

Wirkung des  
stabilisierten N-Düngers ENTEC®  
in Feldversuchen  
Baden-Württembergs  
1998 - 2003

„ENTEK-Versuche“

Berichterstatter: Waldorf Nina, Schweiger Paul

Weiterhin verantwortlich für die Primärdaten:

LUFA Augustenberg  
SBA Donaueschingen  
IFUL Müllheim  
ALLB Offenburg

Herausgeber: Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim  
Kutschenweg 20  
76298 Rheinstetten

Titelfoto: Dr. Paul Schweiger

## Feldversuche mit ENTEC in Baden-Württemberg

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Einleitung .....  | 5  |
| 2     | Versuche zu Winterraps, Winterweizen und Wintergerste .....                           | 7  |
| 2.1   | Versuchsziele .....   | 7  |
| 2.2   | Versuche zur Systemanpassung in der Fruchtfolge WR-WW-WG .....                        | 7  |
| 2.2.1 | Winterraps .....  | 7  |
| 2.2.2 | Winterweizen .....  | 9  |
| 2.2.3 | Wintergerste .....  | 10 |
| 2.3   | Versuche zum Vergleich der N-Formen .....   | 12 |
| 2.3.1 | Wintergerste .....  | 12 |
| 2.3.2 | Winterraps .....  | 13 |
| 2.4   | Versuche zum Systemvergleich mit Winterweizen .....                                   | 15 |
| 2.4.1 | Versuchsjahr 2000 .....   | 15 |
| 2.4.2 | Versuchsjahr 2001 .....   | 17 |
| 2.5   | Versuche auf auswaschungsgefährdeten Standorten (2000-2002) .....                     | 19 |
| 2.5.1 | Winterweizen .....  | 19 |
| 2.5.2 | Wintergerste .....  | 20 |
| 2.5.3 | Körnermais .....  | 20 |
| 2.6   | Zusammenfassung .....   | 22 |
| 3     | Versuche zu Winterroggen .....  | 23 |
| 3.1   | Versuchsfrage und Versuchsdurchführung .....  | 23 |
| 3.2   | Wachstumsverhalten und Erträge .....  | 23 |
| 3.3   | Verlauf der N <sub>min</sub> -Werte und N-Bilanz .....                                | 23 |
| 3.4   | Zusammenfassung N-Versuche Winterroggen 1999 - 2000 .....                             | 24 |
| 4     | Versuche zu Körnermais .....  | 28 |
| 4.1   | ENTEC-Versuche zu Körnermais am IfUL Müllheim (1998 - 2002) .....                     | 28 |
| 4.1.1 | Versuchsfrage und Versuchsdurchführung .....  | 28 |
| 4.1.2 | Ausagen zu den Versuchsjahren .....   | 28 |
| 4.2   | ENTEC-Versuche zu Körnermais an der LAP Forchheim (2000 - 2003) .....                 | 38 |
| 4.2.1 | Versuchsbeschreibung .....  | 38 |
| 4.2.2 | Wachstumsverhalten und Erträge .....  | 39 |
| 4.2.3 | Verlauf der N <sub>min</sub> -Werte und N-Bilanz .....                                | 40 |
| 4.2.4 | Zusammenfassung der N-Düngungsversuche 2000 - 2003 .....                              | 42 |
| 5     | Versuche zu Spätkartoffeln .....  | 57 |
| 6     | Ableitung von Beratungsempfehlungen sowie ökologische und ökonomische Bewertung ..... | 60 |

## Tabellenverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Tab. 1: ENTEC-Düngemittel für den Ackerbau (Quelle: Firma Compo); (Gehalte in Prozent!) ..... | 6  |
| Tab. 2: Übersicht ENTEC-Düngungsversuche in Baden-Württemberg.....                            | 6  |
| Tab. 3: Kenndaten der Versuchsstandorte- Hohenlohe Standort I .....                           | 7  |
| Tab. 4: Erträge und Rohproteingehalte - Standort I .....                                      | 7  |
| Tab. 5: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort I .....   | 8  |
| Tab. 6: Erträge und Rohproteingehalte - Standort II .....                                     | 8  |
| Tab. 7: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort II .....  | 8  |
| Tab. 8: Erträge, Ertragsstruktur und Rohproteingehalte - Standort I .....                     | 9  |
| Tab. 9: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort I .....   | 9  |
| Tab. 10: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort II .....   | 9  |
| Tab. 11: Erträge, Ertragsstruktur und Rohproteingehalte - Standort II .....                   | 9  |
| Tab. 12: Erträge, Tausendkornmasse und Rohproteingehalte - Standort I.....                    | 10 |
| Tab. 13: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort I.....   | 10 |
| Tab. 14: Erträge, Tausendkornmasse und Rohproteingehalte - Standort II .....                  | 10 |
| Tab. 15: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort II .....   | 10 |
| Tab. 16: Kenndaten des Standortes (Hohenlohe) – Wintergerste - Winterraps.....                | 12 |
| Tab. 17: Erträge, Ertragsparameter und Rohproteingehalte .....                                | 12 |
| Tab. 18: Kenngrößen der N-Dynamik .....   | 12 |
| Tab. 19: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha).....  | 13 |
| Tab. 20: Erträge, Tausendkornmasse und Rohproteingehalte .....                                | 13 |
| Tab. 21: Kenngrößen der N-Dynamik – Winterraps 2000 .....                                     | 13 |
| Tab. 22: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha).....  | 14 |
| Tab. 23: Kenndaten der Standorte: Winterweizen (2000 + 2001)/Hohenlohe.....                   | 15 |
| Tab. 24: Düngungsplan (kg N/ha) .....   | 15 |
| Tab. 25: Erträge und ausgewählte Qualitätsparameter .....                                     | 15 |
| Tab. 26: Kenngrößen der N-Dynamik .....   | 16 |
| Tab. 27: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha) – 0 –90 cm.....   | 16 |
| Tab. 28: Düngungsplan (kg N/ha) .....   | 17 |
| Tab. 29: Erträge und ausgewählte Qualitätsparameter .....                                     | 17 |
| Tab. 30: Kenngrößen der N-Dynamik .....   | 18 |
| Tab. 31: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha) – 0 –90 cm.....   | 18 |
| Tab. 32: Kenndaten des Standorts „Augustenberg“ (Durchwurzelungstiefe: 40 cm) .....           | 19 |
| Tab. 33: Kornerträge und ausgewählte Qualitätsparameter.....                                  | 19 |
| Tab. 34: Stroherträge und N-Abfuhr .....  | 19 |
| Tab. 35: Kenngrößen der N-Dynamik (mit Strohabfuhr) .....                                     | 20 |
| Tab. 36: Kornerträge und ausgewählte Qualitätsparameter.....                                  | 20 |
| Tab. 37: Kenngrößen der N-Dynamik (mit Strohabfuhr) .....                                     | 20 |
| Tab. 38: Kornerträge und ausgewählte Qualitätsparameter.....                                  | 20 |
| Tab. 39: Kenngrößen der N-Dynamik (mit Strohabfuhr!) .....                                    | 21 |
| Tab. 40: N-Düngungsversuch Winterroggen LAP 1999 - 2000; Versuchsdurchführung.....            | 24 |
| Tab. 41: N-Düngungsversuch Winterroggen LAP; Kornerträge 1999 - 2000.....                     | 24 |
| Tab. 42: N-Düngungsversuch Winterroggen LAP 2000; Wachstumsbeobachtungen und Erträge .        | 25 |
| Tab. 43: N-Düngungsversuch Winterroggen LAP 1999; Wachstumsbeobachtungen und Erträge .        | 25 |

|   |    |
|---|----|
| Tab. 44: N-Düngungsversuch Winterroggen LAP; N-Bilanzen 1999 - 2000 .....                 | 26 |
| Tab. 45: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL Müllheim 1998–2002; Versuchsbeschreibung ..... | 31 |
| Tab. 46: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 1998 - 2002; Versuchsdurchführung .....        | 31 |
| Tab. 47: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 2002; Wachstumsbeobachtungen und Erträge....   | 32 |
| Tab. 48: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 2001; Wachstumsbeobachtungen und Erträge....   | 32 |
| Tab. 49: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 2000; Wachstumsbeobachtungen und Erträge....   | 33 |
| Tab. 50: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 1999; Wachstumsbeobachtungen und Erträge....   | 34 |
| Tab. 51: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 1998; Wachstumsbeobachtungen und Erträge....   | 35 |
| Tab. 52: N-Düngungsversuch Körnermais; Kornerträge.....                                   | 36 |
| Tab. 53: N-Düngungsversuch IfUL Körnermais; N-Bilanzen 1999 und 2001 .....                | 37 |
| Tab. 54: N-Düngungsversuch IfUL Körnermais; $N_{min}$ nach Ernte 1999 bis 2002 .....      | 38 |
| Tab. 55: N-Düngungsversuch Körnermais LAP 2000 - 2003; Versuchsbeschreibung .....         | 43 |
| Tab. 56: N-Düngungsversuch Körnermais LAP 2000 - 2003; Daten Versuchsdurchführung .....   | 44 |
| Tab. 57: N-Düngungsversuch Körnermais LAP 2003; Wachstumsbeobachtungen und Erträge ....   | 45 |
| Tab. 58: N-Düngungsversuch Körnermais; Kornerträge 2003.....                              | 47 |
| Tab. 59: N-Düngungsversuch Körnermais LAP 2002; Wachstumsbeobachtungen und Erträge ....   | 48 |
| Tab. 60: N-Düngungsversuch Körnermais LAP 2001; Wachstumsbeobachtungen und Erträge ....   | 49 |
| Tab. 61: N-Düngungsversuch Körnermais LAP 2000; Wachstumsbeobachtungen und Erträge.....   | 50 |
| Tab. 62: N-Düngungsversuch Körnermais; Kornerträge 2000– 2003.....                        | 51 |
| Tab. 63: N-Düngungsversuch LAP Körnermais; N-Bilanzen 2003; Düngung = NID.....            | 52 |
| Tab. 64: N-Düngungsvers. LAP Körnermais; N-Bilanzen 2003; Düngung = NID-20 %.....         | 52 |
| Tab. 65: N-Düngungsvers. LAP Körnermais; N-Bilanzen 2003; Düngung = NID+20 %.....         | 53 |
| Tab. 66: N-Düngungsversuch LAP Körnermais; N-Bilanzen 2002 .....                          | 53 |
| Tab. 67: N-Düngungsversuch LAP Körnermais; N-Bilanzen 2001 .....                          | 54 |
| Tab. 68: N-Düngungsversuch LAP Körnermais; N-Bilanzen 2000 .....                          | 54 |
| Tab. 69: Versuchsbeschreibung Spätkartoffeln; Standort Donaueschingen.....                | 57 |
| Tab. 70: Versuchsvarianten Spätkartoffeln .....   | 57 |
| Tab. 71: Ertrag, Sortierung, Stärke, Speise- und Nitratwerte zur Ernte im Boden .....     | 58 |

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abb. 1: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha) - Standort I .....                  | 11 |
| Abb. 2: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha) - Standort II .....                 | 11 |
| Abb. 3: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha).....                                | 21 |
| Abb. 4: Düngungsversuch Winterroggen LAP; N-Ganglinien 1999 – 2000 ..... | 27 |
| Abb. 5: Düngungsversuch Körnermais; N-Ganglinien 2000 - 2003.....        | 56 |
| Abb. 6: Wirtschaftlichkeit im 3-jährigem Versuchsmittel.....             | 59 |

# 1 Einleitung

ENTEC ist der Handelsname für den Ammonium-Stabilisator „Dimethylpyrazolphosphat“ (DMPP). ENTEC <sup>1)</sup> verzögert die Umwandlung von Ammonium zu Nitrit im Boden, indem die Aktivität der Nitrosomonas-Bakterien gehemmt wird. Diese bakteriostatische Wirkungsdauer soll 4 bis 10 Wochen betragen und ist abhängig von Bodenart, -temperatur und -feuchte.

Mögliche Vorteilswirkung N-stabilsierter Dünger:

- Die Umwandlung des Dünger-Ammoniums wird bis zum Zeitpunkt verstärkten N-Bedarfs der Pflanze verzögert (4-10 Wochen!).
- Ein N-Verlust in Form von Nitrat und/oder Lachgas (bis 50 %, Ottow 1999) in dieser Zeit wird minimiert.
- Der N-Bedarf der Pflanze ist somit zeit- und bedarfsgerecht gesichert, da Stickstoff ausreichend wurzelnah in aufnehmbarer Form vorliegt.
- Eine gesteigerte N-Effizienz ermöglicht eine Reduzierung des N-Aufwandes ohne Ertragseinbußen.
- Mehrerträge sowie bessere Produktqualitäten sind erreichbar (z.B. Senkung der Nitratgehalte bei Gemüse..).
- Düngungsstrategien lassen sich – unter ökologischen wie arbeitswirtschaftlichen Gesichtspunkten – vereinfachen

Eigenschaften des Nitrifikationshemmstoffes „DMPP“: (Quelle: BASF, 1999)

- Sehr geringe Aufwandmenge nötig (ca. 1/10 von DCD).
- Keine Verlagerung im Bodenprofil festgestellt (< 0,1 µg/l DMPP im Sickerwasser!).
- DMPP wurde umfassend toxikologisch und ökotoxikologisch geprüft.
- Keine phytotoxische Reaktion beobachtet.
- DMPP ist nach dem Chemikaliengesetz angemeldet und nach Düngemittelrecht zugelassen.

ENTEC kann auf granulierten Dünger aufgebracht oder als flüssige Formulierung zu Ammonium-Nitrat-Harnstoff-Lösung oder Gülle (in Vorbereitung) verwendet werden.

ENTEC stammt aus der BASF-Forschung. Düngemittel mit DMPP werden als ENTEC-Dünger (Tab. 1) bezeichnet und von der Firma COMPO GmbH & Co. KG vertrieben.

Um die Wirkung von ENTEC auf das Wachstumsverhalten der Pflanzen, die Quantität und Qualität der Erträge, auf die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs und auf die Mobilität des Stickstoffs im Boden zu prüfen, hat die Landwirtschaftsverwaltung Baden-Württembergs Feldversuche zu verschiedenen Kulturarten (Tab. 2) durchgeführt.

Im Folgenden wird über die Ergebnisse dieser Versuche berichtet, wobei die Berichterstattung durch die jeweils versuchsdurchführende Dienststelle erfolgt. Unter Gliederungspunkt 6 werden nach Absprache aller Beteiligten die Ergebnisse zusammengefasst und Beratungsempfehlungen abgeleitet.

