in 105 cm etwa 7 Wochen zu erkennen. Auf 3b trat lediglich in 45 cm eine kurze Austrocknungsphase im Juni ein. Durch das Fehlen des Wasserentzuges der Pflanzen nach der Ernte der Sommergerste setzte ab der 26. Woche, verstärkt durch Niederschlag in den Monaten Juli und August, wieder eine Zunahme des Bodenwassergehaltes ein, die am Standort die Bodenfeuchte innerhalb weniger Wochen auf 30 Vol % steigen ließ. In 105 cm und in 135 cm Tiefe waren kaum Schwankungen des Wasseranteils zu verzeichnen.

2000 kam es wegen der Bewässerung der Zwiebel zu keiner nennenswerten sommerlichen Austrocknungsphase auf Meßstelle 3, lediglich kurz vor der Ernte ab der 29. Woche sinkt der Bodenwassergehalt jäh ab. Verstärkt durch Niederschlag im August, setzt wieder eine Zunahme der Bodenfeuchte in 45 und 75 cm Tiefe innerhalb weniger Wochen ein. In 105 cm und in 135 cm Tiefe waren kaum Schwankungen des Wasseranteils zu verzeichnen.

2001 kam es an Meßstelle 3 zu keiner signifikanten Austrocknung des Bodens mit der Entwicklung der Kartoffelstauden. In der 20. Woche beginnt in 45, in 75 cm Tiefe und in 105 cm der Wasseranteil teilweise leicht zu schwanken, bzw. in einigen Tiefen gering anzusteigen, was sich durch einsetzende Niederschläge und die Beregnung der Kartoffel erklärt. Im Frühjahr, das nicht sehr niederschlagsreich war setzte eine kurzzeitige Abnahme der Bodenfeuchte ein. Die wenigen, wochenweise auftretenden, stärkeren Schwankungen dürften durch die Beregnung hervorgerufen worden sein.

An Meßstelle 3 beträgt die beim Einbau aller Meßelemente nach der Überdruckmethode ermittelte (siehe Kap. 4.3) mittlere Feldkapazität von 0 bis 90 cm Tiefe 29,2 Vol%.



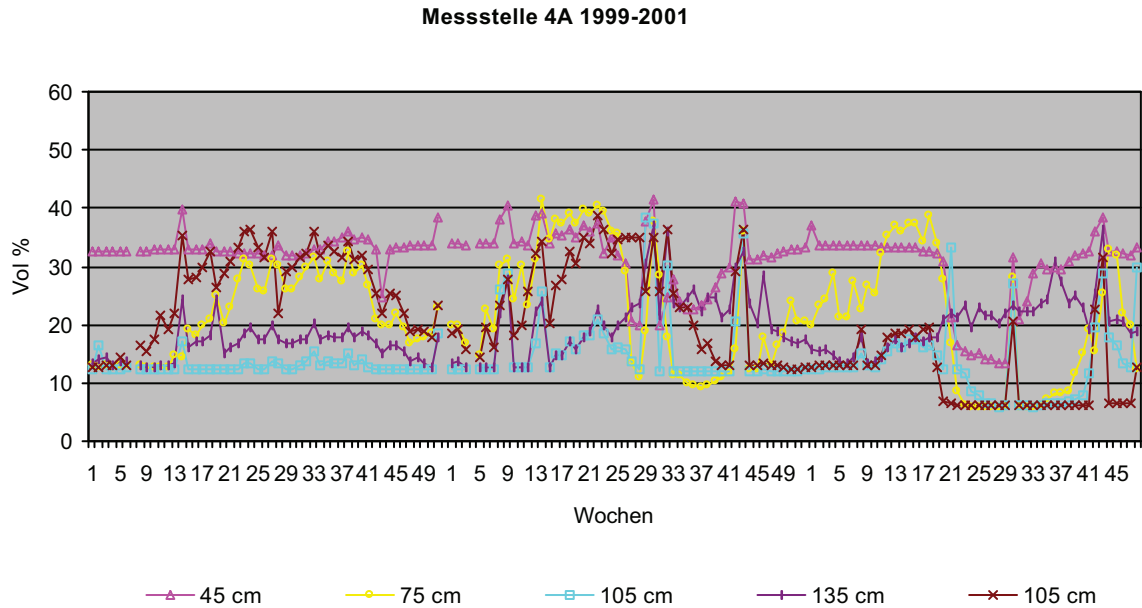


Abb. 6.7 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 4a

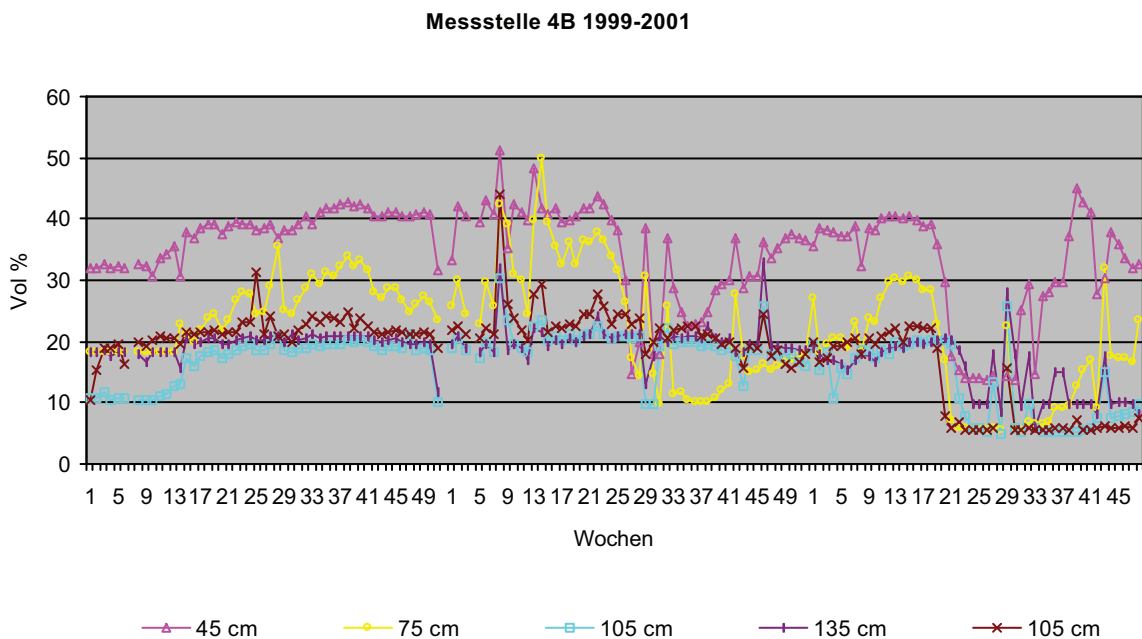


Abb. 6.8 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 4b

Auf dem Standort 4 begann 1999 die Periode der Austrocknung nach der Zwiebelerte Anfang August nur an 4b sichtbar zu werden. Durch die Bewässerung und Niederschläge kam es hier in allen Tiefen sogar zu einer leichten Zunahme der Bodenfeuchte. Auf 4a ist keine eindeutige Abnahme der Bodenfeuchte erkennbar. Die wochenweise auftretenden, starken Schwankungen dürften durch die künstliche Beregnung hervorgerufen worden sein. Jedenfalls

kam es ab Ende Mai am Standort 4a zu einem deutlichen Ansteigen des Bodenwassergehalt in 75 cm und im Lysimeter in 105 cm Tiefe.

2000 begann die Austrocknungsperiode mit der Entwicklung der Kartoffelstauden. In der 20. Woche beginnt in 45, in 75 cm Tiefe und in 105 cm der Wasseranteil mehr oder weniger zu schwanken, was sich durch den Wechsel der einsetzenden Niederschläge und der Beregnung der Kartoffel erklärt. Ab der 21. Woche setzte die sommerliche Abnahme der Bodenfeuchte ein. Das Niederschlagsereignis von über 50 mm in der 32. Woche erhöhte die Bodenfeuchtigkeit in 45 cm und geringer in 75 und 105 cm Tiefe, wieder. Auf 4a ist nur bedingt eine Abnahme der Bodenfeuchte erkennbar. Die wochenweise auftretenden, starken Schwankungen dürften durch die Beregnung hervorgerufen worden sein, und ähneln jenen im Vorjahr unter der Zwiebel.

Auf der Meßstelle 4 erreichte der Bodenwasseranteil im Frühjahr 2001 in 45, 75, und in 105 cm Bodentiefe zwischen der 5. und der 19. Woche seine Höchststände, bevor er durch die sommerliche Austrocknung mit Ausnahme der Gipsblöcke in 135 cm Tiefe stark abfiel. Die Regenfälle im August und September führten ab der 28. Woche in 45 cm, 75 cm und 135 cm Tiefe nach der Ernte des Winterweizens zu einem Anstieg des Wassergehaltes.

An Meßstelle 4 beträgt die beim Einbau aller Meßelemente nach der Überdruckmethode ermittelte (siehe Kap. 4.3) mittlere Feldkapazität von 0 bis 90 cm Tiefe 24,3 Vol%.

Messstelle 5A 1999-2001

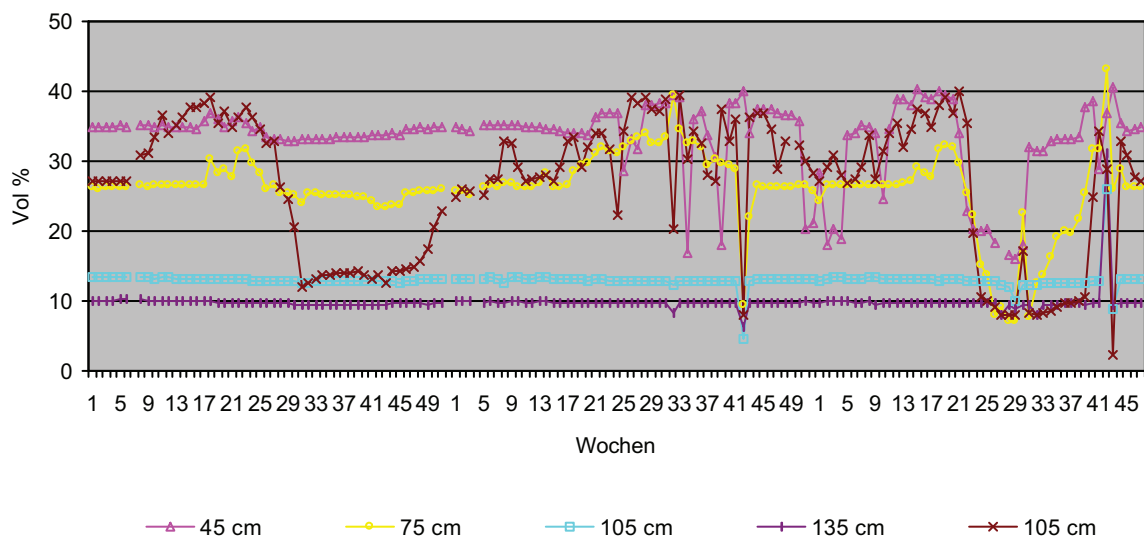


Abb. 6.9 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 5a

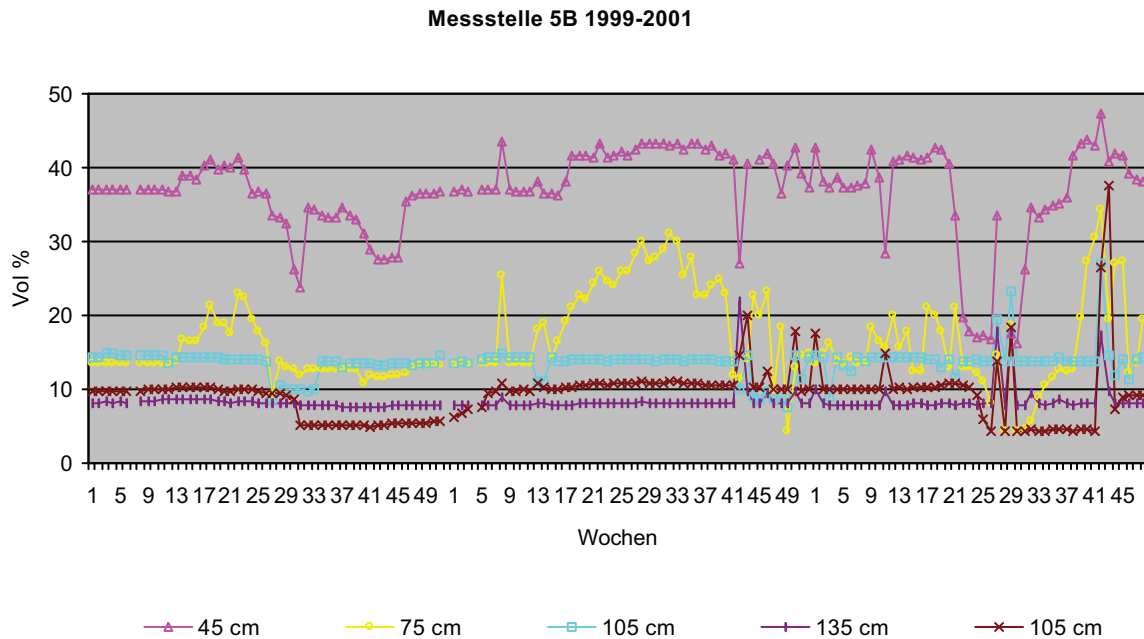


Abb. 6.10 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 5b

Ausgehend von ca. 30 bis 35 Vol % in den ersten Monaten des Jahres 1999 fiel der Wasseranteil in 45 cm Bodentiefe ab der 21. Woche nur auf 5b etwas ab. In 75 cm Tiefe war auf 5a und 5b, abgesehen von den unterschiedlichen Wasseranteilen (28 und 15 Vol %) der Einfluß der Niederschläge und des Pflanzenentzuges gut erkennbar. In den beiden Lysimetern war nicht nur der Wasseranteil sehr gegensätzlich. Auf 5a stieg der Wasseranteil im Frühjahr von 30 Vol % auf fast 40 Vol % an, und sank dann rasch in der 29. Woche auf unter 15 Vol %. Auf 5b lag die Bodenfeuchte im Lysimeter knapp unter 10 Vol % bis in die 30. Woche, danach sank sie auf 7 Vol %.

Im Jahr 2000 fiel der Wasseranteil in 45 cm Bodentiefe von ca. 35 bis 40 Vol % aufgrund der Karottenbewässerung ab der 19. Woche kaum ab. In 75 cm Tiefe war auf 5a und 5b, abgesehen von den unterschiedlichen Wasseranteilen (25 und 15 Vol %), der Einfluß der künstlichen Niederschläge erkennbar. In den beiden Lysimetern war wiederum der Wasseranteil gegensätzlich. Auf 5a stieg der Wasseranteil im Zuge der Bewässerung von 25 Vol % auf über 35 Vol % an, und sank kaum mehr ab. Auf 5b lag die Bodenfeuchte im Lysimeter kontinuierlich um die 10 Vol %.

Am Standort 5 ist im Jahre 2001 der Einfluß des Getreideanbaus (Sommergerste) und der von einzelnen Sommerniederschlägen, vor allem in den Tiefen 45 cm und 75 cm aus dem Verlauf der Bodenfeuchte ersichtlich. An der Meßstelle 5a blieb der Wasseranteil in den oberen Bodenschichten (45 cm, 75 cm) bis Mitte Mai teilweise zw. 30 und 35 Vol %. Auf 5b lag die Bodenfeuchte, mit Ausnahme der Gipsblöcke in 45 cm Tiefe, wiederum mit Werten zwischen 10 und 20 Vol % deutlich niedriger.

Ab Juni begann die sommerliche Austrocknungsphase auf Meßstelle 5 und ab der 29. Woche setzte, nach der Ernte der Sommergerste, verstärkt durch Niederschlag in den Monaten August und September, wieder eine Zunahme des Bodenwassergehaltes in 45 und 75 cm Tiefe ein.

An Meßstelle 5 beträgt die beim Einbau aller Meßelemente nach der Überdruckmethode ermittelte (siehe Kap. 4.3) mittlere Feldkapazität von 0 bis 90 cm Tiefe 26,9 Vol%.

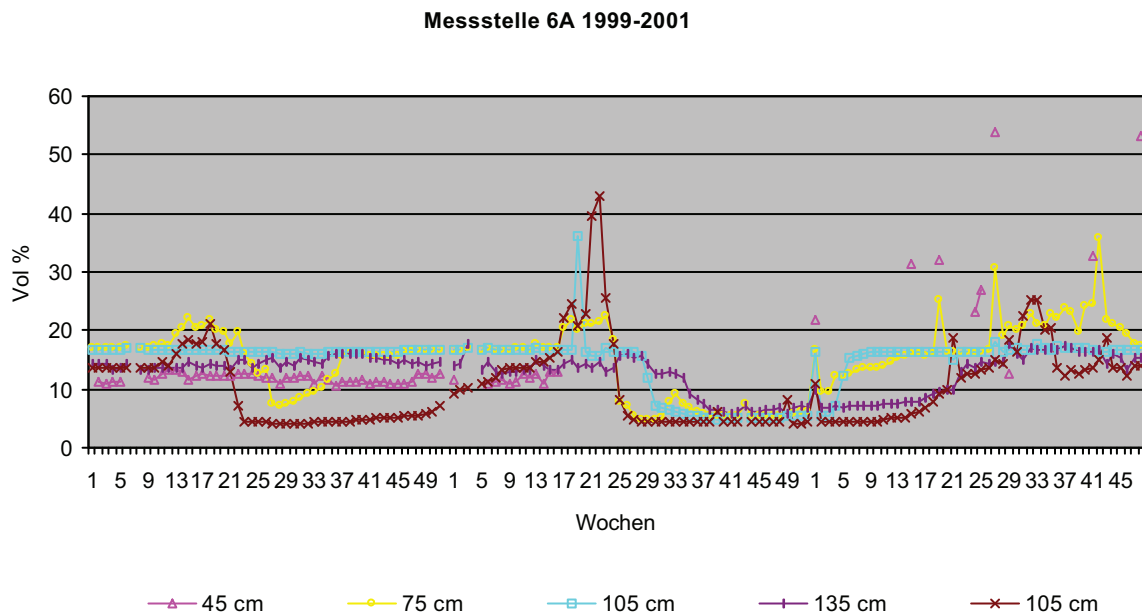


Abb. 6.11 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 6a

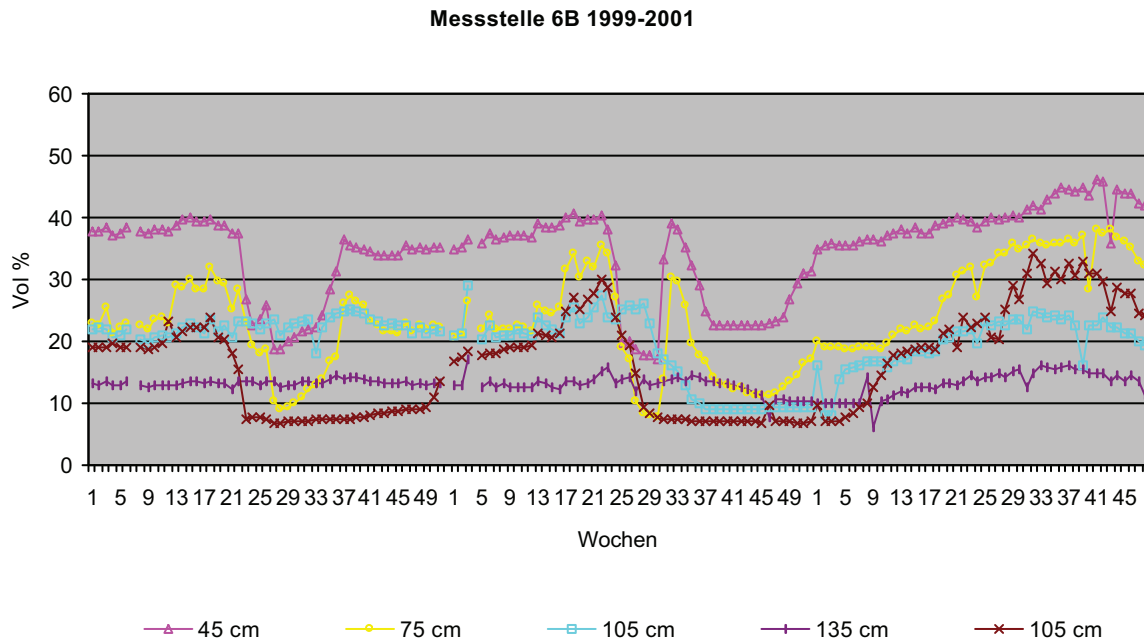


Abb. 6.12 Wasseranteilsverläufe 1999 bis 2001 unter der Meßstelle 6b

Unter der Meßstelle 6b erreichte der Bodenwasseranteil im Frühjahr 1999 in 45, 75, und in 105 cm Bodentiefe zwischen der 10. und der 23. Woche seinen Höhepunkt, bevor er durch die sommerliche Austrocknung mit Ausnahme der Gipsblöcke in 105 cm und 135 cm Tiefe stark abfiel. Die Regenfälle im August und September führten ab der 33. Woche in 45 cm und 75 cm Tiefe am Standort 6 zu einem Anstieg des Wassergehaltes.

Im Frühjahr 2000 erreichte der Bodenwasseranteil bei der Meßstelle 6b in 45, 75, und in 105 cm Bodentiefe seinen Höhepunkt, bevor er durch die sommerliche Austrocknung mit Ausnahme des Gipsblockes in 135 cm Tiefe auf 6b stark abfiel. Die Regenfälle im August und September führten ab der 31. Woche in 45 cm und 75 cm Tiefe am Standort 6b zu einem kurzfristigen Anstiegen des Wassergehaltes.

Im Jahr 2001 stieg der, nach der Zuckerrübe stark gesunkene Wasseranteil des Bodens, in allen Bodentiefen aufgrund von Niederschlägen und im Zuge der Bewässerung der Karotte bis in den Spätherbst an. Auf 6a und 6b waren, abgesehen vom Verlauf über die Vegetationsperiode hinweg, die Wasseranteile unterschiedlich hoch.

An Meßstelle 6 beträgt die beim Einbau aller Meßelemente nach der Überdruckmethode ermittelte (siehe Kap. 4.3) mittlere Feldkapazität von 0 bis 90 cm Tiefe 26,3 Vol%.

Um Vergleichsmessungen zu den schon bestehenden Gipsblöcken zu erhalten war im Frühjahr auf der Versuchsfläche 3 das Meßsystem EnviroScan installiert worden. Es diente zur kontinuierlichen Beobachtung der Bodenfeuchte über eine Tiefe von 0 bis 100 cm,.

Dieses Meßsystem EnviroScan mißt mit Sensoren fortwährend den Gehalt an Bodenwasser und das zugehörige Aufzeichnungsgerät speichert die Meßergebnisse.

Diese zur Mittagszeit aufgezeichneten Tageswerte dienen zur Beobachtung der Bodenfeuchte, um Vergleichsmessungen zu den konventionellen Gipsblockmessungen zu erhalten.

Über die Mittelwerte der Differenzen zwischen den Sensormeßwerten in den Tiefen 40, 80 und 100 cm und den Gipsblockmessungen in 45, 75 und 105 cm Tiefe wurde ein Korrekturwert ermittelt.

Folgende Abbildungen zeigen Ergebnisse des Meßsystems EnviroScan, das auf der Versuchsfläche 3 im Frühjahr 1999 installiert worden war, im Vergleich zu den altgedienten Gipsblöcken in den selben Tiefen, bzw. die korrigierten Gipsblockwerte.

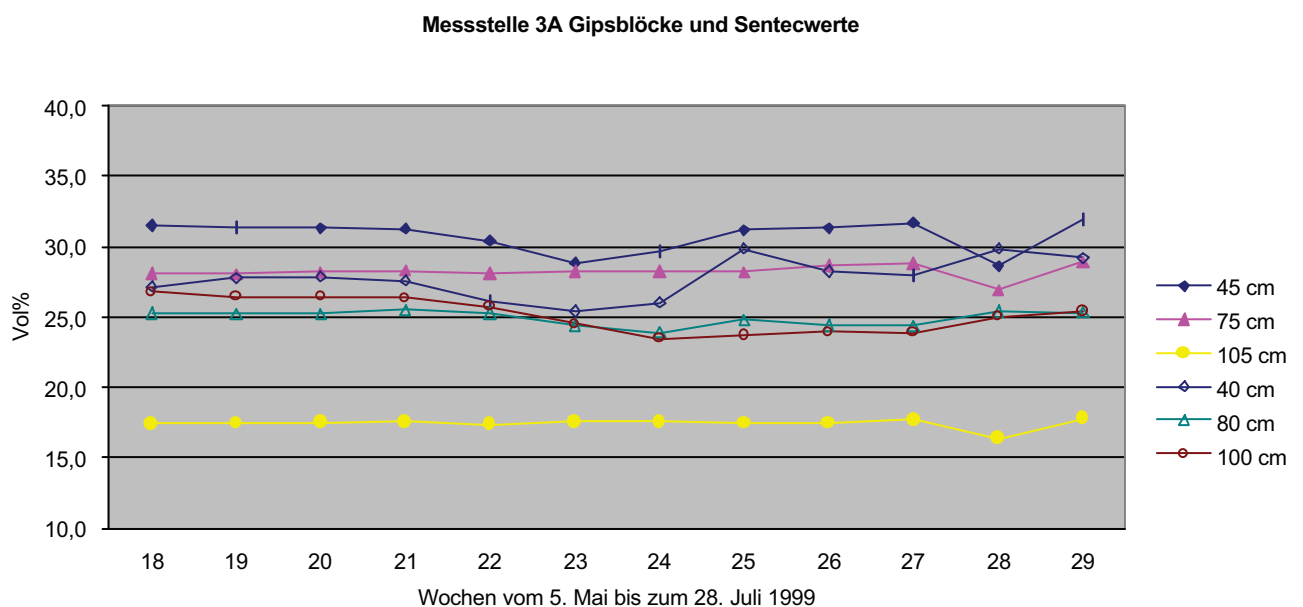


Abb. 1.13 Vergleich konventionelle Gipsblockmessungen und Sensormeßwerte Messstelle 3A

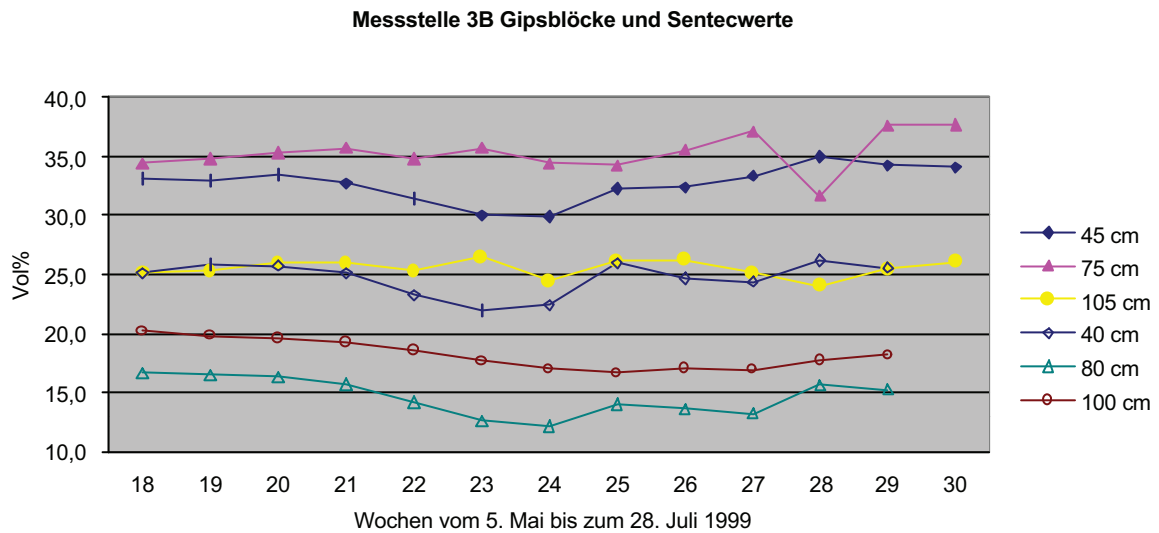


Abb. 1.14 Vergleich konventionelle Gipsblockmessungen und Sensormeßwerte Messstelle 3B

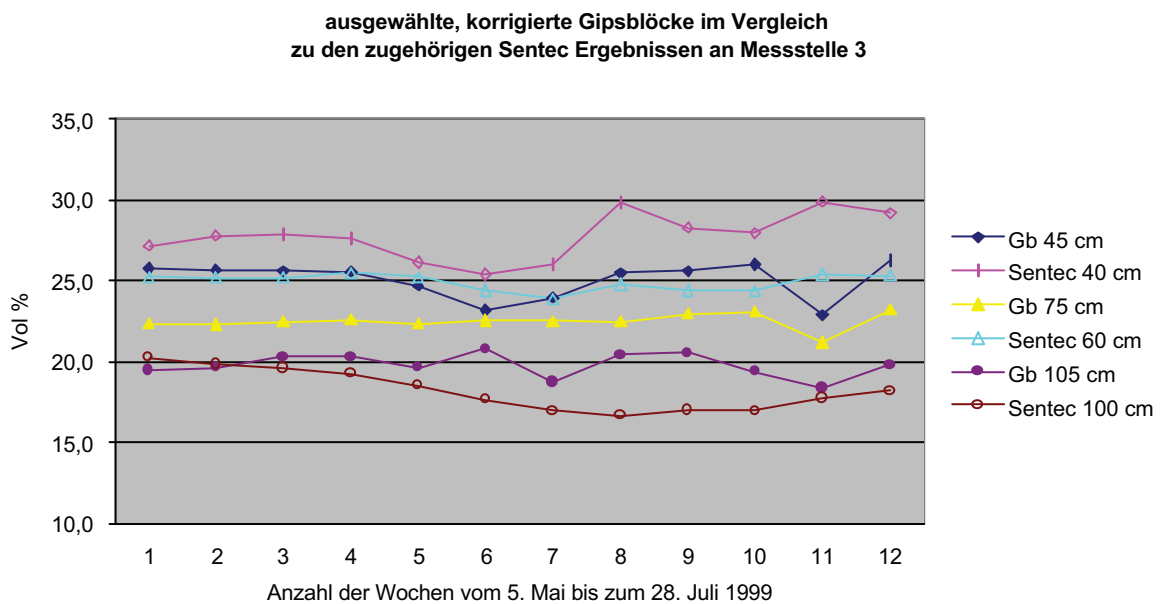


Abb. 1.15 Vergleich korrigierter Gipsblöcke und Sensormeßwerte Messstelle 3

## 7. NITRATKONZENTRATIONEN IM BODENWASSER, SICKERWASSER-MENGEN UND STICKSTOFFAUSTRAG

### 7.1. Probennahme und Konservierung

Mit den nach Abb. 3.1 eingebauten Keramiksaugkerzen konnten Sickerwasserproben in verschiedenen Tiefen gewonnen und analysiert werden. Die Wasserproben wurden dann ohne Konservierung möglichst rasch vom Felde ins Labor transportiert und analysiert. Bei kurzer Zwischenlagerung der Proben bei einer Temperatur von ca. 10° C wurde auf weitergehende Konservierungsmaßnahmen verzichtet. Um festzustellen, daß keine Konzentrationsänderungen aufgrund unterlassener Konservierungsmaßnahmen auftraten, wurden Vergleichsmessungen durchgeführt. Untenstehende Tabelle zeigt, daß sich die Nitratkonzentration der Bodenwasserproben in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit nur sehr langsam und in geringfügigem Ausmaß änderten. Stärkere Änderungen der Konzentrationen traten erst nach ca. 2 Wochen und bei höheren Lagerungstemperaturen auf.

Tab. 7.1 Vergleichsmessungen der Nitratkonzentrationen verschiedener Bodenwasserproben in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur

Nr.	No3 [mg/l]
N1	12,2
N2	25,2
N3	13,0
N4	43,3

Ausgangsproben in gefrorenem Zustand

Nr.	+30° C	+4° C	-20° C
N1	14,6	16,1	15,4
N2	26,3	25,9	27,1
N3	12,5	14,2	14,2
N4	44,1	46,1	47,3

nach sieben Tagen

Nr.	+30° C	+4° C	-20° C
N1	29,0	16,1	22,4
N2	31,5	29,9	35,4
N3	18,1	16,9	-
N4	60,9	59,3	43,7

nach 14 Tagen



## 7.2. Nitratkonzentrationen der Saugkerzenproben

Die folgenden Graphiken zeigen den Verlauf der Nitratkonzentrationen in den Tiefen 45 cm, 75 cm 105 cm (Saugkerzen im ungestörten Bodenbereich sowie Saugkerze im Lysimeter und Keramikplatte im Lysimeter) und 135 cm über den Beobachtungszeitraum Jänner 1999 bis Ende November 2001.

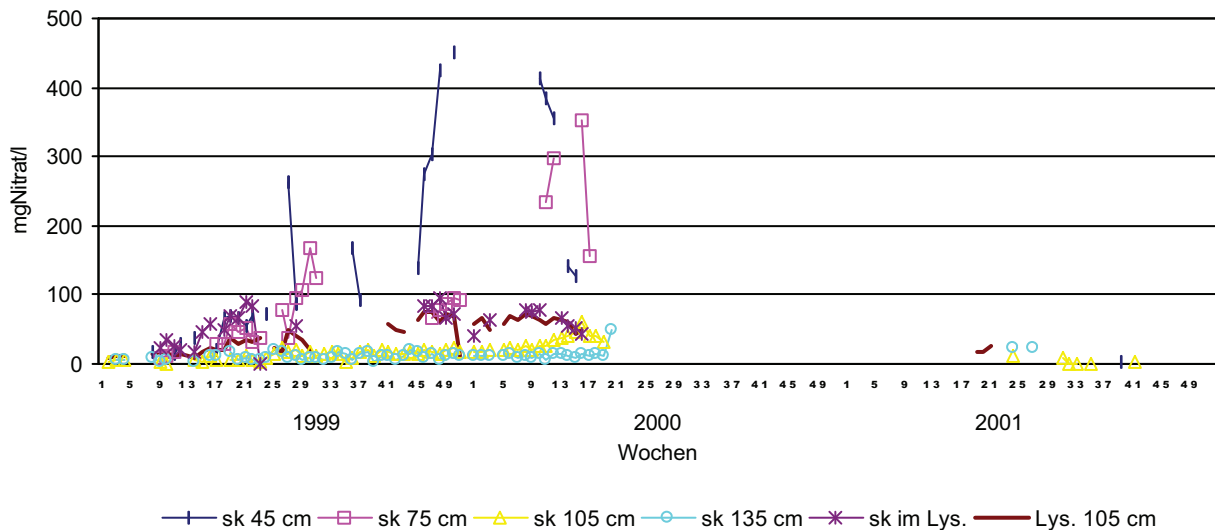


Abb. 7.1 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 1a 1999 bis 2001

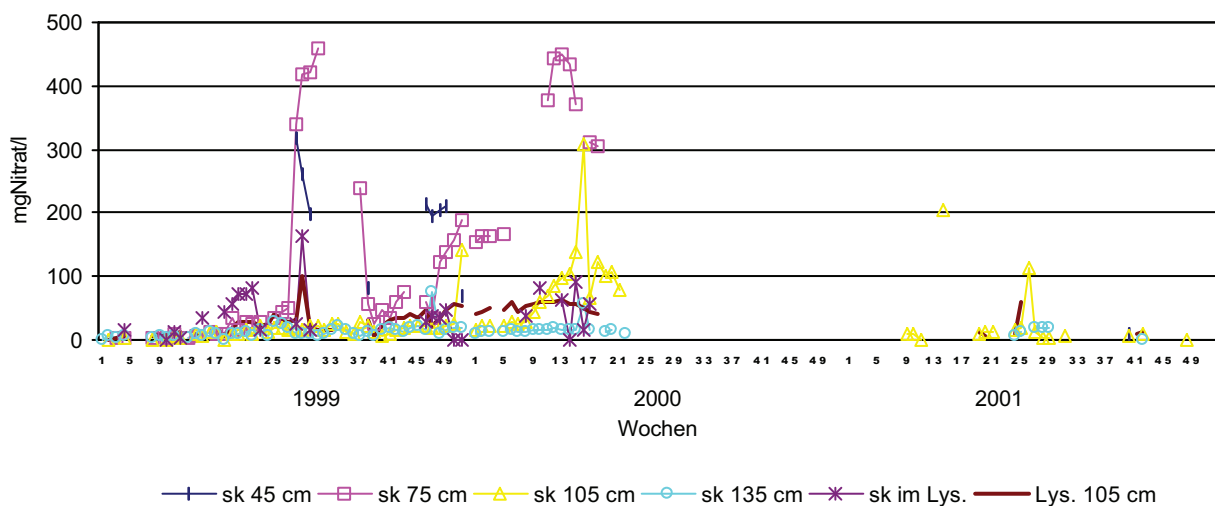


Abb. 7.2 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 1b 1999 bis 2001

1999 waren im Bereich von Meßstelle 1 Kartoffeln (Feldgemüsebau) angebaut. Die Düngung erfolgte am 15. März mit 72 kg/ha und am 20. Mai mit 43 kg/ha Reinstickstoff. Die Abb. 7.1 und Abb. 7.2 haben, abgesehen von den sehr hohen Konzentrationen während des Sommers in 45 cm und 75 cm Tiefe auf 1b, in etwa den gleichen Konzentrationsverlauf. Vor

Vegetationsbeginn - die Kartoffel wurden am 3. April gelegt - zeigte sich eine relativ niedrige Nitratkonzentration von unter 50 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l in allen Tiefen, was auf die gut entwickelte Winterbegrünung zurückzuführen ist. Ab der 1. Düngegabe ist ein mäßiges Ansteigen der Konzentrationen zu erkennen. Besonders deutlich wird dies im Lysimeter in 105 cm, wo die Konzentrationen bis zur 22. Woche fast 100 kg N/ha erreichte, und in der darauffolgenden Woche auf unter 25 kg N/ha absank. Die sehr hohen Wert während des Sommers in 45 cm und 75 cm Tiefe dürften durch Mineralisation, beeinflusst durch Beregnung und Sonneneinstrahlung verursacht worden sein.

2000 war im Bereich von Meßstelle 1 Winterweizen angebaut. Die Düngung erfolgte im im Mai 2000 mit insgesamt 78 kg/ha Reinstickstoff. Die Abb. 7.1 und Abb. 7.2 haben hohe Konzentrationen während des Frühjahrs in 45 cm und 75 cm Tiefe. Auf 1b ist in den Saugkerzen in 105 cm Tiefe ab der 10. Woche ein Anstieg der Nitratkonzentration zu erkennen. Auf der Meßstelle lagen die höchsten Nitratkonzentration in 45 und 75 cm Tiefe. Im Lysimeter fielen die Nitratkonzentrationen unter 50 mg/l bis Anfang Mai. Während der Sommermonate und im Herbst konnten nur vereinzelte Bodenwasserproben unter der Meßstelle gewonnen werden.

Auf 1a (unter Zuckerrübe) lagen im Winter 2001 auf Grund der Begrünung die Nitratkonzentrationen in allen Tiefen weit unter 50 mg/l. Auf 1b gab es nur sehr vereinzelt höhere Werte. Die ergiebigen Frühjahrsregen blieben aus, weshalb hier kaum Bodenwasser gewonnen werden konnte. Während des ganzen Jahres bewegten sich alle Werte fast ausschließlich unter 50 mg/l, selbst die Düngung (Nitramoncal am 6. April) hatte keine Auswirkungen. Nur auf 1b stiegen die Konzentrationen in 105 cm Tiefe zweimal über 100 mg/l an.

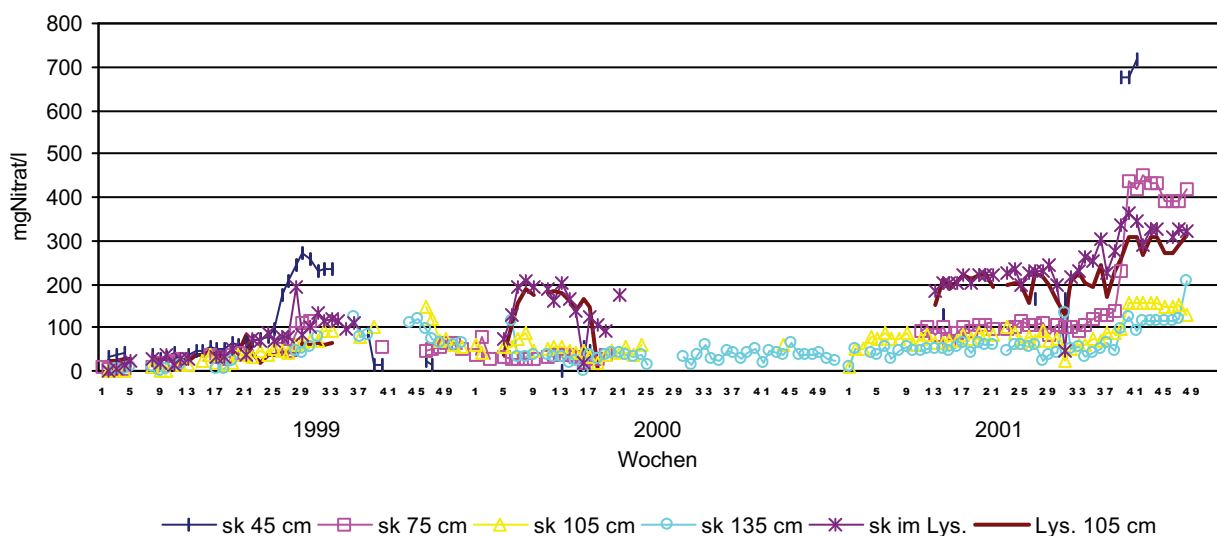


Abb. 7.3 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 2a 1999 bis 2001

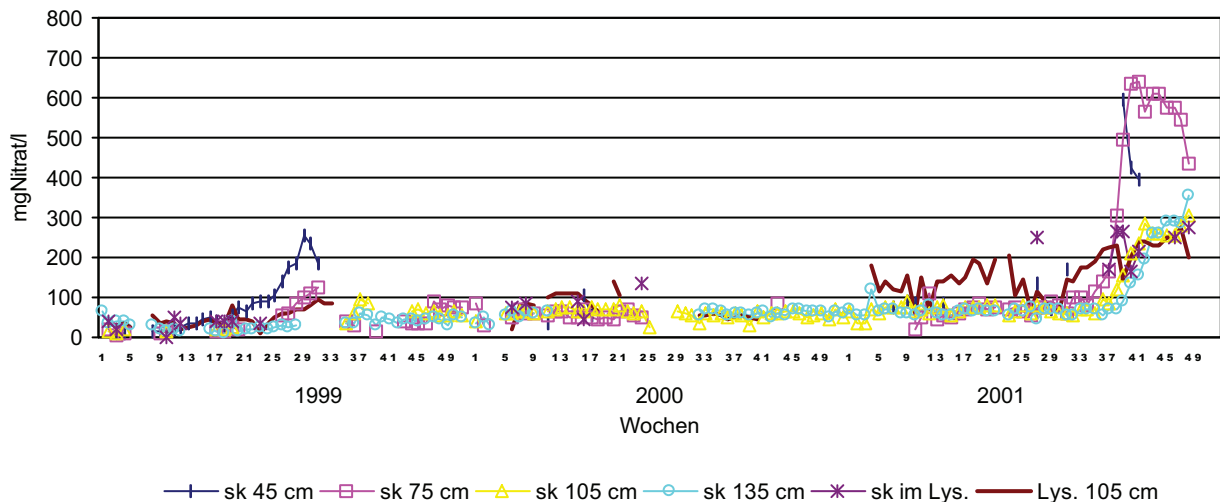


Abb. 7.4 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 2b 1999 bis 2001

Im Jahre 1999 war auf den Meßstellen 2a und 2b bei der Frucht Karotte ein ähnlicher Verlauf der Nitratkonzentration zu beobachten wie auf den Standorten 1a und 1b. Die hier kaum aufgegangene Winterbegrünung (sehr später Anbau) 1998 wirkte sich insofern auf den Verlauf der Nitratkonzentrationen in den ersten Wochen des Jahres 1999 aus, als daß beim Standort 2 in diesem Zeitraum in den oberen Bereichen die Konzentrationen infolge der de facto „Schwarzbrache“ im Schnitt um 50 mg/l höher lagen als bei Standort 1.

Ab dem Frühjahr 1999 (21. Woche) zeigte sich, ähnlich wie bei Meßstelle 1, auch bei Meßstelle 2 ein Ansteigen des Konzentrationsverlaufes mit der Spitze um 250 mg Nitrat/l in 45 cm Tiefe. Dies dürften die Auswirkungen der Düngung von Ende Mai gewesen sein. Ab August fielen nur noch geringe Bodenwasserproben an. Daher schwankten die Konzentrationen stark. Im Herbst wurde, um wieder eine kontinuierliche Lieferung von Sickerwasserproben durch die Keramikkerzen zu ermöglichen, an dieser Meßstelle die zweite solarbetriebene Vakuumpumpe installiert.

Ab Ende Winter 2000 (7. Woche) zeigte sich bei Meßstelle 2 ein Ansteigen des Konzentrationsverlaufes in den beiden Lysimetern in 105 cm Tiefe mit Spitzen um 200 mg Nitrat/l. Dies dürften möglicherweise Auswirkungen der hohen Ernterückstände bei der Karotte gewesen sein. Ab der 18. Woche sank der Verlauf dieser Nitratkonzentrationen wieder stark ab. Der Rest der Werte in den übrigen Tiefen lag größtenteils unter 75 mg/l. Ab Juli fielen unter der Sommergerste nur noch geringe Bodenwasserproben an.

Auf Meßstelle 2 (Zwiebel) traten 2001 bis zur ersten Düngung im März kaum Werte über 100 mg/l auf. Hier stand ebenfalls eine Winterbegrünung. Mit der Düngung von 48 kg Stickstoff pro Hektar (14. Woche) begannen die Werte zuerst in den oberen Schichten und dann auch in allen Tiefen allmählich zu steigen. Nach der zweiten Düngegabe von 36 kg N/ha in der 22. Woche setzte sich dieser Trend fort. Wiederum nach der Ernte der Zwiebel, durch Mineralisierung bedingt, fanden sich auf Meßstelle 2 Mitte August die höchsten Werte mit einzelnen Spitzen bis zu 700 mg/l in 45 cm Bodentiefe, die ab Oktober wieder sanken. Die Konzentrationen im Lysimeter, die bis zur 37. Woche 200 mg/l erreichten, stiegen weiter an.

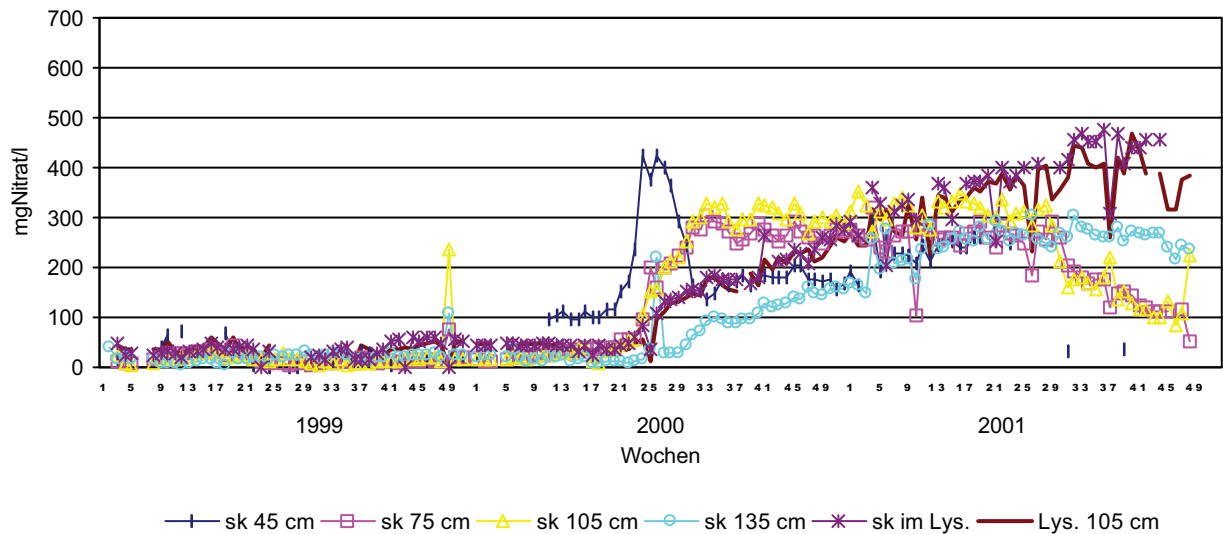


Abb. 7.5 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 3a 1999 bis 2001

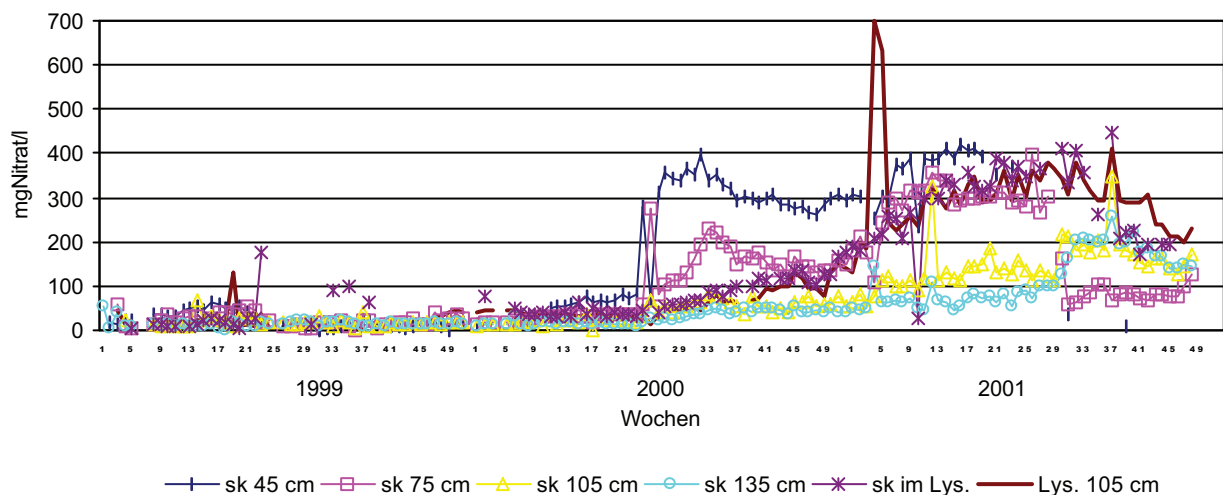


Abb. 7.6 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 3b 1999 bis 2001

Die Meßstelle 3 zeigte 1999 bei der Sommergerste, abgesehen von einigen Einzelwerten mit zwischen 75 und 180 mg/l auf 3b, einen niedrigeren Verlauf der Nitratkonzentrationen. Der Rest der Werte lag größtenteils unter 75 mg/l, auch die Düngung mit 57 kg Stickstoff pro Hektar Mitte März bewirkte nur eine geringe Erhöhung der Nitratwerte .

Ab Ende Juni 2000 zeigte die Meßstelle 3 (Zwiebel) , mit Ausnahme von einigen Saugkerzen, einen spektakulären Anstieg der Nitratkonzentrationen mit Werten zwischen 150 bis 400 mg/l auf. Der Rest der Werte auf 3b (Kleinlysimeter, Sk 105 und 135) lag größtenteils unter 100 mg/l. Die Düngung mit 54 kg Stickstoff pro Hektar im März bewirkte nur eine geringe Erhöhung der Nitratwerte .

2001 waren im Bereich von Meßstelle 3 Kartoffeln angebaut. Die Düngung, die Mitte März erfolgen sollte wurde ausgespart, denn zwei Frühjahrsbeprobungen hatten hohe Gehalte an pflanzenverfügbarem Stickstoff angezeigt. Die hohen Konzentrationen des vorigen Sommers waren über den Winter weiter angestiegen. Erst mit der Entwicklung der Kartoffelpflanzen wurde der Anstieg abgeschwächt, und ab Juli sanken die Konzentrationsverläufe unter 200 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l in 45 cm und 75 cm Tiefe. Alle anderen Tiefen verzeichneten ebenfalls Rückgänge.

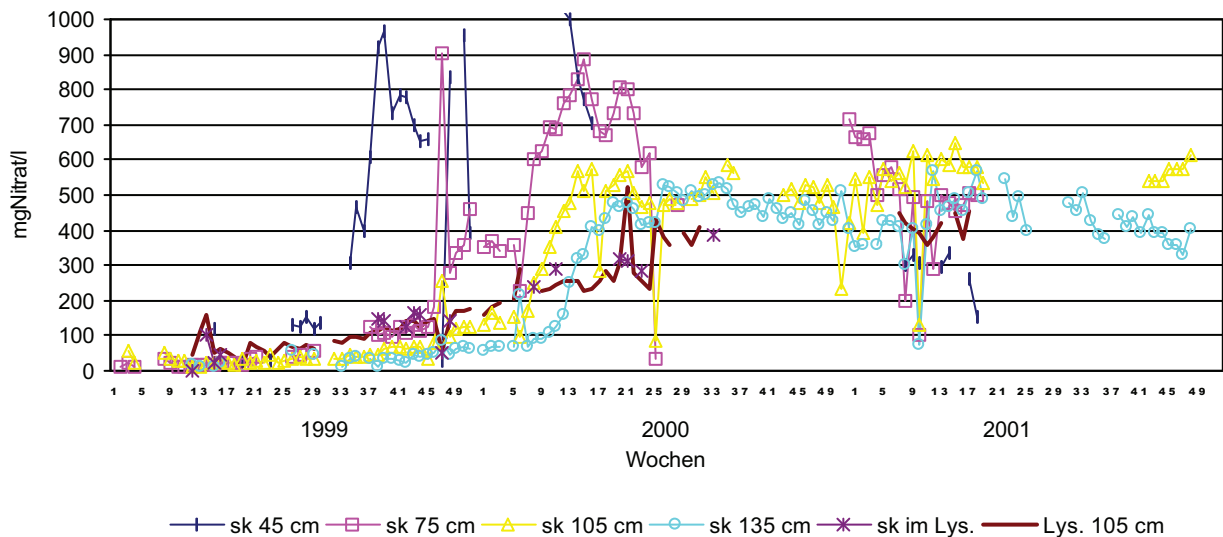


Abb. 7.7 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 4a 1999 bis 2001

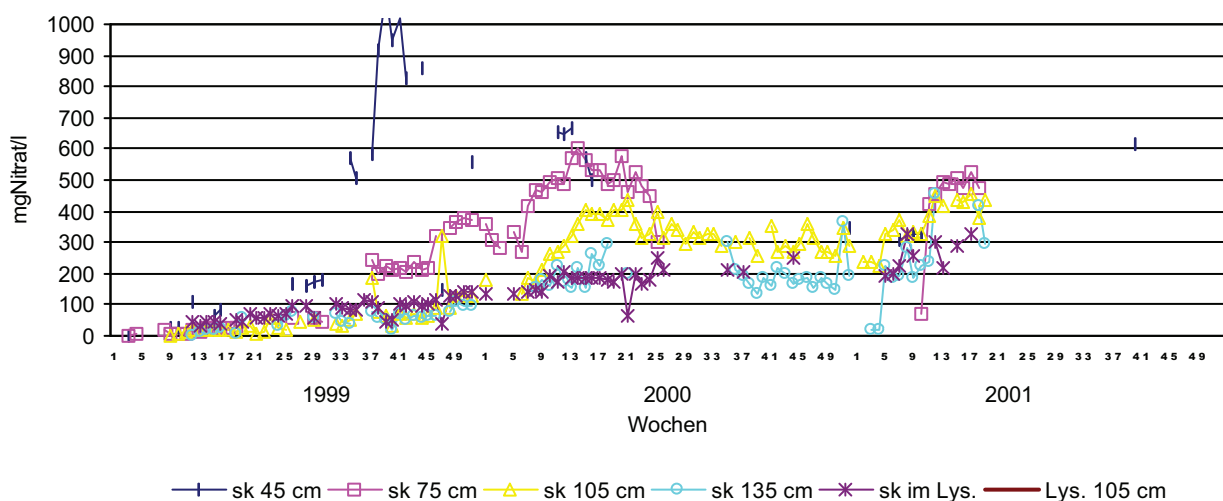


Abb. 7.8 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 4b 1999 bis 2001

Auf Meßstelle 4 (Zwiebel) traten 1999 bis zur ersten Düngung im März kaum Werte über 50 mg/l (Winterbegrünung) auf. Mit der Düngung von 72 kg Stickstoff pro Hektar (11. Woche) begannen die Werte in allen Tiefen, und so auch im Lysimeter, allmählich zu steigen. Nach

der zweiten Düngegabe von 40 kg N/ha in der 20. Woche setzte sich dieser Trend fort. Vermutlich durch die Ernte und Mineralisierung bedingt fanden sich auf Meßstelle 4 Mitte August extrem hohe Werte mit Spitzen um 1100 mg/l in 45 cm Bodentiefe, die allerdings ab Oktober rasch auf etwa 700 mg/l absanken. Die Konzentrationen im Lysimeter, die bis zur 36. Woche 100 mg/l erreichten stiegen jedoch weiterhin an. Im Sommer dürfte es durch die Schwarzbrache ab der Zwiebelernte zu einer Mineralisierung und durch starke Niederschläge zu einer starken Nitratverlagerung gekommen sein.

Ab dem Frühjahr 2000 zeigte sich auf Meßstelle 4 (Kartoffel) trotz der Winterbegrünung ein starkes Ansteigen des ohnehin schon sehr hohen Konzentrationsverlaufes mit Werten weit über 500 mg Nitrat/l in 45 cm und 75 cm Tiefe. 1999 hatten sich auf Meßstelle 4 ab Mitte August extrem hohe Werte mit Spitzen um 1100 mg/l in 45 cm Bodentiefe gefunden, die ab Oktober auf etwa 700 mg/l abgesunken waren. Die Konzentrationen im Lysimeter, die 1999 bis zur 36. Woche 100 mg/l erreicht hatten und weiterhin angestiegen waren, wuchsen zumindest bis zum Frühsommer 2000 weiter.

Auf Meßstelle 4 (Winterweizen) lagen 2001 die Nitratkonzentration besonders in den oberen Tiefen mit 300 bis 700 mg/l nach wie vor sehr hoch. In den Saugkerzen in 105 cm Tiefe und im Lysimeter stiegen die Nitratkonzentrationen von etwa 300 mg/l bis Ende Mai auf über 500 mg/l, danach sanken die Werte leicht ab. Während der Sommermonate und im Herbst konnten nur auf Meßstelle 4a Bodenwasserproben aus den Saugkerzen in 135 cm Tiefe und vereinzelt in 105 cm Tiefe gewonnen werden.

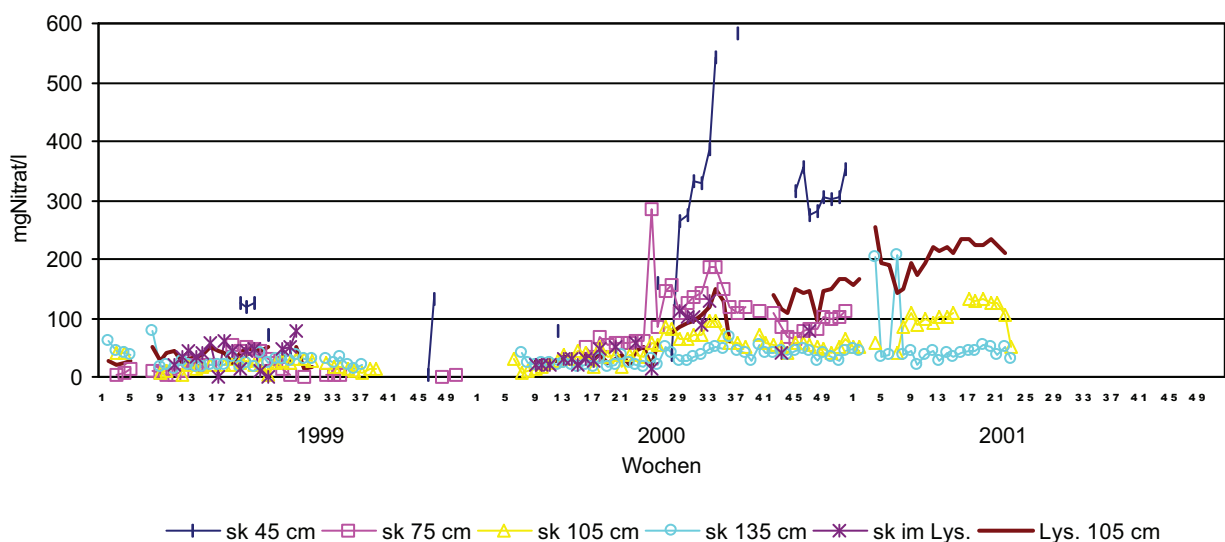


Abb. 7.9 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 5a 1999 bis 2001

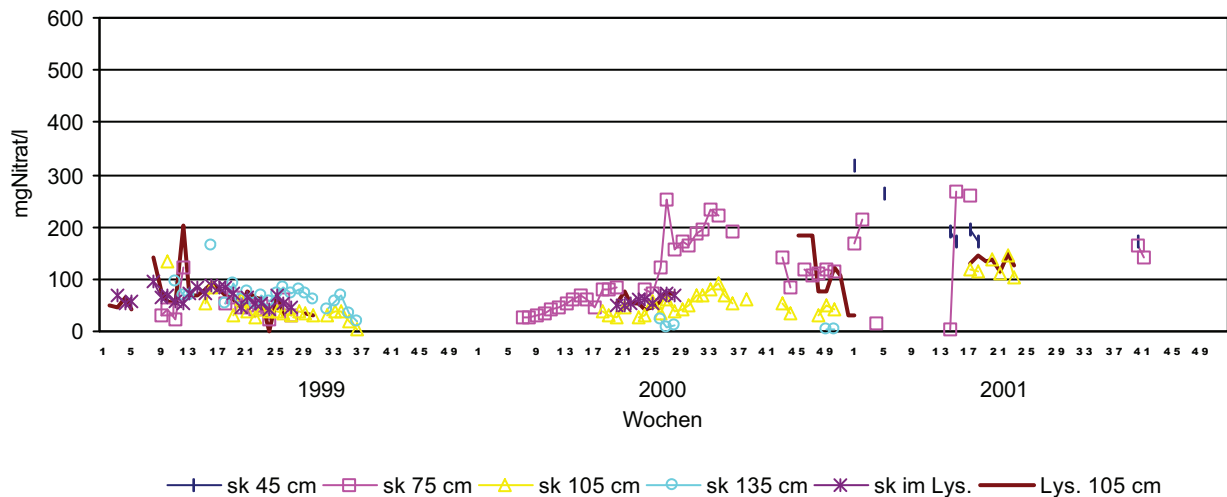


Abb. 7.10 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 5b 1999 bis 2001

Auf 5a (Zuckerrübe) lagen im Winter 1999 auf Grund der Begrünung die Nitratkonzentrationen in allen Tiefen unter 50 mg/l. Ab der 10. Woche kam es zu einem geringen Anstieg in 135 cm Tiefe und im Lysimeter, vermutlich verursacht durch die Schneeschmelze und Frühjahrsregen. Während des ganzen Jahres bewegten sich alle Werte fast ausschließlich unter 50 mg/l, selbst die Düngung mit Nitramoncal in der 12. Woche hatte kaum Auswirkungen. Ein weiteres Absinken der Konzentrationen war ab Juli in allen Tiefe festzustellen. Vermutlich auf Grund der Bodenbearbeitung, am 3. Mai wurde händisch gehackt, stiegen die Konzentrationen in 45 cm Tiefe für kurze Zeit auf 125 mg/l an.