<sup>1)</sup> Quelle: COMPO GmbH & Co. KG 2001: "ENTEC sicher ist sicher"; Informationsbroschüre der Firma Compo

Tab. 1: ENTEC-Düngemittel für den Ackerbau (Quelle: Firma Compo); (Gehalte in Prozent!)

| Bezeichnung                | Ges.-N | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | sonstige Nährstoffe  |
|----------------------------|--------|--------------------|--------------------|--|
| ENTEC 26                   | 26     | 7,5                | 18,5               | 13 S   |
| ENTEC 25 + 15              | 25     | 11                 | 14                 | 15 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                   |
| ENTEC 20+5+5 (+5+6)        | 20     | 8,5                | 11,5               | 5 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 5 K <sub>2</sub> O, 5 MgO, 6 S   |
| ENTEC avant 12+7+16 (+4+5) | 12     | 4,5                | 7,5                | 7 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 16 K <sub>2</sub> O, 4 MgO, 6 S  |
| ENTEC 18+18+13 (+2+5)      | 18     | 7,5                | 10,5               | 18 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 13 K <sub>2</sub> O, 2 MgO, 5 S |

Tab. 2: Übersicht ENTEC-Düngungsversuche in Baden-Württemberg

| Kulturart     | Institution                        | Standort                         | Jahr                            |
|---------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Winterweizen  | LUFA                               | Hohenlohe<br>Karlsruhe           | 1999, 2000, 2001<br>2000        |
| Wintergerste  | LUFA                               | Hohenlohe<br>Karlsruhe           | 1999, 2000<br>2001              |
| Winterroggen  | LAP                                | Forchheim                        | 1999, 2000                      |
| Winterraps    | LUFA                               | Hohenlohe                        | 1998, 2000                      |
| Körnermais    | LAP<br>IfuL                        | Forchheim<br>Auggen              | 1998 – 2001<br>1998, 1999, 2001 |
| Frühkartoffel | Saatbauamt, LAP,<br>ALLB Heilbronn | Feldkirch, Forchheim,<br>Lauffen | 2001, 2002                      |
| Spätkartoffel | Saatbauamt                         | Donaueschingen                   | 1998, 2000-2001                 |

## 2 Versuche zu Winterraps, Winterweizen und Wintergerste

### 2.1 Versuchsziele

Vergleich der N-Verfügbarkeit/N-Wirkung stabilisierter N-Dünger im System mit herkömmlichen Verfahren im Hinblick auf

- Ertrag und Qualität des Erntegutes sowie
- die N-Dynamik (Kenngrößen:  $N_{min}$ ; Nettomineralisation; N-Bilanz/N-Saldo) der Böden.
- Ableitung von Empfehlungen für Beratung und Praxis

### 2.2 Versuche zur Systemanpassung in der Fruchtfolge WR-WW-WG

#### 2.2.1 Winterraps

Tab. 3: Kenndaten der Versuchsstandorte- Hohenlohe Standort I

|             | Bodenart | pH  | Humus     | Gesamt-N | CAL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | CAL-K <sub>2</sub> O | CaCl <sub>2</sub> -Mg |
|-------------|----------|-----|-----------|----------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
|             |          |     | [% i. TS] |          | [mg/100g Boden]                   |                      |                       |
| Standort I  | uL       | 6,7 | 1,4       | 0,13     | 25                                | 28                   | 11                    |
| Standort II | tL       | 7,2 | 2,7       | 0,30     | 62                                | 47                   | 44                    |

Tab. 4: Erträge und Rohproteingehalte - Standort I

| N-Düngung [kg/ha] | Kornertrag <sup>*)</sup> [dt/ha] | Gesamt-N [% TS] | Rohprotein [% TS] |
|-------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|
| ohne N            | 40,0                             | 3,02            | 17,2              |
| 95/75 KAS         | 52,3                             | 3,01            | 17,2              |
| 95/75 ENTEC       | 58,9                             | 3,22            | 18,4              |

<sup>\*)</sup> 91 % TS

#### Definitionen – N-Haushalt

$$\text{Nettomineralisation} = (N\text{-Zufuhr} + N_{\min} \text{ Veg.B.}) - (N\text{-Abfuhr} + N_{\min} \text{ n. Ernte})$$

Negativwerte:

- Nettomineralisation > N-Bilanz  
 $N_{\min}$ -Anstieg – Zehrung des Boden-N-Pools – N-Verluste möglich
- Nettomineralisation < N-Bilanz  
 $N_{\min}$ -Rückgang – Schonung des Boden-N-Pools

Positivwerte:

- Nettomineralisation < N-Bilanz  
 $N_{\min}$ -Anstieg – Zehrung des Boden-N-Pools – N-Verluste möglich
- Nettomineralisation > N-Bilanz  
 $N_{\min}$ -Rückgang – Schonung des Boden-N-Pools

Tab. 5: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort I

| Variante    | rel. Ertrag<br>[100% =<br>50,4 dt/ha] | N-Bedarf | N-Abfuhr | Nettominerali-<br>sation | N-Bilanz |
|-------------|---------------------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|
|             |                                       |          |          |                          |          |
| ohne N      | 79                                    | 206      | 110      | -131                     | -110     |
| 95/75 KAS   | 104                                   | 255      | 143      | - 2                      | 27       |
| 95/75 ENTEC | 117                                   | 281      | 173      | - 53                     | - 3      |

N-Bedarf: (Ertrag \* Ges. N [4,4]) + 50 kg N/ha  
 N-Abfuhr: Ertrag \* Ges. N  
 Nettomineralisation: (N-Düngung + N<sub>min</sub> (Veg.B.)) minus (N-Abfuhr + N<sub>min</sub> (n.Ernte))  
 N-Bilanz: N-Düngung minus N-Abfuhr

### Versuchsbeschreibung

Die höchsten Erträge und N-Entzüge wurden auf beiden Standorten mit ausschließlicher ENTEC 26-Düngung erzielt (S-Effekt konnte nicht differenziert werden!). Bei einem errechneten N-Bedarf von 260 bis 280 kg/ha in Abhängigkeit vom Ertragsniveau war die N-Düngung mit 160 bzw. 140 kg N/ha unter Abzug des N<sub>min</sub> zu Vegetationsbeginn deutlich unterbilanziert; dementsprechend niedrig bzw. negativ waren die N-Bilanzen.

Tab. 6: Erträge und Rohproteingehalte - Standort II

| Variante    | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Ges. N<br>[% TS] | Rohprotein<br>[% TS] |
|-------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|
| ohne N      | 36,3                                | 3,15             | 18,0                 |
| 80/60 KAS   | 48,5                                | 3,25             | 18,5                 |
| 80/60 ENTEC | 51,8                                | 3,42             | 19,5                 |

<sup>\*)</sup> 91 % TS

Tab. 7: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort II

| Variante    | rel. Ertrag<br>[100% =<br>45,5 dt/ha] | N-Bedarf | N-Abfuhr | Nettominerali-<br>sation | N-Bilanz |
|-------------|---------------------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|
|             |                                       |          |          |                          |          |
| ohne N      | 80                                    | 191      | 104      | -85                      | -104     |
| 80/60 KAS   | 106                                   | 240      | 143      | - 3                      | - 3      |
| 80/60 ENTEC | 114                                   | 253      | 161      | -79                      | - 21     |

Fazit: Frühe, hohe N-Gaben – möglichst in einer Gabe – sind sehr effektiv

**2.2.2 Winterweizen**

Tab. 8: Erträge, Ertragsstruktur und Rohproteingehalte - Standort I

| Variante         | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Ges. N<br>[% TS] | Rohprotein<br>[% TS] | TKG<br>[g] | Kornzahl je<br>Ähre | Ähren/m <sup>2</sup> |
|------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|------------|---------------------|----------------------|
| ohne N           | 40,9                                | 1,65             | 9,4                  | 45,5       |                     | 332                  |
| 90/50/60 KAS     | 85,3                                | 2,23             | 12,7                 | 48,8       | 28                  | 629                  |
| 100/100/-- ENTEC | 76,9                                | 2,40             | 13,7                 | 42,0       | 25                  | 741                  |

<sup>\*)</sup> 86 % TS

Tab. 9: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort I

| Variante         | rel. Ertrag<br>[100% =<br>67,7 dt/ha] | N-Bedarf  | N-Abfuhr | Nettominerali-<br>sation | N-Bilanz |
|------------------|---------------------------------------|-----------|----------|--------------------------|----------|
|                  |                                       | [kg N/ha] |          |                          |          |
| ohne N           | 60                                    | 107       | 58       | -80                      | -58      |
| 90/50/60 KAS     | 126                                   | 134       | 163      | 26                       | 37       |
| 100/100/-- ENTEC | 114                                   | 149       | 159      | 22                       | 41       |

Tab. 10: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort II

| Variante         | rel. Ertrag<br>[100% =<br>63,5 dt/ha] | N-Bedarf  | N-Abfuhr | Nettominerali-<br>sation | N-Bilanz |
|------------------|---------------------------------------|-----------|----------|--------------------------|----------|
|                  |                                       | [kg N/ha] |          |                          |          |
| ohne N           | 84                                    | 136       | 85       | -77                      | -85      |
| 70/60/70 KAS     | 114                                   | 179       | 153      | 30                       | 47       |
| 100/100/-- ENTEC | 103                                   | 163       | 146      | 33                       | 54       |

**Versuchsbeschreibung**

Die Winterweizenerträge im Versuchsjahr 1999 waren im Gegensatz zum Winterraps mit KAS-Düngung auf beiden Standorten gesichert am höchsten, während die Rohproteingehalte der Variante mit ENTEC 26 deutlich besser waren. Eine betonte N-Zufuhr in der vegetativen Phase mit ENTEC 26 hatte witterungsbedingt die Bestockung einseitig gefördert bzw. eine notwendige Bestandesreduktion zum Schossbeginn verhindert, so dass zur optimalen Einzelährenausbildung Stickstoff fehlte. Dies belegt das Tausendkorngewicht der Versuchsglieder mit ENTEC 26.

Tab. 11: Erträge, Ertragsstruktur und Rohproteingehalte - Standort II

| Variante         | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Ges. N<br>[% TS] | Rohprotein<br>[% TS] | TKG<br>[g] | Kornzahl je<br>Ähre | B.Dichte<br>[Ähren/m <sup>2</sup> ] |
|------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|------------|---------------------|-------------------------------------|
| ohne N           | 53,1                                | 1,86             | 10,6                 | 47,3       |                     | 316                                 |
| 70/60/70 KAS     | 72,4                                | 2,46             | 14,0                 | 41,4       | 34                  | 507                                 |
| 100/100/-- ENTEC | 65,1                                | 2,62             | 14,9                 | 38,9       | 31                  | 535                                 |

<sup>\*)</sup> 86 % TS

Fazit: Eine N-Gabe in EC 32/35 mit ENTEC 26 ist für die Kornqualität sehr günstig!

### 2.2.3 Wintergerste

Tab. 12: Erträge, Tausendkornmasse und Rohproteingehalte - Standort I

| Variante        | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Ges. N<br>[% TS] | Rohprotein<br>[% TS] | TKG<br>[g] |
|-----------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|------------|
| ohne N          | 49,1                                | 1,38             | 7,9                  | 47,5       |
| 90/40/55 KAS    | 73,7                                | 2,28             | 13,0                 | 48,4       |
| 120/65/-- ENTEC | 76,1                                | 2,19             | 12,5                 | 48,1       |

<sup>\*)</sup> 86 % TS

Tab. 13: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort I

| Variante        | rel. Ertrag<br>[100% =<br>66,3 dt/ha] | N-Bedarf  | N-Abfuhr | Nettominerali-<br>sation | N-Bilanz |
|-----------------|---------------------------------------|-----------|----------|--------------------------|----------|
|                 |                                       | [kg N/ha] |          |                          |          |
| ohne N          | 74                                    | 106       | 58       | -78                      | -58      |
| 90/40/55 KAS    | 111                                   | 150       | 145      | 16                       | 40       |
| 120/65/-- ENTEC | 115                                   | 142       | 145      | 2                        | 40       |

Tab. 14: Erträge, Tausendkornmasse und Rohproteingehalte - Standort II

| Variante       | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Ges. N<br>[% TS] | Rohprotein<br>[kg/ha] | TKG<br>[g] |
|----------------|-------------------------------------|------------------|-----------------------|------------|
| ohne N         | 54,1                                | 1,58             | 9,0                   | 45,9       |
| 60/40/45 KAS   | 72,4                                | 2,39             | 13,6                  | 44,4       |
| 80/65/-- ENTEC | 76,1                                | 2,23             | 12,7                  | 42,3       |

<sup>\*)</sup> 86 % TS

Tab. 15: Kenngrößen der N-Dynamik - Standort II

| Variante       | rel. Ertrag<br>[100% =<br>67,5 dt/ha] | N-Bedarf  | N-Abfuhr | Nettominera-<br>lisation | N-Bilanz |
|----------------|---------------------------------------|-----------|----------|--------------------------|----------|
|                |                                       | [kg N/ha] |          |                          |          |
| Ohne N         | 80                                    | 115       | 73       | -64                      | -73      |
| 60/40/45 KAS   | 107                                   | 148       | 149      | 14                       | - 4      |
| 80/65/-- ENTEC | 113                                   | 143       | 146      | 0                        | 0        |

### Versuchsbeschreibung

Bei Wintergerste im 3. Versuchsjahr wurden mit alleiniger ENTEC 26- Düngung ähnlich wie beim Winterraps höhere Erträge erzielt als im „KAS-System“. Ebenso konnte ein Arbeitsgang eingespart werden. Die ENTEC 26- Gaben bei Betonung in EC 32/35 wurden bestens ertragswirksam. Übertragen auf Winterweizen bedeutet dies, dass unter Einsparung einer Düngergabe bei Betonung der Entwicklungsphase in EC 32/35 – mindestens 30 kg **Nitrat-N** zu Vegetationsbeginn vorausgesetzt – ebenfalls sichere und qualitativ hochwertige Kornerträge erzielt werden können. Soll Qualitätsweizen produziert werden, ist eine gezielte Spätdüngung mit Nitratbetonung jedoch unumgänglich.

Die Nettomineralisation sowie die N-Bilanzen waren bei Winterweizen auf den mit KAS bzw. ENTEC 26 gedüngten Varianten nahezu gleich; in 2001 mit Wintergerste jedoch niedriger, insbesondere auf den ENTEC- Parzellen (höhere  $N_{min}$ - Werte nach der Ernte!).