Auf 5b war der Konzentrationsverlauf ähnlich, lag aber im Schnitt um fast 50 mg/l höher als auf 5a. Ausnahmen waren nur einige Einzelwerte.

Auf Meßstelle 5 (Karotte) lagen im Winter 1999/2000 die Nitratkonzentrationen in allen Tiefen unter 50 mg/l. Ab der 10. Woche kam es zu einem geringen Anstieg in allen Tiefen und im Lysimeter. Während des ganzen Jahres bewegten sich viele Werte fast ausschließlich zwischen 50 mg/l und 100 mg/l, Ausnahmen bildeten nur die Tiefen in 45 und 75 cm sowie kurzfristig die Lysimeterwerte auf 5a.

Die Meßstelle 5 zeigte 2001 bei der Sommergerste, abgesehen von einigen Einzelwerten mit über 200 mg/l einen niedrigen Verlauf der Nitratkonzentrationen. Die Werte der Saugkerzen in 135 cm Tiefe lagen größtenteils unter 75 mg/l.



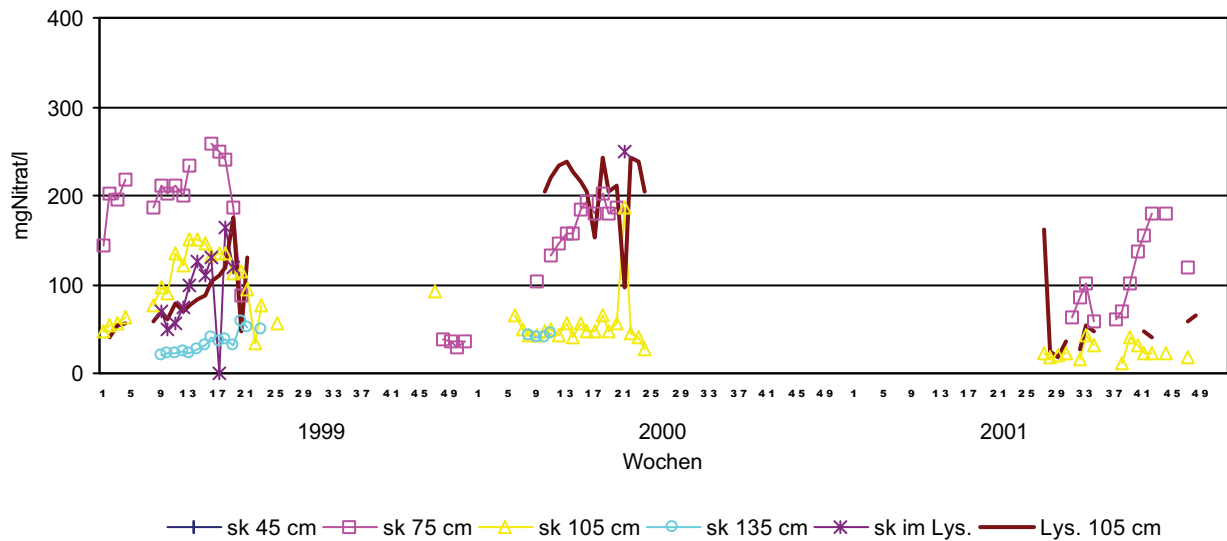


Abb. 7.11 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 6a 1999 bis 2001

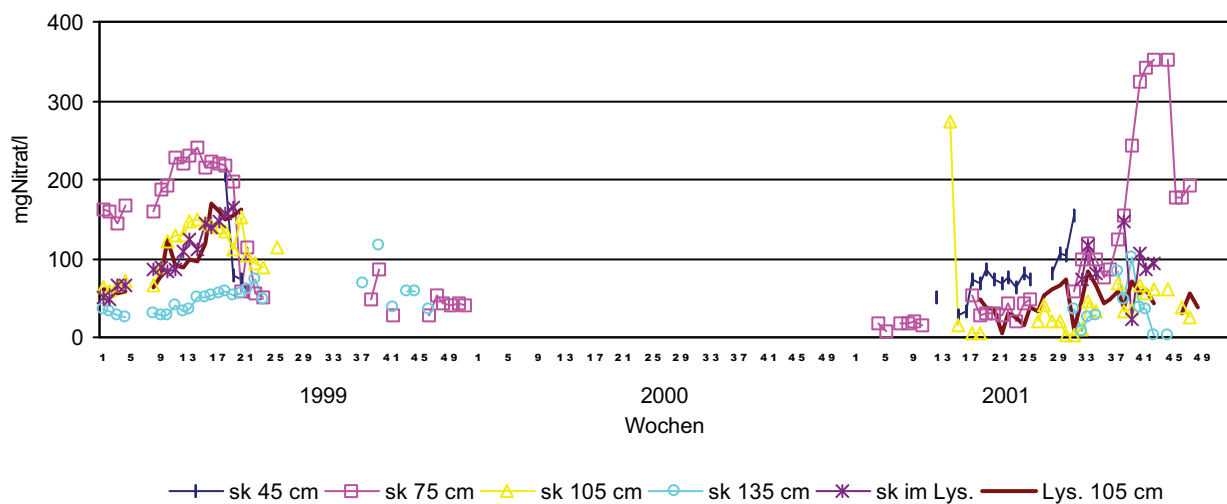


Abb. 7.12 Nitratkonzentrationen in mg/l im Bodenwasser der Meßstelle 6b 1999 bis 2001

Auf Meßstelle 6 (Winterweizen) lagen die höchsten Nitratkonzentration in 75 cm Tiefe zwischen 150 und 250 mg/l. In den Saugkerzen in 105 cm Tiefe und im Lysimeter stiegen die Nitratkonzentrationen von etwa 50 mg/l bis Ende Mai auf über 150 mg/l, danach sanken die Werte unter 75 mg/l. Während der Sommermonate und im Herbst konnten nur vereinzelte Bodenwasserproben unter der Meßstelle 6 gewonnen werden.

2000 stiegen die Nitratkonzentration auf Meßstelle 6 ( Zuckerrübe) in 75 cm Tiefe bis über 150 mg/l im Mai, danach sanken sie wieder. In den Saugkerzen in 105 cm Tiefe waren sie bedeutend niedriger. Im Lysimeter jedoch wurden sehr hohe Nitratkonzentrationen bis Ende Mai gemessen, danach sanken die Werte rapide ab. Während der Sommermonate und im Herbst konnten keine Bodenwasserproben unter der Meßstelle 6 gewonnen werden.

Im Jahre 2001 war auf der Meßstelle 6 bei der Karotte ein ähnlicher Verlauf der Nitratkonzentration zu beobachten wie an den Standorten der Vorjahre mit dieser Feldfrucht.



Im Frühjahr konnten jedoch trotz der langen Schwarzbrache nur wenige Wasserproben gewonnen werden. Die Ursachen liegen in den geringen Frühjahrsniederschlägen und in der Vorfrucht (Zuckerrübe). Nach der Ernte stiegen die Nitratkonzentration in 45 cm Tiefe stark an.

Abschließend soll nochmals auf die Problematik Wasserproben - Konzentrationen verwiesen werden. Besonders wenn die Sickerwasserproben vereinzelt oder nach längerer Unterbrechung wieder anfielen, kam es zu starken Schwankungen und Unregelmäßigkeiten bei den Nitratkonzentrationen. Ebenso verhielt es sich bei Probenmengen von weniger als 10 ml/Woche. Diese Umstände traten vor allem bei Beginn der Sickerwasserperiode im Herbst (nach der sommerlichen Austrocknung), in den zeitweise sehr trockenen Jahren 2000 und 2001 an manchen Meßstellen über lange Zeitabschnitte das ganze Jahr über, auf.

### 7.3. Mittlere Nitratkonzentrationen

Die folgenden Tabellen zeigen die Mittel von 1999 bis 2001 der Nitratkonzentrationen in mg  $\text{NO}_3^-$  /l.

Tab. 7.1 Jahresmittel der Konzentrationen der Meßstellen 1 und 2

	Meßstelle 1			Meßstelle 2		
	1999 Kart	2000 WW	2001 ZR	1999 Karo	2000 SG	2001 ZW
Sk in 45 cm	173	285	5	87	49	317
Sk in 75 cm	71	282		37	46	144
Sk in 105 cm	12	54	14	34	55	81
Sk in 135 cm	10	15	18	34	47	65
Sk im Lys.	43	55		48	115	184
Lysimeter	24	55	14	44	107	181

Tab. 7.2 Jahresmittel der Konzentrationen 1999 der Meßstellen 3 und 4

	Meßstelle 3			Meßstelle 4		
	1999 SG	2000 ZW	2001 Kart	1999 ZW	2000 Kart	2001 WW
Sk in 45 cm	20	204	273	458	761	330
Sk in 75 cm	21	126	222	74	526	456
Sk in 105 cm	20	103	207	38	365	447
Sk in 135 cm	16	46	180	34	286	428
Sk im Lys.	31	93	321	88	239	259
Lysimeter	27	90	329	87	284	212

Tab. 7.3 Jahresmittel der Konzentrationen 1999 der Meßstellen 5 und 6

	Meßstelle 5			Meßstelle 6		
	1999 ZR	2000 Karo	2001 SG	1999 WW	2000 ZR	2001 Karo
Sk in 45 cm	95	302	212	103		77
Sk in 75 cm	32	106	154	183	144	97
Sk in 105 cm	30	49	108	112	60	34
Sk in 135 cm	48	22	55	43	50	40
Sk im Lys.	53	57		98	177	90
Lysimeter	52	86	159	103	159	48

#### 7.4. Sickerwassermengen

Es wird angenommen, daß jene Wassermenge, die den Wurzelraum verläßt, mit der Zeit tiefer sickert und somit der Grundwasserneubildung gleichzusetzen ist. Da der effektive Wurzelraum der meisten Kulturpflanzen, die während der Versuchszeit angebaut wurden, bis ca. 90 cm Bodentiefe reicht, wurden die Kleinlysimeter in 105 cm Tiefe installiert und die darin aufgefangene Sickerwassermenge erfaßt.

Die folgenden Abbildungen zeigen die wöchentlichen Sickerwassermengen der einzelnen Kleinlysimeter und deren Summenlinie.

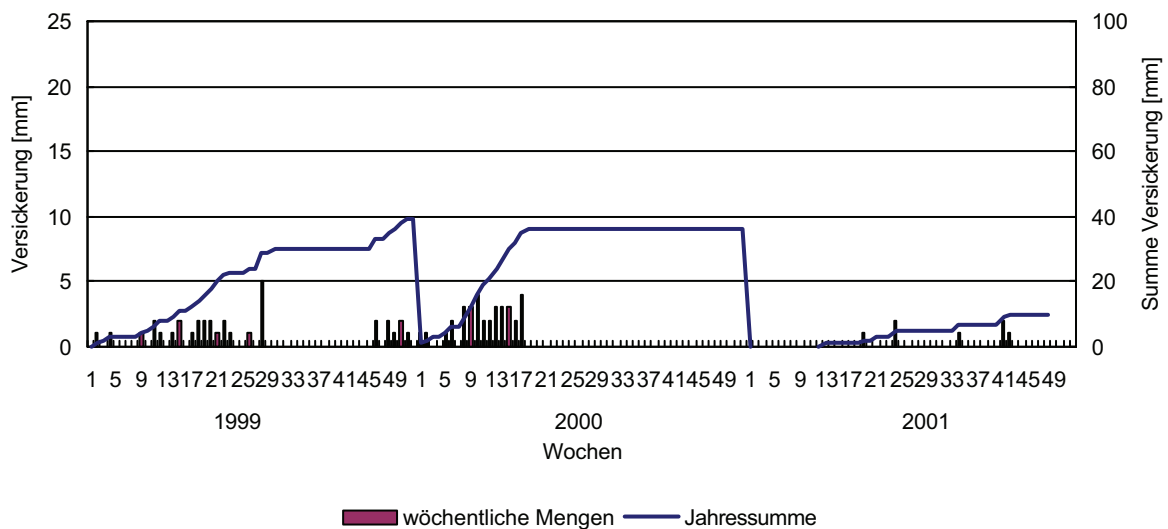


Abb. 7.13 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 1a 1999 bis 2001

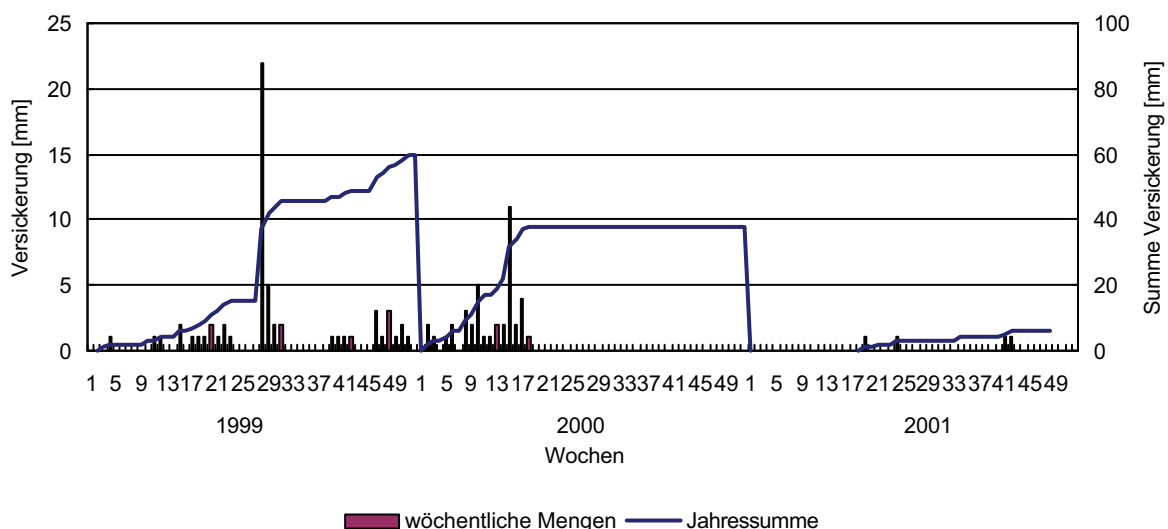


Abb. 7.14 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 1b 1999 bis 2001

Werden die Summen der Sickerwassermengen des Jahres 1999 verglichen, so fallen Mengen zwischen 39 mm für die Meßstelle 1a und 60 mm für 1b an. Die Spitzenwerte von ca. 5,5

mm (1a) und 22 mm (1b) in der 28. Woche waren auf die beiden Starkregenereignisse in der 25. und 28. Woche bzw. auch auf die Beregnungen in der 24. Und 27. Woche zurückzuführen. Mit 39 bzw. 60 mm zeigten beide Meßstellen doch recht unterschiedliche Versickerungsmengen.

Werden die Summen der Sickerwassermengen des Jahres 2000 verglichen, so fallen Mengen zwischen 36 mm für die Meßstelle 1a und 38 mm für 1b an. Die Spitzenwerte in der 15. Woche waren auf ein Starkregenereignis in der 14. Woche zurückzuführen. Mit 36 bzw. 38 mm zeigten beide Meßstellen recht einheitliche Versickerungsmengen.

Die Summen der Sickerwassermengen des Jahres 2001 fallen mit sehr geringen Mengen für die Meßstelle 1a und 1b auf. Die wenigen gewonnenen Werte waren auf stärkere Regenereignisse und die Beregnungen zurückgeführt. Mit 10 bzw. 6 mm zeigten beide Meßstellen äußerst geringe und unterschiedliche Versickerungsmengen.

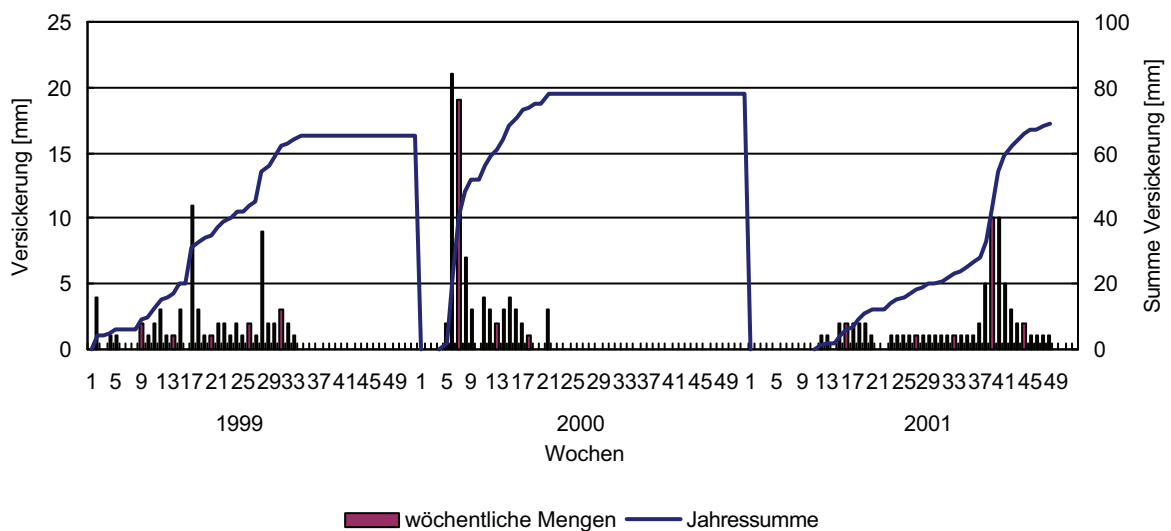


Abb. 7.15 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 2a 1999 bis 2001

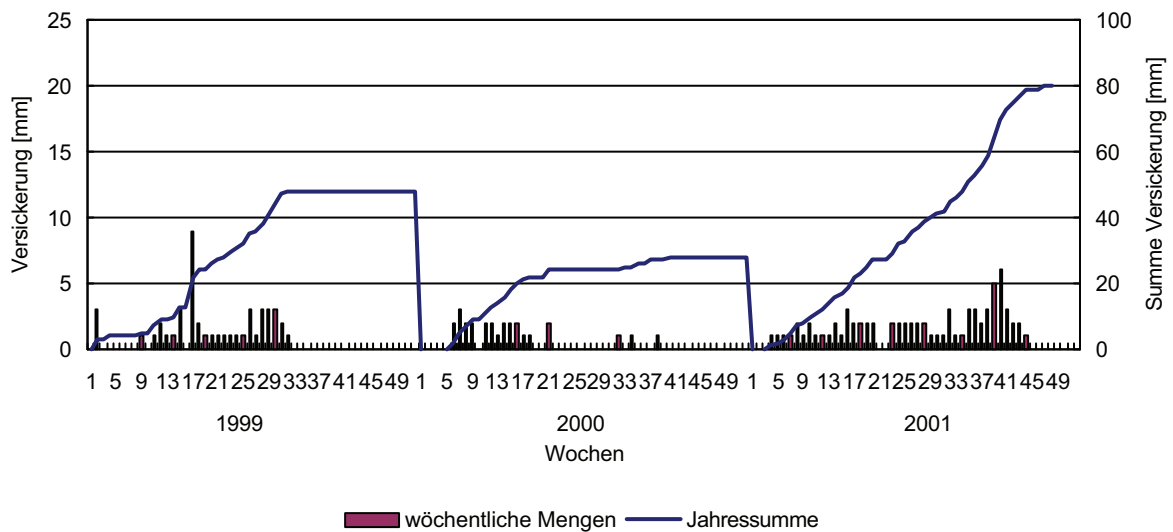


Abb. 7.16 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 2b 1999 bis 2001

Am Standort 2a fielen 1999 65 mm und am Standort 2b 48 mm Sickerwasser an. Zwei Sickerwasserspitzen waren zu beobachten. In der 17. Woche versickerten, durch zuvor gefallene Niederschläge bedingt, etwa 10 mm. In der 28. Woche fielen, zumindest auf 2a, 9 mm an, die von Niederschläge v.a. in der 25. und 28. Woche verursacht wurden. Der kontinuierliche Sickerwasseranfall zwischen 1 und 4 mm der Winter- und Frühjahrs- und Sommermonate ist den regelmäßigen Niederschlägen und Bewässerungen zuzuschreiben. Im Spätsommer setzte die Versickerung aus.

2000 fielen am Standort 2a 78 mm und am Standort 2b 28 mm Sickerwasser an. Mindestens zwei eindeutige Sickerwasserspitzen waren zu erkennen. In der 6., 7. Woche versickerten, durch zuvor gefallene Niederschläge und die Schneeschmelze bedingt, etwa 20 mm auf 2a. Die deutlichen Unterschiede zwischen 2a und 2b können in der ungleichen Situierung von Schmelzwasseransammlungen (Schneewächten) verursacht worden sein. In der 15. Woche fielen, zumindest auf 2a, fast 5 mm an, die von Niederschläge Woche zuvor verursacht worden waren. Dieser kontinuierliche Sickerwasseranfall der Winter- und Frühjahrsmonate wurde durch Niederschlägen verursacht. Im Sommer setzte die Versickerung aus.

An der Feldmeßstelle 2 traten im Jahr 2001 regelmäßige, wöchentliche Sickerwassermengen von bis zu 10 mm auf. Weiters fiel die fast ganzjährige Sickerwasserperiode auf, die der Bewässerung der Zwiebel zuzuschreiben ist. Somit ergaben die Jahressummen an diesem Standort 69 und 80 mm.

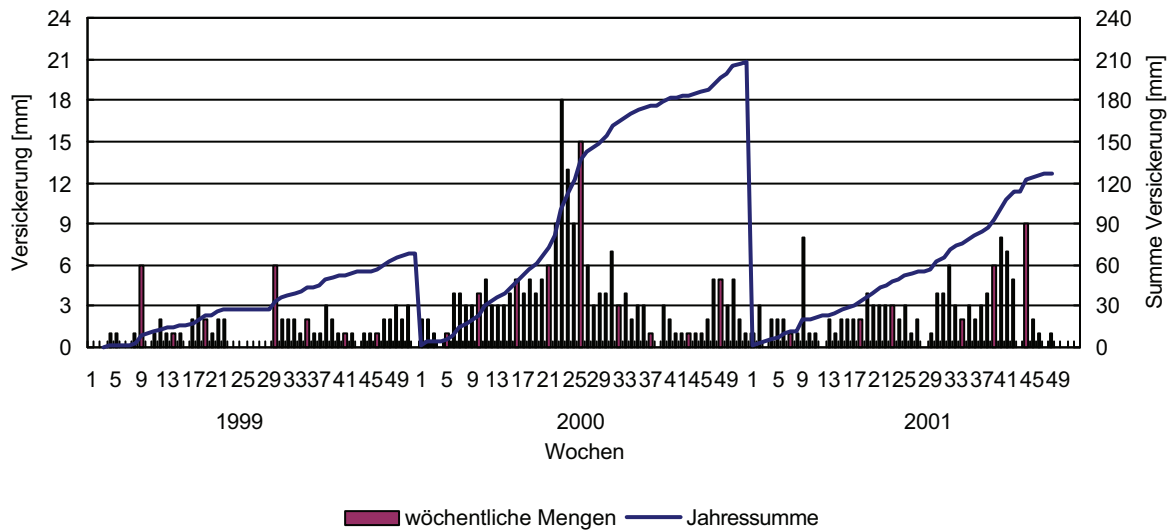


Abb. 7.17 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 3a 1999 bis 2001

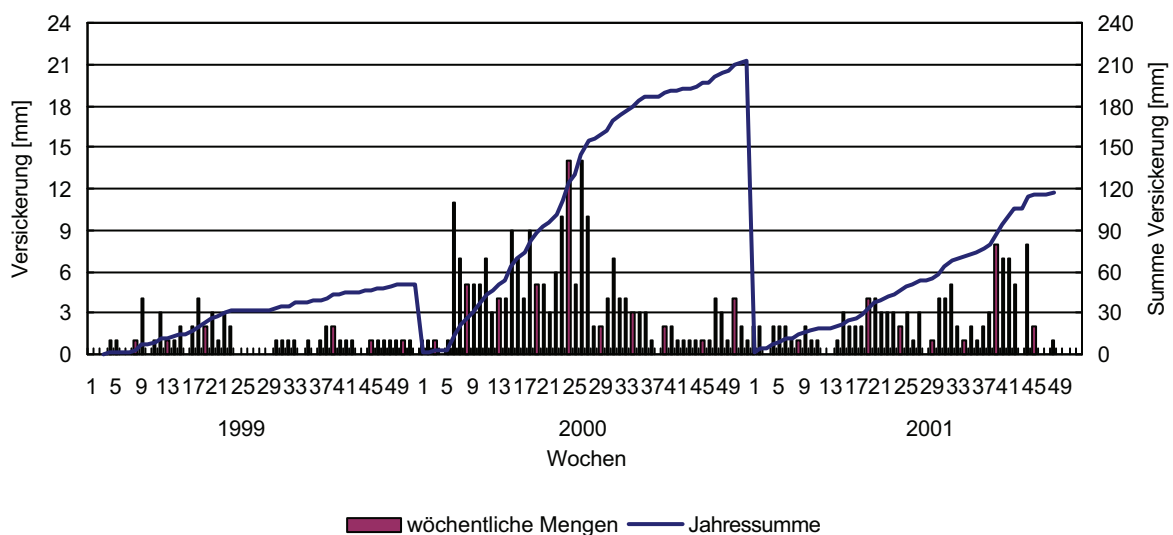


Abb. 7.18 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 3b 1999 bis 2001

Die Feldmeßstelle 3 zeichnete sich durch regelmäßige, wöchentliche Sickerwassermengen von bis zu 6 mm aus. Weiters fiel die beinahe ganzjährige Sickerwasserperiode auf, die nur für 5 Wochen in der Sommerperiode unterbrochen wurde. Nach der Ernte der Sommergerste in der 28. Woche setzte auch die Versickerung wieder ein. So ergaben sich an diesem Standort Jahressummen von 69 bis 51 mm.

2000 verzeichnete die Feldmeßstelle 3 weiterhin regelmäßige und, sehr hohe wöchentliche Sickerwassermengen von bis über 10 mm. Weiters fiel die ganzjährige Sickerwasserperiode auf, die nach der Reifephase der Zwiebel und dem Absetzen der Bewässerung zurückging. So ergaben sich an diesem Standort Jahressummen von 208 bis 212 mm. An dieser Meßstelle war während des dreijährigen Projekts die intensivste Bewässerung der Zwiebel durchgeführt worden.

Die Versuchsfläche 3 zeichnete sich schließlich auch 2001 durch regelmäßige und ausgiebige Versickerungsmengen aus, wenngleich sie geringer ausfielen und über den Zeitraum im Sommer zurückgingen. Die Spitzenwerte von bis zu 8 mm Versickerung wurden durch Niederschläge nach der Ernte der Kartoffel verursacht. Im Sommer setzte die Versickerung trotz Bewässerung weitgehend aus. Mit 127 bzw. 117 mm waren die Summen der Sickerwassermengen sehr hoch.

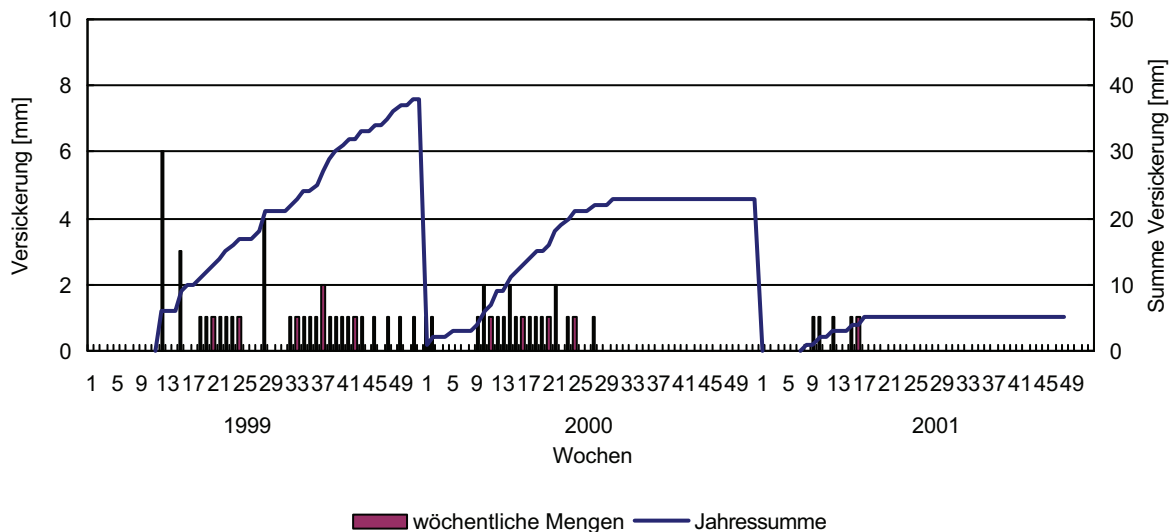


Abb. 7.19 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 4a 1999 bis 2001

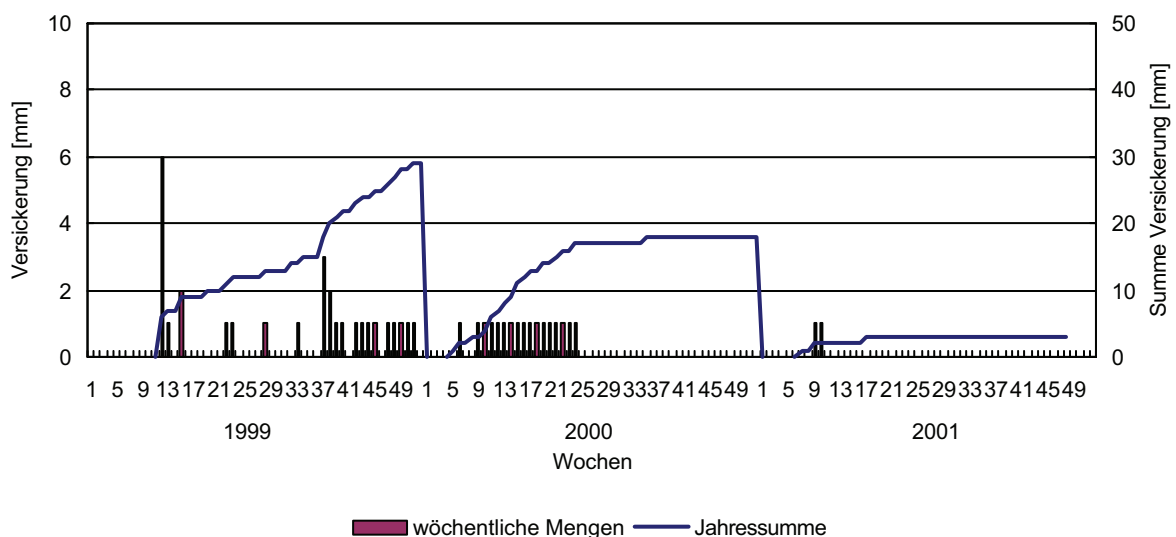


Abb. 7.20 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 4b 1999 bis 2001

Die Versuchsfläche 4 zeichnete sich 1999 durch ein spätes Einsetzen der Versickerungsperiode aus, die dann aber über den Untersuchungszeitraum anhielt. Da bis zur 11. Woche dieses Jahres der angelegte Unterdruck jede Woche zusammenbrach, sollte diesen eine solarbetriebene Vakuumeinheit aufrecht erhalten. Durch den permanenten Unterdruck

setzte die Versickerung (in der 12. Woche) mit über 5 mm ein. Die beiden Spitzen von bis zu 3,5 mm Versickerung waren in der 15. Woche auf Niederschläge, in der 28. Woche auf Bewässerung und in der 37. Woche auf Niederschläge bzw. dem Wiedereinsetzen der Vakuumeinheit zurückzuführen.

Die Meßstelle 4 ergab 2000 nur mäßige Versickerungsmengen, die dann über den Untersuchungszeitraum bis zum Sommerbeginn kontinuierlich zurückgingen. Die beiden Spitzen von bis zu 3,5 mm Versickerung wurden in der 15. Woche durch Niederschläge verursacht. Im Sommer setzte die Versickerung trotz Bewässerung weitgehend aus.

2001 zeigte sich am Standort 4 in der Winter/Frühjahrsperiode noch geringere Versickerung als in den Vorjahren, und schon ab der 18. Woche ein sommerliches Aussetzen der Sickerwassermengen. Selbst starke Regenereignisse im Herbst führten zu keinem Auftreten von Sickerwasser in den Kleinlysimetern. Mit 5 bzw. 3 mm waren die Summen der Sickerwassermengen minimal.

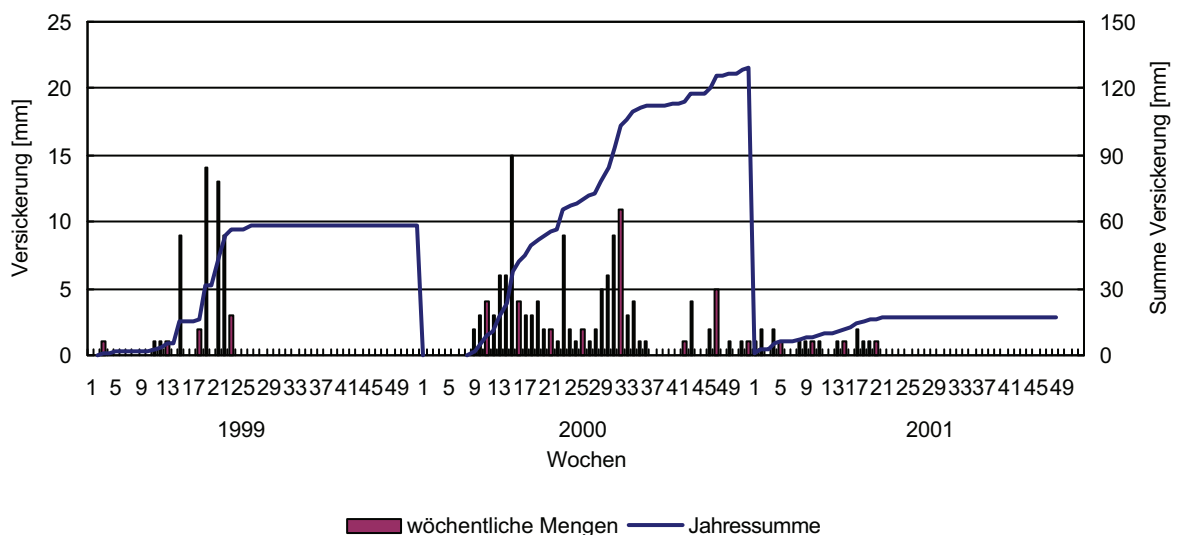


Abb. 7.21 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 5a 1999 bis 2001



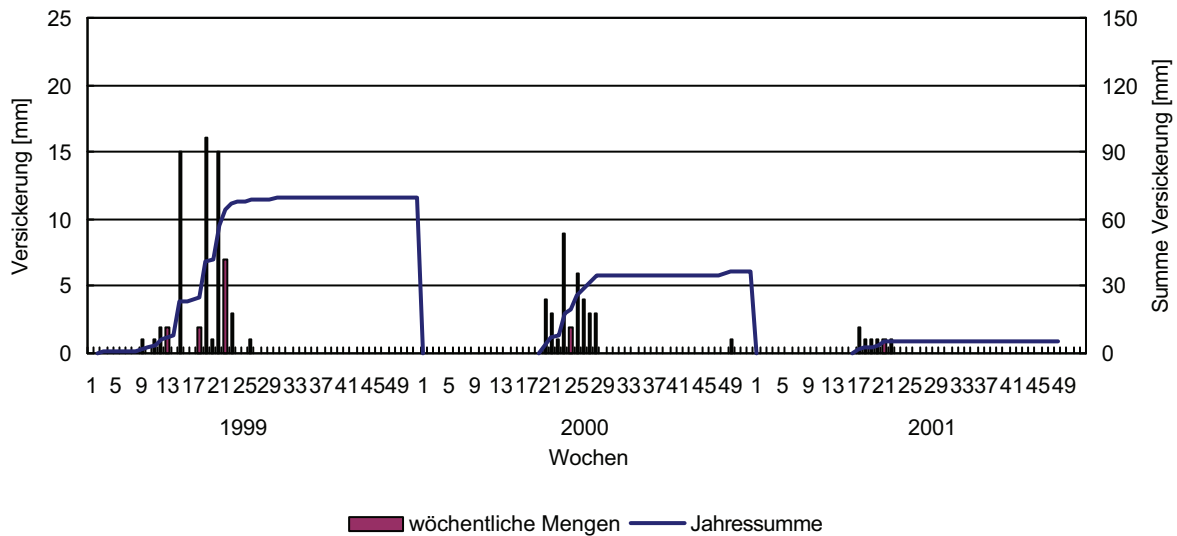


Abb. 7.22 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 5b 1999 bis 2001

Mit 58 bzw. 70 mm Jahresversickerung lagen die Meßstellen 5a und 5b 1999 am höchsten. Nach der Schneeschmelze stiegen die Sickerwassermengen im Frühjahr auf 9 bzw. 16 mm an. Nach der 14. Woche brach der Unterdruck jedoch zusammen und erforderte das Installieren der Vakuumeinheit. Von der 18. bis zur 23. Woche ermöglichte der aufrecht erhalten Unterdruck Sickerwassermengen bis zu 15 mm. Trotz des weiteren Betriebs mit der solarbetriebenen Vakuumpumpe bis in die 36. Woche konnte über die restliche Vegetationsperiode der Zuckerrübe kaum noch Sickerwasser gewonnen werden.

Mit 129 bzw. 37 mm Jahresversickerung 2000 lag zumindest die Meßstellen 5a am zweithöchsten. Nach der Schneeschmelze stiegen die Sickerwassermengen im Frühjahr auf 5 mm an. Erst ab der 19. Woche konnte die Versickerung auf 5b einsetzen, sie war aus betrieblichen Gründen abgeschaltet worden. Die gewonnenen Sickerwassermengen 5b können daher nur gesondert berücksichtigt werden.

Die Meßstelle 5 lieferte 2001 unter dem Getreidebau wie Meßstelle 4 sehr geringe Wassermengen. Alle Sickerwassermengen wurden im Frühjahr gewonnen. Ab Mitte Mai konnte bis Ende der Vegetationsperiode kein Sickerwasser mehr gewonnen werden. So ergaben sich an diesem Standort Jahressummen von 17 und 5 mm.

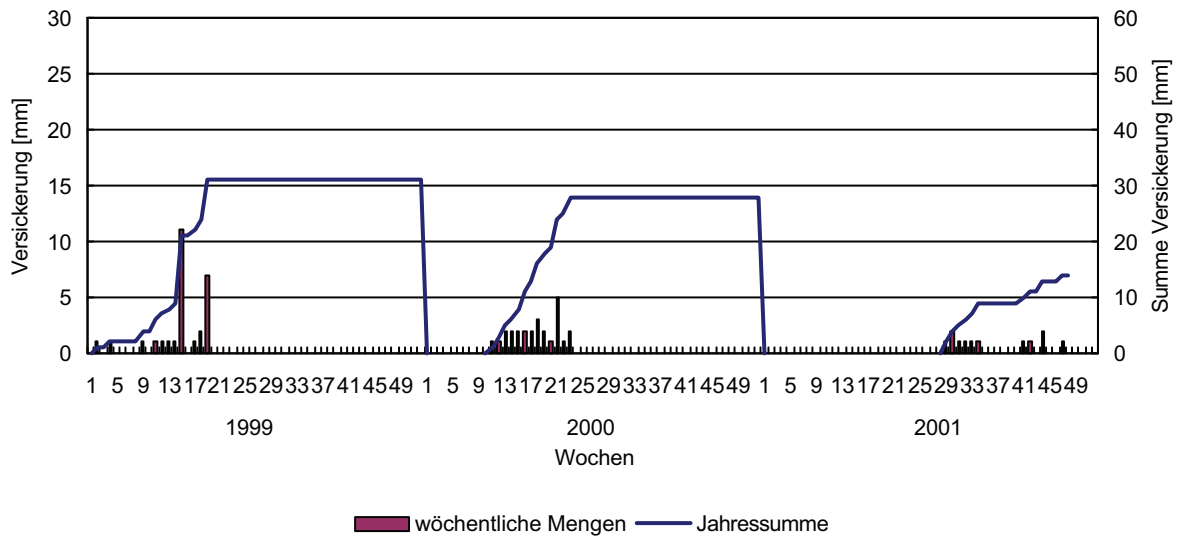


Abb. 7.23 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 6a 1999 bis 2001

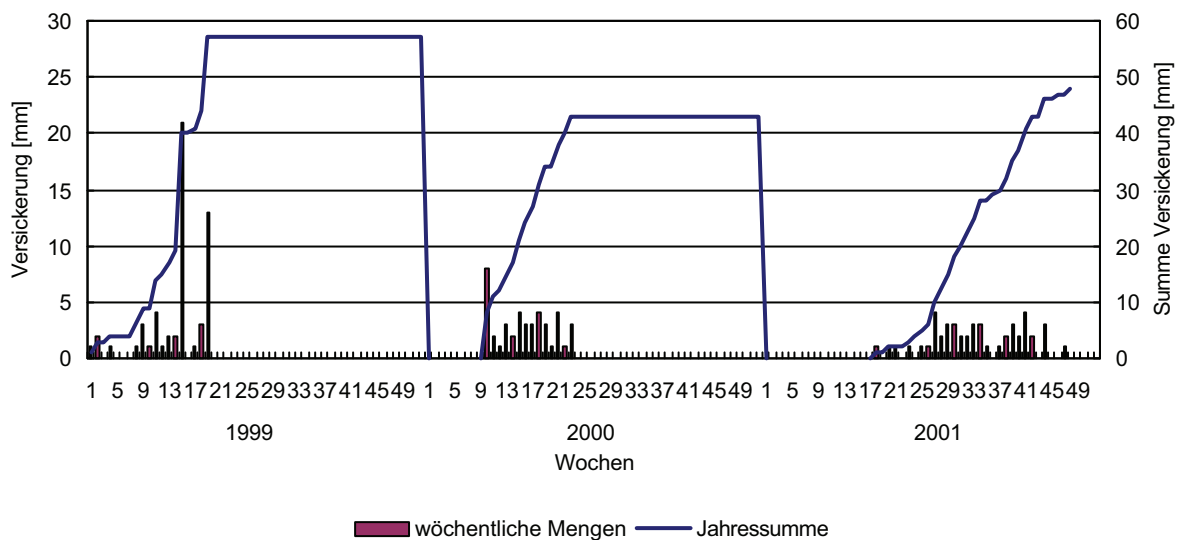


Abb. 7.24 Sickerwassermengen in mm der Feldmeßstelle 6b 1999 bis 2001

1999 zeigte sich am Standort 6 deutlich eine Winter/Frühjahrsperiode der Versickerung und ab der 20. Woche ein sommerliches Aussetzen der Sickerwassermengen. Starke Regenereignisse im Frühjahr führten zum Auftreten von Sickerwasserspitzen mit bis zu 20 mm (6b) in der 15. und 19. Woche. Mit 31 bzw. 57 mm waren die Summen der Sickerwassermengen ungleich.

Im Jahr 2000 zeigte sich an Meßstelle 6 eine Frühlingsperiode der Versickerung und ab der 24. Woche ein sommerliches Aussetzen der Sickerwassermengen. Starke Regenereignisse im Frühjahr führten zum Auftreten von Sickerwasserspitzen mit bis zu 13 mm (6b) in der 11. und 15. Woche. Mit 28 bzw. 43 mm waren die Summen der Sickerwassermengen ungleich. Mit 48 bzw. 14 mm Jahresversickerung 2001 lieferte zumindest die Meßstelle 6b ausgiebige Sickerwassermengen. Im Frühjahr war es zu keiner Versickerung gekommen. Erst etwa mit

Beginn der Beregnung der Karotten ab der 23. Woche konnte die Versickerung verstärkt einsetzen, sie verlief auf 6b kontinuierlich. Die gewonnenen Sickerwassermengen auf 6a waren unter jeder Fruchtfolge kleiner.

Tab. 7 Sickerwassermengen von Jänner bis Dezember 1999

Feldmeßstelle	Sickerwasser [mm]	Feldmeßstelle	Sickerwasser [mm]
1a	39	4a	38
1b	60	4b	29
2a	65	5a	58
2b	48	5b	70
3a	69	6a	31
3b	51	6b	57

Im Durchschnitt lagen an den nicht bewässerten Feldmeßstellen die Sickerwassermengen 1999 bei ca. 52 mm. Dies entspricht einer Grundwasserneubildungsrate von ca. 10% des Jahresniederschlages. KAUPA et al. 1988 und HARREITHER (1993) geben ungefähr 5-10 % der Jahresniederschläge im Marchfeld als grundwasserwirksam an.

Tab. 7 Sickerwassermengen von Jänner bis November 2000

Feldmeßstelle	Sickerwasser [mm]	Feldmeßstelle	Sickerwasser [mm]
1a	36	4a	23
1b	38	4b	18
2a	78	5a	129
2b	28	5b	37
3a	208	6a	28
3b	212	6b	43

Im Durchschnitt der unbewässerten Feldmeßstellen (1,2) lagen die Sickerwassermengen 2000 bei ca. 45 mm. Dies entspricht einer Grundwasserneubildungsrate von 10% des Jahresniederschlages

Tab. 7 Sickerwassermengen von Jänner bis November 2001

Feldmeßstelle	Sickerwasser [mm]	Feldmeßstelle	Sickerwasser [mm]
1a	10	4a	5
1b	6	4b	3
2a	69	5a	17
2b	80	5b	5
3a	127	6a	14
3b	117	6b	48

Im Durchschnitt der unbewässerten Feldmeßstellen (4,5) lagen die Sickerwassermengen 2001 bei ca. 8 mm. Dies entspricht einer Grundwasserneubildungsrate von nur knapp über 1 % des Jahresniederschlages.

### 7.5. Die Sickerwassermengen des Feldlysimeters

Mit den Messungen in qualitativer und quantitativer Hinsicht sollte zu Jahresbeginn 1999 begonnen werden. Ab der 13. Woche wurde zusätzlich an den 5 Saugkerzen in der Bodenplatte des Feldlysimeters ein Unterdruck von 0,45 bar angelegt. Aus dem Freiauslauf konnte in diesem Jahr bis in die 45. Woche kein Sickerwasser gewonnen werden. Vier Saugkerzen lieferten bei angelegter Saugspannung geringe Wassermengen, das Wasser ließ aber im erste Versuchsjahr keine sinnvolle Nitratbestimmung zu.

In der folgenden Abb. sind die Sickerwassermengen in mm und deren Summe aus den Saugkerzen des Feldlysimeters grafisch dargestellt.

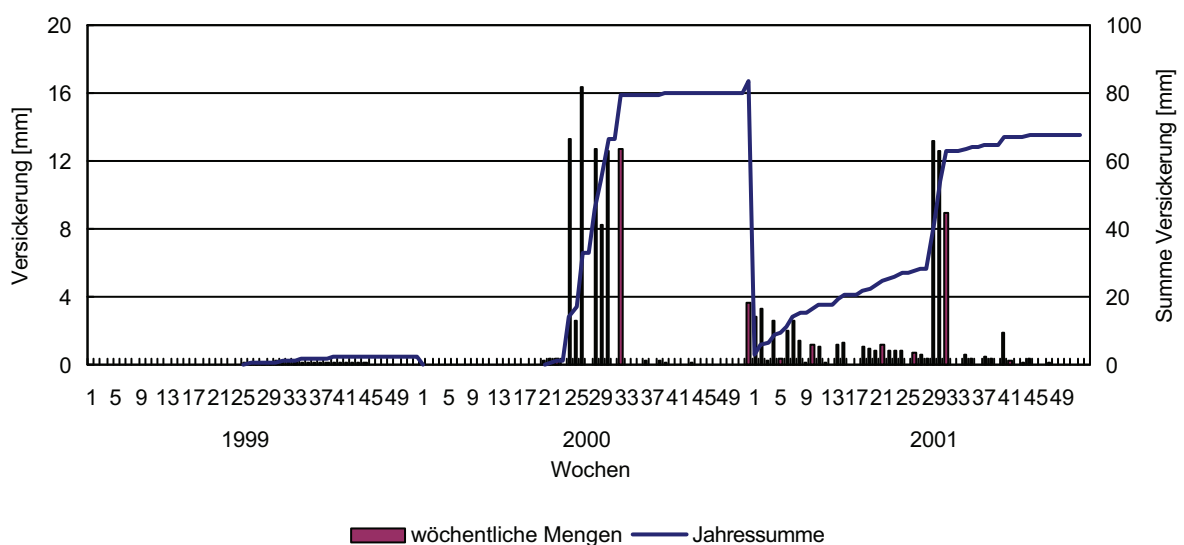


Abb. 7 Sickerwassermengen in mm aus dem Feldlysimeter an Meßstelle 3 1999 bis 2001

Der an den 5 Saugkerzen in der Bodenplatte des Feldlysimeters angelegte Unterdruck von 0,45 bar wurde im Jahr 2000 vorerst beibehalten. Ab der 20. Woche setzte aus dem Freiauslauf der Sickerwasseranfall einhergehend mit der Beregnung ein. Die Nitratbestimmung dieser Sickerwassermengen lieferte überwiegend Werte unter 50 mgNo<sub>3</sub>/l.

Die Sickerwassermenge aus dem Feldlysimeter an Meßstelle 3 (2000, Zwiebel) erreichte in Summe knapp 80 mm (24. bis 33. Woche). Im selben Zeitraum wurden in den Kleinlysimetern etwa 55mm aufgefangen.

Die Sickerwassermenge 2001 aus dem Feldlysimeter erreichte in Summe 68 mm (1. bis 48. Woche). Im selben Zeitraum wurden in den Kleinlysimetern etwa 122 mm aufgefangen.

Die Unterschiede könnten durch die unterschiedlichen Tiefen in denen das Sickerwasser in den Kleinlysimetern und im Feldlysimeter aufgefangen wurde liegen. Diese Tiefendifferenz beträgt etwa 0,5 m. Eine Feldkapazität des Bodens von etwa 10 bis 20 V% wären in diesem Zwischenbereich etwa 50 bis 100 mm.

## 7.6. Abschätzung des Stickstoffaustrages

Bei der Ermittlung des Stickstoffaustrages wird ein nutzbarer Wurzelbereich von ca. 90 cm angenommen. Die Berechnung erfolgt über die in den Kleinlysimetern (Sickerwassersammler) aufgefangene Wassermenge und über die gemittelten Nitratkonzentrationen der beiden Saugkerzen im ungestörten Bodenbereich in 105 cm Tiefe.

Pro Versuchsfläche wurden zwei Meßstellen verwendet. Jede Meßstelle wurde über einen Unterdruckbehälter mit dem entsprechenden Vakuum versorgt. Anfangs waren die beiden Unterdruckbehälter einer Meßstelle nicht miteinander verbunden, somit waren auch in diesem Zeitraum die Saugspannungen im System aufgrund von Lufteintritten in Trockenperioden unterschiedlich. Daher sind die N-Austräge schwerer zu interpretieren, da unklar ist, ob die Differenzen auf Bodeninhomogenitäten oder auf die unterschiedlichen Unterdrücke innerhalb eines Beobachtungszyklus (eine Woche) zurückzuführen sind. Um dieses Manko auszugleichen, wurden die großen Unterdruckbehälter miteinander verbunden.

Wenn man die mit dem Kleinlysimeter gewonnenen Sickerwassermengen gleich der Grundwasserneubildung setzt, und diese mit den Nitratkonzentrationen in 105 cm multipliziert, erhält man den Stickstoffaustrag aus der Wurzelzone. Der Austrag aus der Wurzelzone wird, da es keine näheren Untersuchungen über Denitrifikationsvorgänge in den tieferen Zonen des ungesättigten Bodenbereiches gibt, als Grundwasserbelastung betrachtet. Die folgenden Abbildungen zeigen den wöchentlichen Stickstoffaustrag und die Summen der 12 Feldmeßstellen von 1999 bis November 2001.

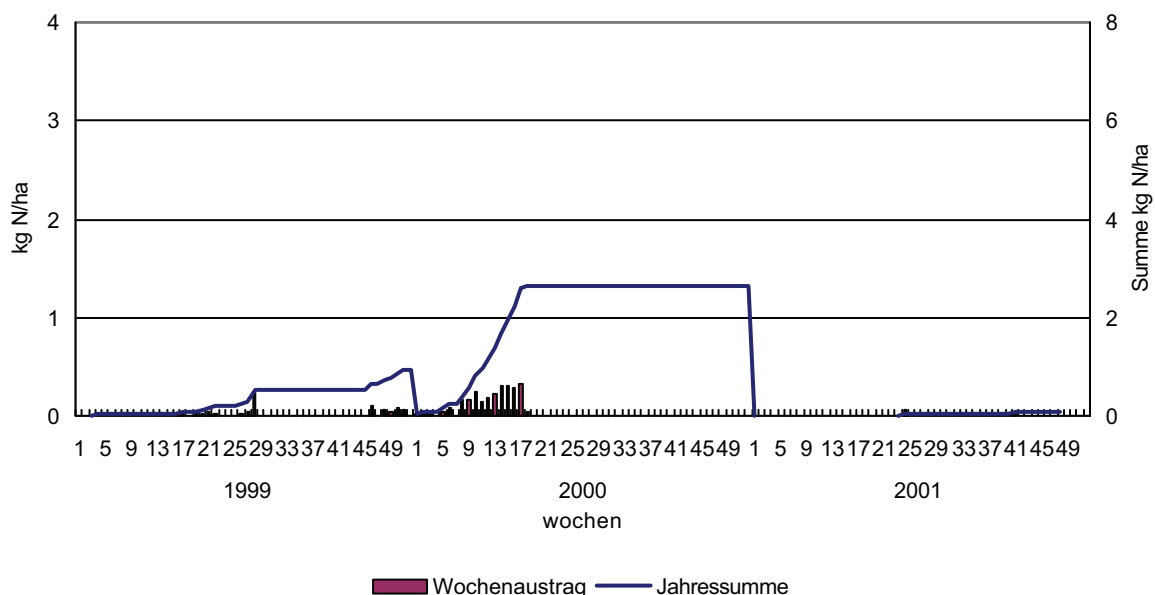


Abb.7.26 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 1a 1999 bis 2001

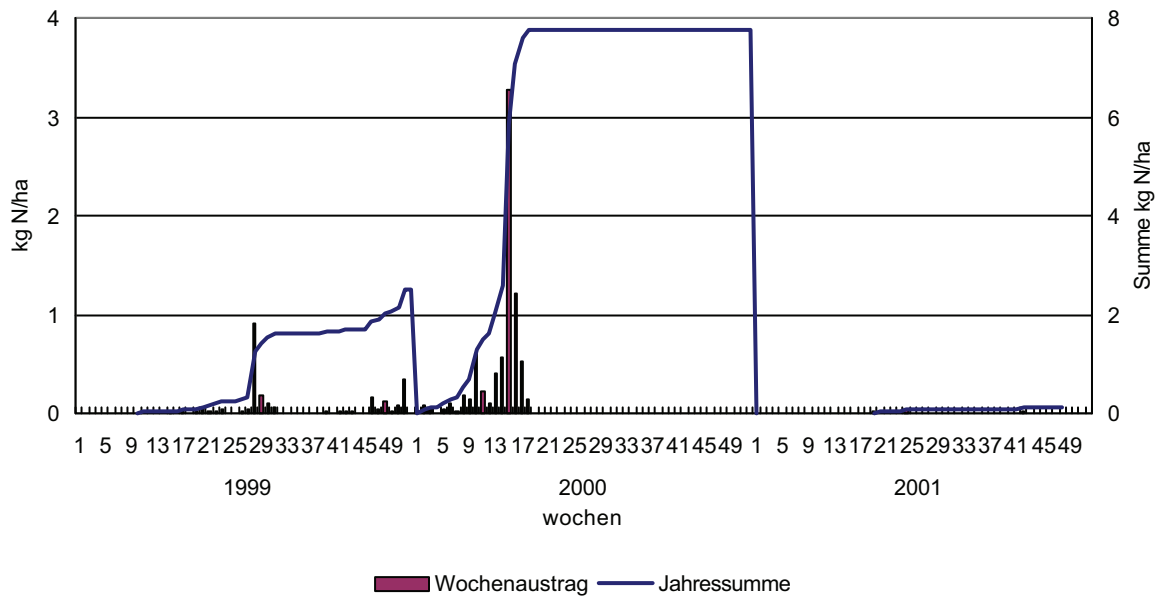


Abb.7.27 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 1b 1999 bis 2001

Auf den Meßstellen 1a bzw. 1b wurde Kartoffel angebaut. Gesamt wurden 1999 unter 2 kg/ha ausgewaschen. Die wöchentlichen Austragsmengen lagen mit Ausnahme in der 28. Woche immer unter 0,2 kg N/ha.

Auf den Meßstellen 1a bzw. 1b stand im Jahr 1999/2000 Winterweizen. Gesamt wurden 2,6 kg/ha bzw. 7,8 kg/ha ausgewaschen. Die wöchentlichen Austragsmengen lagen mit Ausnahme in der 15. und 16. Woche immer unter 0,8 kg N/ha.

Auf Meßstelle 1 betrug 2001 unter der Zuckerrübe der wöchentliche mittlere Stickstoffaustrag maximal 0,09 kg/ha. Hier sind deutlich geringste Austragsmengen zu erkennen, denn die Sickerwassermengen waren einerseits minimal, und andererseits die Nitratkonzentrationen im Bodenwasser oftmals gleich Null. Gesamt wurden bis zu 0,07 kg bzw. bis 0,11 kg/ha Stickstoff ausgetragen. Mit der Ernte der Zuckerrübenpflanzen war noch der größte Austrag, parallel zum trotzdem verschwindenden Sickerwasseranfall eingetreten.

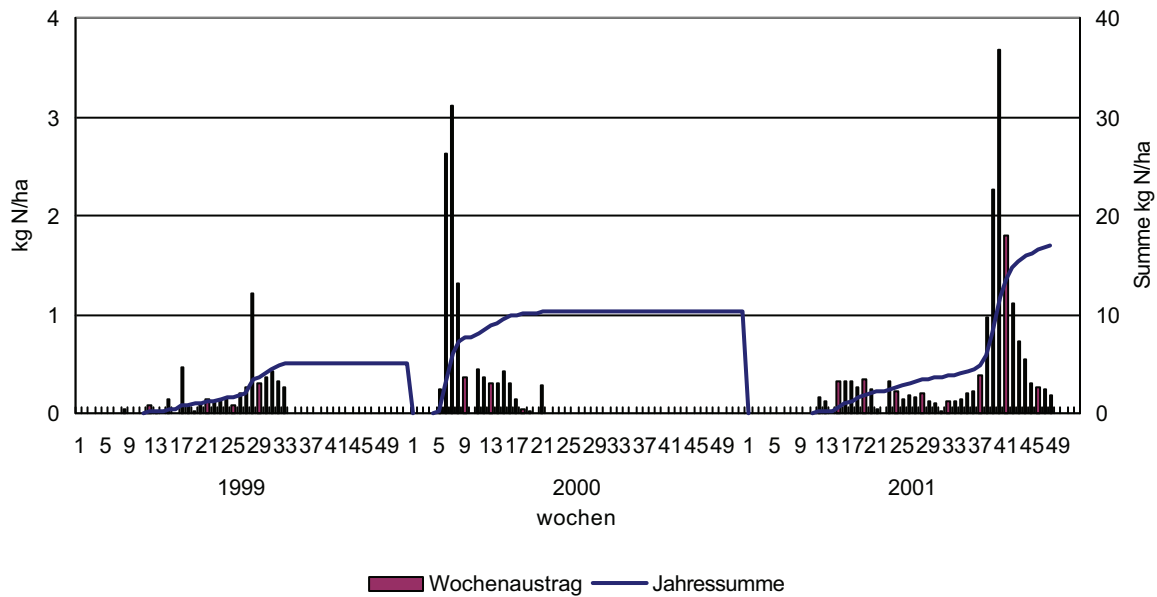


Abb.7.28 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 2a 1999 bis 2001

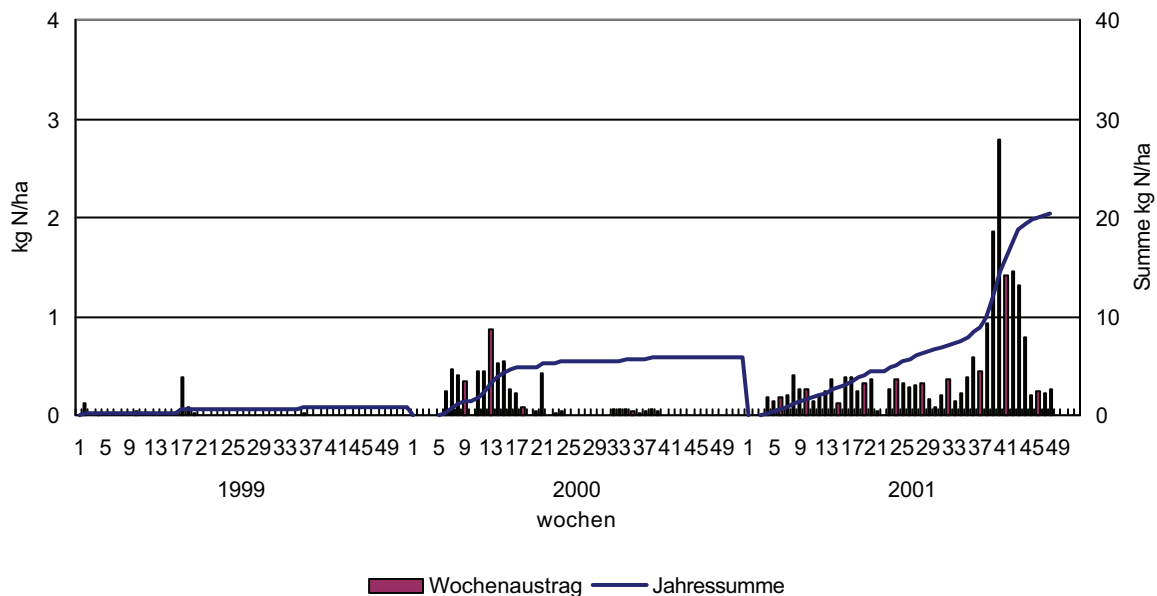


Abb.7.29 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 2b 1999 bis 2001

Auf der Versuchsfläche 2 wurden 1999 unter der Karotte wöchentlich bis zu 1,2 kg/ha, der Durchschnittswert liegt deutlich unter 0,4 kg/ha, Stickstoff pro Woche, ausgetragen. Am Standort 2a und 2b waren deutliche Unterschiede in Menge und Eintritt der Stickstoffauswaschung zu erkennen. Die Summen lagen mit 5 und 0,7 kg/ha über den Austrägen der Kartoffel.