Fazit: stabilisierte N-Dünger mit „KAS-System“ vergleichbar

Verlauf der Gehalte an Nitrat-N (0-90 cm)

Der  $N_{min}$ -Verlauf (0 – 90 cm) von Vegetationsbeginn 1998 bis ausgangs Winter 2001 war auf beiden Standorten düngungs- und ertragsbedingt typisch. Auf dem nährstoffreichen, lang-jährigen Güllestandort II führten nach Winterweizen beste Mineralisationsbedingungen im Herbst 1999 zu unerwünscht hohen Nitrat-N-Gehalten im November mit erhöhter Auswaschungsgefahr.

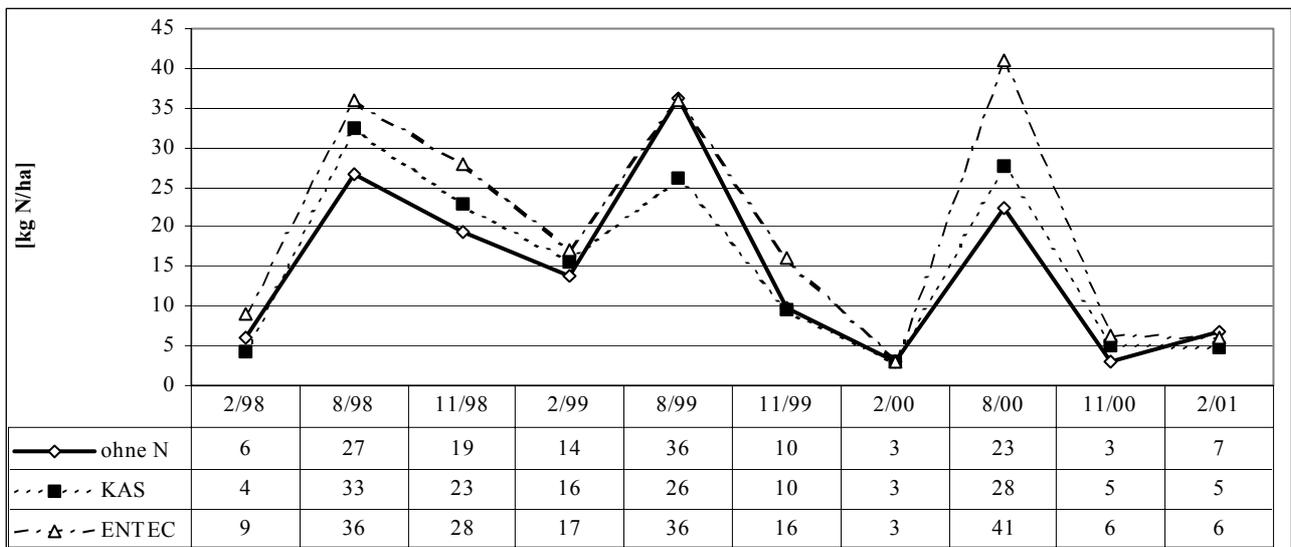


Abb. 1: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha) - Standort I

Auf den ENTEC- Varianten waren die  $N_{min}$ -Gehalte durchwegs etwas höher; dies beruht einerseits auf dem Wirkungsprinzip des Düngers und andererseits auf einer suboptimalen N-Verteilung des ENTEC- Düngers, insbesondere zu Vegetationsbeginn. Daher wurden in den Folgeversuchen Menge und Terminierung der ENTEC- Dünger besonders geprüft, auch unter dem Aspekt einer möglichen Dünger- Reduzierung von 5 - 10 % der Gesamtgabe.

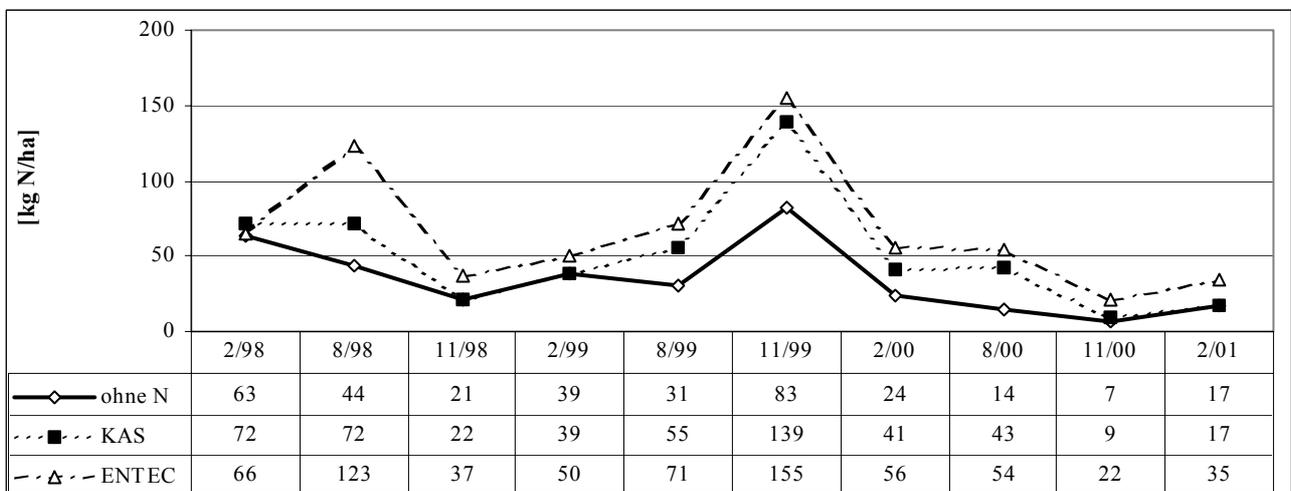


Abb. 2: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha) - Standort II

### 2.3 Versuche zum Vergleich der N-Formen

Tab. 16: Kenndaten des Standortes (Hohenlohe) – Wintergerste - Winterraps

| Bodenart | pH  | Humus     | Gesamt-N | CAL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | CAL-K <sub>2</sub> O | CaCl <sub>2</sub> -Mg |
|----------|-----|-----------|----------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
|          |     | [% i. TS] |          | [mg/100g Boden]                   |                      |                       |
| uL       | 6,8 | 1,6       | 0,15     | 16                                | 32                   | 11                    |

#### 2.3.1 Wintergerste

Tab. 17: Erträge, Ertragsparameter und Rohproteingehalte

| Variante        | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Ges. N<br>[% TS] | Rohprotein<br>[% TS] | TKG<br>[g] | Kornzahl je<br>Ähre | B.Dichte<br>[Ähren/m <sup>2</sup> ] |
|-----------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|------------|---------------------|-------------------------------------|
| ohne N          | 31,3                                | 1,59             | 9,1                  | 48,4       | 17                  | 406                                 |
| 60 KAS + 40 KAS | 45,7                                | 1,56             | 8,9                  | 48,5       | 18                  | 537                                 |
| 80 KAS + 40 KAS | 51,0                                | 1,66             | 9,5                  | 48,1       | 19                  | 565                                 |
| 60 ASS + 40 KAS | 52,1                                | 1,62             | 9,2                  | 46,7       | 19                  | 588                                 |
| 80 ASS + 40 KAS | 48,4                                | 1,60             | 9,1                  | 46,3       | 16                  | 609                                 |
| 120 ENTEC       | 44,0                                | 1,57             | 8,9                  | 45,9       | 17                  | 549                                 |

<sup>\*)</sup> 86 % TS

#### Versuchsbeschreibung

Obwohl die Ertragsunterschiede der Vergleichsvarianten mit KAS bzw. ASS-Aufteilung nicht abgesichert werden konnten, waren deren Erträge der alleinigen ENTEC 26- Gabe zu Vegetationsbeginn überlegen, da der Ertragsaufbau durchwegs ausgewogener war. Dies ist besonders vor dem Hintergrund einer witterungsabhängigen, unausgewogenen N-Versorgung zu den kritischen Wachstumsstadien in EC 32/35 und nach EC 49 zu sehen.

Tab. 18: Kenngrößen der N-Dynamik

| Variante        | rel. Ertrag<br>[100 =<br>45,4 dt/ha] | N-Bedarf  | N-Abfuhr | Nettominerali-<br>sation | N-Bilanz |
|-----------------|--------------------------------------|-----------|----------|--------------------------|----------|
|                 |                                      | [kg N/ha] |          |                          |          |
| ohne N          | 69                                   | 74        | 43       | -39                      | -43      |
| 60 KAS + 40 KAS | 101                                  | 100       | 61       | 47                       | 39       |
| 80 KAS + 40 KAS | 112                                  | 109       | 73       | 57                       | 47       |
| 60 ASS + 40 KAS | 115                                  | 111       | 73       | 36                       | 27       |
| 80 ASS + 40 KAS | 107                                  | 105       | 67       | 61                       | 53       |
| 120 ENTEC       | 97                                   | 97        | 60       | 67                       | 60       |

Die N<sub>min</sub>- Gehalte waren über den gesamten Versuchszeitraum erwartungsgemäß niedrig; ebenso waren in Abhängigkeit vom jeweiligen N-Düngungssystem die N-Bilanzen getreidetypisch positiv, jedoch – insbesondere bei hoher Andüngung – aus ökologischer Sicht zu hoch (VG 3, 5 und 6!).

Fazit: ENTEC 26 in einer Gabe zu Vegetationsbeginn nicht zu empfehlen!

Tab. 19: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha)

| Variante        | Vegetationsbeginn |         |         | Juni   | nach Ernte |         |         |
|-----------------|-------------------|---------|---------|--------|------------|---------|---------|
|                 | 0-30cm            | 30-60cm | 60-90cm | 0-30cm | 0-30cm     | 30-60cm | 60-90cm |
| ohne N          | 10                | 19      | 23      | 14     | 14         | 21      | 19      |
| 60 KAS + 40 KAS | 10                | 20      | 22      | 14     | 11         | 16      | 14      |
| 80 KAS + 40 KAS | 10                | 23      | 28      | 14     | 15         | 20      | 18      |
| 60 ASS + 40 KAS | 11                | 21      | 26      | 14     | 13         | 19      | 17      |
| 80 ASS + 40 KAS | 11                | 24      | 29      | 14     | 15         | 23      | 22      |
| 120 ENTEC       | 9                 | 17      | 21      | 18     | 11         | 15      | 14      |

### 2.3.2 Winterraps

#### Versuchsbeschreibung

Die Kornerträge unterschieden sich wie in 1999 nur unwesentlich von einander, wobei jedoch bei gleicher Düngungshöhe (160 kg N/ha) die Variante mit ENTEC 26 zur 2. Gabe (VG 5), aber auch die alleinige Düngung mit ENTEC 26 (VG 6) kulturspezifisch mit den KAS/ASS- Vergleichsvarianten durchaus konkurrenzfähig waren. Die erhöhten  $N_{min}$ -Werte zum Versuchsende bestätigten die Möglichkeit einer Reduktion der N-Düngung um mindestens 10 %.

Tab. 20: Erträge, Tausendkornmasse und Rohproteingehalte

| Variante          | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Ges. N<br>[% TS] | Rohprotein<br>[% TS] | TKG<br>[g] |
|-------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|------------|
| ohne N            | 37,9                                | 3,38             | 19,3                 | 5,2        |
| 80 ASS + 80 KAS   | 42,0                                | 3,67             | 20,9                 | 4,7        |
| 80 KAS + 80 ASS   | 42,4                                | 3,64             | 20,7                 | 4,9        |
| 80 KAS + 80 KAS   | 43,5                                | 3,74             | 21,3                 | 5,1        |
| 80 KAS + 80 ENTEC | 43,3                                | 3,71             | 21,1                 | 4,4        |
| 160 ENTEC         | 42,6                                | 3,64             | 20,7                 | 4,8        |

<sup>\*)</sup> 91 % TS

Tab. 21: Kenngrößen der N-Dynamik – Winterraps 2000

| Variante          | rel. Ertrag<br>[100% =<br>41,9 dt/ha] | N-Bedarf  | N-Abfuhr | Nettominerali-<br>sation | N-Bilanz |
|-------------------|---------------------------------------|-----------|----------|--------------------------|----------|
|                   |                                       | [kg N/ha] |          |                          |          |
| ohne N            | 90                                    | 197       | 116      | -127                     | -116     |
| 80 ASS + 80 KAS   | 100                                   | 214       | 140      | -24                      | 20       |
| 80 KAS + 80 ASS   | 101                                   | 215       | 140      | -29                      | 20       |
| 80 KAS + 80 KAS   | 104                                   | 220       | 148      | -21                      | 12       |
| 80 KAS + 80 ENTEC | 103                                   | 219       | 146      | -27                      | 14       |
| 160 ENTEC         | 102                                   | 216       | 141      | -11                      | 19       |

Tab. 22: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha)

| Variante          | Vegetationsbeginn | nach Ernte |
|-------------------|-------------------|------------|
|                   | [kg Nitrat-N/ha]  |            |
| ohne N            | 22                | 33         |
| 80 ASS + 80 KAS   | 17                | 61         |
| 80 KAS + 80 ASS   | 16                | 65         |
| 80 KAS + 80 KAS   | 19                | 52         |
| 80 KAS + 80 ENTEC | 17                | 58         |
| 160 ENTEC         | 13                | 42         |

Unter Berücksichtigung der  $N_{\min}$ -Situation sowie der N-Bilanz sind die ENTEC- Varianten absolut vergleichbar. ENTEC 26 zur 2. Teilgabe (spätestens 14 Tage nach Andüngung) hat darüber hinaus den Vorteil verringerter N-Verluste bei nachfolgend häufig ungünstiger nasser Witterung und fördert so die Ertragssicherheit.

Fazit: ENTEC 26 ist in den geprüften Varianten mit KAS und ASS vergleichbar

## 2.4 Versuche zum Systemvergleich mit Winterweizen

### 2.4.1 Versuchsjahr 2000

Tab. 23: Kenndaten der Standorte: Winterweizen (2000 + 2001)/Hohenlohe

| Jahr | Bodenart | pH  | Humus     | Gesamt-N | CAL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | CAL-K <sub>2</sub> O | CaCl <sub>2</sub> -Mg |
|------|----------|-----|-----------|----------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
|      |          |     | [% i. TS] |          | [mg/100g Boden]                   |                      |                       |
| 2000 | tL       | 6,9 | 2,2       | 0,20     | 35                                | 30                   | 33                    |
| 2001 | tL       | 7,2 | 2,7       | 0,30     | 62                                | 47                   | 44                    |

Tab. 24: Düngungsplan (kg N/ha)

| Düngung/Stadium           | VG 1      | VG 2   | VG 3 <sup>2)</sup> | VG 4      | VG 5      | VG 6      |
|---------------------------|-----------|--------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
|                           | [kg N/ha] |        |                    |           |           |           |
| Veg. Beginn <sup>1)</sup> | --        | 90 ASS | 105 ENTEC          | 90 ASS    | 130 ENTEC | 210 ENTEC |
| EC 29/30                  | --        | 40 ASS | --                 | 120 ENTEC | --        | --        |
| EC 32/37                  | --        | --     | 105 ENTEC          | --        | --        | --        |
| EC 49/51                  | --        | 80 ASS | --                 | --        | 80 KAS    | --        |

<sup>1)</sup> abzgl. 30 kg N/ha (=N<sub>min</sub> zu Veg. Beg.)