2000 wurde auf der Versuchsfläche 2 unter der Sommergerste wöchentlich bis zu 3 kg/ha Stickstoff pro Woche (durchschnittlich unter 1 kg/ha) ausgetragen. Am Standort 2a und 2b



waren deutliche Unterschiede in Menge und Eintritt der Stickstoffauswaschung zu erkennen. Die Summen lagen mit 10,4 und 5,8 kg/ha sehr verschieden.

Auf der Meßstelle 2 wurden 2001 in Summe knapp 19 kg/ha Stickstoff ausgewaschen. Nach der 38. Woche erreichten die Höchstwerte über 2 bis 3 kg/ha. Die wöchentlichen Austragsmengen waren nach der Winterbegrünung 2000/2001 und während des Fruchtbestandes gleichbleibend, aber niedriger als bei der Ernte.

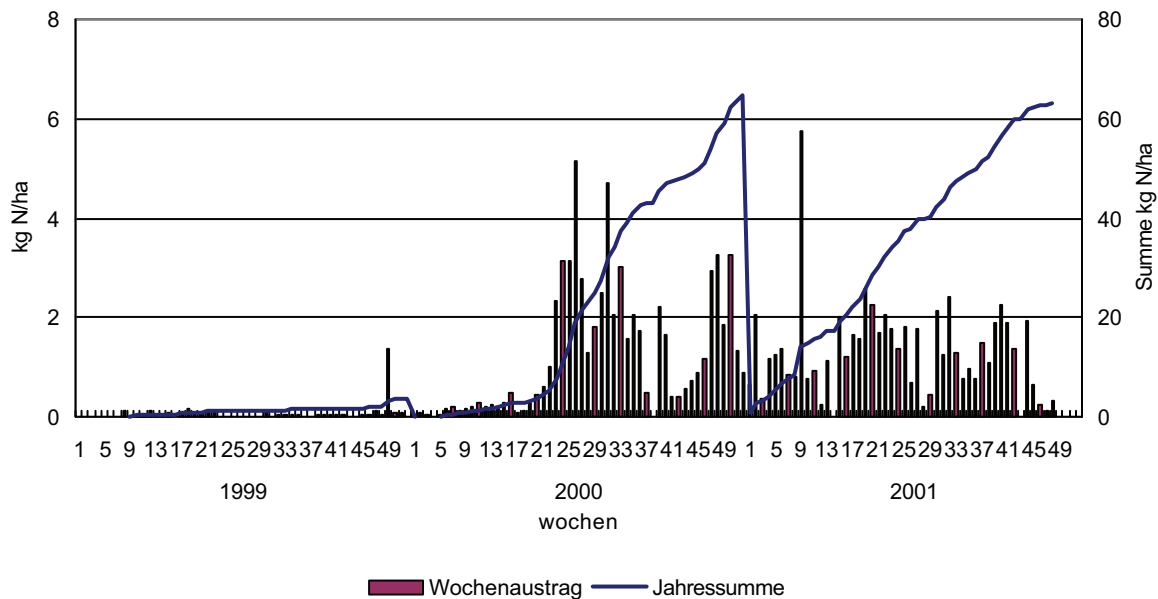


Abb.7.30 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 3a 1999 bis 2001

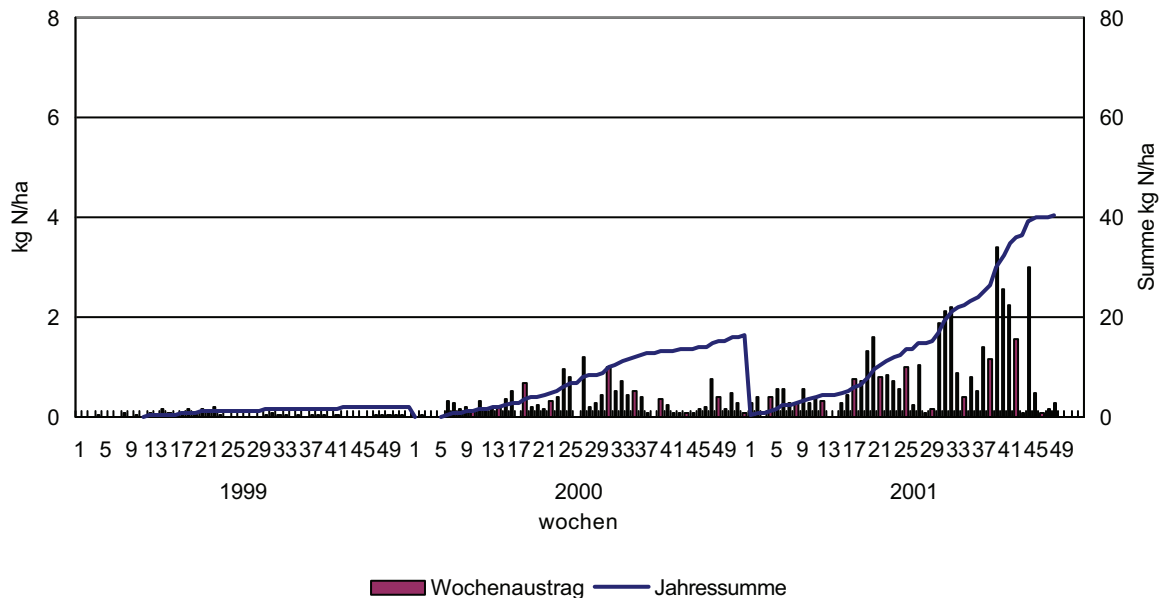


Abb.7.31 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 3b 1999 bis 2001

Die Stickstoffausträge der Sommergerste auf der Versuchsfläche 3 lagen 1999 wöchentlich im Schnitt unter 0,1 kg N/ha. Der Austrag mit Spitzenwerten von fast 0,2 kg/ha verlief parallel zu den recht gleichmäßig anfallenden Sickerwassermengen. Auch während der Sommermonate fielen nach der Ernte Austräge an, die aber bis auf eine Ausnahme etwas geringer blieben. Gesamt wurden 1999 zwischen 3,5 und 2,1 kg in tiefere Schichten verlagert.

Die Austräge der Zwiebel auf der Versuchsfläche 3 lagen 2000 wochenweise nur auf 3b im Schnitt unter 1 kg N/ha. Der Austrag auf 3a mit Spitzenwerten über 3 kg/ha war ungleich höher und verlief einigermaßen parallel zu den anfallenden Sickerwassermengen. Auch während der Sommermonate fielen nach der Ernte Austräge an, die aber etwas geringer blieben, und schließlich im Herbst und Winter wieder anstiegen. Gesamt wurden 2000 zwischen 64,6 (a) und 16,2 (b) kg in tiefere Schichten verlagert.

Auf der Meßstelle 3 wurden im letzten Versuchsjahr (2001) Kartoffeln angebaut. Gesamt wurden unter 3a 63,1 kg/ha und unter 3b 40,3 kg/ha ausgewaschen. Die wöchentlichen Austragsmengen lagen auf 3a und 3b, wo im Herbst Werte über 3 kg N/ha auftraten, unterschiedlich hoch.

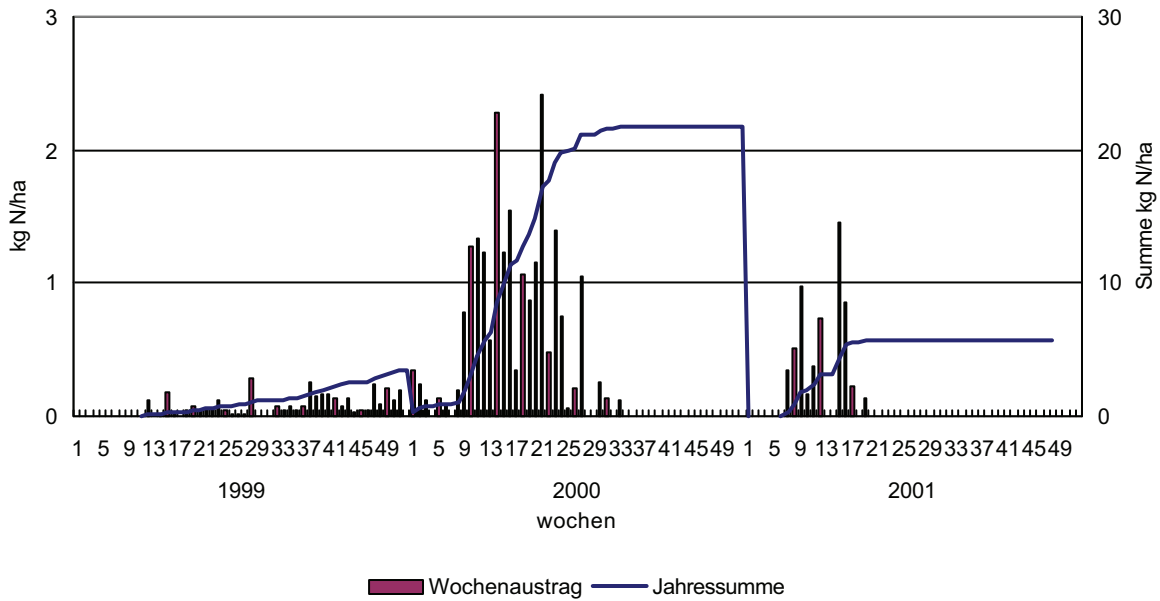


Abb.7.32 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 4a 1999 bis 2001

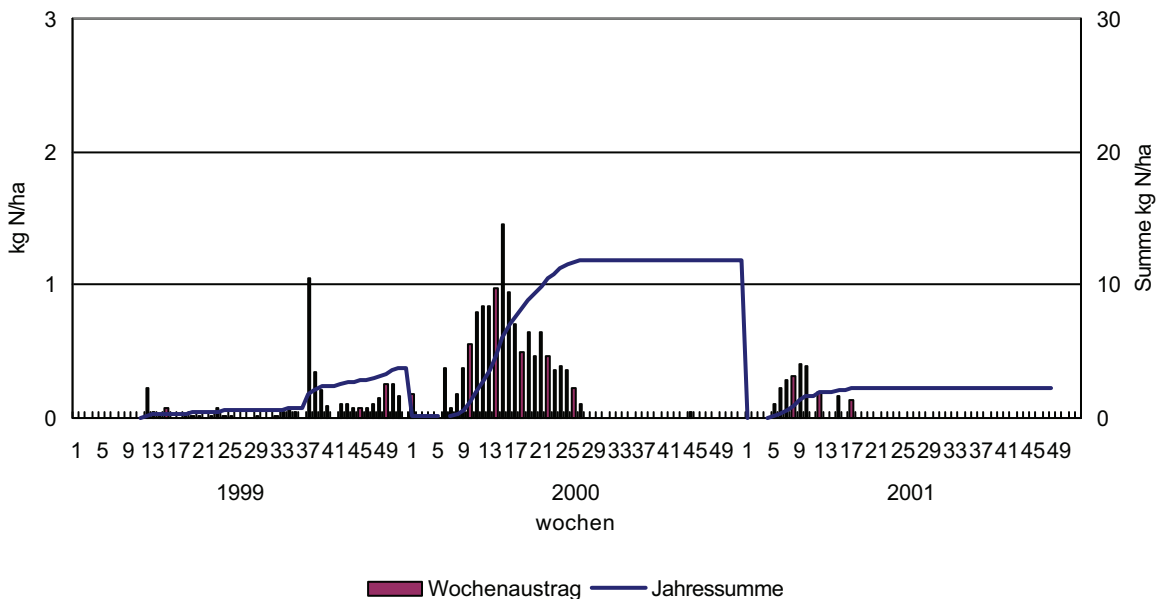


Abb.7.33 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 4b 1999 bis 2001

Auf der Meßstelle 4 wurden 1999 in Summe über 3,6 kg/ha Stickstoff ausgewaschen. In der 37. Woche erreichte auf 4b der einmalige Höchstwert 1 kg/ha (Mittel unter 0,2 kg). Die wöchentlichen Austragsmengen waren nach der Winterbegrünung und während des Fruchtbestandes (Zwiebel) generell etwas niedriger als nach der Ernte.

Auf der Meßstelle 4 wurden 2000, gemittelt knapp 16,8 kg/ha Stickstoff ausgewaschen. In der 15. Woche erreichte auf 4b der einmalige Höchstwert 1,4 kg/ha (Mittel unter 1 kg). Auf 4a waren die Austräge generell höher. Die wöchentlichen Austragsmengen waren nach der Winterbegrünung und während des entwickelten Fruchtbestandes (Kartoffel) niedriger als im Frühjahr.

Unter dem Winterweizen 2001 auf der Meßstelle 4 waren beginnend im Winter mit dem Sickerwasseranfall die geringen Austräge aufgetreten und erreichte selten Wochenwerte über 1 kgN/ha. Die Austragssummen betragen hier 5,8 bzw. 2,2 kg N/ha.

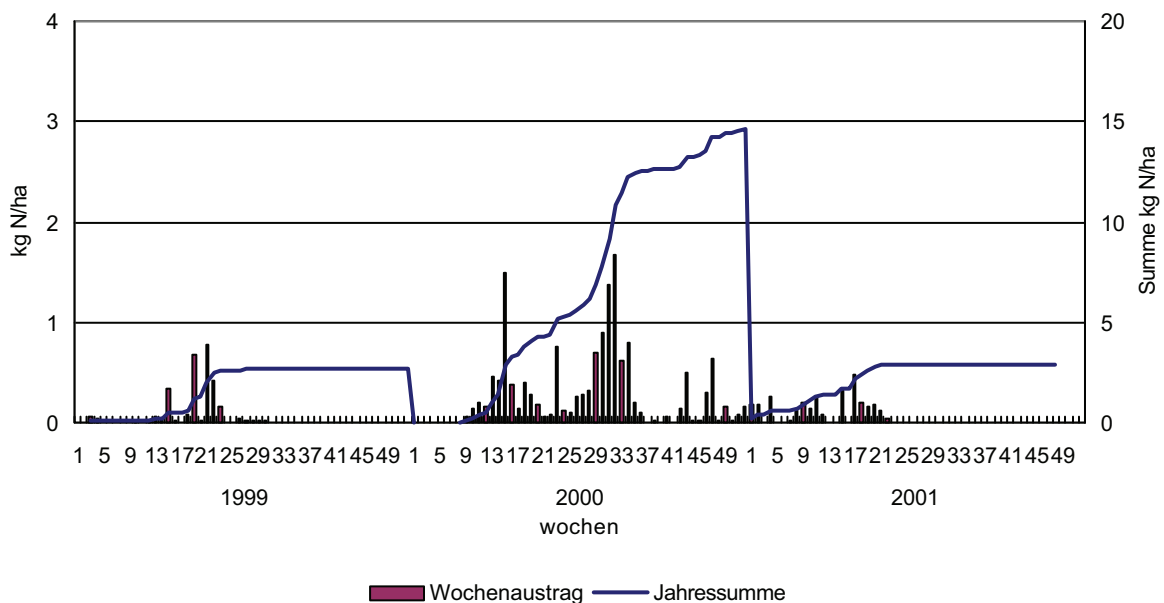


Abb.7.34 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 5a 1999 bis 2001

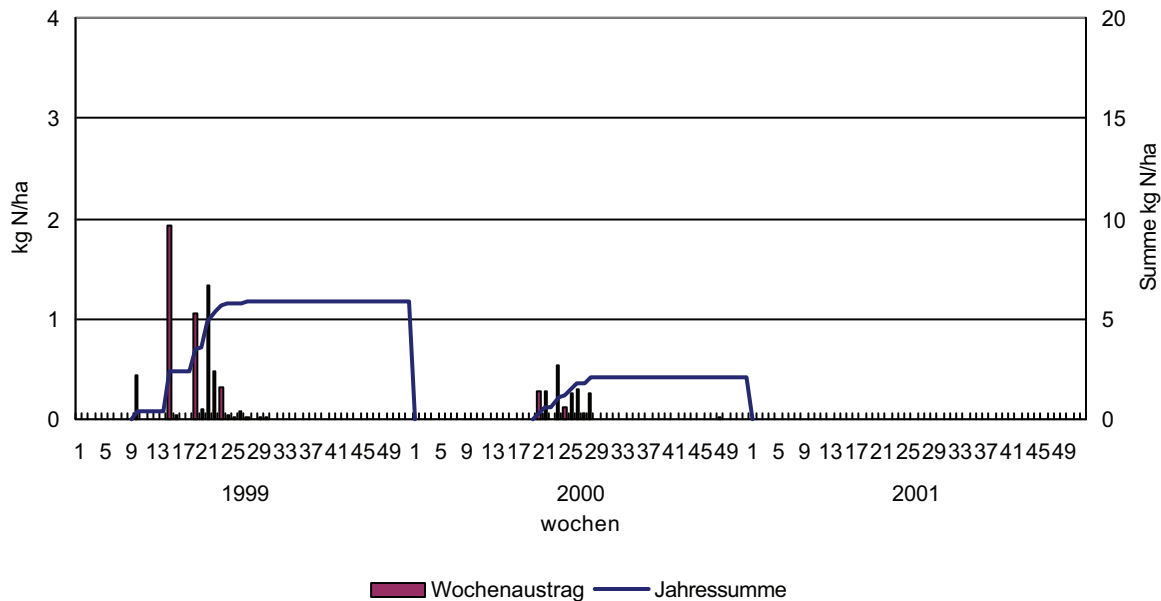
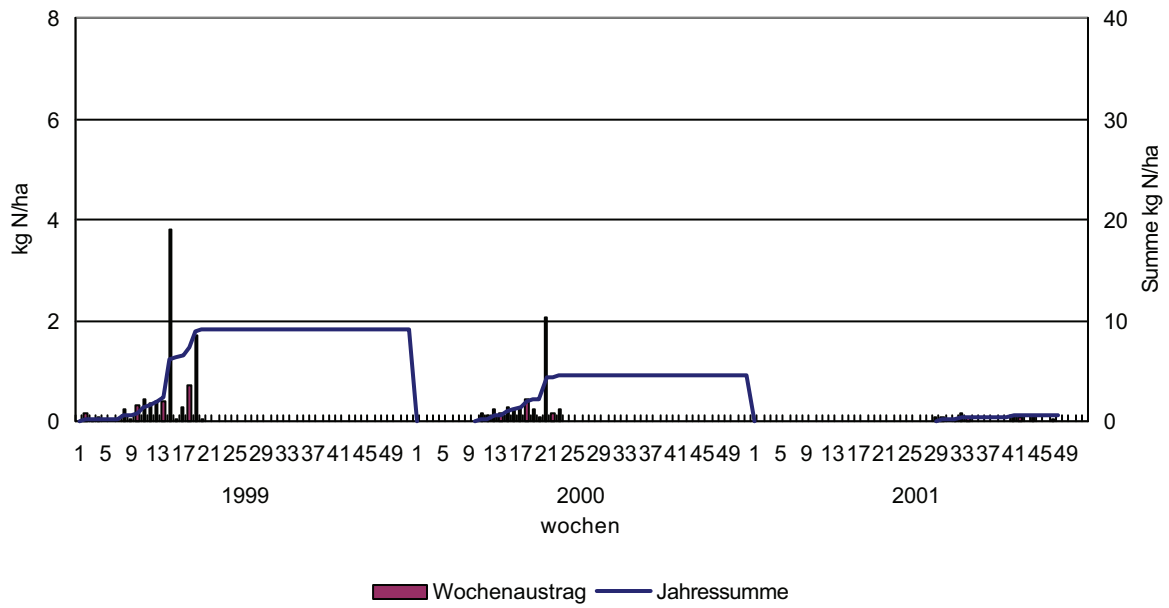


Abb.7.35 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 5b 1999 bis 2001

Auf Meßstelle 5 betrug 1999 unter der Zuckerrübe der wöchentliche mittlere Stickstoffaustrag auf 5a ca. 0,3 kg/ha und auf 5b 0,4 kg/ha. Hier sind deutliche Unterschiede in den Austragsmengen zu erkennen, obwohl die Sickerwassermengen in etwa gleich waren. Gesamt wurden bis 2,7 kg bzw. bis 5,9 kg/ha Stickstoff ausgetragen. Mit der fortschreitender Entwicklung der Zuckerrübenpflanzen sank der Austrag raschest, parallel zum schwindenden Sickerwasseranfall ab.

2000 betrug auf Meßstelle 5 der wöchentliche mittlere Stickstoffaustrag unter der Karotte auf 5a ca. 14,6 kg/ha und auf 5b 2,1 kg/ha. Hier sind deutliche Unterschiede in den Austragsmengen zu erkennen, wiewohl die Sickerwassermengen ebenfalls ungleich waren. Vor allem die Frühjahrsversickerung und Herbstversickerung und somit die Stickstoffausträge fehlten auf 5b.

Die Stickstoffausträge der Sommergerste auf der Versuchsfläche 5 lagen 2001 wöchentlich im Schnitt unter 0,2 kg N/ha. Der Austrag verlief parallel zu den im Frühjahr anfallenden Sickerwassermengen. Während der Sommermonate fielen die Austräge aus, und setzten nicht wieder ein. Gesamt wurden im Boden nur auf 5a 2,9 kg Stickstoff tiefer verlagert.



Tab. 7.36 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 6a 1999 bis 2001

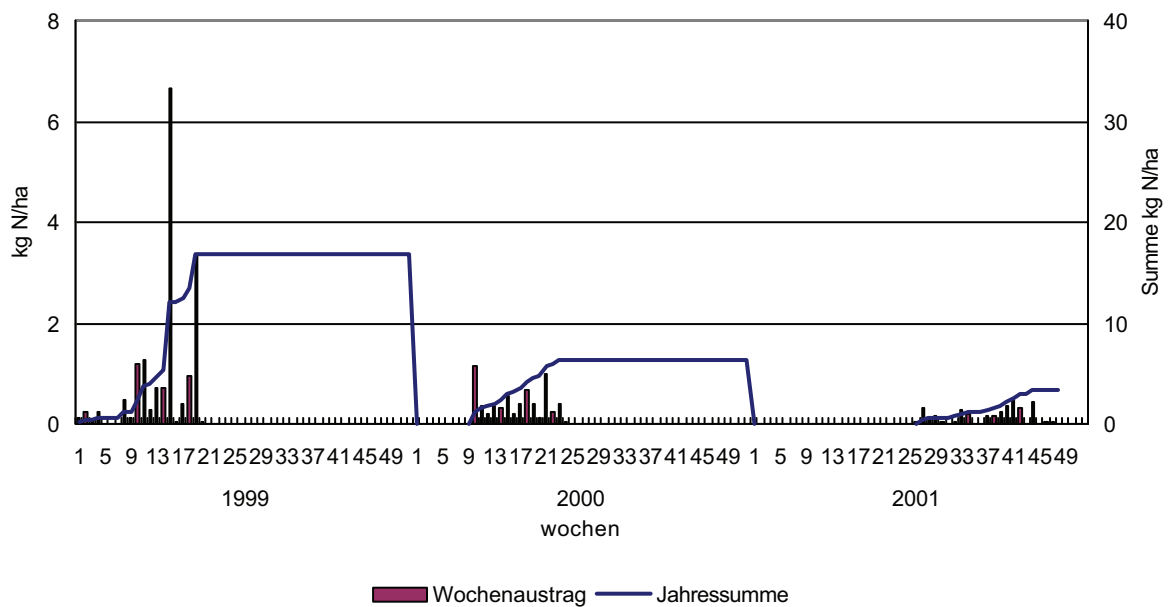


Abb.7.37 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen der Feldmeßstelle 6b 1999 bis 2001

Unter dem Winterweizen auf Meßstelle 6 verhielt es sich 1999 ähnlich wie unter der Zuckerrübe. Beginnend im Winter, mit sehr geringen Austrägen, stieg dieser ab der Schneeschmelze bis zur 19. Woche laufend an, und erreichte dann eine Austragssumme von 9,2 bzw. 16,8 kg N/ha. Besonders die hohen Sickerwassermengen in der 15. Woche trugen dazu bei.

Unter der Zuckerrübe verhielt es sich auf Meßstelle 6 ähnlich wie im Vorjahr unter Zuckerrübe auf Meßstelle 5. Der Austrag, stieg im Frühjahr ab der Schneeschmelze bis zur 21. Woche laufend an, und erreichte dann einen Austrag von 4,6 bzw. 6,4 kg N/ha in der 24. Woche.

Auf der Versuchsfläche 6 wurden 2001 unter der Frucht Karotte etwa 0,3 kg/ha, Stickstoff pro Woche, ausgetragen. Am Standort 6a und 6b waren deutliche Unterschiede hinsichtlich der Menge der Stickstoffauswaschung zu erkennen. Die Summen lagen mit 0,7 und 3,4 kg/ha niedriger als im Vorjahr.

Tab.7.10 Der Stickstoffaustrag an den Feldmeßstellen 1999

Feldmeßstelle	Austrag[kg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N/ha]	Feldmeßstelle	Austrag[kgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N/ha]
1a	0,9	4a	3,5
1b	2,5	4b	3,8
2a	5,0	5a	2,7
2b	0,7	5b	5,9
3a	3,5	6a	9,2
3b	2,1	6b	16,8

Tab.7.11 Der Stickstoffaustrag an den Feldmeßstellen 2000

Feldmeßstelle	Austrag[kg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N/ha]	Feldmeßstelle	Austrag[kgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N/ha]
1a	2,6	4a	21,7
1b	7,8	4b	11,9
2a	10,4	5a	14,6
2b	5,8	5b	2,1
3a	64,6	6a	4,6
3b	16,2	6b	6,4

Tab.7.12 Der Stickstoffaustrag an den Feldmeßstellen 2001

Feldmeßstelle	Austrag[ $\text{kg NO}_3^- \text{N/ha}$ ]	Feldmeßstelle	Austrag[ $\text{kg NO}_3^- \text{N/ha}$ ]
1a	0,1	4a	5,8
1b	0,1	4b	2,2
2a	16,9	5a	2,9
2b	20,4	5b	0
3a	63,1	6a	0,7
3b	40,3	6b	3,4

### 7.6.1. Die Austragsmengen des Feldlysimeters

Ab der 20. Woche 2000 setzte aus dem Freiaustrag der Sickerwasseranfall einhergehend mit der Beregnung der Zwiebel ein. Die Nitratbestimmung dieser Sickerwassermengen konnte nun durchgeführt werden und lieferte überwiegend Werte unter  $50 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ . Die Austragsmengenberechnung erfolgte über die aufgefangene Wassermenge und über die gemittelten Nitratkonzentrationen.

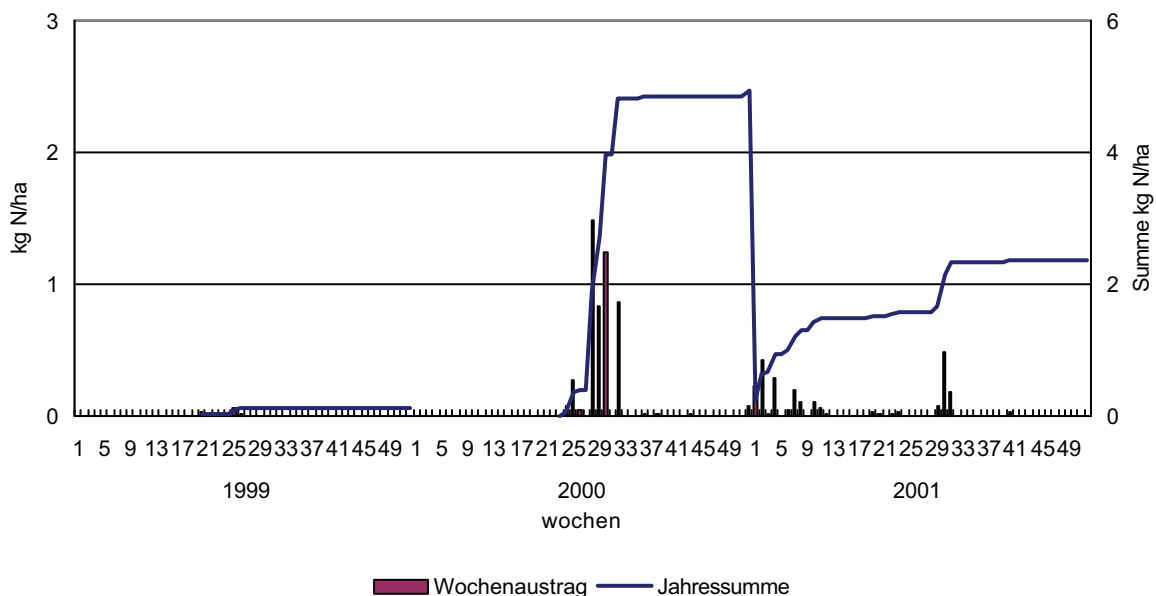


Abb. 7.38 wöchentlicher N-Austrag und Jahressummen aus dem Feldlysimeter an Meßstelle 3 (1999 Sommergerste; 2000 Zwiebel; 2001 Kartoffel)

Beim Feldlysimeter auf Meßstelle 3 liegt 2000 der wöchentliche mittlere Stickstoffaustrag zwischen  $0,1$  und  $1,5 \text{ kg/ha}$ . In Summe wurden  $5 \text{ kgN/ha}$  ausgetragen. Die Unterschiede in den Austragsmengen zu den Kleinlysimetern erklärt sich auch wegen des Fehlens der Frühjahrsversickerung. Der Austrag bewegte sich parallel mit der Bewegung des



Sickerwasseranfalls im Feldlysimeter und ähnelt dem von 3b während der 25. bis zur 33. Woche.

2001 liegt beim Feldlysimeter auf Meßstelle 3 der wöchentliche mittlere Stickstoffaustrag fast immer unter 0,5 kg/ha. Die Unterschiede in den Austragsmengen zu den Kleinlysimetern erklären sich wegen der sehr geringeren der Versickerung. 2001 wurden in Summe 2,4 kgN/ha ausgetragen.

### 7.7. Stickstoffentzug durch Pflanzen

Die Pflanzen benötigen für ihr Wachstum Stickstoff. Dieser wird dem Boden entzogen und in den Pflanzen eingelagert. Um den Stickstoffentzug durch die Pflanzen abschätzen zu können, wurden die Proben der versuchsmäßigen Ernte (Parzellenernte; siehe Pkt. 2) nach KJELDHAL auf ihren Gesamtstickstoffgehalt hin untersucht.

Tab.7.13 Stickstoffentzug 1999 der Ackerkulturen in kgN/ha

Meßstelle	Stroh/Kraut	Korn/Frucht	Gesamt
1 Kartoffel	6	119	125
2 Karotte	5	64	69
3 Sommergerste	22	56	78
4 Zwiebel	2	90	92
5 Zuckerrüben	22	132	154
6 Winterweizen	26	114	140

Als Stickstoffentzug durch die Pflanzen wurden bei Winterweizen 140 kg N/ha ermittelt, wobei das Stroh mit 26 kg N/ha auf dem Feld verblieb. Ebenso wurde das Stroh der Sommergerste mit einem Gehalt von 22 kg N/ha auf der Versuchsfläche zurückgelassen, der Stickstoffentzug der geernteten Kornmenge betrug 56 kg N/ha. Die Stickstoffentzüge der Früchte der Kartoffel und der Zwiebel betragen 125 bzw. 92 kg/ha. Die Zuckerrüben entzogen während der Versuchsperiode 154 kg Stickstoff pro Hektar, wobei 22 kg/ha auf den Blattanteil und 132 kg/ha auf die Frucht selbst fielen. Bei der Karotte kann man in der Praxis mit bis zu 20 % Ernteverlusten rechnen, demnach verbleiben mit dem Krautanteil 5 kg/ha, plus den Ernteresten etwa 20 kg/ha, auf dem Feld. Der errechnete Stickstoffentzug der Karotten beträgt 69 kg Stickstoff pro Hektar.

Tab.7.14 Stickstoffentzug der Ackerkulturen 2000 in kg/ha

Meßstelle	Stroh/Kraut	Korn/Frucht	Gesamt
1 Winterweizen	14	82	96
2 Sommergerste	24	49	73
3 Zwiebel	21	78	99
4 Kartoffel	21	166	187
4 Begrünung 99/00	35		35
5 Karotte	57	96	153
6 Zuckerrüben	96	113	209

Als Stickstoffentzug durch die Pflanzen wurden bei Winterweizen 96 kg N/ha ermittelt, wobei das Stroh mit 14 kg N/ha auf dem Feld verblieb. Ebenso wurde das Stroh der Sommergerste mit einem Gehalt von 24 kg N/ha auf der Versuchsfläche zurückgelassen, der Stickstoffentzug der geernteten Kornmenge betrug 49 kg N/ha. Die Stickstoffentzüge der Früchte der Kartoffel und der Zwiebel betragen 166 bzw. 78 kg/ha, die Krautmassen erreichten jeweils 21 kg/ha. Die Zuckerrüben entzogen während der Versuchsperiode 209 kg Stickstoff pro Hektar, wobei 96 kg/ha auf den Blattanteil und 113 kg/ha auf die Frucht selbst fielen. Bei der Karotte kann man in, demnach verbleiben (Ernteverluste nicht inkludiert) mit dem Krautanteil 57 kg/ha auf dem Feld. Der errechnete Stickstoffentzug der Karotten betrug 96 kg Stickstoff pro Hektar.

Tab.7.15 Stickstoffentzug der Ackerkulturen 2001 in kg/ha

Meßstelle	Stroh/Kraut	Korn/Frucht	Gesamt
1 Zuckerrüben	118	69	187
2 Zwiebel	23	116	139
3 Kartoffel	17	139	156
4 Winterweizen	45	137	182
4 Begrünung 00/01	38	-	38
5 Sommergerste	55	105	160
5 Begrünung 00/01	85	-	85
6 Karotte	43	84	127

Für das Jahr 2001 wurden als Stickstoffentzug durch die Pflanzen bei Winterweizen 137 kg N/ha ermittelt, wobei das Stroh mit 45 kg N/ha auf dem Feld verblieb. Ebenso wurde das Stroh der Sommergerste mit 55 kg N/ha auf der Versuchsfläche zurückgelassen, der Stickstoffentzug der geernteten Sommergerste betrug 105 kg N/ha. Die Stickstoffentzüge der Kartoffel und der Zwiebel betragen 139 bzw. 116 kg/ha, das Kraut und der Lauch erreichten 17 kg/ha und 23 kg/ha. Die Zuckerrüben hatten Gehalte von 118 kg/ha Blattanteil und 69 kgN/ha Fruchtanteil. Bei der Karotte mit dem Krautanteil 43 kg/ha auf dem Feld. Der errechnete Stickstoffentzug der Karotten (heuer weit weniger Ernterückstände) betrug 84 kg Stickstoff pro Hektar.

Die Winterbegrünung entzog zumindest während der Winterperiode 2000/2001 38 kg bzw. 85 kg Stickstoff pro Hektar

## **8. ABSCHÄTZUNG DER PERKOLATION UND DES NITRATAUSTRAGES MIT HILFE DES NUMERISCHEN SIMULATIONSMODELLS EPIC**

### **8.1. Allgemeines**

Ein weiteres Ziel des vorliegenden Forschungsprojekts war die Simulation des vertikalen Stofftransports (Stickstoff) in der ungesättigten Bodenzone, und zwar von der ebenen Bodenoberfläche bis unterhalb der Wurzelzone. Es erfolgte eine Simulation mit Hilfe einer neuen Version des numerischen Simulationsmodells EPIC (Version5300) für die 6 (12) Feldmessstellen in Fuchsenbigl in den Jahren 1992 bis 2001. Die Simulation über diesen Zeitraum wurde auch deshalb gewählt, da es seit 1993 Meßwerten gibt, die als Vergleichsdaten dienen können. Nur für die Jahre 1997 und 1998 liegen keine Meßwerte vor. Die Erhebung der Messwerte hinsichtlich Erträge erfolgte über die Jahre 1992 bis 2001. Zur Charakterisierung des Klimas wurden tägliche Wetterdaten der Klimastation Fuchsenbigl verwendet. Da die Globalstrahlung in direkter Umgebung der Messstelle nicht erfasst wird, wurde diese von der nächst verfügbaren Station (Hohe Warte Wien bzw. Groß-Enzersdorf) herangezogen.

### **8.2. Modellbeschreibung**

Das ursprünglich in den USA von J.R.Williams entwickelte mathematische Simulationsmodell EPIC (Erosion/Productivity Impact Calculator) wird zur Darstellung der Beziehung zwischen Bodenerosion und Bodenfruchtbarkeit verwendet. Mit diesem Modell können aber auch eine Reihe physikalischer und chemischer Prozesse simuliert werden. Es basiert im wesentlichen auf Teilbereichen zur Beschreibung von Wasserhaushalt, Stoffverlagerung, Pflanzenwachstum und Erosion. Letztere wird bei Betrachtung ebener landwirtschaftlicher Flächen verschwindend klein. Die Verknüpfung dieses Modells mit klimatischen, bodenphysikalischen, hydrologischen und pflanzenphysiologischen Daten ergibt somit auch die Möglichkeit der Darstellung der gesamten vertikalen Wasser- und Stickstoffverläufe in Verbindung mit dem Pflanzenwachstum.

Das EPIC-Modell besteht aus einer Anzahl von Teilmodellen, die sich auf folgende Hauptaspekte beziehen: Hydrologie, Wetter, Erosion, Nährstoffe, Pflanzenwachstum, Bodentemperatur, Bearbeitung, Kontrolle der wachstumsbestimmenden Faktoren am Pflanzenstandort und Wirtschaftlichkeit.

Der Abschnitt über die Hydrologie beinhaltet Modelle für den Oberflächenabfluss, die Perkolation, den lateralen unterirdischen Abfluss, die Evapotranspiration, die Schneeschmelze und die Grundwasserstandsänderung.

Das Modell zur Beschreibung der Perkolation basiert auf der Grundlage, dass der Fluss durch die einzelnen Bodenschichten bei Überschreiten der Feldkapazität einsetzt. Der laterale unterirdische Fluss wird gleichzeitig mit der Perkolation errechnet.

Das EPIC-Modell bietet vier Gleichungen zur Berechnung der potentiellen Evapotranspiration an. Es errechnet die potentielle Evaporation und die potentielle Transpiration getrennt. Der Blattflächenindex geht dabei in die Berechnung ein. Dieser Wert ist von der Pflanzenart abhängig und stellt ein Verhältnis zwischen Blattflächensumme und Bodenoberfläche dar.

Um mit dem EPIC-Modell arbeiten zu können, sind Wetterdaten (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Sonnenstrahlung und Windgeschwindigkeit) erforderlich.

Falls keine täglichen Wetterdaten für die Berechnung vorliegen, stellt EPIC Optionen für die Simulation und Kombination der fünf Wettervariablen zur Verfügung.

Das Erosionsmodell wird für dieses Forschungsvorhaben nicht benötigt. Deshalb wird hier auf diesen Punkt nicht näher eingegangen.

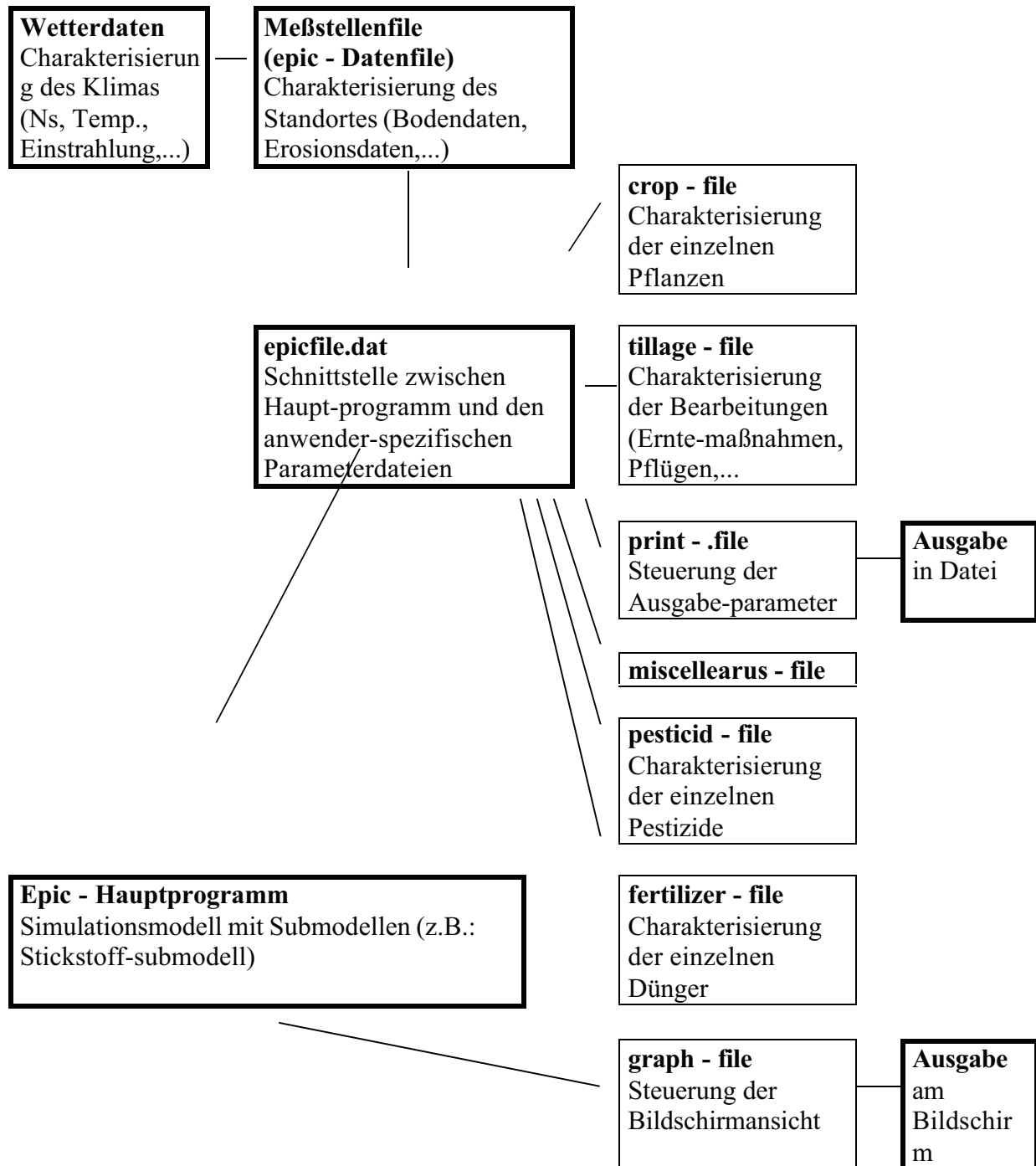


Abb.8.1 Vereinfachte und schematisierte Darstellung der Programmstruktur des Epic - Simulationsprogrammes - Version 5300

Im EPIC-Modell werden der Phosphor- und der Stickstoffkreislauf simuliert. Da unsere Böden ausreichend mit Phosphor versorgt sind, wird der Phosphorkreislauf ohne Einschränkungen berechnet. Das Modell zur Simulation des Stickstoffkreislaufs beinhaltet wiederum Teilmodelle zur Beschreibung der Mineralisierung, der Immobilisierung und der

Denitrifizierung. Zusätzlich werden auch die Stickstoffverluste durch Oberflächenabfluss und Auswaschung ermittelt, sowie Stickstofftransportvorgänge nachvollzogen.

Die Stickstoffauswaschung steht im Zusammenhang mit der Perkolation, dem lateralen unterirdischen Fluss und dem Oberflächenabfluss. Je kleiner die beiden letzten Variablen sind, desto größer ist die Perkolation und somit die Stickstoffauswaschung, natürlich in Abhängigkeit der  $\text{NO}_3\text{-N}$  Konzentration im Bodenwasser und Boden.

Das Modell für die N-Mineralisierung basiert auf dem PAPRAN Mineralisierungsmodell (*SELIGMAN, VAN KEULEN, 1981*). Es berücksichtigt zwei Quellen der Mineralisierung: Den frischen organischen Stickstoff, vorhanden in Pflanzenrückständen und mikrobieller Biomasse und den organischen Stickstoff des Bodenumus.

Das Modell für die Stickstoffimmobilisierung ist ebenfalls eine Modifikation des PAPRAN-Modells. Die Denitrifizierung ergibt sich aus einer Funktion von Temperatur und Wassergehalt.

Die Simulation der Bodentemperatur, jeweils in der Mitte jeder Bodenschicht, ist für die Berechnungen des Stickstoffkreislaufes und für die hydrologischen Berechnungen von besonderer Wichtigkeit.

Für die Simulation des Pflanzenwachstums verschiedener Pflanzen ist ein eigenes Modell erforderlich. Jede Pflanze besitzt spezifische Werte für die Modellparameter. Diese Werte bezieht EPIC aus dem Pflanzenparameter-Datenfile (Crop File). Die Pflanze wächst vom Pflanzdatum an bis zur Ernte, es sei denn die aktuelle Wärmesumme entspricht bereits der potentiellen Wärmesumme. Die aktuelle Wärmesumme errechnet sich als Summe des Mittelwerts der täglichen Maximal- und Minimaltemperatur abzüglich der minimalen Wachstumstemperatur für die Pflanze, bezogen auf die Vegetationsdauer. Als Basistemperatur gilt jene Temperatur, bei der die Pflanze mit ihrem Wachstum beginnt. Der potentielle Wasserverbrauch durch die Pflanze ist als Bruchteil der potentiellen Evaporation in Abhängigkeit vom Blattflächenindex definiert.

Die Stickstoffaufnahme der Pflanze wird durch die Verwendung eines Nährungsverfahrens über Angebot und Nachfrage ermittelt. Dabei spielt die optimale Stickstoffkonzentration in der Pflanze, welche mit fortschreitendem Wachstum sinkt, eine bedeutende Rolle.

Der für die Bearbeitungsmaßnahmen zuständige Teil des Rechenmodells simuliert unter anderem die Dichteänderungen und die damit verbundenen veränderten Bodeneigenschaften, hervorgerufen durch das Einarbeiten von Nährstoffen und Pflanzenrückständen innerhalb der Pflugtiefe.

### **8.3. Modellparameter**

#### **8.3.1. Titel, Programm Control Codes, General Data und Water Erosion Data**

Dem Benutzer stehen drei Zeilen am Anfang des Datenfiles, für allgemeine Beschreibung (Titel), zur Verfügung. Anschließend müssen die sogenannten *Programm Control Codes* bestimmt werden. Mit diesen werden das Ausgabeintervall für die Berechnungen (jährlich, monatlich oder täglich), der Simulationsbeginn und die Simulationsdauer festgelegt. Es kann an jedem Tag des Jahres mit der Simulation begonnen werden. In diesem Abschnitt wird auch die Gleichung für die Berechnung der potentiellen Evapotranspiration festgelegt. Dabei stehen vier Gleichungen zur Auswahl, die Gleichung nach Penman-Monteith, nach Penman, nach Priestley-Taylor und nach Hargreaves. Bei Verwendung der Penman Gleichungen ist es

erforderlich, die Höhenlage (Seehöhe), die durchschnittliche monatliche Windgeschwindigkeit und die durchschnittliche monatliche Strahlung einzugeben.

In den *General Data* erfolgen allgemeine Angaben über das Gelände, den Boden und den Niederschlag. Die "runoff curve number" nach SCS (1971) muss in Abhängigkeit vom Boden und der Bebauung ermittelt und eingegeben werden. Dieser Parameter wirkt sich nicht nur auf die Erosion sondern natürlich auch auf die Perkolation und somit entscheidend auf den Wasser- und Stickstoffkreislauf aus.

Die *Water Erosion Data* sind nach den natürlichen Gegebenheiten einzusetzen. In unserem Fall, also bei ebenen landwirtschaftlichen Flächen, wird für die Geländeneigung der kleinstmögliche Wert eingegeben.

### 8.3.2. Wetterdaten (Weather Data) und Winderosionsdaten (Wind Erosion Data)

Die täglichen Wetterdaten werden von einem eigens dafür angelegten Wetterfile eingelesen und verarbeitet. Am Ende des EPIC Datenfiles wird der Name und die Adresse des Wetterfiles angegeben, damit das Programm bei der Durchführung der Simulation auf diesen zurückgreifen kann. Der Wetterfile muss ein genau bestimmtes Format einhalten (ASCII), damit die Daten richtig verarbeitet werden können. Das Format sieht folgendermaßen aus:

	<b>Rad</b>	<b>Tmax</b>	<b>Tmin</b>	<b>Rain</b>	<b>RHD</b>	<b>WV</b>
16 Leerzeichen -	F 4.0 -	F 6.1 -	F 6.1 -	F 6.3 -	F 6.3 -	F 6.3
	000.	0000.0	0000.0	00.000	00.000	00.000

Die Datei beinhaltet die tägliche Globalstrahlung (Rad) in [ $\text{MJ}/\text{m}^2$ ], die Minimal- und Maximaltemperatur (Tmin, Tmax) in [ $^{\circ}\text{C}$ ], die tägliche Niederschlagssumme (Rain) in [mm], die relative Luftfeuchtigkeit (RHD) in [%] und die Windgeschwindigkeit (WV) in [m/s]. Anstelle der 16 Leerzeichen kann ein Vermerk, wie z.B. das Datum, eingegeben werden.

1990 1 1 4. 1.8 -3.2 0.000 0.940 0.600
1990 1 2 4. 1.8 -3.2 0.000 0.940 0.600
1990 1 3 5. 8.5 -0.2 0.000 0.890 0.800
1990 1 4 6. 12.4 -1.7 0.000 0.830 1.100
1990 1 5 2. 4.8 -0.3 6.100 0.950 0.800
1990 1 6 4. 1.1 -2.4 0.000 0.980 0.600
1990 1 7 3. 2.1 -3.2 0.000 0.970 1.100
1990 1 8 1. 4.1 0.8 4.100 0.960 1.100
1990 1 9 2. 2.3 -1.5 0.000 0.970 0.800
1990 1 10 3. 3.6 -1.2 0.000 0.960 0.700
1990 1 11 3. 9.7 0.0 0.000 0.910 1.000
1990 1 12 0. 4.2 0.8 0.000 0.950 1.200

Abb. 8.2: Ausschnitt aus einem Wetterfile

Zusätzlich ist es notwendig monatliche Durchschnittsdaten für die erwähnten meteorologischen Beobachtungen (zum Beispiel aus dem hydrologischen Jahrbuch) im EPIC-Datenfile einzusetzen. Die Eingabe der monatlichen Durchschnittswindgeschwindigkeit ist auch bei Verwendung der Penmangleichung, zur Bestimmung der potentiellen Evapotranspiration, erforderlich. In unserem Fall wurde der Abschnitt *Wind Erosion Data* und somit die Winderosion nicht berechnet, da sie nicht Gegenstand des Forschungsvorhabens ist.



### 8.3.3. Bodendaten (Soil data)

Die Eingabe dieser Daten hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen. Bodenchemische und bodenphysikalische Analyseergebnisse sind auf ihre Plausibilität hin zu überprüfen. Einzelne falsche Bodenparameter können zu falschen Ergebnissen führen.

Die Eingabe des Feinkornanteils (Sand, Schluff, Ton), des Grobkornanteils, der Trockendichte, der Durchlässigkeit im gesättigten Zustand, des Wasseranteils bei Feldkapazität (33 kPa) und des Wasseranteils beim Welkepunkt (1500 kPa) muss unbedingt erfolgen. Je mehr Daten eingegeben werden, desto genauer ist das Simulationsergebnis.

Die Bestimmung der Trockendichte (Lagerungsdichte) die hier zum Einsatz kommt, weicht vom österreichischen Bestimmungsverfahren (*ÖNORM L1068*) ab. Man unterscheidet zwischen *bulk density dry* und *bulk density wet*. Bei der Ermittlung dieser wird ein sogenannter *clod* aus dem natürlichen Bodengefüge entnommen und mit *Saran* überzogen. Es erfolgt nun die Bestimmung des Volumens am imprägnierten *clod* und der Masse im getrockneten Zustand. Durch die Bestimmung der *bulk density wet* wird ein Quellen des Bodens bei Wasseraufnahme, durch eine dementsprechende Volumsvergrößerung, mitberücksichtigt. Der Zahlenwert dieses Parameters ist bei Vorhandensein von quellfähigen Substanzen (Ton) kleiner.

Zusätzlich zu diesen bodenphysikalischen Eigenschaften müssen auch bodenchemische Parameter eingegeben werden. Dazu zählen auch Angaben über die Konzentration des organischen Stickstoffs (z.B. der Bestimmung nach Kjeldahl), des mineralischen Stickstoffs (z.B. aus der  $N_{\min}$ -Bestimmung) und des organischen Kohlenstoffs zu Beginn der Simulation, über das gesamte Bodenprofil. Die Eingabe dieser Werte ist unbedingt vorzunehmen, damit das Stickstoffmodell richtig arbeiten kann und korrekte Ergebnisse liefert. Ebenso erhöht die Eingabe von Boden-pH und Kationenaustauschkapazität die Ergebnisgenauigkeit.

Weitere bodenchemische Parameter sind der Kalziumkarbonatgehalt, die Phosphorkonzentration und die Phosphoraufnahmerate.

### 8.3.4. Angaben über die Bewirtschaftung (Management Information)

Der letzte Teil des EPIC Datenfiles setzt sich aus Angaben über Fruchtfolge, Düngung und Bearbeitung zusammen. Jede durchgeführte Arbeitsmaßnahme wird durch Eingabe des Datums und einer Kennzahl (tillage identification number) determiniert. Diese Zahl kennzeichnet die Form der Bearbeitung (Aussaat, Ernte, Art der maschinellen Bestellung, Düngung, Bewässerung) und sie wird dem Bearbeitungs-Datenfile (Tillage File) entnommen. Hinter jeder Arbeitsmaßnahmen-Kennzahl stehen eine Reihe von spezifischen Rechenwerten. Das EPIC-Modell erhält somit verschiedene Parameter, welche in die Berechnung einfließen. Bei der Bearbeitungsmaßnahme "Aussaat" muss zusätzlich die Pflanzenart durch eine Kennzahl (crop identification number) bestimmt werden, welche mit dem Pflanzen-Datenfile (Crop File) korrespondiert. Im Pflanzen-Datenfile sind pflanzenspezifische Parameter enthalten, auf welche das Rechenmodell bei der Durchführung der Simulation zurückgreift. Wird die Düngung als Bearbeitungsmaßnahme angegeben, so haben Angaben über die Düngermenge und Düngerart zu erfolgen. Eine Zusammenstellung der Bearbeitungsdaten ist in Abschnitt 2.7.1 zu finden.

## 8.4. Simulationsergebnisse

### 8.4.1. Ertragsergebnisse

Die Abbildung 8.3 enthält die simulierten und gemessenen Ertragsergebnisse als Trockensubstanzwerte (TS) in t/ha. Jede Feldmessstelle besteht aus zwei Wiederholungen. Daher sind die angeführten Ergebnisse Mittelwerte aus zwei Messungen bzw. Berechnungen. Basis der Ertragssimulation sind die für jede Kultur adaptierten Pflanzenparameter. Wesentlich für das Wachstum und die Erträge sind die minimale und optimale Wachstumstemperatur, Entwicklung des Blattflächenindex während der Vegetationsperiode, Parameter der Stickstoffaufnahme und Biomasseproduktionsfaktor, um nur einige wenige Parameter des Pflanzenwachstumsmodelles zu nennen. Falls Kulturarten nicht verfügbar waren, mußten diese wie zB bei Pferdebohne oder Karotte kreiert werden. Innerhalb des Versuchsbereichs Fuchsenbigl gibt es somit für jede Kulturart entsprechende Parameter für die Simulation des Pflanzenwachstums.

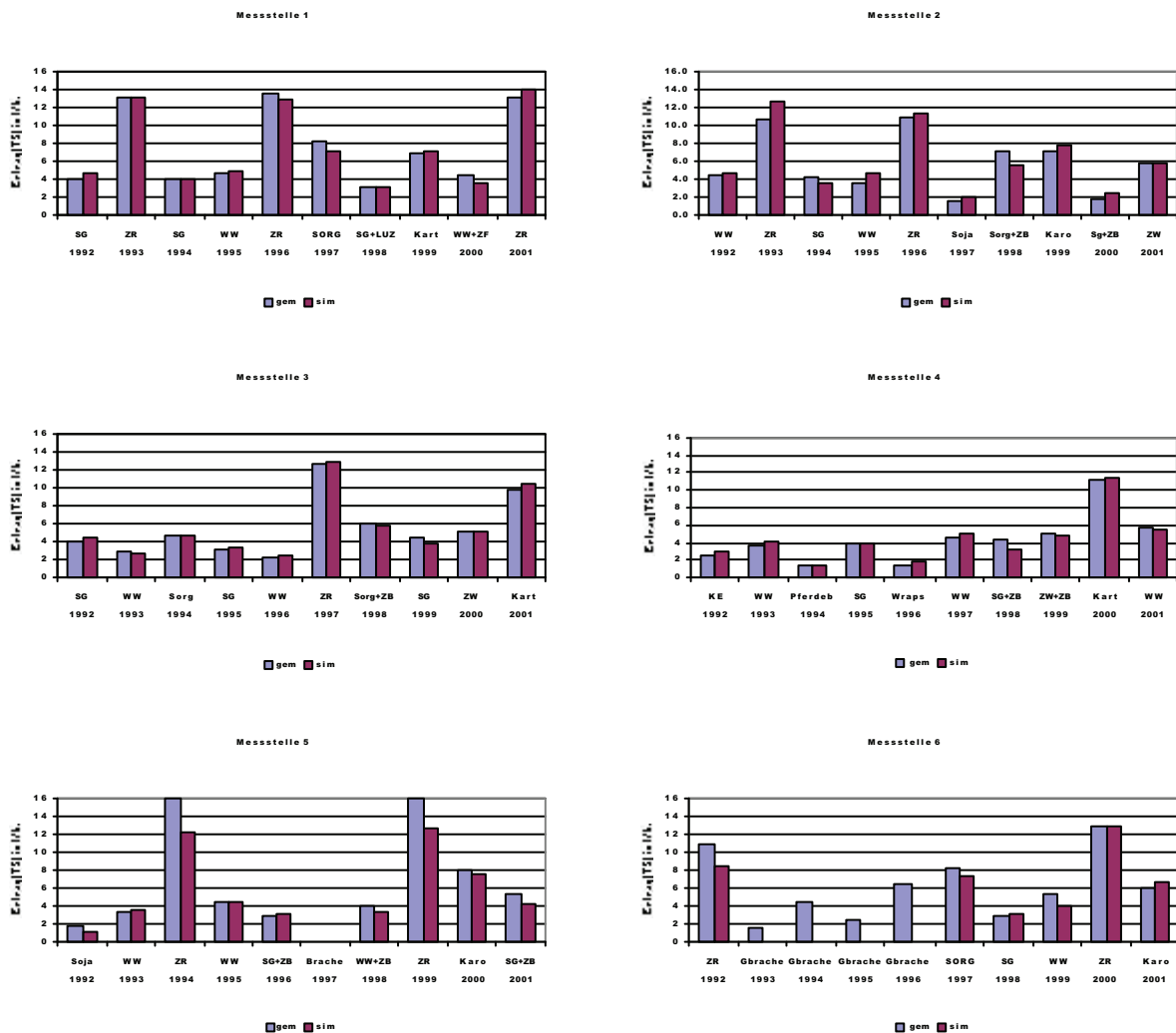


Abb.8.3: Simulierte und gemessene Ertragsergebnisse aller Versuchspartzen für die Jahre 1992 bis 2001



Die Ergebnisse zeigen eine sehr gute Übereinstimmung der Ertragssituation über alle 10 Versuchsjahre. Von Winterweizen liegen 13 Einzelergebnisse von Messung bzw. Simulation vor. Die Erträge von Winterweizen schwanken infolge der klimatischen als auch pedologischen Vorgaben zwischen 2,2 und 5,7 t/ha. Die Simulation ergab nicht so große Schwankungen. Hier reichte der Bereich von 2,5 bis 5,5 t/ha. Alle Ergebnisse sind auf Trockensubstanz bezogen. Im Jahre 1993 und 1995 wurde Winterweizen auf je drei Versuchsflächen gleichzeitig angebaut. Die Unterschiede schwanken bei den gemessenen Werten 1993 zwischen 3,0 und 3,7 t/ha, bei den simulierten zwischen 2,6 und 4,1 t/ha. 1995 liegen sie zwischen 3,6 und 4,6 t/ha bzw. 4,4 bis 5,0 t/ha. Diese Schwankungen können in diesen Fällen nur auf Boden bzw. Fruchtfolgeunterschiede (Vorfruchtwirkung) zurückzuführen sein. Im Jahre 1993 wurden 502 mm Niederschlag gemessen. 1995 waren es 710 mm. Beeinträchtigungen durch Krankheiten bzw. Hagel sind in der Simulation nicht berücksichtigt.

Sommergerste wurde 1998 an drei Standorten angebaut. Auch hier sind ähnliche Schwankungen des Ertrages festzustellen. Die gemessenen Erträge bewegen sich zwischen 2,9 und 4,5 t/ha. Die simulierten liegen zwischen 3,2 und 3,4 t/ha.

Auch bei den Zuckerrüben bietet sich ein ähnliches Bild. Es können jedoch nur jeweils zwei Felder in den Jahren 1993 und 1996 betrachtet werden. Die gemessenen Trockensubstanzwerte liegen 1993 zwischen 10,6 und 13,1 t/ha, die simulierten zwischen 10,5 und 13,3. 1996 lagen die Erträge zwischen 10,9 und 13,5 bzw. 11,4 und 13,9 t/ha.

### 8.4.2. Sickerwasser

In Tabelle 8.4 sind die gemittelten Jahressummen des Sickerwassers aller sechs Versuchsflächen enthalten. Es wurde dabei sowohl bei der Messung als auch bei der Simulation angenommen, das alles Wasser, welches tiefer als 120 cm sickert nicht mehr von den meisten Wurzeln genutzt werden kann und daher als Sickerwasser betrachtet werden kann. Eine gute Übereinstimmung ist jedoch besonders in den ersten Versuchsjahren (altes Projekt von 1993 bis 1996) schwer zu erkennen. In den für das jetzige Projekt wichtigen Jahren 1999 bis 2001 zeigt sich eine wesentlich bessere Übereinstimmung. In den Jahren 1997 und 1998 liegen nur Simulationsberechnungen vor.