<sup>2)</sup> nach Abzug des N<sub>min</sub>-Wertes Ausbringung von je 50% der N-Düngung an beiden Terminen

#### Systemvergleich:

- VG 2: ortsübliche Düngung
- VG 3: Standarddüngung mit ENTEC
- VG 4: Sensorsystem mit ENTEC
- VG 5: Qualitätsvariante mit ENTEC
- VG 6: arbeitswirtschaftliche Variante mit ENTEC

Tab. 25: Erträge und ausgewählte Qualitätsparameter

| Variante               | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Rohprotein<br>[% TS] | TKG<br>[g] | Siebsortierung<br>[> 2,5 mm] | Sedimentation |
|------------------------|-------------------------------------|----------------------|------------|------------------------------|---------------|
| ohne N                 | 59,7                                | 10,0                 | 52,2       | 97,8                         | 22            |
| 90/40/--/80 ASS        | 85,1                                | 12,9                 | 42,0       | 92,7                         | 31            |
| 105/--/105/-- ENTEC    | 93,0                                | 12,0                 | 44,8       | 91,3                         | 29            |
| 90/120/--/-- ASS+ENTEC | 85,4                                | 13,3                 | 40,9       | 90,2                         | 32            |
| 130/--/--/80 ENTEC+KAS | 91,8                                | 12,7                 | 45,1       | 94,7                         | 31            |
| 210/--/--/-- ENTEC     | 92,0                                | 12,3                 | 45,0       | 94,5                         | 28            |

<sup>\*)</sup> 86 % TS

#### Versuchsbeschreibung

Im Versuchsjahr 1999/2000 wurde auf der Grundlage der bisherigen Getreideversuche mit ENTEC 26 der Versuchsplan folgendermaßen geändert:

1. N-Aufteilung über 4 Termine möglich (= Systemvergleich)
2. Kombination von KAS bzw. ASS mit ENTEC 26 im Vergleich.

Tab. 26: Kenngrößen der N-Dynamik

| Variante               | rel. Ertrag<br>[100% =<br>84,5 dt/ha] | N-Bedarf | N-Abfuhr | Nettomineralisation | N-Bilanz |
|------------------------|---------------------------------------|----------|----------|---------------------|----------|
|                        |                                       |          |          |                     |          |
| ohne N                 | 71                                    | 151      | 90       | -88                 | -90      |
| 90/--/40/80 ASS        | 101                                   | 207      | 165      | 9                   | 45       |
| 105/--/105/-- ENTEC    | 110                                   | 225      | 168      | 40                  | 42       |
| 90/120/--/-- ASS+ENTEC | 101                                   | 208      | 172      | -7                  | 38       |
| 130/--/--/80 ENTEC+KAS | 109                                   | 222      | 176      | 4                   | 34       |
| 210/--/--/-- ENTEC     | 109                                   | 223      | 171      | 26                  | 39       |

Tab. 27: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha) – 0 –90 cm

| Variante               | N <sub>min</sub> [kg/ha] - 0-90cm |            |
|------------------------|-----------------------------------|------------|
|                        | Vegetationsbeginn                 | nach Ernte |
| ohne N                 | 34                                | 31         |
| 90/--/40/80 ASS        | 38                                | 73         |
| 105/--/105/-- ENTEC    | 35                                | 37         |
| 90/120/--/-- ASS+ENTEC | 35                                | 81         |
| 130/--/--/80 ENTEC+KAS | 36                                | 65         |
| 210/--/--/-- ENTEC     | 25                                | 39         |

Die Erträge der Variante „ENTEC 26 zur Andüngung und Ende Schossen (EC 32/37)“ – gleichsam in Form einer vorgezogenen Spätdüngung zur Verringerung des Witterungsrisikos bei Fröhsommertrockenheit – waren mit der Qualitäts- sowie der arbeitswirtschaftlichen Variante vergleichbar.

Eine einmalige N-Gabe in voller Höhe mit ENTEC 26 zu Vegetationsbeginn (VG 6) brachte in Folge des hohen N-Versuchsniveaus sowie der günstigen Witterung im Juni keinen wirtschaftlichen Vorteil, aber auch keinen ökologischen Nachteil. Diese Variante kommt jedoch nur für arbeitstechnisch extensiv wirtschaftende Betriebe in Frage. Zur Sicherung von Ertrag, aber besonders der Qualität, ist eine Aufteilung der N-Düngung auf 2 evtl. 3 Teilgaben unumgänglich.

Die N<sub>min</sub>-Werte waren bei betonter Spätdüngung (witterungsbedingt unzureichende N-Ausnutzung!) und früher Schossergabe nach der Ernte erhöht. Im letzten Fall wurde die Bestandesdichte übermäßig gefördert mit der Folge frühzeitigen Lagers, verringertem TKG und Rückgang des Kornertrages.

Die N-Bilanzen des Versuches waren nahezu ausgeglichen und kaum beeinflusst von der Düngerform und N-Aufteilung.

**2.4.2 Versuchsjahr 2001**

Tab. 28: Düngungsplan (kg N/ha)

| Dg. Stadium               | VG 1      | VG 2    | VG 3 <sup>2)</sup> | VG 4      | VG 5      | VG 6      |
|---------------------------|-----------|---------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
|                           | [kg N/ha] |         |                    |           |           |           |
| Veg. Beginn <sup>1)</sup> | --        | 100 ASS | 110 ENTEC          | 100 ASS   | 140 ENTEC | 220 ENTEC |
| EC 29/30                  | --        | 40 ASS  | --                 | 120 ENTEC | --        | --        |
| EC 32/37                  | --        | --      | 110 ENTEC          | --        | --        | --        |
| EC 49/51                  | --        | 80 ASS  | --                 | --        | 80 KAS    | --        |

<sup>1)</sup> abzgl. 30 kg N/ha (=N<sub>min</sub> zu Veg. Beg.)

<sup>2)</sup> nach Abzug des N<sub>min</sub>-Wertes Ausbringung von je 50% der N-Düngung an beiden Terminen

Systemvergleich:

- VG 2: ortsübliche Düngung
- VG 3: Standarddüngung mit ENTEC
- VG 4: Sensorsystem mit ENTEC
- VG 5: Qualitätsvariante mit ENTEC
- VG 6: arbeitswirtschaftliche Variante mit ENTEC

**Versuchsbeschreibung**

Der Höchstertrag wurde wie im Versuchsjahr 2000 in der Variante „Standarddüngung mit ENTEC 26“ – 50% N zur Andüngung und 50% N in EC 32/37 – trotz niedrigeren TKG’s bei hoher Bestandesdichte und leichtem Lager erzielt. Das Ertragsniveau des Versuches war in Folge frühen Lagers bei vergleichbarer N-Düngung deutlich niedriger als im Vorjahr.

Wegen der geringeren N-Ausnutzung waren die N-Bilanzen daher höher als im Versuchsjahr 2000. Die schlechteste Bilanz hatte die Variante mit gesamter N-Gabe als ENTEC 26 zu Vegetationsbeginn, da trotz tolerierbarer Bestandesdichte durch späte N-Freisetzung zum Ende der vegetativen Phase die Standfestigkeit abnahm und infolgedessen Ertrag, Kornausbildung und folglich die N-Abfuhr suboptimal waren.

Sowohl eine hohe N-Andüngung – selbst mit ENTEC 26 – wie eine betonte Spätdüngung brachten witterungsbedingt große Unsicherheiten ins Düngungssystem – insbesondere beim Verzicht auf eine Halmverkürzung.

Tab. 29: Erträge und ausgewählte Qualitätsparameter

| Variante                | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | TKG<br>[g] | Ähren/m <sup>2</sup> | Ges. N<br>[% TS] | Rohprotein<br>[% TS] |
|-------------------------|-------------------------------------|------------|----------------------|------------------|----------------------|
| ohne N                  | 69,1                                | 46,8       | 644                  | 1,73             | 9,9                  |
| 100/40/--/80 ASS        | 77,9                                | 42,2       | 600                  | 2,40             | 13,7                 |
| 110/--/110/-- ENTEC     | 83,3                                | 40,9       | 690                  | 2,40             | 13,7                 |
| 100/120/--/-- ASS/ENTEC | 61,6                                | 39,9       | <sup>1)</sup>        | 2,32             | 13,2                 |
| 140/--/--/80 ENTEC/KAS  | 65,3                                | 41,9       | 628                  | 2,40             | 13,7                 |
| 220/--/--/-- ENTEC      | 68,9                                | 38,3       | 590                  | 2,00             | 11,4                 |

<sup>\*)</sup> 86 % TS

<sup>1)</sup> Bestandesdichte wegen Totallager nicht ermittelbar!

Tab. 30: Kenngrößen der N-Dynamik

| Variante                | rel. Ertrag<br>[100% =<br>71,0 dt/ha] | N-Bedarf | N-Abfuhr | Nettomineralisation | N-Bilanz |
|-------------------------|---------------------------------------|----------|----------|---------------------|----------|
|                         |                                       |          |          |                     |          |
| ohne N                  | 97                                    | 172      | 103      | -107                | -103     |
| 100/40/--/80 ASS        | 110                                   | 191      | 161      | 7                   | 59       |
| 110/--/110/-- ENTEC     | 117                                   | 203      | 172      | 20                  | 48       |
| 100/120/--/-- ASS/ENTEC | 87                                    | 155      | 123      | 45                  | 97       |
| 140/--/--/80 ENTEC/KAS  | 92                                    | 163      | 135      | 16                  | 85       |
| 220/--/--/-- ENTEC      | 97                                    | 171      | 119      | 94                  | 101      |

Tab. 31: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha) – 0 –90 cm

| Variante                | Versuchsbeginn   | nach der Ernte |
|-------------------------|------------------|----------------|
|                         | [kg Nitrat-N/ha] |                |
| ohne N                  | 24               | 29             |
| 100/40/--/80 ASS        |                  | 76             |
| 110/--/110/-- ENTEC     |                  | 52             |
| 100/120/--/-- ASS/ENTEC |                  | 76             |
| 140/--/--/80 ENTEC/KAS  |                  | 93             |
| 220/--/--/-- ENTEC      |                  | 31             |

Eine ausgewogene N-Versorgung während der Wachstumsphase wurde am sichersten im System „ENTEC 26 - 50 % zu Vegetationsbeginn und 50 % in EC 32/37“ - erreicht. In den Versuchen konnte das ortsübliche System witterungsbedingt nicht konkurrieren. Die niedrigeren  $N_{min}$ -Werte der „ENTEC 26 -Variante“ zeigen in beiden Versuchsjahren ein Einsparpotential von mindestens 10 % auf.

Fazit: Es ist empfehlenswert, ENTEC 26 hälftig zu Vegetationsbeginn und in EC 32/37 zu düngen.

## 2.5 Versuche auf auswaschungsgefährdeten Standorten (2000-2002)

### 2.5.1 Winterweizen

Tab. 32: Kenndaten des Standorts „Augustenberg“ (Durchwurzelungstiefe: 40 cm)

| Bodenart | pH  | Humus     | Gesamt-N | CAL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | CAL-K <sub>2</sub> O | CaCl <sub>2</sub> -Mg |
|----------|-----|-----------|----------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
|          |     | [% i. TS] |          | [mg/100g Boden]                   |                      |                       |
| uL       | 7,4 | 1,6       | 0,10     | 64                                | 21                   | 11                    |

#### Versuchsbeschreibung

Die 3-jährigen Versuchsergebnisse belegen, dass ein N-stabilisierter Dünger – im vorliegenden ENTEC 26 (Ammonsulfatsalpeter mit 2,4 Dimethylpyrazolphosphat) – auf flachgründigen, auswaschungsgefährdeten Standorten sowie auf Beregnungsstandorten immer ökologische und letztendlich auch ökonomische Vorteile besitzt.

Tab. 33: Kornerträge und ausgewählte Qualitätsparameter

| Variante           | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Ges. N<br>[% TS] | Rohprotein<br>[% TS] | TKG<br>[g] | Siebsortierung<br>[> 2,5 mm] |
|--------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|------------|------------------------------|
| ohne N             | 21,7                                | 1,56             | 8,9                  | 42,8       | 98,8                         |
| 80/40/40 KAS       | 53,9                                | 2,29             | 13,1                 | 44,4       | 94,7                         |
| 80/80/-- ASS+ENTEC | 54,5                                | 2,30             | 13,1                 | 41,7       | 89,3                         |
| 160/--/-- ENTEC    | 57,7                                | 2,48             | 14,1                 | 45,1       | 94,2                         |

<sup>\*)</sup> 86 % TS

Tab. 34: Stroherträge und N-Abfuhr

| Variante           | Strohertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Ges. N<br>[% TS] | N-Entzug<br>[kg/ha] |
|--------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|
| ohne N             | 12,5                                 | 0,24             | 3                   |
| 80/40/40 KAS       | 40,8                                 | 0,31             | 13                  |
| 80/80/-- ASS+ENTEC | 44,0                                 | 0,32             | 14                  |
| 160/--/-- ENTEC    | 43,0                                 | 0,34             | 15                  |

<sup>\*)</sup> 100 % TS

In allen Versuchsjahren erzielten die Varianten mit ENTEC 26 – besonders bei Düngung in einer Gabe zu Vegetationsbeginn – die Höchsterträge. In diesen Fällen konnte im Vergleich zu einer KAS- oder ASS-Düngung während längerer Niederschlagsphasen weniger Stickstoff verloren gehen (Beachte: durchwurzelbare Tiefe des Versuchsstandortes: 40 – 50 cm!). Die Höchsterträge lagen für Winterweizen ca. 25%, für Wintergerste ca. 15% und für Körnermais bei 20% (trotz sehr hohem Ertragsniveaus in 2002!) über dem langjährigen Standortmittel. Die etwas höheren N<sub>min</sub>-Werte auf den ENTEC- Varianten deuten wiederum darauf hin, dass selbst auf diesem Standort Stickstoff hätte eingespart werden können.

Tab. 35: Kenngrößen der N-Dynamik (mit Strohabfuhr)

| Variante           | rel. Ertrag<br>[100% =<br>47,0 dt/ha] | N-Bedarf | N-Abfuhr | Nettominerali-<br>sation | N-Bilanz |
|--------------------|---------------------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|
|                    |                                       |          |          |                          |          |
| ohne N             | 46                                    | 58       | 32       | -31                      | -32      |
| 80/40/40 KAS       | 115                                   | 119      | 119      | 45                       | 41       |
| 80/80/-- ASS+ENTEC | 116                                   | 120      | 122      | 42                       | 38       |
| 160/--/-- ENTEC    | 123                                   | 126      | 138      | 26                       | 22       |

### 2.5.2 Wintergerste

Tab. 36: Kornerträge und ausgewählte Qualitätsparameter

| Variante           | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Ges. N<br>[% TS] | Rohprotein<br>[% TS] | TKG<br>[g] | Siebsortie-<br>rung<br>[> 2,5 mm] |
|--------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|------------|-----------------------------------|
| ohne N             | 24,2                                | 1,36             | 7,8                  | 39,8       | 87,9                              |
| 40/60/60 KAS       | 27,7                                | 2,21             | 12,6                 | 41,2       | 82,1                              |
| 40/60/60 ASS+ENTEC | 31,4                                | 2,02             | 11,5                 | 39,5       | 82,3                              |
| 40/120/-- ENTEC    | 37,3                                | 2,00             | 11,4                 | 39,7       | 84,2                              |

<sup>\*)</sup> 86 % TS

Tab. 37: Kenngrößen der N-Dynamik (mit Strohabfuhr)

| Variante           | rel. Ertrag<br>[100% =<br>30,1 dt/ha] | N-Bedarf | N-Abfuhr | Nettominera-<br>lisation | N-Bilanz |
|--------------------|---------------------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|
| ohne N             | 80                                    | 61       | 31       | -38                      | - 31     |
| 40/60/60 KAS       | 92                                    | 67       | 58       | 92                       | 102      |
| 40/60/60 ASS+ENTEC | 104                                   | 74       | 60       | 79                       | 100      |
| 40/120/-- ENTEC    | 124                                   | 85       | 69       | 69                       | 91       |

### 2.5.3 Körnermais

Tab. 38: Kornerträge und ausgewählte Qualitätsparameter

| Variante        | Kornertrag <sup>*)</sup><br>[dt/ha] | Ges. N<br>[% TS] | Rohprotein<br>[% TS] | Strohertrag<br>[dt TS/ha] | Ges. N<br>[% TS] |
|-----------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|---------------------------|------------------|
| ohne N          | 48,9                                | 1,23             | 7,0                  | 25,0                      | 0,51             |
| 80/80 KAS       | 81,9                                | 1,70             | 9,7                  | 22,4                      | 0,74             |
| 80/80 ASS+ENTEC | 79,0                                | 1,70             | 9,7                  | 23,1                      | 0,73             |
| 60/100 ENTEC    | 92,2                                | 1,78             | 10,2                 | 27,5                      | 0,75             |

<sup>\*)</sup> 86 % TS

Tab. 39: Kenngrößen der N-Dynamik (mit Strohabfuhr!)

| Variante        | rel. Ertrag<br>[100% =<br>75,5 dt/ha] | N-Bedarf | N-Abfuhr | Nettominerali-<br>sation | N-Bilanz |
|-----------------|---------------------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|
|                 |                                       |          |          |                          |          |
| ohne N          | 65                                    | 135      | 65       | -65                      | - 65     |
| 80/80 KAS       | 109                                   | 210      | 136      | 19                       | 24       |
| 80/80 ASS+ENTEC | 105                                   | 200      | 132      | 15                       | 28       |
| 60/100 ENTEC    | 122                                   | 235      | 162      | -16                      | -2       |

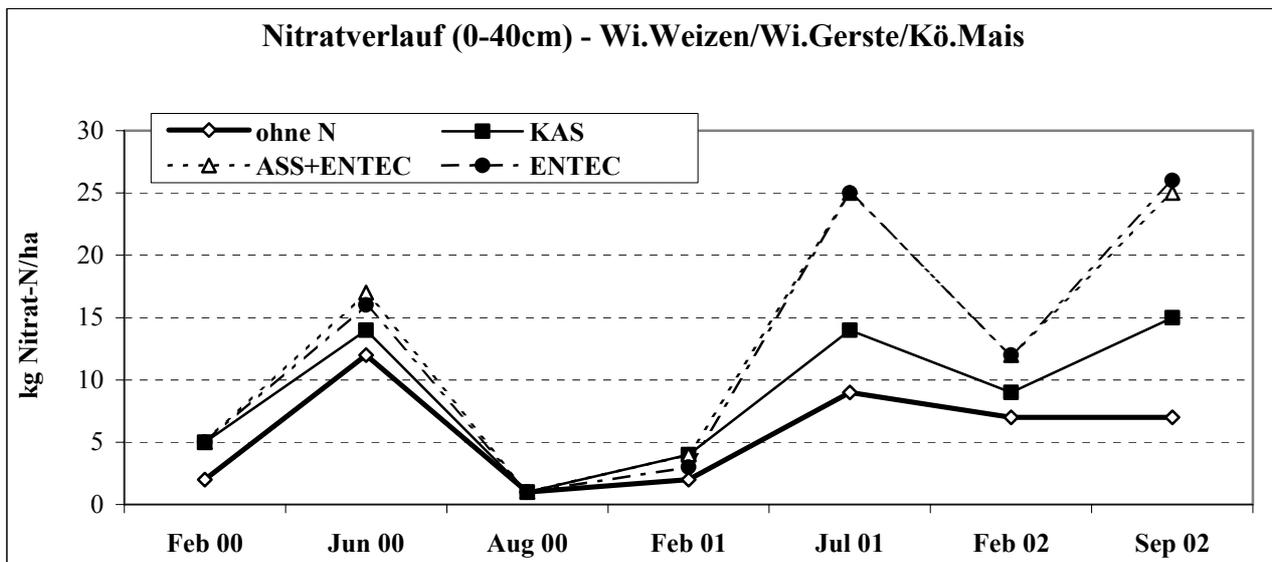


Abb. 3: Verlauf des Nitrat-N (kg/ha)

Fazit: Wenn Auswaschungsgefahr besteht oder wenn berechnet werden soll, ist ENTEC 26 vorzuziehen.

## 2.6 Zusammenfassung

### Winterraps

Eine sehr frühe N-Düngung mit ENTEC 26 auf frostfreie, aufnahmefähige Böden hatte gesichert höhere, zumindest gleiche Kornerträge zur Folge wie mit üblicher KAS-Düngung. Da Winterraps üblicherweise innerhalb von 2 –3 Wochen ausgangs Winter die gesamte N-Düngung erhalten sollte und beim Einsatz von ENTEC 26 somit kurzfristig ein ausreichendes Nitratangebot vorliegt, ist der N-Bedarf zusätzlich aus der langsam fließenden N-Reserve „Ammonium“ bei deutlich geringerem Auswaschungs-/Verlagerungsrisiko gesichert.

### Winterweizen, Wintergerste

Da der N-Bedarf bzw. die N-Aufteilung bei Wintergetreide entwicklungsphysiologisch noch stärker mit der N-Form korreliert, ist eine N-Gabe zu Vegetationsbeginn mit ENTEC 26 dann als unsicher zu bewerten, wenn N-Gaben kleiner 60 kg/ha verabreicht werden. Daher erzielte das System „Startgabe mit KAS/ASS – betonte 2. N-Gabe in EC 32/35 mit ENTEC 26“ – insbesondere zu Winterweizen (Entwicklungsstand ausgangs Winter!) die besten Ergebnisse. In diesem System wird einerseits die sortentypische Bestandesdichte gewährleistet, das Potential „Kornzahl/Ähre“ genutzt und andererseits über die witterungssicherere, langsam fließende N-Quelle „ENTEC 26“ die Kornfüllung optimiert.

Eine Düngung mit ENTEC 26 in einer Gabe zu Vegetationsbeginn hatte akzeptable, nicht jedoch die höchsten Kornerträge zur Folge, so dass diese Variante für arbeitswirtschaftlich extensiv geführte Betriebe (z. B. Produktion von Futtergetreide), auf Flächen mit langjähriger Güllewirtschaft und im Falle einer Produktion von Futtergetreide in Frage kommt. Hierbei besteht jedoch immer die Gefahr, dass bei sehr günstiger Frühjahrswitterung (Bodentemperatur, Bodenfeuchte!) sich die Getreidebestände vegetativ zu schnell entwickeln und zu Lasten von Ertrag und Qualität früh ins Lager gehen.

Auf flachgründigen, auswaschungsgefährdeten Standorten sowie bei Beregnung (s. Versuche LAP) haben N-stabilisierte Dünger wie ENTEC 26 immer den Vorteil einer Verringerung der N-Verluste bei verbesserter N-Ausnutzung.

### 3 Versuche zu Winterroggen

#### 3.1 Versuchsfrage und Versuchsdurchführung

##### Versuchsfrage:

Wie wirkt sich ENTEC auf das Wachstum der Pflanzen, die Quantität und Qualität der Erträge, auf die Ausnutzung des Düng-N und auf die Mobilität des Stickstoffs im Boden bei Winterroggen aus?

**Versuchsvarianten:** siehe Tab. 40 Versuchsanlage: randomisierte Blockanlage mit 4 Wieder.

##### Standortbeschreibung und Anbaudaten:

Versuchstandort Forchheim, Vergleichsgebiet geringere Rheinebene, 117 m über NN, 742 mm Jahresniederschläge und 10,1 °C Jahresdurchschnittstemperatur (langjährige Mittelwerte), Bodenart: IS – u(I)S, Parabraunerde, Ackerzahl 28 – 32, Boden ist bis 90 cm durchwurzelbar.

Angaben zur Versuchsdurchführung sind in Tab. 41 zusammengestellt. Jede Parzelle wurde auf 12,5 m<sup>2</sup> (1,25 m x 10 m) ausgesät, die Erntefläche betrug 10 m<sup>2</sup>.

#### 3.2 Wachstumsverhalten und Erträge

Das Wachstumsverhalten und die Korn- sowie Stroherträge sind in den Tabellen 42 bis 44 zusammengefasst. Die Varianten 3 (100 kg N/ha) und 5 (120 kg N/ha) mit der geringeren N-Düngermenge waren den Varianten mit 140 kg N/ha im Ertrag und im Rohproteingehalt unterlegen. Die Ertragswirkung war bei der V2 im Jahr 2000 signifikant. Die Erträge nach der N-Düngung in einer ENTEC-N-Gabe entsprachen den Erträgen nach der Düngung in zwei Gaben entweder mit KAS (nur 1999) oder 1. Gabe ENTEC-N und 2. Gabe KAS. 2000 fiel die Splitting-Variante mit KAS im Ertrag ab.

Im Wachstumsverhalten weist die ungedüngte Variante eine geringere Wuchshöhe, stärkere Mängel nach dem Ährenschieben, aber eine bessere Standfestigkeit als die gedüngten Varianten auf. Beim Korn- und Strohertrag zeigt sich diese Variante signifikant unterlegen. Beim Vergleich der gedüngten Varianten fällt die V4 (140 kg N/ha mit ENTEC-N in einer Gabe) mit der höchsten Lagerneigung, hohen Bestandesdichten und geringem TKG auf.

#### 3.3 Verlauf der Nmin-Werte und N-Bilanz

Verlauf der Boden-N-Gehalte (siehe Abb. 4):

2000 verlaufen die Nmin-Werte auf einem sehr niedrigen Niveau (1 – 14 kg NO<sub>3</sub>-N/ha) mit praktisch keinen variantenbedingten Unterschieden. 1999 bewegen sich die Nmin-Werte bis zur Ernte auf niedrigem Niveau ( $\leq 10$  kg N/ha), sie steigen nach der Ernte bis 50 kg N/ha an, um bis zum SchALVO-Termin wieder unter 20 kg N/ha abzufallen.

N-Bilanz (siehe Tab. 44):

In beiden Jahren wurden durchschnittlich 28 (18 – 42) kg N/ha mehr gedüngt als mit den Körnern vom Feld abgefahren wurde. Beim Vergleich der gedüngten Varianten weisen die Varianten mit der geringen Düngungshöhe auch die geringere Überbilanz auf. Die Überbilanz ist unabhängig von der Düngerform und von der Verteilung.

Die Varianten mit 100 – 120 kg N/ha nutzten den gedüngten N besser aus als die Varianten mit 140 kg N/ha. Bei gleicher N-Düngungshöhe verbesserte sich die N-Ausnutzung mit der Kornertragshöhe. Daher war die einmalige ENTEC-Düngung mit 140 kg N/ha den Splittingvarianten bei der Düngerausnutzung 2000 überlegen und 1999 entsprachen sich die Werte.

### 3.4 Zusammenfassung N-Versuche Winterroggen 1999 - 2000

- Die Ertragshöhe stieg mit der gedüngten N-Menge an. Bei gleicher Düngungshöhe erzielte die Variante mit „ENTEC-N in einer Gabe“ gleich hohe oder höhere Erträge als die Splittingvarianten.
- Die N-Bilanz war abhängig von der Düngungshöhe und nicht von der Düngerform oder der Verteilung.
- Die Ausnutzung des gedüngten N war umso besser je weniger gedüngt wurde. „ENTEC-N in einer Gabe“ war bei der Düngerausnutzung den Splittingvarianten gleichwertig oder überlegen.