Die gemessenen jährlichen Sickerwassermengen der Jahre 1999 bis 2001 schwanken für alle Meßstellen zwischen 4 und 210 mm. Die simulierten bewegen sich zwischen 0 und 147 mm. Die Mittelwerte der drei letzten Jahre liegen zwischen 19 und 131 mm bzw. zwischen 10 und 91 mm. Diese Streuungen sind durch unterschiedliche Fruchtfolgen und Bewässerungsgaben gegeben.

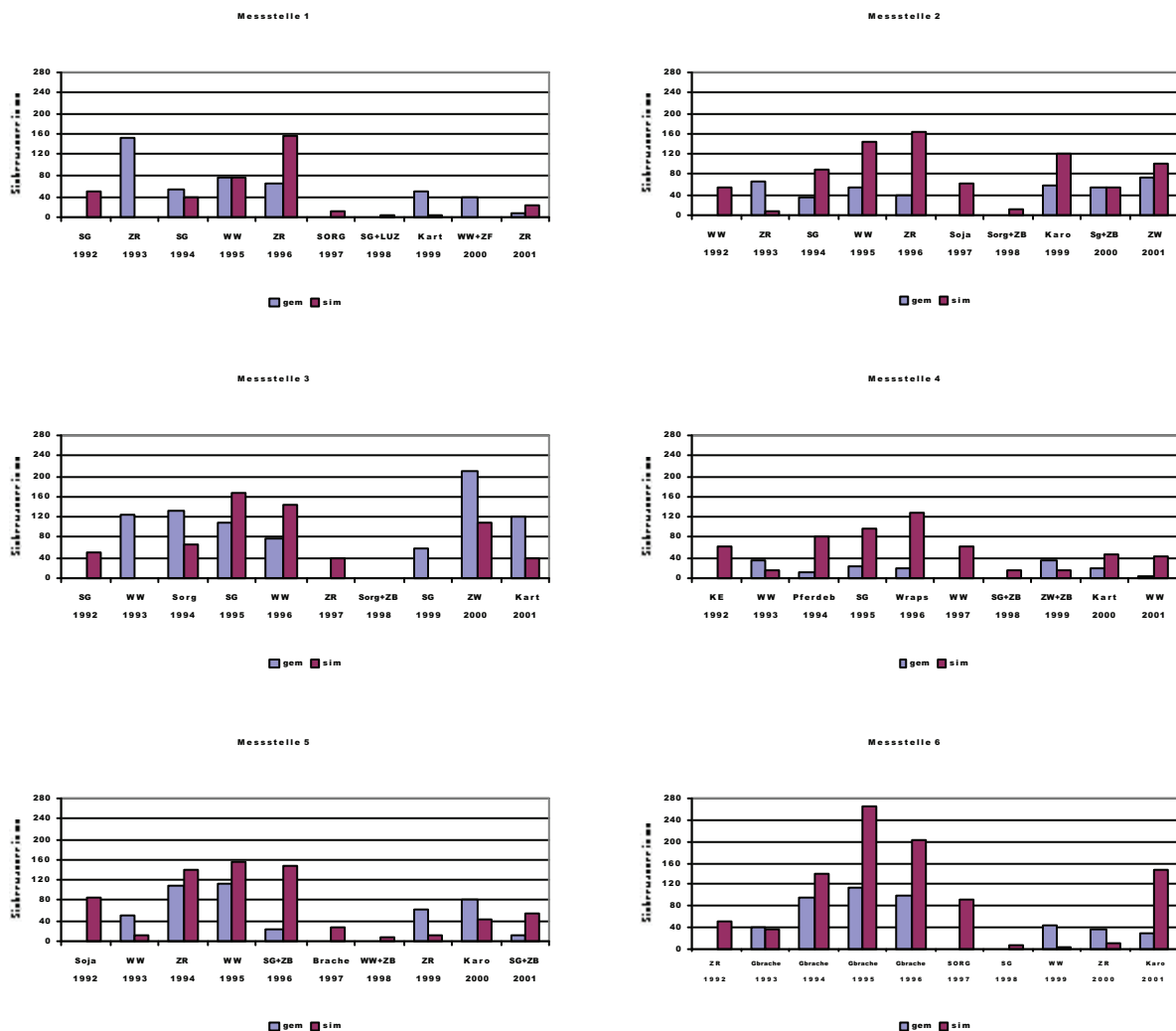


Abb.8.4: Simulierte und gemessene Sickerwassermengen aller Versuchspartellen für die Jahre 1992 bis 2001

### 8.4.3. Stickstoffaustrag

Tabelle 8.5 enthält die gemittelten Jahressummen der Stickstoffausträge aller sechs Versuchsflächen. Ebenso wie beim Sickerwasser zeigt sich eine bessere Übereinstimmung in den letzten drei Versuchsjahren. Es sind generell sehr deutlich die Trends – hohe bzw. niedere Austräge zu erkennen. In den Messstellen 5 und 6 sind speziell bei der Karotte noch deutliche Unterschiede zwischen Messung und Simulation zu erkennen. Dies dürfte an den noch unzureichenden Pflanzenparametern, welche noch nicht komplett erfasst werden konnten, liegen. Auch bei der Kulturart Kartoffel dürfte es noch kleine Anpassungsschwierigkeiten geben.

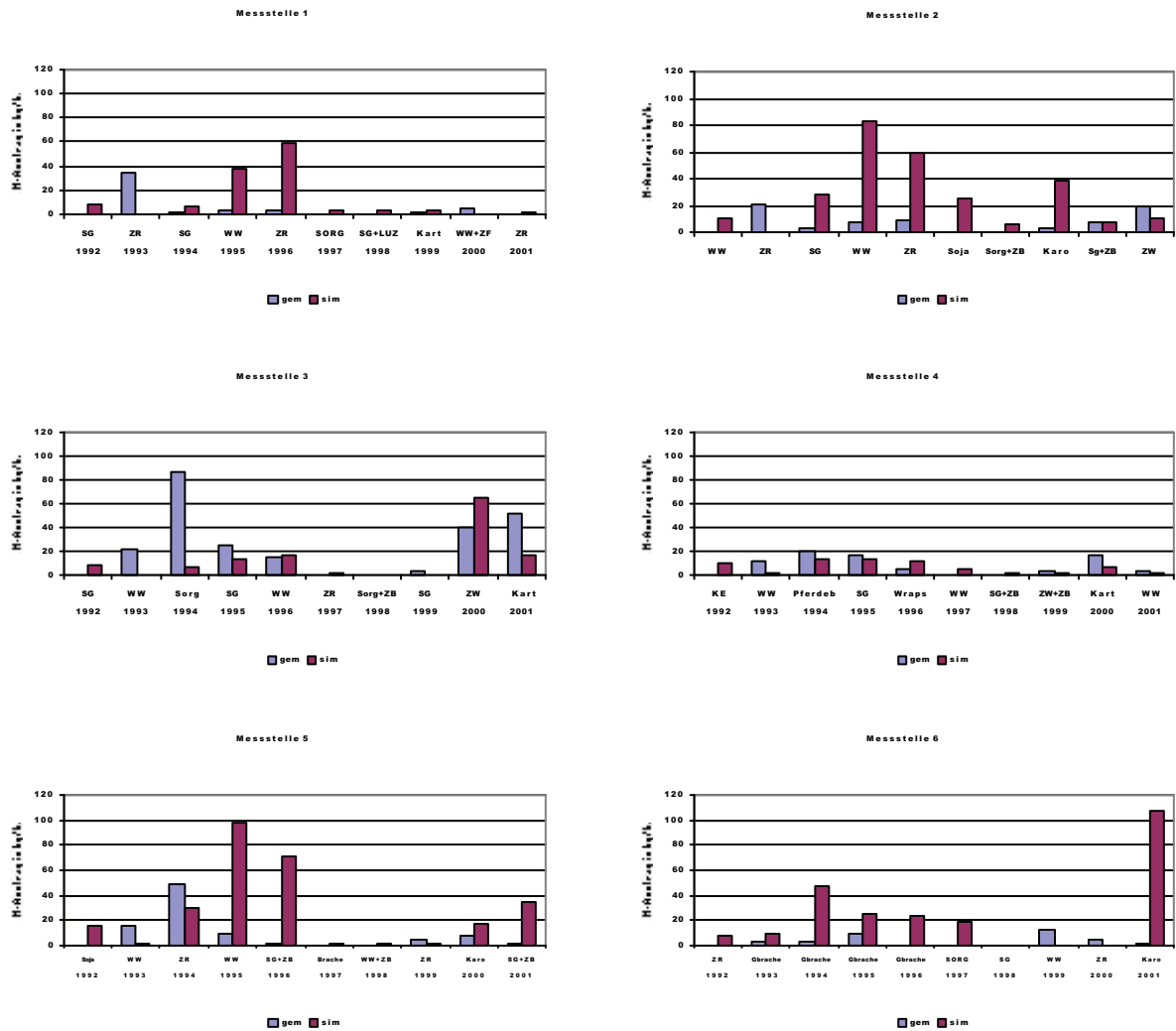


Abb.8.5: Simulierte und gemessene Stickstoffausträge aller Versuchspartellen für die Jahre 1992 bis 2001

### 8.4.4. Mittlere Nitratkonzentration

Tabelle 8.6 enthält die aus den Sickerwassermengen und den Stickstoffausträgen berechneten Nitratkonzentrationen. Es treten deutliche Unterschiede zwischen den berechneten Werten aus den Feldmessungen und den berechneten Werten aus den Simulationsergebnissen auf. Ansteigende bzw. fallende Tendenzen sind jedoch – wenn auch zeitlich verzögert – zu erkennen.

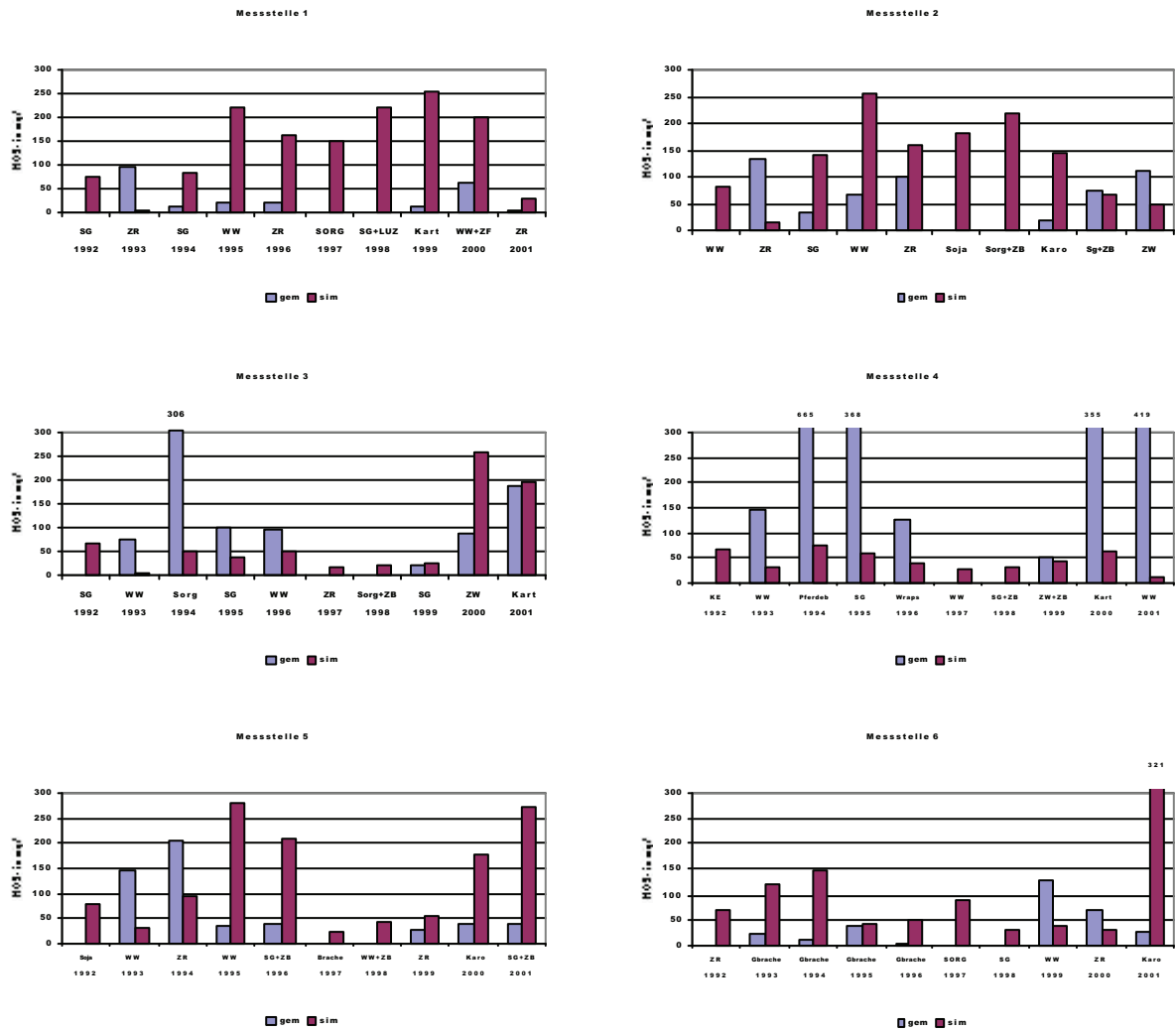


Abb.8.6: Simulierte und gemessene Nitratkonzentrationen aller Versuchspartellen für die Jahre 1992 bis 2001

#### **8.4.5. Abschließende Betrachtung**

Der Einsatz des Simulationsmodells EPIC zeigte im Laufe der Untersuchung eine gute Übereinstimmung mit den Messergebnissen. Abweichungen sind wegen Unterschieden in den Eingangsparametern gegeben. In einigen Bereichen wäre eine Verbesserung durch zB bessere Pflanzenparameter noch möglich. Auch wäre eine Verbesserung durch Anpassung von Bodenparametern noch gegeben. Davon wird jedoch abgeraten, da dadurch zwar eine gute Übereinstimmung mit den vorliegenden Meßdaten möglich wäre, aber eine Übertragung dieser Simulationen in andere Bereiche falsche Werte liefern kann, bzw. neuerlich Justierungen erforderlich wären.

Das Simulationsprogramm zeigte deutlich die Veränderungen des Sickerwasseranfalles bzw. des Stickstoffaustrages, die durch Wetter, Bewässerung bzw. intensive Gemüsefruchtfolgen mit und ohne Zwischenbegrünungen auftreten.

Diese Anwendung ermöglicht eine Beurteilung des Wasser- und Stoffhaushalts im Boden ohne den Einbau von aufwendigen Messinstrumenten. Besonders im Zusammenhang mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) ist eine großräumige Abschätzung z.B. des Sickerwasseranfalles bzw. des Stickstoffeintrags ins Grundwasser oder die Veränderungen durch Bewirtschaftungsänderungen (Düngereduzierung, Änderung der Fruchtfolge, Zwischenbegrünungen) möglich.

## 9. ZUSAMMENFASSUNG

### 9.1. Allgemein

Im Jänner 1999 ist das dreijährige Forschungsprojekt „UNTERSUCHUNG DER GRUNDWASSERBELASTUNG MIT NITRAT UNTER FELDGEMÜSEBAU IM PANNONISCHEN KLIMARAUM“ angelaufen. Es handelt sich dabei um ein Folgeprojekt aus den Jahren 1993 bis 1996.

Auf den Ackerflächen (tiefgründiger, kalkhaltiger Tschernosem) der Bundesversuchswirtschaft Fuchsenbigl wurden im Dezember 1998 die sechs Versuchsanlagen zur Messung des Stickstoffaustrages wiederhergestellt, mit Jahresbeginn 1999 der Meßbetrieb aufgenommen, und bis Ende November 2001 ohne Unterbrechung durchgeführt. Auf jedem dieser sechs Standorte befanden sich zwei Meßanlagen. Verwendet wurden sogenannte Kleinlysimeteranlagen (CEPUDER et al., 1992). Diese ermöglichen es, den Stickstoffaustrag unter landwirtschaftlichen Fruchtfolgeflächen kleinflächig zu messen und untereinander zu vergleichen.

Der Fruchtfolgeversuch bestand aus einer 6-schlägigen Fruchtfolge mit hohem Gemüseanteil.

- 1999: Kartoffel, Karotte, Sommergerste, Zwiebel, Zuckerrübe, Winterweizen
- 2000: Winterweizen, Sommergerste, Zwiebel, Kartoffel, Karotte, Zuckerrübe
- 2001: Zuckerrübe, Zwiebel, Kartoffel, Winterweizen, Sommergerste, Karotte

Bei der Bewirtschaftung der Versuchsfelder wurden diverse Förderprogramme und Beratungsunterlagen berücksichtigt.

- ÖPUL- extensiver Getreidebau
- IP (integrierte Produktion) Gemüse
- RL Richtlinien für sachgerechte Düngung im Gemüsebau
- KNS (kulturbegleitendes Stickstoffsollwertsystem)
- Nmin Ergebnisse zur Bemessung der N-Düngung

Zur besseren Übersicht ist die genaue Zuordnung von Fruchtfolgen, Versuchsfelder und Meßstellen zwischen 1999 und 2001 in Tab. 9.1. enthalten.

Tab. 9.1. Zuordnung der Fruchtfolgen zu den einzelnen Meßstellen

	1999 Kartoffel		1999 Karotte
<b>Meßstelle 1</b>	2000 Winterweizen +	<b>Meßstelle 2</b>	2000 Sommergerste +
	2001 Zuckerrübe		2001 Zwiebel
	1999 Sommergerste		1999 Zwiebel +
<b>Meßstelle 3</b>	2000 Zwiebel	<b>Meßstelle 4</b>	2000 Kartoffel
	2001 Kartoffel		2001 Winterweizen +
	1999 Zuckerrübe		1999 Winterweizen
<b>Meßstelle 5</b>	2000 Karotte	<b>Meßstelle 6</b>	2000 Zuckerrübe
	2001 Sommergerste +		2001 Karotte

+.....anschließende Begrünung

Die Menge und die Verteilung des jährlichen Niederschlags (Tab. 9.2) beeinflussen den Stickstoffaustrag am stärksten. Gemeinsam mit der Temperatur gestalteten sich jedes Jahr neue Klimabedingungen.

Tab. 9.2. Monatliche und jährliche Niederschlagsmengen (mm) von 1999 bis 2001

Jahr	Jän.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept	Okt.	Nov.	Dez.	Σ
1998	23,1	2,4	24,4	20,9	46,2	55,3	90,7	45,6	137	99,0	29,8	24,0	598,6
1999	11,1	38,0	25,4	60,1	61,9	96,6	76,1	70,1	55,2	22,2	58,8	35,7	611,2
2000	29,6	47,5	62,4	22,6	23,0	42,2	68,6	62,1	103,8	42,9	56,4	70,2	631,3
2001	11,7	11,6	23,3	30,5	16,0	41,8	114,8	53,9	127,4	5,9	-	-	436,9

## 9.2. Ergebnisse der einzelnen Versuchsflächen

### 9.2.1. Versuchsfläche 1

#### Kartoffel 1999

Die beiden Kleinlysimeteranlagen auf Versuchsfläche 1 lieferten etwas unterschiedliche Sickerwassermengen. Werden die Summen der Sickerwassermengen des Jahres 1999 verglichen, so fallen Mengen zwischen 39 mm für die Meßstelle 1a und 60 mm für 1b an. Die Spitzenwerte waren auf Starkregenereignisse bzw. auch auf die beiden für die Meßstellen relevanten Berechnungen zurückzuführen. 1999 wurden nach der Begrünungsvariante 98/99 nur 0,9 bzw. 2,5 kg Stickstoff pro Hektar ausgewaschen.

#### Winterweizen 2000

Im Jahr 2000 lieferten die beiden Kleinlysimeteranlagen auf Versuchsfläche 1 annähernd gleiche Sickerwassermengen. Die Sickerwassermengen des Jahres fallen mit 36 mm für die Meßstelle 1a und 38 mm für 1b an. 2000 wurden 2,6 bzw. 7,8 kg Stickstoff pro Hektar ausgewaschen.

#### Zuckerrübe 2001

Die Sickerwassermengen des Jahres 2001 fallen mit 10 mm für die Meßstelle 1a und 6 mm für 1b gering aus. Bis November 2001 wurden 0,1 kg Stickstoff pro Hektar ausgewaschen. Hier wirkten sich die gut entwickelte Winterbegrünung 2000/2001 (Sommer, Winterbegrünung 20.8.2000 bis 15.2.2001), die sehr kleinen Sickerwassermengen und das niederschlagsarme Frühjahr aus.

### 9.2.2. Versuchsfläche 2

#### Karotte 1999

Am Standort 2a fielen 1999 65 mm und am Standort 2b 48 mm Sickerwasser an. Zwei Sickerwasserspitzen waren, durch zuvor gefallene Niederschläge ausgelöst, zu beobachten. Die Nitratkonzentrationen waren trotz der wenig entwickelten Zwischenbegrünung 98/99 unter 50 mg/l. Auf der Versuchsfläche 2 wurden 1999 unter 2a 5 kg, unter 2b 0,7 kg Stickstoff pro Hektar ausgetragen. Am Standort 2a und 2b waren somit deutliche Unterschiede in Menge und Eintritt der Stickstoffauswaschung zu erkennen. An dieser Meßstelle finden sich auch an

den beiden Wiederholungen im Bodenprofilaufbau unterschiedliche Bodenarten mit deutlichen Differenzen im Sandanteil.

#### **Sommergerste 2000**

Am Standort 2a fielen 2000 78 mm und am Standort 2b 28 mm Sickerwasser an. Es wurden 2000 unter 2a 10,4 kg, unter 2b 5,8 kg Stickstoff pro Hektar ausgetragen. Am Standort 2a und 2b waren Unterschiede in Menge und Beginn der Stickstoffauswaschung zu erkennen. Die Nitratkonzentrationen waren höher als im Vorjahr, vermutlich wegen des schütterten Bestands der Sommergerste. Es wurden höhere N<sub>min</sub> Gehalte festgestellt.

#### **Zwiebel 2001**

Am Standort 2a fielen 2001 69 mm und am Standort 2b 80 mm Sickerwasser an. Auf der Versuchsfläche wurden unter 2a 16,9 kg, unter 2b 20,4 kg Stickstoff pro Hektar ausgetragen. Am Standort waren somit deutliche die Einflüsse der Zwiebel in der Stickstoffauswaschung zu erkennen.

### **9.2.3. Versuchsfläche 3**

#### **Sommergerste 1999**

Die Feldmeßstelle 3 zeichnete sich durch regelmäßige, wöchentliche Sickerwassermengen aus. So ergaben sich an diesem Standort Summen von 51 bis 69 mm. Die Stickstoffausträge der Sommergerste auf der Versuchsfläche 3 lagen 1999 gesamt zwischen 2,1 und 3,5 kg/ha. Auch während der Sommermonate fielen nach der Ernte Austräge in geringerem Ausmaß an. Die Konzentrationen waren mit 18 bis 22 mg/l niedrig.

#### **Zwiebel 2000**

Die Feldmeßstelle 3 zeichnete sich durch regelmäßige, wöchentliche Sickerwassermengen aus, es ergaben sich an diesem Standort Summen von 208 bis 212 mm. Diese sehr hohen Mengen wurden vermutlich durch die intensive Beregnung von über 300 mm verursacht. In die Zeit der Beregnung fielen auch bedeutende Sickerwassermengen im Feldlysimeter – welches zu Vergleichszwecken eingebaut wurde - an. Die Stickstoffausträge der Zwiebel auf der Versuchsfläche 3 lagen 2000 gesamt zwischen 16 und 65 kg N/ha. Die durchschnittlichen Nitratkonzentrationen lagen zwischen 34 und 138 mg/l.

#### **Kartoffel 2001**

Auch 2001 zeichnete sich Feldmeßstelle 3 wiederum durch regelmäßige, wöchentliche Sickerwassermengen aus, es ergaben sich Summen von 127 bis 117 mm. Die Stickstoffausträge der Kartoffel auf der Versuchsfläche 3 lagen 2001 gesamt zwischen 40 und 63 kgN/ha. Die höchsten Stickstoffausträge fielen im Frühjahr – Folgewirkung nach Zwiebel - an. Die Nitratkonzentrationen waren mit über 150 bzw. 220 mg/l besonders hoch.

### **9.2.4. Versuchsfläche 4**

#### **Zwiebel 1999**

Die Versuchsfläche 4 zeichnete sich 1999 durch ein spätes Einsetzen der Versickerungsperiode aus, die dann aber über den Untersuchungszeitraum anhielt. Da bis zur 11. Woche dieses Jahres der angelegte Unterdruck nicht stabil blieb, wurde eine solarbetriebene Vakuumeinheit installiert. Die beiden Spitzen der Versickerung waren zum Einen auf Niederschläge, zum Anderen auf Bewässerung zurückzuführen. Die



Sickerwassermengen betragen 38 mm und 29 mm. Auf der Meßstelle 4 wurden 1999 in Summe 3,5 kg/ha bzw. 3,8 kg/ha Stickstoff ausgewaschen. Die wöchentlichen Austragsmengen waren nach der Winterbegrünung und während des Fruchtbestandes (Zwiebel) generell etwas niedriger als nach der Ernte.

#### **Kartoffel 2000**

Auf Versuchsfläche 4 war 2000 die Versickerung zum Einen auf Niederschläge, zum Anderen auf Bewässerung zurückzuführen. Die Summen der Versickerung betragen 23 mm und 18 mm, und lagen somit im untersten Bereich der diesjährigen Versickerungssummen. Auf der Meßstelle 4 wurden in Summe wegen der sehr hohen Nitratkonzentrationen 21,7 kg/ha bzw. 11,9 kg/ha Stickstoff ausgewaschen. Die wöchentlichen Austragsmengen waren nach der voll entwickelten Winterbegrünung 1999/2000 (Winterbegrünung vom 30.9.1999 bis 15.3.2000) und während des voll entwickelten Fruchtbestandes generell ein wenig niedriger.

#### **Winterweizen 2001**

Auf der Versuchsfläche 4 war 2001 die Sickerwassermenge sehr gering. Die Summen der Versickerung betragen lediglich 5 mm und 3 mm, und lagen somit abermals im untersten Bereich im Vergleich mit den anderen Feldmessstellen. Unter Winterweizen wurden in Summe 5,8 kg/ha bzw. 2,2 kg/ha Stickstoff bei sehr hohen Nitratkonzentrationen ausgewaschen.

### **9.2.5. Versuchsfläche 5**

#### **Zuckerrübe 1999**

Die Sickerwassermengen der Meßstellen 5a und 5b waren mit 58 bzw. 70 mm am höchsten im Vergleich zu den anderen 10 Feldmessstellen. Nach der Schneeschmelze stiegen die Sickerwassermengen im Frühjahr an. Nach der 14. Woche konnte jedoch der Unterdruck wegen Lufteintritt nicht aufrechterhalten werden und erforderte somit das Installieren der automatischen Vakuumeinheit. Trotzdem wurde über die sommerliche Vegetationsperiode der Zuckerrübe kaum noch Sickerwasser gewonnen. Auf Meßstelle 5 sind Unterschiede in den Austragsmengen zu erkennen, obwohl die Sickerwassermengen in etwa gleich waren. Gesamt wurden bis 2,7 kg bzw. bis 5,9 kg/ha Stickstoff ausgetragen. Mit der fortschreitenden Entwicklung der Zuckerrübenpflanzen sank der Austrag jedoch rasch ab.

#### **Karotte 2000**

Mit 129 mm Jahresversickerung lag zumindest die Meßstelle 5a im Jahr 2000 höher als der Durchschnitt. Die geringen Mengen von 37 mm auf 5b sind durch ein technisches Gebrechen im Frühjahr zu erklären. Die Sickerwassermengen stiegen im Frühjahr allmählich an, und hielten sich bedingt durch die Bewässerung über die sommerliche Vegetationsperiode der Karotte. Auf Meßstelle 5 sind deutliche Unterschiede in den Stickstoffaustragsmengen zu erkennen, wie auch die Sickerwassermengen ungleich waren. Gesamt wurden 14,6 kg bzw. 2,1 kg/ha Stickstoff ausgetragen. Mit fortschreitender Entwicklung der Pflanzen sank der N-Austrag ab. Die Nitratkonzentrationen lagen hier knapp unter 50 mg/l.

#### **Sommergerste 2001**

Die Sickerwassermengen im Jahr 2001 lag an Meßstelle 5a und b bei 17 mm und bei 5 mm. Die geringen Mengen sind durch die geringen Niederschläge im Frühjahr bedingt. Auf Meßstelle 5 sind deutliche Unterschiede in den Austragsmengen zu erkennen, wie auch die

Sickerwassermengen sehr ungleich waren. Gesamt wurden bis 2,9 kg/ha Stickstoff auf Messstelle 5a ausgetragen.

### **9.2.6. Versuchsfläche 6**

#### **Winterweizen 1999**

Die Sickerwassermengen fielen in die Winter/Frühjahrsperiode. Starke Regenereignisse im Frühjahr führten zum Auftreten von Sickerwasserspitzen mit bis zu 20 mm pro Woche. Die Summen der Sickerwassermengen betragen 31 bzw. 57 mm. Unter dem Winterweizen auf Messstelle 6 verhielt es sich ähnlich wie bei der Zuckerrübe (Messstelle 5). Beginnend im Winter, mit sehr geringen Austrägen, stieg dieser ab der Schneeschmelze laufend an, und erreichte dann eine Gesamtsumme von 9,2 bzw. 16,8 kg N/ha. Ein besonders starker Austrag konnte mit dem Auftreten der Sickerwasserspitzen beobachtet werden.

#### **Zuckerrübe 2000**

Auch 2000 zeigte sich am Standort 6 deutlich eine Sickerwasserperiode im Frühjahr und ein sommerliches Aussetzen der Versickerung. Regenereignisse im Frühjahr verstärkten den Sickerwasseranfall. Die Summen der Sickerwassermengen betragen 28 bzw. 43 mm und lagen leicht unter dem Durchschnitt. Unter der Zuckerrübe auf Meßstelle 6 erreichte die Austragssumme Werte von 4,6 bzw. 6,4 kg N/ha. Die Nitratkonzentrationen lagen bei 50 mg/l.

#### **Karotte 2001**

2001 zeigten sich am Standort 6 Sickerwassermengen mit 14 bzw. 48 mm. An Meßstelle 6 erreichte Stickstoffaustrag 0,7 bzw. 3,4 kg N/ha. Die Nitratkonzentrationen unter der Karotte lagen diesmal über 50 mg/l.

### **9.3. Einfache Stickstoffbilanz**

Aufgrund der bisher angeführten Ergebnisse, einer angenommenen Mineralisation und unter Einbeziehung des Nitratgehaltes von Niederschlags- und Beregnungswasser können in der folgenden Tabelle vereinfachte Stickstoffbilanzen aufgestellt werden. Als mineralisierter Stickstoff wurde für die oberen Bodenschichten (bis 30 cm) ein Prozent des Gesamtstickstoffgehaltes angesetzt (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1982). Es wurden somit für 1999 jährliche Mineralisierungsmengen zwischen 68 und 105 kg/ha festgestellt. Für 2000 wurden jährliche Mineralisierungsmengen zwischen 72 und 99 kg/ha, und für 2001 wurden jährliche Mineralisierungsmengen zwischen 81 und 104 kg/ha festgestellt. Als durchschnittliche Nitratkonzentrationen im Beregnungswasser wurden 25 ppm zugrundegelegt. Als nasse und trockene Desposition von Stickstoffkomponenten wurden 10 kgN/ha angesetzt.