Tab. 40: N-Düngungsversuch Winterroggen LAP 1999 - 2000; Versuchsdurchführung

|   |                |              |
|---|----------------|--------------|
| <b>Jahr 2000</b>  |                |              |
| Sorte: Ursus (90 %) u. Hacada (10%)   | Aussaat: 10.99 | Ernte: 21.7. |
| Düngung (kg/ha): insgesamt 35 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 35 K <sub>2</sub> O, 35 MgO |                |              |
| Pflanzenschutz (l/ha) : 1 Bacara am 25.10.99, 0,3 Moddus am 26.4., 1 Jewel Top am 27.4.   |                |              |
| <b>Jahr 1999</b>  |                |              |
| Sorte: Avanti (H)   | Aussaat: 10.98 | Ernte: 20.7. |
| Düngung (kg/ha): insgesamt 56 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 56 K <sub>2</sub> O         |                |              |
| Pflanzenschutz (l/ha): 2,75 Fenikan am 22.10.98, 0,75 CCC-720, 1 Jewel TOP                |                |              |

Tab. 41: N-Düngungsversuch Winterroggen LAP; Kornerträge 1999 - 2000

| Beschreibung der Varianten   | Variante |          | Erträge 1999    |                      | Erträge 2000   |                       | Erträge 1999 - 2000 |                       |
|--|----------|----------|-----------------|----------------------|----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|  | 1999 Nr. | 2000 Nr. | dt/ha (86 % TS) | rel. (% d. Mittelw.) | dt/ha(86 % TS) | rel. (% des Mittelw.) | dt/ha (86 % TS)     | rel. (% des Mittelw.) |
| Ungedüngt  | 1        | 1        | 32,5            | 46,5                 | 28,9           | 41,9                  | 30,7                | 44,9                  |
| 80 + 60 kg N/ha als KAS <sup>1)</sup>                                | 2        | 2        | 80,7            | 115,5                | 75,5           | 109,5                 | 78,1                | 114,3                 |
| 100 kg N/ha als 20/8/8* mit ENTEC <sup>2)</sup>                      | 3        | 3        | 76,8            | 109,9                | 72,3           | 104,8                 | 74,6                | 109,1                 |
| 140 kg N/ha als 20/8/8* mit ENTEC <sup>2)</sup>                      | 4        | 4        | 79,7            | 114,1                | 79,9           | 115,8                 | 79,8                | 116,8                 |
| 80 kg N/ha als 20/8/8* mit ENTEC + 40 kg N/ha als KAS <sup>1)</sup>  | 5        | 5        | 79,6            | 113,9                | 77,3           | 112,1                 | 78,5                | 114,8                 |
| 100 kg N/ha als 20/8/8* mit ENTEC + 40 kg N/ha als KAS <sup>1)</sup> |          | 6        |                 |                      | 80             | 116,0                 |                     |                       |
| <i>Versuchsmittel</i>  |          |          | 69,9            | 100                  | 69,0           | 100,0                 | 68,3                | 100,0                 |
| <b>GD 5 %</b>  |          |          | 8,4             |                      | 6              |                       |                     |                       |

\*) : 2000: als ENTEC 20+5+5+5+5+6

1): N-Düngung in 2 Gaben, 1. Gabe zu Vegetationsbeginn u. 2. Gabe ca. 4 Wochen danach zum Schossen

2): N-Düngung in einer Gabe zu Vegetationsbeginn

Tab. 42: N-Düngungsversuch Winterroggen LAP 2000; Wachstumsbeobachtungen und Erträge

| Versuchsvarianten   | Pflanzenlänge (cm) | Mängel im Stand nach Ähren-schieben | Lager               |                    | Lager vor Reife | Mehltau | Braunrost | Rhynchospor. | Kornerttrag bei 86 % (dt/ha) | Ähren/m <sup>2</sup> | TKG (g) | hl-Gewicht (kg) | Rohprotein (Korn) % | Strohertrag bei 100 %TM (dt/ha) | Verhältnis Korn : Stroh = 1 : x |
|---|--------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|---------|-----------|--------------|------------------------------|----------------------|---------|-----------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|   |                    |                                     | nach Ähren-schieben | nach Ähren-schieb. |                 |         |           |              |                              |                      |         |                 |                     |                                 |                                 |
| 1. ungedüngt  | 115                | 5,5                                 | 1,0                 | 1,0                | 1,0             | 1,0     | 1,0       | 3,3          | 28,9                         | 403                  | 33,6    | 77,4            | 8,8                 | 20,7                            | 0,83                            |
| 2. 80 + 60 kg/ha N als KAS  | 133                | 2,0                                 | 1,0                 | 3,0                | 3,0             | 1,0     | 1,0       | 3,8          | 75,5                         | 592                  | 31,3    | 77,1            | 9,0                 | 53,4                            | 0,82                            |
| 3. 100 kg/ha N als ENTEC 20 + 5 + 5 + 5 + 6)                      | 128                | 2,8                                 | 1,0                 | 2,8                | 2,8             | 1,0     | 1,0       | 3,8          | 72,3                         | 612                  | 31,7    | 76,6            | 7,7                 | 52,7                            | 0,85                            |
| 4. 140 kg/ha N als ENTEC (20 + 5 + 5 + 5 + 6)                     | 133                | 2,0                                 | 1,0                 | 5,3                | 5,3             | 1,0     | 1,0       | 3,3          | 79,9                         | 777                  | 29,9    | 76,5            | 8,5                 | 57,3                            | 0,83                            |
| 5. 80 kg/ha N als ENTEC (20 + 5 + 5 + 5 + 6) + 40 kg/ha N als KAS | 135                | 2,8                                 | 1,0                 | 2,8                | 2,8             | 1,0     | 1,0       | 4,0          | 77,3                         | 605                  | 30,9    | 76,5            | 8,7                 | 55,1                            | 0,83                            |
| 6. 100 kg/ha N als ENTEC 20 + 5 + 5 + 5 + 6) + 40 kg/ha N als KAS | 130                | 2,0                                 | 1,0                 | 4,0                | 4,0             | 1,0     | 1,0       | 3,8          | 80,0                         | 628                  | 29,8    | 77,1            | 8,9                 | 55,7                            | 0,81                            |
| Versuchsmittel  | 129                | 2,8                                 | 1,0                 | 3,1                | 3,1             | 1,0     | 1,0       | 3,6          | 69,0                         | 603                  | 31,2    | 76,8            | 8,6                 | 49,2                            | 0,83                            |
| GD 5 %  | 9,2                | 1,0                                 |                     | 1,1                | 1,1             |         |           | ns 0,7       | 4,9                          | 113                  | 1,2     | ns 1,1          |                     | 3,3                             |                                 |

Tab. 43: N-Düngungsversuch Winterroggen LAP 1999; Wachstumsbeobachtungen und Erträge

| Versuchsvarianten   | Pflanzenlänge cm | Mängel im Stand |                    | Lager              |           | Mehltau | Braunrost | Rhynchospor. | Kornerttrag bei 86 % dt/ha | Ähren/m <sup>2</sup> | TKG (g) | hl-Gewicht (kg) | Rohprotein (Korn) % | Strohertrag bei 100 %TM (dt/ha) | Verhältnis Korn : Stroh = 1 : x |
|---|------------------|-----------------|--------------------|--------------------|-----------|---------|-----------|--------------|----------------------------|----------------------|---------|-----------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|   |                  | nach Winter     | nach Ähren-schieb. | nach Ähren-schieb. | vor Reife |         |           |              |                            |                      |         |                 |                     |                                 |                                 |
| 1. ungedüngt  | 109              | 3,0             | 5,3                | 1,0                | 1,0       | 1,0     | 1,0       | 3,8          | 32,5                       | 357                  | 35,9    | 75,6            | 8,7                 | 19,9                            | 0,71                            |
| 2. Ortsüblich 80 + 60 kg N/ha als KAS   | 164              | 3,0             | 2,3                | 1,0                | 3,0       | 1,0     | 1,3       | 4,5          | 80,7                       | 480                  | 33,5    | 74,9            | 9,1                 | 57,5                            | 0,83                            |
| 3. 100 kg N/ha als 20 / 8 / 8 mit Nitrifikationshemmstoff                     | 159              | 3,0             | 2,5                | 1,0                | 2,3       | 1,0     | 1,3       | 4,5          | 76,8                       | 540                  | 34,5    | 75,5            | 7,8                 | 55,8                            | 0,84                            |
| 4. 140 kg N/ha als 20 / 8 / 8 mit Nitrifikationshemmstoff                     | 168              | 3,0             | 2,3                | 1,0                | 5,5       | 1,0     | 1,0       | 3,8          | 79,7                       | 605                  | 32,0    | 74,7            | 8,9                 | 59,7                            | 0,87                            |
| 5. 80 kg N/ha als 20 / 8 / 8 mit Nitrifikationshemmstoff + 40 kg N/ha als KAS | 167              | 3,0             | 2,3                | 1,0                | 3,3       | 1,0     | 1,0       | 4,5          | 79,6                       | 473                  | 33,9    | 75,2            | 8,8                 | 55,3                            | 0,81                            |
| Versuchsmittel  | 153              | 3,0             | 2,9                | 1,0                | 3,0       | 1,0     | 1,1       | 4,2          | 69,9                       | 491                  | 33,9    | 75,2            | 8,7                 | 49,6                            | 0,81                            |
| GD 5 %  | 4,9              |                 | 0,7                |                    | 1,0       |         | 0,4 (n.s) | 0,6          | 5,7                        | 85                   | 1,9     | 0,7             |                     | 5,1                             |                                 |

Tab. 44: N-Düngungsversuch Winterroggen LAP; N-Bilanzen 1999 - 2000

|  | V1   | V2   | V3    | V4   | V5    | V6   |
|--|------|------|-------|------|-------|------|
| <i>Versuchsjahr 1999</i>                       |      |      |       |      |       |      |
| % N i. TS Stroh                                | 0,43 | 0,37 | 0,34  | 0,37 | 0,36  |      |
| Strohertrag (dt TS/ha)                         | 19,9 | 57,5 | 55,8  | 59,7 | 55,3  |      |
| N-Menge Stroh (kg N/ha)                        | 9    | 21   | 19    | 22   | 20    |      |
| % N i. TS Körner                               | 1,39 | 1,46 | 1,24  | 1,43 | 1,41  |      |
| Kornertrag (dt/ha bei 86 % TS)                 | 32,5 | 80,7 | 76,8  | 79,7 | 79,6  |      |
| N-Abfuhr Körner (kg N/ha)                      | 39   | 101  | 82    | 98   | 97    |      |
| Ges.-entzug K. u. Str. (kg N/ha)               | 47   | 123  | 101   | 120  | 116   |      |
| Düngung (kg N/ha)                              | 0    | 140  | 100   | 140  | 120   |      |
| N-Bilanz 1: N-Dgg - Abf. Körner (kg N/ha)      | -39  | 39   | 18    | 42   | 23    |      |
| N-Bil. 2: N-Dgg - N-Entzug Ges.-Pfl. (kg N/ha) | -47  | 17   | -1    | 20   | 4     |      |
| N-min nach der Ernte (kg N/ha)                 | 44   | 28,4 | 49,6  | 36,3 | 45,1  |      |
| N-Menge Stroh (kg N/ha)                        | 9    | 21   | 19    | 22   | 20    |      |
| Summe N-Reste n. d. Ernte (kg N/ha):           | 53   | 50   | 69    | 58   | 65    |      |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS/kg ged. N)            |      | 49,6 | 66,0  | 49,0 | 57,0  |      |
| N-Ausnutzgg (kg Korn-TS+Stroh-TS/kg ged. N)    |      | 90,6 | 121,8 | 91,6 | 103,1 |      |
| N-Entzug Korn (kg N/dt Körner mit 86 % TS)     | 1,20 | 1,26 | 1,07  | 1,23 | 1,21  |      |
| N-Entzug Stroh (kg N/dt TS Stroh)              | 0,43 | 0,37 | 0,34  | 0,37 | 0,36  |      |
| <i>Versuchsjahr 2000</i>                       |      |      |       |      |       |      |
| % N i. TS Stroh                                | 0,42 | 0,40 | 0,33  | 0,37 | 0,37  | 0,40 |
| Strohertrag (dt TS/ha)                         | 20,7 | 53,4 | 52,7  | 57,3 | 55,1  | 55,7 |
| N-Menge Stroh (kg N/ha)                        | 9    | 21   | 17    | 21   | 20    | 22   |
| % N i. TS Körner                               | 1,41 | 1,44 | 1,24  | 1,36 | 1,39  | 1,42 |
| Kornertrag (dt/ha bei 86 % TS)                 | 28,9 | 75,5 | 72,3  | 79,9 | 77,3  | 80   |
| N-Abfuhr Körner (kg N/ha)                      | 35   | 93   | 77    | 93   | 92    | 98   |
| Ges.-entzug K. u. Str. (kg N/ha)               | 44   | 115  | 94    | 115  | 113   | 120  |
| Düngung (kg N/ha)                              | 0    | 140  | 100   | 140  | 120   | 140  |
| N-Bilanz 1: N-Dgg - Abf. Körner (kg N/ha)      | -35  | 47   | 23    | 47   | 28    | 42   |
| N-Bil. 2: N-Dgg - N-Entzug Ges.-Pfl. (kg N/ha) | -44  | 25   | 6     | 25   | 7     | 20   |
| N-min nach der Ernte (kg N/ha)                 | 6    | 6    | 5     | 8    | 8     | 8    |
| N-Menge Stroh (kg N/ha)                        | 9    | 21   | 17    | 21   | 20    | 22   |
| Summe N-Reste n. d. Ernte (kg N/ha):           | 15   | 27   | 22    | 29   | 28    | 30   |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS/kg ged. N)            |      | 46,4 | 62,2  | 49,1 | 55,4  | 49,1 |
| N-Ausnutzgg (kg Korn-TS+Stroh-TS/kg ged. N)    |      | 84,5 | 114,9 | 90,0 | 101,3 | 88,9 |
| N-Entzug Korn (kg N/dt Körner mit 86 % TS)     | 1,21 | 1,24 | 1,07  | 1,17 | 1,20  | 1,22 |
| N-Entzug Stroh (kg N/dt TS Stroh)              | 0,42 | 0,40 | 0,33  | 0,37 | 0,37  | 0,40 |

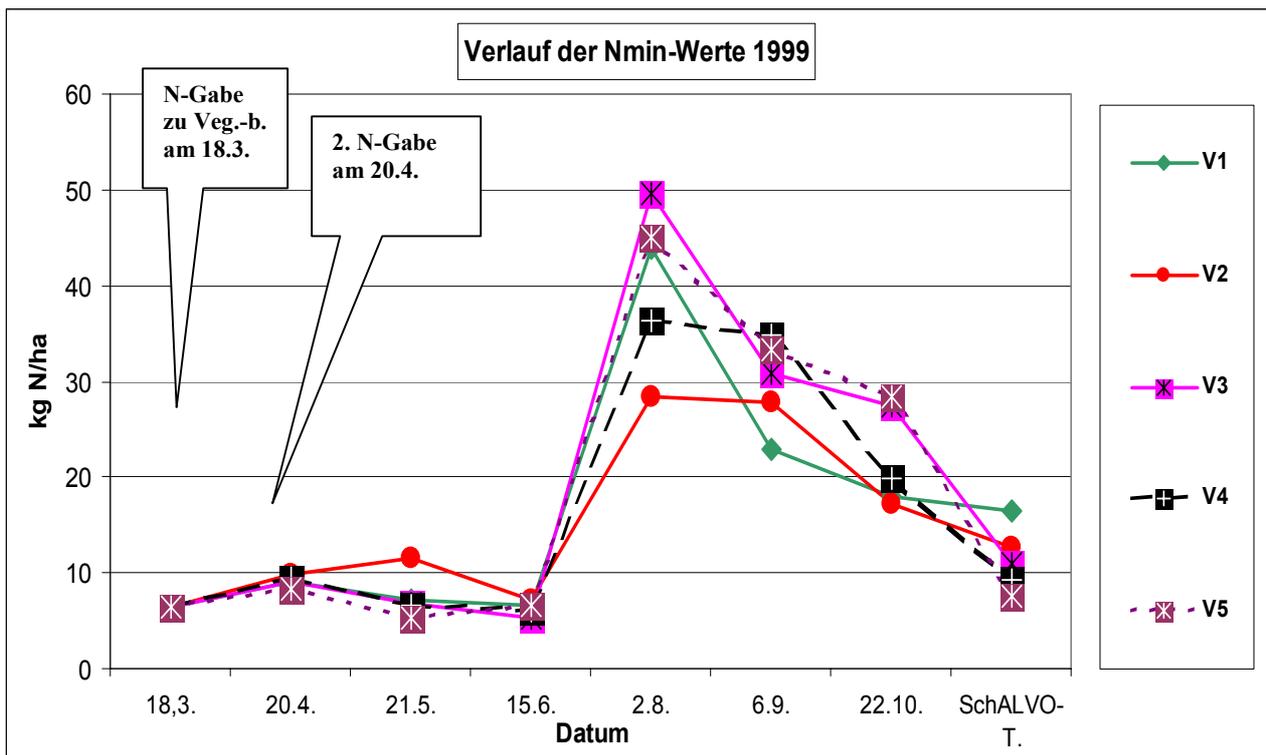
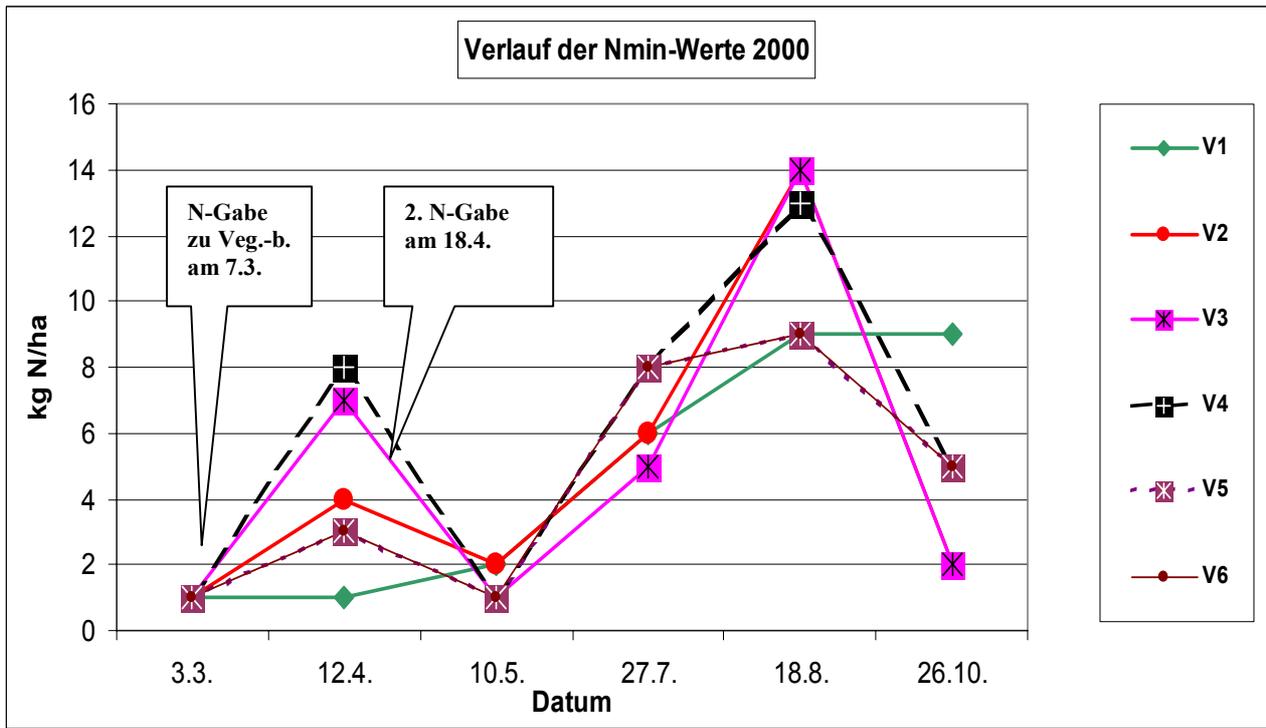


Abb. 4: Düngungsversuch Winterroggen LAP; N-Ganglinien 1999 – 2000

## **4 Versuche zu Körnermais**

### **4.1 ENTEC-Versuche zu Körnermais am IfUL Müllheim (1998 - 2002)**

#### **4.1.1 Versuchsfrage und Versuchsdurchführung**

Versuchsfrage:

Wie wirkt sich ENTEC auf das Wachstum der Pflanzen, den Ertrag, die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs und auf die Mobilität des Stickstoffs im Boden bei Körnermais aus?

Versuchsvarianten: siehe Tab. 45

Versuchsanlage: randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen

Standortbeschreibung und Anbaudaten:

Versuchstandort Auggen (1999-2002):

Vergleichsgebiet geringere Rheinebene, 232 m über NN, 650 mm Jahresniederschläge und 9,5 °C Jahresdurchschnittstemperatur (langjährige Mittelwerte),

Boden: sL, Parabraunerde, Ackerzahl 55, Boden ist bis ca. 60 cm durchwurzelbar.

Versuchstandort Auggen-Hach (1998):

Vergleichsgebiet geringere Rheinebene, 232 m über NN, 650 mm Jahresniederschläge und 9,5 °C Jahresdurchschnittstemperatur (langjährige Mittelwerte),

Boden: sL, Braunerde, Ackerzahl 80

Angaben zur Versuchsdurchführung sind in Tab. 46 zusammengestellt. Jede Parzelle wurde mit 4 Reihen (3 m x 7 m) ausgesät, wovon nur die beiden mittleren Reihen geerntet wurden.

#### **4.1.2 Aussagen zu den Versuchsjahren**

##### **1998**

Der Körnermaisversuch konnte am 30.04. ausgesät werden. Die Aussaatbedingungen waren optimal, der Zustand des Bodens gut abgetrocknet und feinkrümelig. Nach der Aussaat gab es ein paar Mal Niederschlag, ansonsten war der Monat Mai sehr trocken. Das Wachstum der Maispflanzen war gut, solange ausreichend Nährstoffe zur Verfügung standen. Die N-Düngung nach der Saat musste eingearbeitet werden, damit die Nährstoffe gelöst wurden.

Die Bestockungsneigung war gering, einzelne Pflanzen zeigten Geiztriebe. Da zur Saat das Granulat Counter SG vorbeugend gegen Schädlinge, wie den Drahtwurm, ausgebracht wurde, gab es keinen Fritfliegenbefall. Die Bekämpfung des Maiszünslers wurde mit zweimaliger Ausbringung von Trichogramma durchgeführt.

In der Juli- und Augusttrockenheit wurde mit eine Gesamtmenge von 50 mm in zwei Gaben beregnet. Durch die zusätzliche Regenmenge waren die Maispflanzen widerstandsfähiger gegen Stängelfäule. Lager konnte bei keiner der Sorten im Versuch festgestellt werden. Beulenbrand ist hauptsächlich am Stängel aufgetreten, selten am Kolben oder an den Fahnen.

**1999**

Der Körnermaisversuch konnte am 26.04. ausgesät werden. Die Voraussetzungen dafür waren gut, das Feld abgetrocknet und durch die Bearbeitung mit der Kreiselegge feinkrümelig.

Zur Aussaat wurde auch das Insektizid Granulat Counter SC 1,25 g/m gegen Bodenschädlinge, insbesondere Drahtwürmer ausgebracht. Durch die Flächenstilllegungen ist das Gebiet etwas gefährdet.

Nach dem Auflaufen des Maises gab es jeden Tag Niederschlag, was für das Wachstum der Pflanzen weniger verträglich war. Ab dem 26. Mai war die Witterung warm und trocken und damit günstig für die Entwicklung der Maispflanzen. Das gute Wachstum der Pflanzen wurde am 13.06. durch ein Gewitter mit Hagel (30 mm Niederschlag) zerstört. Die zweite N-Gabe wurde Mitte Juni ausgebracht und eingearbeitet. Die Einarbeitung war notwendig, da der Boden durch den starken Regen verschlämmt und dadurch die Oberfläche verdichtet war.

Auch der Monat Juni war sehr niederschlagsreich, nur an wenigen Tagen gab es keinen Regen. Die durch Hagel geschädigten Maispflanzen hatten den Vorteil, mit weniger Blattmasse besser auszukommen. Ab dem 17. Juli bis Ende des Monats war die Niederschlagsmenge gering, deshalb wurde der Versuch am 30.07. und 02.08. mit je 30 mm beregnet. Eine weitere Beregnung mit 30 mm erfolgte am 30.08.

Der Befall mit Beulenbrand und Fusarium war gering. Durch die Behandlung zur Saat gab es keinen Befall mit Fritfliege. Gegen Maiszünsler wurden am 18.06. und 30.06. Trichogramma ausgebracht. Lager ist im Versuch keines aufgetreten, es gab nur Pflanzen, die durch Maiszünlerschaden umgebrochen sind. Die Maiserträge sind trotz des Hagelschadens sehr gut.

**2000**

Die Aussaat des Versuches war zu einem günstigen Zeitpunkt. Der Boden in der Bearbeitungstiefe war gut abgetrocknet, in den unteren Schichten noch feucht. Die Witterung nach der Aussaat war trocken und warm, die Keimung der Körner erfolgte sofort.

Auf dem Versuchsstandort Auggen wird zur Aussaat Counter in die Saatreihe mit ausgebracht, vorbeugend gegen Drahtwürmer. Durch die Ausbringung des Granulats gibt es auch keinerlei Fritfliegenbefall nach dem Auflaufen.

Die Unkrautbekämpfung mit Harpun (5 l/ha) brachte nur einen Teilerfolg. In der Zeit der Anwendung gab es nur geringe Niederschläge, was eine zu geringe Wirkung gegen die Hirsearten hatte.

Eine 2. Herbizid-Behandlung war notwendig mit der Mischung Mikado 1,0 l/ha und Duogranol (1,5 kg/ha), um die Ungräser, besonders die Hirsen, zu bekämpfen.

Eine Stressperiode für die Maispflanzen war der Monat Juni, welcher sehr trocken war. Im ganzen Monat sind auf dem Versuchsstandort Auggen nur 17,3 mm Niederschlag gefallen. Eine zusätzliche Beregnung war dadurch notwendig: am 20.06. und 30.06. wurde der Versuch beregnet mit 30 mm je Beregnung.

Durch den Einsatz der Beregnung im Juni und die ausreichenden Niederschläge in den Monaten Juli, August und September gab es keine Stängelfäule, welche ertragsmindernd gewesen wäre.

Der Maiszünsler wurde bekämpft durch Ausbringung von Trichogramma am 13.06. und 28.06.2000.

**2001**

Die Aussaat der Maisversuche hat sich in diesem Jahr witterungsbedingt verzögert. Am 01. Mai konnte die Aussaat durchgeführt werden, es war der erste mögliche Termin. Die Feldbedingungen waren an der Grenze für die Saatbeetbereitung.

Das Pflanzenwachstum in der Jugendentwicklung war auf dem Versuchsfeld Auggen eher etwas verhalten. Die Temperaturen in der Nacht lagen bis zu 12°C tiefer als am Tag.

Die N-min Menge zur Saat in der obersten Bodenschicht war sehr gering. Die 2. N-Düngung - mit Einarbeitung - brachte gutes Pflanzenwachstum; nicht nur die N-Düngung, sondern auch die Durchlüftung des Bodens durch das Hacken sowie die dadurch bessere Erwärmung des Bodens tragen dazu bei.

Aufgrund der Insektizidbehandlung mit Counter SG bei der Aussaat war keinerlei Fritfliegenbefall festzustellen. Durch die Behandlung war auch der Beulenbrandbefall sehr gering.

Der Zünslerbefall war ebenfalls sehr gering. Einen Ertragsausfall gab es nicht, auch keine Schäden unter dem Kolbenansatz. Die Bekämpfung erfolgte 2 x durch Ausbringung von Trichogramma am 22.06.01 und 03.07.01. Durch die Beregnung der Versuchsfläche am 31.07. und 13.08. verzögerte sich die Abreife. Die späte Aussaat hatte zur Folge, dass alle phänologischen Daten um 10 Tage später waren als im Vorjahr.

**2002**

Zur Aussaat waren die Witterungsbedingungen sehr gut. Nach der Aussaat gab es vom 01.05. bis 05.05.02 starke Niederschläge, in der Summe 100 Liter/m<sup>2</sup>. Durch diese Niederschläge verschlammte der Boden leicht, was zu einer Verschlechterung des Aufgangs führte. Durch die doppelte Aussaatmenge traten im Versuch keine Fehlstellen auf. Das Wachstum nach Aufgang war gut, die Vereinzlung konnte bereits am 24.05.02 durchgeführt werden. Kälteschäden gab es keine, auch wurde kein Fritfliegenbefall festgestellt, da bei der Aussaat 1,25 g/m<sup>2</sup> Counter SG mit ausgebracht wurde. Die 2. N-Gabe wurde am 03.06.02 ausgebracht und eingearbeitet. Diese Maschinenhacke verbesserte zugleich die Durchlüftung des Bodens, welcher durch die vielen Regenfälle verschlammte war. Es gab in diesem Jahr einen erhöhten Maiszünslerbefall, welcher zu geringen Ertragsverlusten führte. Der Beulenbrandbefall trat hauptsächlich an den unteren Stängelknoten auf, nur vereinzelt am Kolben. Durch die Beregnung am 30.07. und 04.09.02 konnte die Ertragsleistung der Sorten gefördert werden, der Fusariumbefall war dadurch auch geringer. Die Witterung zur Erntezeit war sehr ungünstig.