Für die Ermittlung der Stickstoffentzüge wurde der Stickstoffgehalt der Ernte im Labor ermittelt bzw. zum Vergleich auf Literaturdaten zurückgegriffen (RUHRSTICKSTOFF AG, 1988) und auf den Gesamtertrag umgerechnet. Nicht berücksichtigt wurde der  $N_{\min}$ -Vorrat zu Beginn und Ende der Vegetationsperiode. Ebenso wurde eine bakteriologische Stickstofffixierung (Leguminosen) und gasförmige Stickstoffverluste in dieser einfachen Bilanz nicht berücksichtigt.

Für jede Meßstelle und jedes Versuchsjahr läßt sich die Bilanz erstellen, indem die Stickstoffeinträge aus Niederschlag, Bewässerung, Düngung und Mineralisierung addiert und von dieser Summe die Stickstoffentzüge durch die Pflanzen und der Austrag subtrahiert werden. Für die Stickstoffentzüge durch die Pflanzen wurden auch nur jene Gehalte der Pflanzenteile berechnet, die durch die Ernte nicht auf den Feldern verblieben sind.

Tab. 9.6 Stickstoffbilanzen der sechs Versuchsflächen im Jahre 1999

Meßstelle	1	2	3	4	5	6
Frucht	Kartoffel	Karotte	S. Gerste	Zwiebel	Zuckerrübe	W. Weizen
Stickstoffeinträge [kg/ha] 1999						
Niederschlag	10	10	10	10	10	10
Bewässerung	3	10	0	5	4	0
Düngung	115	58	57	113	96	89
Mineralisierung	94	68	99	104	104	105
Stickstoffentzüge [kg/ha] 1999						
Pflanzenentzug	125	69	78	96	154	140
Austrag	2	3	2	3	5	13
Bilanz [kg/ha] 1999						
BILANZ	96	74	87	133	55	51

Die für alle Meßstellen durchgeführten Bilanzen zeigen in Jahr 1999 ein positives Ergebnis. Das bedeutet, das mehr Stickstoff in den Boden eingebracht wurde als durch Pflanzenentzug bzw. Austrag entzogen wurde. Die von 51 bis 133 kg/ha abweichenden Stickstoffwerte sind auf Verluste durch Stickstoffausgasung und auf die, parallel zur Mineralisierung, ablaufende Immobilisierung zu interpretieren.

Tab. 9.7 Stickstoffbilanzen der sechs Versuchsflächen im Jahre 2000

Meßstelle	1	2	3	4	5	6
Frucht	W. Weizen	S. Gerste	Zwiebel	Kartoffel	Karotte	Zuckerrübe
Stickstoffeinträge [kg/ha] 2000						
Niederschlag	10	10	10	10	10	10
Bewässerung	0	0	18	5	11	8
Düngung	47	50	54	54	50	91
Mineralisierung	90	72	99	99	99	99
Stickstoffentzüge [kg/ha] 2000						
Pflanzenentzug	96	73	99	187	153	209
Austrag	5	8	32	17	8	6
Bilanz [kg/ha] 2000						
BILANZ	46	51	50	-36	9	-7

Für das Jahr 2000 zeigt sich schon, mit im Schnitt weitaus geringeren Werten, eine etwas andere Bilanz im vereinfachten Stickstoffhaushalt. Im Frühjahr waren die gemessenen Nmin-Werte insbesondere an Messstelle 1 mit 147 kg/ha und an Messstelle 4 mit über 200 kg/ha sehr hoch gewesen. Dementsprechend wurde die aufzubringende Düngemenge auf diesen Versuchsflächen, und auch bei der Zwiebel wegen der erwarteten hohen Konzentrationen im Bodenwasser, um die Hälfte reduziert, was im Fall der Kartoffel zu dem deutlich negativen Bilanzwert geführt haben dürfte.

Tab. 9.8 Stickstoffbilanzen der sechs Versuchsflächen im Jahre 2001

Meßstelle	1	2	3	4	5	6
Frucht	Zuckerrübe	Zwiebel	Kartoffel	Winterweizen	Sommergerste	Karotte
Stickstoffeinträge [kg/ha] 2000						
Niederschlag	8	8	8	8	8	8
Bewässerung	11	11	5	0	0	13
Düngung	113	84	0	76	59	84
Mineralisierung	95	81	99	104	104	104
Stickstoffentzüge [kg/ha] 2000						
Pflanzenentzug	69	116	139	137	105	84
Austrag	1	19	52	4	3	2
Bilanz [kg/ha] 2000						
BILANZ	157	49	-79	47	63	123

Im Jahr 2001 zeigen sich wiederum geringe Werte mit Ausnahme der Karotte und der Zuckerrübe in der vereinfachten Bilanzierung des Stickstoffhaushalts. Im Frühjahr waren die zweifach gemessenen N<sub>min</sub>-Werte an Messstelle 3 mit 227 kg/ha im März und April außerordentlich hoch gewesen. Dementsprechend wurde hier auf dieser Versuchsfläche keine Düngemenge aufgebracht, und bei der Zwiebel wegen der wieder zu erwarteten hohen Konzentrationen im Bodenwasser etwas reduziert. Im Fall der Kartoffel ist es zu noch deutlicheren, negativen Bilanzwerten gekommen.

#### 9.4. Zusammenstellung der Ergebnisse

Im folgenden werden die Ergebnisse der sechs Fruchtfolgen gegenübergestellt. Die Tabellen 9.3 bis 9.5 zeigen eine Gegenüberstellung der wichtigsten Ergebnisse, die im Untersuchungszeitraum von 1999 bis 20001 gewonnen wurden.

Tab. 9.3 Zusammenstellung des Stickstoffaustrages, der Sickerwassermengen und der mittleren Nitratkonzentrationen des Jahres 1999

Feldmessstelle 1999	Austrag	Sickerwassermenge	Mittl.NO <sub>3</sub> Konz.
<b>1a Kartoffel</b>	0,9	39	10
<b>1b Kartoffel</b>	2,5	60	19
<b>2a Karotte</b>	5,0	65	34
<b>2b Karotte</b>	0,7	48	7
<b>3a Sommergerste</b>	3,5	69	22
<b>3b Sommergerste</b>	2,1	51	18
<b>4a Zwiebel</b>	3,5	38	41
<b>4b Zwiebel</b>	3,8	29	58
<b>5a Zuckerrübe</b>	2,7	58	21
<b>5b Zuckerrübe</b>	5,9	70	37
<b>6a Winterweizen</b>	9,2	31	131
<b>6b Winterweizen</b>	16,8	57	131

Tab. 9.4 Zusammenstellung des Stickstoffaustrages, der Sickerwassermengen und der mittleren Nitratkonzentrationen des Jahres 2000

Feldmessstelle 2000	Austrag	Sickerwassermenge	Mittl.NO <sub>3</sub> Konz.
<b>1a Winterweizen</b>	2,6	36	32
<b>1b Winterweizen</b>	7,8	38	91
<b>2a Sommergerste</b>	10,4	78	59
<b>2b Sommergerste</b>	5,8	28	92
<b>3a Zwiebel</b>	64,6	208	138
<b>3b Zwiebel</b>	16,2	212	34
<b>4a Kartoffel</b>	21,7	23	418
<b>4b Kartoffel</b>	11,9	18	293
<b>5a Karotte</b>	14,6	129	50
<b>5b Karotte</b>	2,1	37	25
<b>6a Zuckerrübe</b>	4,6	28	73
<b>6b Zuckerrübe</b>	6,4	43	66

Tab. 9.5 Zusammenstellung des Stickstoffaustrages, der Sickerwassermengen und der mittleren Nitratkonzentrationen des Jahres 2001

Feldmessstelle 2001	Austrag	Sickerwassermenge	Mittl.NO <sub>3</sub> Konz.
<b>1a Zuckerrübe</b>	0,1	10	3
<b>1b Zuckerrübe</b>	0,1	6	8
<b>2a Zwiebel</b>	16,9	69	109
<b>2b Zwiebel</b>	20,4	80	113
<b>3a Kartoffel</b>	63,1	127	220
<b>3b Kartoffel</b>	40,3	117	153
<b>4a Winterweizen</b>	5,8	5	514
<b>4b Winterweizen</b>	2,2	3	377
<b>5a Sommergerste</b>	2,9	17	77
<b>5b Sommergerste</b>	0,0	5	0
<b>6a Karotte</b>	0,7	14	22
<b>6b Karotte</b>	3,4	48	31

1999 sind auf den Meßstellen im Durchschnitt 51 mm versickert. Die etwas höheren Sickerwassermengen am Standort 5 waren auf den Zuckerrübenanbau und der damit verlängerten Schwarzbrache und den verzögerten Wasserentzug im Frühjahr zurückzuführen. Durch die Beregnung ist es nicht zu einer Erhöhung der Sickerwassermengen gekommen. Ist der Zuckerrübenbestand einmal bodendeckend, unterbindet er den Sickerwasseranfall.

An den Kleinlysometern der Meßstellen sind 2000 im Durchschnitt 73 mm versickert. Die etwas höheren Sickerwassermengen des Standortes 3 und 5a waren auf die intensive Beregnung bei der Zwiebel zurückzuführen. Unter 5b mußte im Frühjahr 2000 das Kleinlysometer abgeschaltet werden, dieser Umstand ist eine Ursache für den unterschiedlichen Sickerwasseranfall an Meßstelle 5.

Im Jahr 2001 sind auf den Versuchsflächen im Durchschnitt 42 mm versickert. Die niedrigen Sickerwassermengen der Standorte waren besonders auf der Zuckerrübenfläche und den Getreideflächen markant. Durch die Beregnung ist es zumindest unter der Kartoffel und der Zwiebel zu einer höheren Sickerwassermenge gekommen. Generell gesehen sind aber 2001 die Sickerwassermengen aller Standorte, auch auf den Flächen mit Beregnung, zurückgegangen, was die sehr ungünstige Niederschlagsverteilung im Jahr 2001 erklärt. Unter 5b mußte das Kleinlysometer wiederum zeitweise abgeschaltet werden, und ist die Ursache für den unterschiedlichen Sickerwasseranfall an Meßstelle 5. Unter 5b konnte auch kein Austrag gemessen werden wegen des Ausfalls der Saugkerzen in 105cm Tiefe.

Die Sickerwassermenge 2000 aus dem Feldlysometer erreichte in Summe knapp 84 mm. In den Kleinlysometern wurden etwa 210 mm aufgefangen. Die höhere Menge im Feldlysometer im Vergleich zum Vorjahr wurde durch intensive Bewässerung während eines kurzen Zeitraumes verursacht, in dem mehr als 10 mm pro Woche anfielen. Im selben Zeitraum wurden in den Kleinlysometern etwa 60 mm aufgefangen.

Die Sickerwassermenge 2001 aus dem Feldlysometer erreichte in Summe 68 mm. Im selben Zeitraum wurden in den Kleinlysometern etwa 122 mm aufgefangen. Im Jahr 2001 fiel das ganze Jahr über Sickerwasser aus dem Feldlysometer an, die Mengen waren aber bis auf zwei Wochenwerte nicht sehr hoch. Hier dürfte sich die höhere Speicherkapazität des Bodens an dieser Messstelle ausgewirkt haben.

Die mittlere Nitratkonzentration kann als Maß für die Belastung eines Grundwasserkörpers über einen vorgegebenen Zeitraum betrachtet werden, da auch im Grundwasser Stoffbelastungen in Konzentrationen angegeben werden. Diese berechnet sich aus der Division des Stickstoffaustrages durch die Sickerwassermenge. Während der Versuchsperiode 1999 wurden unter Kartoffel, Karotte, Sommergerste, Zwiebel und Zuckerrübe mittlere Nitratkonzentrationen gemessen, die sich im Schnitt knapp unter 50 mg/l bewegten. Die mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der Ackerfläche unter Winterweizen lagen 1999 mit 131 mg/l deutlich über den Grenzwerten für Nitrat (50 mg/l). Die Versickerung trat nur im Winter und Frühjahr auf.

Während der Versuchsperiode 2000 wurden nur unter Karotte mittlere Nitratkonzentrationen gemessen, die sich im Schnitt unter 35 mg/l bewegten. Die mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der Ackerfläche unter Winterweizen, Sommergerste, Zwiebel und Zuckerrübe lagen 2000 mit etwa 60 bis 95 mg/l über den Grenzwerten für Nitrat im Trinkwasser. Die Tiefenversickerung fand wie im Fall der Zwiebel nicht nur im Winter und Frühjahr statt. Unter Kartoffel lag die mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser deutlich höher. In diesem Fall zeigten sich auch deutliche Unterschiede in den beiden Wiederholungen.

Während des Jahres 2001 wurden nur unter Sommergerste, Zuckerrübe und Karotte mittlere Nitratkonzentrationen gemessen, die sich im Schnitt unter 50 mg/l bewegten. Die mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der Ackerfläche unter, Zwiebel und Kartoffel lagen 2001 deutlich über den Grenzwerten für Nitrat. Die Versickerung trat bei der Zwiebel und der Kartoffel fast über das ganze Jahr auf. Unter Winterweizen waren die mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser auch hoch. Der N-Austrag blieb jedoch wegen der geringen Wassermengen gering.

## **9.5. Schlußfolgerungen**

### **1999**

Das erste Versuchsjahr zeigte teilweise etwas geringere Sickerwassermengen als in den vorangegangenen Versuchsjahren. Beim Stickstoffaustrag wurden jedoch, mit Ausnahme des Winterweizen sehr niedrige Austräge gemessen. Die gemüsebetonte Fruchtfolge fällt durch erhöhte Nitratkonzentrationen des Bodenwassers in den oberen Schichten, aber zunächst noch mit niedrigeren N-Austrägen, zumindest bis in den Herbst, auf.

Im Bereich der Fruchtfolgeflächen mit Zwischenbegrünung waren im Sickerwasser durchschnittlich sehr niedrige Nitratkonzentrationen gemessen worden. Eine Ausnahme bildete Meßstelle 6. Die Zwischenbegrünung wurde überall bis auf Meßstelle 2 termingerecht angebaut.

### **2000**

Generell zeigte das zweite Versuchsjahr mit Ausnahme der stark bewässerten Flächen (Zwiebel, Karotte) etwas geringere Sickerwassermengen als das erste Versuchsjahr. Beim Stickstoffaustrag wurden, mit Ausnahme der Feldmeßstelle 6 (Winterweizen 1999, Zuckerrübe 2000), höhere Austräge gemessen. Die gemüsebetonte Fruchtfolge fällt wiederum durch erhöhte Nitratkonzentrationen des Bodenwassers in den oberen Schichten, und auch durch höhere N-Austräge auf.



Im Bereich der Fruchtfolgefläche mit der Zwischenbegrünung in der Fruchtfolge (Zwiebel 1999, Phazelia 1999/2000, Kartoffel 2000) waren im Sommer in den Sickerwassermengen bedeutend hohe Nitratkonzentrationen gemessen worden, die auf Grund der heranwachsenden Begrünung wieder absanken. Die Zwischenbegrünung dürfte zumindest einen Beitrag zur Reduzierung des Stickstoffgehaltes im Bodenwasser liefern, der pflanzenverfügbare Stickstoff in tieferen Schichten konnte aber nicht gebunden und wirkte sich unter der Folgefrucht aus. Die Zwischenbegrünung wurde Ende März 2000 umgebrochen. Während des Kartoffelbestandes wurden wieder sehr hohe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser gemessen.

## 2001

Im dritten Versuchsjahr wird allmählich erkennbar, daß die stark bewässerten Flächen der Gemüsefruchtfolgen bei großem Sickerwasseranfall einen hohen Stickstoffaustrag aufweisen, vor allem die Zwiebel und in Folge die Kartoffel. Bei der Karotte waren, zumindest bei kleineren Beregnungsmengen, und als Folgefrucht der Zuckerrübe wesentlich geringere Austräge gemessen worden. Auch die lange Grünbedeckung durch die Karotte bis zur Ernte ist von Bedeutung.

Einen bedeutenden Beitrag zur Reduzierung des Stickstoffgehaltes im Bodenwasser lieferte die Zwischenbegrünung bei den Fruchtfolgen im Bereich der Meßstellen 1 (Sommergerste 2000 - Phazelia 2000 - Zwiebel 2001) und 2 (Winterweizen 2000 - Phazelia 2000 - Zuckerrübe 2001). Die Zwischenbegrünung wurde im Dezember 2000 gehäckselt.

Die gemüsebetonte Fruchtfolge auf Messstelle 3 (Zwiebel - Kartoffel) fiel durch erhöhte Nitratkonzentrationen des Bodenwassers in den oberen Schichten, und in Folge durch höhere N-Austräge nach der Ernte und im Folgejahr auf.

Die regelmäßige, genaue Kontrolle des pflanzenverfügbaren Stickstoffvorrates im Boden erwies sich als nützlich, um einerseits Mangel (Winterweizen 1999), und Überschüsse (Zwiebel - Kartoffel) festzustellen.

ÖPUL Maßnahmen im Getreidebau mit oberen Grenzwerten bezüglich Düngegabemengen und Begrünungsvarianten bzw. Mulchungen haben eine gewisse positive Auswirkung gezeigt. Die Austräge wurden im Folgejahr abgeschwächt.

Die Beregnungsmengen sollten ausgewogen sein, sie trugen wesentlich zu erhöhter Sickerwasserbildung und somit zu verstärktem Austrag bei.

## 10. LITERATURVERZEICHNIS

- AMBERGER, A. 1993: *Pflanzenernährung UTB*. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- BGBL. Nr. 32/1964: *Wasserwirtschaftliche Rahmenverfügung für das Marchfeld*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft
- BGBL. Nr. 32/1964: *Wasserwirtschaftliche Rahmenverfügung für das Marchfeld*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft
- BGBL. Nr. 502 1991: *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft betreffend Schwellenwerte und Grundwasserinhaltsstoffe* (Grundwasserschwellenwertverordnung GSwV)
- BGBL. Nr. 557 1989: *Verordnung des Bundesministers für Gesundheit und öffentlicher Dienst über den Nitratgehalt im Trinkwasser* (Trinkwasser-Nitratverordnung)
- CEPUDER, P., SAILER, CH. und TULLER, M. 1992: *Feldmeßstellen zur Erfassung des Nitrataustrages aus landwirtschaftlich genutzten Flächen*. Aus dem Journal für landwirtschaftliche Forschung, Die Bodenkultur, 43. Band, Heft 4, 295-306, Österr. Agrarverlag
- CEPUDER, P., E. KLAGHOFER, A. KLIK, B. HARTNER, M. TULLER und M. ROUBIN, 1993: *Abschlußbericht zum Teilprojekt 3 „Erfassung und Beschreibung von Wasser- und Stofftransportvorgängen in der ungesättigten Bodenzone“ des Forschungsprogramms „Schutz des Grundwassers in Tal- und Beckenlagen“*. Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, BOKU Wien, Dez. 1993
- HUBER, K. 1978: *Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung*, Bd. 3, OAW, Wien
- KASTANEK, F. 1994: *Wassergehaltsmessung mit der Blockmethode*, Vortrag
- KAUPA H, PESCHL H, NEUDORFER W., HARREITHER H., ZAK Th., 1988: *Grundwasserbeweissicherung 1987-Quantität*. Errichtungsgesellschaft Marchfeldkanal, Unveröffentlichter Bericht
- KURZ, 1991: *Ermittlung der Wassergüte der Oberflächengewässer und des Grundwassers im Marchfeld unter besonderer Berücksichtigung des Nitratgehaltes*. Diplomarbeit am Inst. f. Siedlungswasserbau und Gewässergüte, Universität für Bodenkultur, Wien
- MURER, E. 1995: *Wassergütee Erfassung in der ungesättigten Bodenzone Ergebnisbericht aus dem Grundwassersanierungs-Pilotprojekt „Obere Pettenbachrinne“*, OÖ Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft Band 1 Oktober 1995
- MONTEITH, J.L. 1973: *Principles of Environmental physics*. Arnold Press, London
- NEUDORFER, W. 1993: *Konzept für die Verordnung eines Grundwassersanierungsgebietes*. Betriebsgesellschaft Marchfeldkanal, Wien
- ÖBK, 1976: *Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25000, Kartierungsbereich Groß-Enzersdorf*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien
- ÖNORM L1063, 1988: *Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit in gesättigten Zylinderproben*. Österreichisches Normungsinstitut, Wien
- ÖNORM L1065, 1988: *Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit in gesättigten Zylinderproben*. Österreichisches Normungsinstitut, Wien
- ÖNORM L1068, 1988: *Bestimmung der Dichte von Böden*. Österreichisches Normungsinstitut, Wien
- PENMAN, H.L. 1948: *Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. Proc. R. Soc. London 193: 120-146
- PETRI, H. 1991: *Nitrat und Nitrit* (Beitrag in *Die Trinkwasserverordnung*), 3. neubearbeitete Auflage. Erich Schmidt Verlag, Berlin
- PESSL INSTRUMENTS GesmbH: *Sentek Enviromental Innovations ENVIRO SCAN*
- PIRRINGER, H. 1990: *Fruchtfolge-Versuch Marchfeld*. Förderungsdienst 9/1990

- ROSSMAN, H. 1990: *Wasserrechtsgesetz 1959 in der Fassung der Wasserrechtsgesetz-Novelle 1990*. Verlag der Österreichischen Staatsdruckerei, Wien
- ROHMANN, U. und SONTHEIMER, H. 1985: *Nitrat im Grundwasser* DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe
- RUHRSTICKSTOFF AG, 1988: *Faustzahlen für Landwirtschaft & Gartenbau*. 11. Auflage, Verlagsunion Agrar, Bochum 1988
- SCHEFFER, B. 1985: *Stickstoffumsetzungen im Boden* DVWK-Schriftenreihe, Nr 73, Bodennutzung und Nitratustrag, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
- SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHABEL, P. 1992: *Lehrbuch der Bodenkunde*. 13. durchgesehene Auflage, Enke Verlag, Stuttgart
- SELIGMAN, N.G. und VAN KEULEN, H. 1981: *PAPRAN: A simulation model of annual pasture production limited by rainfall and nitrogen*. pp. 192-221 In M.J. Frissel and J.A.van Veen, eds., Simulation of Nitrogen Behavior of Soil-Plant Systems, Proc. Workshop, Wageningen, Jan.-Feb. 1980.
- SHARPLEY, A.N und WILLIAMS, J. R. eds. 1990: *EPIC-Erosion/Productivity Impact Calculator, Model Documentation*. US-Department of Agriculture Technical Bulletin Number 1768
- SIMULTEC, D. 1989: *Instationäres Grundwassermodell-Aufbau, Eichung und Sensitivität*. Errichtungsgesellschaft Marchfeldkanal, Meilen
- TULLER, M. 1993: *Wasserhaushalt und Stofftransport in einem tiefgründigen Boden im Leibnitzer Feld*. Diplomarbeit am Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, BOKU Wien, Feb. 1993
- UNITED STATES SOIL CONSERVATION SERVICE, 1971: *SCS National Engineering Handbook "Drainage of agricultural land"*, Washington D.C.
- W-BAUMER; 1989: *Predicting Unsaturated Hydraulic Parameter* in: Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils, edited by van GENUCHTEN M., LEIJF.J.UC-Riverside

# **ANHANG**

## **Fotografische Dokumentation**

Die folgenden Fotografien sollen Instandsetzungen und Verbesserungsarbeiten, die Errichtung des Feldlysimeters, sowie den Betrieb der Feldmeßstellen dokumentieren und veranschaulichen. Einige ausgewählte Beispiele zeigen die unterschiedliche Bodenbedeckung während des Jahres 1999.

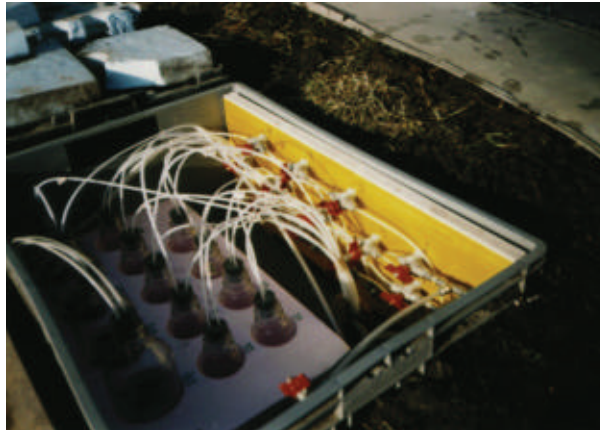


Abb. 1 Ansicht einer wiederhergestellten Meßstelle

Nach beinahe zweijährigem Aussetzen der Meßstellenbetreuung mußten die bereits 1992 installierten Anlagenteile teilweise erneuert und ausgebessert werden. Vor allem die Amaturenbretter und die Einsätze für die Sammelbehälter waren unbrauchbar geworden.



Abb. 2 Bau des Witterungsschutzes für die betriebsfertigen Anlagen

Der ursprüngliche Witterungsschutz war ineffizient geworden. Vor allem Oberflächenwasser und Frost konnten nicht abgehalten werden, zudem waren die veralteten Blechhauben optisch sehr unansehnlich.

Zur Isolierung gegen ungünstige Temperatureinflüsse fanden Styrodurplatten, die rund um die bestehende Anlage eingegraben bzw. in Form einer passenden Einzelplatte aufgelegt wurden, Anwendung. Der Außenschutz wird durch eine aus Verschalungsbrettern gezimmerte Holzkiste gewährleistet.



Abb. 3 zeigt die Außenansicht einer erneuerten Meßstelle.



Abb. 4 Betriebsfertige Anlage mit solarbetriebener Vakuumeinheit 1999



Zur Absicherung der Daten wurden pro Versuchsfläche zwei getrennte Anlagen (a und b) errichtet. Die Saugleitungen der Keramikkerzen und die Kabel der Gipsblöcke werden von dem 10 m entfernten Entnahmeort in einem Hüllrohr in einer Tiefe von 45 cm in die Sammelkiste geleitet. In den Probenfläschchen werden die Sickerwasserproben aufgefangen. Mit den Manometern kann der Unterdruck in den Kesseln, welche sich neben den Kisten im Boden befinden, abgelesen werden. Jede Saugleitung kann einzeln abgesperrt werden. Dies verhindert, daß bei Trockenheit durch Lufteintritt das Unterdrucksystem der gesamten Anlage zusammenfällt.

Das Feldlysimeter wurde Mitte November 1998 eingebaut. Abb. 5 und 6 veranschaulichen die Methodik der Monolithgewinnung. Das Monolithentnahmegerät wurde abwechselnd durch seitliches Abgraben des Bodens und Eindrücken in die Tiefe getrieben. Mit einer Stahlblechplatte wurde der Monolith vom gewachsenen Boden getrennt und anschließend herausgehoben.



Abb. 5 Vortrieb des Monolithentnahmegeräts



Abb.6 Die Schneidplatte trennt den Monolithen ab

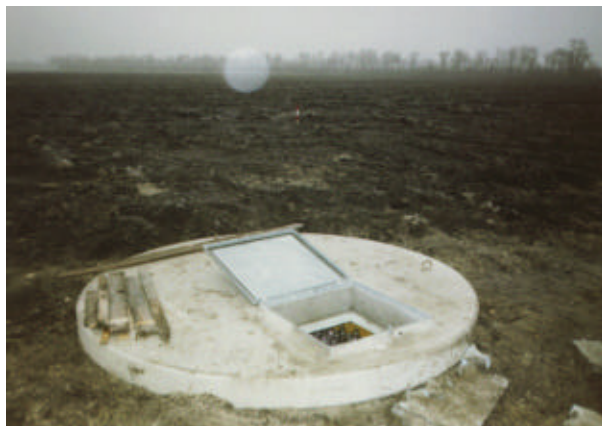


Abb.7 Ansicht der Lysimeteranlage: der Meßschacht, in dem sich auch die Meßelemente der Saugkerzenanlage befinden, und dahinter der Standort des Feldlysimeters (roter Pflock)



Abb. 8 Für die landwirtschaftliche Bodenbearbeitung muß der obere Stahlblechring des Lysimeters entfernt werden





Abb. 9 Feldmeßstelle 2 (Karotte) mit der solarbetriebenen Vakuumeinheit im Hintergrund

Mit einer tragbaren, batteriebetriebenen Vakuumpumpe (1) werden die Kessel einmal wöchentlich auf 0,4 bar Unterdruck evakuiert. Bei guter Durchfeuchtung des Bodens und gutem Kontakt mit der Saugkerze hält dieser Unterdruck eine Woche und garantiert somit ein kontinuierliches Auffangen des Sickerwassers im ungestörten Bodenbereich und im Kleinlysimeter.

Die folgenden Abbildungen sollen einen visuellen Eindruck über die Fruchtfolgen und deren Entwicklung auf den sechs Meßstellen ermitteln



Abb. 10 Feldmeßstelle 5 im Februar 1999 (Winterbegrünung vor Zuckerrübe)



Abb. 11 Bestand der Kartoffel im August 1999 (Meßstelle 1)

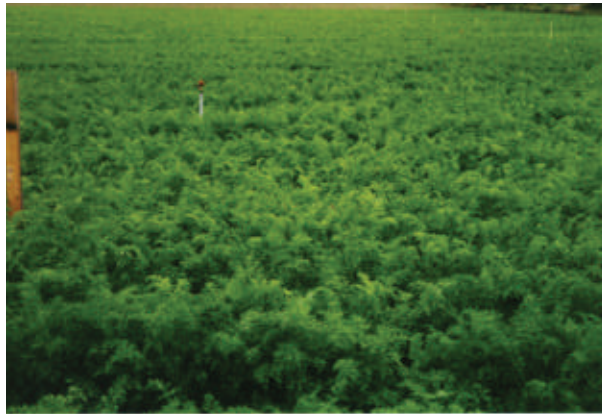


Abb. 12 Bestand der Karotte im August 1999 (Meßstelle 2)



Abb.13 Bestand der Sommergerste im Mai 1999 (Meßstelle 3)



Abb. 14 Bestand der Zwiebel im Mai 1999 (Meßstelle 4)



Abb.15 Bestand der Zuckerrübe Ende Juli 1999 (Meßstelle 5)



Abb.16 Bestand des Winterweizen Anfang Juni 1999 (Meßstelle 6)





Abb.17 Probennahme (1m<sup>2</sup>) bei der Sommergerste vor der Ernte im Juli



Abb.18 Der Winterweizen kurz vor der Ernte Ende Juli



Abb.19 Die Zwiebel Ende Juli vor der Ernte



Abb.20 Die Kartoffel bei der Ernte im September



Abb.21 Parzellenernte der Zuckerrübe Mitte Oktober





Abb.22 Parzellenernte bei der Karotte Ende Oktober

Die folgenden Fotografien zeigen ausgewählte Beispiele der unterschiedlichen Bodenbedeckung während des Jahres 2000.



Abb. 23 Feldmeßstelle 4 im Dezember 1999 (Winterbegrünung nach Zwiebel)



Abb. 24 Bestand der Sommergerste im trockenen Mai 2000 (Meßstelle 2)



Abb. 25 Bestand der Kartoffel im Mai 2000 (Meßstelle 4)