Tab. 45: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL Müllheim 1998–2002; Versuchsbeschreibung

| Beschreibung der Varianten   | Variante Nr. |      |      |
|--|--------------|------|------|
|  | 2000         | 2001 | 2002 |
| Ungedüngt  | 1            | 1    | 1    |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung* als KAS - 6-Blattstadium nach NID                    | 2            | 2    | 3    |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung* als ENTEC-26 zur Saat                                | 3            | 3    | 4    |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung* als ENTEC-26 nach dem Auflaufen                      | 4            |      |      |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung* als ENTEC-26 zum 6-Blattst.                          | 5            |      |      |
| UF 40 kg/ha N als NP (25+15) + Flächendüngung* als KAS - 6-Blattstadium nach NID                       | 6            | 4    | 2    |
| UF 40 kg/ha N als DAP (18+46) + Flächendüngung* als KAS - 6-Blattstadium nach NID                      | -            | 5    |      |
| Gesamte N-Düngung zur Saat mit Harnstoff ***   | -            | 6    | 5    |
|  | 1998         | 1999 |      |
| Ungedüngt  | 1            | 1    |      |
| Flächendüngung als KAS in 2 Gaben (1998: 119 kg N/ha; 1999: 132 kg N/ha)                               | 2            | 2    |      |
| UF 40 kg N/ha als NP 24 +12 ohne ENTEC + Flächendüngung** als KAS im 6-Blattstadium nach NID           | 3            | 3    |      |
| UF 40 kg N/ha als NP 24 +12 mit ENTEC + Flächendüngung** als KAS im 6-Blattstadium nach NID            | 4            | 4    |      |
| UF 40 kg N/ha als NP 24 +12 mit ENTEC + Flächendüngung** als ASS ohne ENTEC im 6-Blattstadium nach NID | 5            | 5    |      |
| UF 40 kg N/ha als NP 24 +12 mit ENTEC + Flächendüngung ** als ASS mit ENTEC im 6-Blattstadium nach NID | 6            | 6    |      |

\*) : 2000: 100 kg N/ha u. 2001 120 kg N/ha

\*\*) : 1998: 95 kg N/ha u. 1999 108 kg N/ha

\*\*\*): 2001: 185 kg N/ha u. 2002 160 kg N/ha

Tab. 46: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 1998 - 2002; Versuchsdurchführung

| Jahr | Standort    | Sorte | Aussaat | Ernte  | Düngung   | Pflanzenschutz   | Beregnung   |
|------|-------------|-------|---------|--------|---|--|---|
| 1998 | Auggen-Hach | Lob   | 30.04.  | 23.10. | 132 N, 100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 180 K <sub>2</sub> O, 72 MgO | 5.0 l Harpun am 05.05.   | keine   |
| 1999 | Auggen      | Lob   | 29.04.  | 21.10. | 132 N, 100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 200 K <sub>2</sub> O, 30 MgO | 5.0 l Harpun am 03.05.   | keine   |
| 2000 | Auggen      | Lob   | 26.04.  | 23.10. | 100 N, 80 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 160 K <sub>2</sub> O, 24 MgO  | 5.0 l Harpun am 03.05.; 1l Mikado + 1.5 kg Duogranol am 23.05.   | 33 mm am 20.06., 22 mm am 29.06.                  |
| 2001 | Auggen      | Lob   | 01.05.  | 29.10. | 185 N, 80 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 160 K <sub>2</sub> O, 24 MgO  | 5.0 l Harpun am 03.05.; Maschinenhacke am 12.06.; Trichogramma am 22.06. + 03.07.                            | 32 mm am 03.07., 34 mm am 31.07.; 28 mm am 13.08. |
| 2002 | Auggen      | Lob   | 23.04.  | 29.10. | 160 N, 80 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 160 K <sub>2</sub> O, 24 MgO  | 1.25 g Counter SG am 23.04.; 5 l Harpun am 08.05.; Maschinenhacke am 04.06.; Trichogramma am 21.06. + 03.07. | 24 mm am 30.07., 33 mm am 04.09.;                 |

Tab. 47: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 2002; Wachstumsbeobachtungen und Erträge

| Versuchsvarianten  | Pflanzenlänge (cm) | Zünslerbefall (%) | Beulenbrand (%) | Stängel-fäule 1-9 | Mängel im Stand n. voller Kolbenentw. | Lager vor der Ernte (%) | Korn-ertrag bei 86% (dt/ha) | TKG (g) | Strohertrag bei 100% TM (dt/ha) | Verhältnis Korn : Stroh = 1 : x |
|--|--------------------|-------------------|-----------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. ungedüngt   | 273                | 4,9               | 0,0             | 1                 | 3                                     | 0,7                     | 48,83                       | 205     | 54,59                           | 1,3                             |
| 2. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als NP (25 + 15) + Flächendüngung 120 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium    | 294                | 10,5              | 2,3             | 2                 | 2                                     | 1,3                     | 106,26                      | 226     | 91,38                           | 1,0                             |
| 3. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 120 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium | 295                | 7,6               | 1,0             | 1                 | 2                                     | 1,6                     | 111,69                      | 226     | 96,56                           | 1,0                             |
| 4. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 120 kg/ha N als ENTEC-26 zur Saat     | 296                | 6,6               | 3,0             | 2                 | 2                                     | 1,6                     | 107,62                      | 224     | 92,89                           | 1,0                             |
| 5. Gesamte N-Düngung 160 kg/ha N als Harnstoff zur Saat  | 288                | 8,2               | 4,6             | 1                 | 2                                     | 1,0                     | 104,46                      | 232     | 89,99                           | 1,0                             |
| Versuchsmittel   | 289                | 7,6               | 2,2             | 1                 | 2                                     | 1,3                     | 97,77                       | 223     | 92,49                           | 1,1                             |
| GD 5 %   | 11                 |                   |                 | 1                 | 1                                     |                         | 8,27                        |         |                                 |                                 |

Tab. 48: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 2001; Wachstumsbeobachtungen und Erträge

| Versuchsvarianten  | Pflanzenlänge (cm) | Zünslerbefall (%) | Beulenbrand (%) | Stängel-fäule 1-9 | Mängel im Stand n. voller Kolbenentw. | Lager vor der Ernte (%) | Korn-ertrag bei 86% (dt/ha) | TKG (g) | Strohertrag 100% TM (dt/ha) | Verhältnis Korn : Stroh 1 : x |
|--|--------------------|-------------------|-----------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. ungedüngt   | 229                | 0,0               | 0,0             | 1                 | 1                                     | 1                       | 40,01                       | 214     | 34,42                       | 1,1                           |
| 2. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 120 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium | 256                | 0,3               | 0,0             | 1                 | 1                                     | 1                       | 82,75                       | 225     | 57,34                       | 0,8                           |
| 3. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 143 kg/ha N als ENTEC-26 zur Saat     | 264                | 1,0               | 0,0             | 1                 | 1                                     | 1                       | 95,61                       | 233     | 74,00                       | 0,9                           |
| 4. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als NP (25 + 15) + Flächendüngung 120 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium    | 257                | 0,0               | 0,3             | 1                 | 1                                     | 1                       | 86,09                       | 217     | 59,22                       | 0,8                           |
| 5. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als DAP + Flächendüngung 120 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium             | 254                | 0,7               | 0,0             | 1                 | 1                                     | 1                       | 87,06                       | 214     | 67,38                       | 0,9                           |
| 6. Gesamte N-Düngung 185 kg/ha N als Harnstoff zur Saat  | 274                | 0,7               | 0,3             | 1                 | 1                                     | 1                       | 106,32                      | 228     | 95,69                       | 0,9                           |
| Versuchsmittel   | 255                | 0,4               | 0,1             | 1                 | 1                                     | 1                       | 82,97                       | 222     | 64,22                       | 0,9                           |
| GD 5 %   | 16                 |                   |                 |                   |                                       |                         | 11,49                       |         |                             |                               |

Tab. 49: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 2000; Wachstumsbeobachtungen und Erträge

| Versuchsvarianten  | Pflanzenlänge (cm) | Zünslerbefall (%) | Beulenbrand (%) | Stängel-fäule 1-9 | Lager vor der Ernte | Kornertrag 86 % (dt/ha) | TKG (g) |
|--|--------------------|-------------------|-----------------|-------------------|---------------------|-------------------------|---------|
| 1. ungedüngt   | 255                | 5,6               | 0,0             | 1                 | 1                   | 86,70                   | 257     |
| 2. Unterfußdüngung 40 kg/ha N als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 100 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium       | 267                | 7,8               | 0,3             | 1                 | 1                   | 131,01                  | 295     |
| 3. Unterfußdüngung 40 kg/ha N als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 100 kg/ha N als ENTEC 26 zur Saat           | 271                | 11,9              | 0,0             | 1                 | 1                   | 129,90                  | 293     |
| 4. Unterfußdüngung 40 kg/ha N als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 100 kg/ha N als ENTEC 26 nach dem Auflaufen | 270                | 7,5               | 1,0             | 1                 | 1                   | 130,66                  | 301     |
| 5. Unterfußdüngung 40 kg/ha N als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 100 kg/ha N als ENTEC 26 im 6-Blattstadium  | 265                | 6,5               | 0,3             | 1                 | 1                   | 124,90                  | 294     |
| 6. Unterfußdüngung 40 kg/ha N als NP (25 + 15) + Flächendüngung; 100 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium         | 265                | 7,6               | 0,0             | 1                 | 1                   | 125,14                  | 287     |
| Versuchsmittel   | 265                | 7,8               | 0,3             | 1                 | 1                   | 121,39                  | 288     |
| GD 5 %   | 12                 |                   |                 |                   |                     | 13,65                   | 33      |

Tab. 50: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 1999; Wachstumsbeobachtungen und Erträge

| Versuchsvarianten   | Pflanzenlänge (cm) | Zünslerbefall (%) | Beulenbrand (%) | Lager vor der Ernte | Tage Aufgang - Fahnen-schieben | Korn-ertrag bei 86 % (dt/ha) | TKG (g) | Stroh-ertrag bei 100 % TM (dt/ha) | Verhältnis Korn : Stroh = 1 : x |
|---|--------------------|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------------------|------------------------------|---------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1. ungedüngt  | 220                | 0,0               | 0,6             | 1                   | 68                             | 52,23                        | 209     | 46,61                             | 1,0                             |
| 2. Flächendüngung KAS in 2 Gaben nach NID                                     | 254                | 0,3               | 0,0             | 1                   | 61                             | 100,92                       | 231     | 73,54                             | 0,9                             |
| 3. UF 40 kg N/ha (24 + 12) ohne ENTEC + Flächendüngung KAS nach NID           | 260                | 0,6               | 0,3             | 1                   | 61                             | 101,91                       | 218     | 86,57                             | 1,0                             |
| 4. UF 40 kg N/ha (24 + 12) mit ENTEC + Flächendüngung KAS nach NID            | 260                | 1,2               | 0,0             | 1                   | 61                             | 102,48                       | 219     | 80,6                              | 0,9                             |
| 5. UF 40 kg N/ha (24 + 12) mit ENTEC + Flächendüngung ASS ohne ENTEC nach NID | 255                | 0,3               | 0,0             | 1                   | 61                             | 99,16                        | 214     | 77,86                             | 0,9                             |
| 6. UF 40 kg N/ha (24 + 12) mit ENTEC + Flächendüngung ASS mit ENTEC nach NID  | 251                | 1,2               | 0,0             | 1                   | 61                             | 95,14                        | 222     | 82,11                             | 1,0                             |
| Versuchsmittel  | 250                | 0,6               | 0,2             | 1                   | 62                             | 91,97                        | 216     | 74,52                             | 1,0                             |
| GD 5 %  | 13,9               |                   |                 |                     |                                | 12,65                        |         |                                   |                                 |

Tab. 51: N-Düngungsversuch Körnermais IfUL 1998; Wachstumsbeobachtungen und Erträge

| Versuchsvarianten   | Pflanzenlänge (cm) | Zünslerbefall (%) | Beulenbrand (%) | Stängel-fäule 1-9 | Mängel im Stand nach Aufgang 1-9 | Lager vor der Ernte | Kornertrag bei 86 % (dt/ha) | TKG (g) |
|---|--------------------|-------------------|-----------------|-------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------|
| 1. ungedüngt  | 274                | 4,6               | 0,5             | 1,8               | 1                                | 1                   | 99,97                       | 287     |
| 2. Flächendüngung KAS in 2 Gaben nach NID                                     | 266                | 5,3               | 4,3             | 2,0               | 1                                | 1                   | 106,57                      | 276     |
| 3. UF 40 kg N/ha (24 + 12) ohne ENTEC + Flächendüngung KAS nach NID           | 278                | 2,6               | 1,9             | 1,0               | 1                                | 1                   | 111,09                      | 293     |
| 4. UF 40 kg N/ha (24 + 12) mit ENTEC + Flächendüngung KAS nach NID            | 276                | 4,0               | 3,5             | 1,8               | 1                                | 1                   | 107,30                      | 296     |
| 5. UF 40 kg N/ha (24 + 12) mit ENTEC + Flächendüngung ASS ohne ENTEC nach NID | 270                | 3,5               | 3,1             | 1,0               | 1                                | 1                   | 111,02                      | 288     |
| 6. UF 40 kg N/ha (24 + 12) mit ENTEC + Flächendüngung ASS mit ENTEC nach NID  | 273                | 5,0               | 3,1             | 1,5               | 1                                | 1                   | 109,15                      | 281     |
| Versuchsmittel<br>GD 5 %  | 273                | 4,2               | 2,7             | 1,5               | 1                                | 1                   | 107,52<br>7,96              | 287     |

Tab. 52: N-Düngungsversuch Körnermais; Kornerträge

| Beschreibung der Varianten   | Erträge 2002          |      | Erträge 2001          |      | Erträge 2000          |      | Erträge 00-02         |      |
|--|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|
|  | dt/ha<br>(86 %<br>TS) | rel. |
| ungedüngt  | 48,83                 | 50   | 40,01                 | 48   | 86,70                 | 71   | 58,51                 | 61   |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC<br>(25+15) + Flächendüngung als<br>KAS - 6-Blattstadium nach NID | 111,69                | 114  | 82,75                 | 100  | 131,01                | 108  | 108,48                | 113  |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC<br>(25+15) + Flächendüngung als<br>ENTEC-26 zur Saat             | 107,62                | 110  | 95,61                 | 115  | 129,90                | 107  | 111,04                | 116  |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC<br>(25+15) + Flächendüngung als<br>ENTEC-26 nach dem Auflaufen   | -                     | -    | -                     | -    | 130,66                | 108  | -                     | -    |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC<br>(25+15) + Flächendüngung als<br>ENTEC-26 zum 6-Blattstadium   | -                     | -    | -                     | -    | 124,90                | 103  | -                     | -    |
| UF 40 kg/ha N als NP (25+15) +<br>Flächendüngung als KAS<br>- 6-Blattstadium nach NID    | 106,26                | 109  | 86,09                 | 104  | 125,14                | 103  | 105,83                | 110  |
| UF 30 kg/ha N als Kalkstickstoff,<br>Flächendüngung als KAS<br>- 6-Blattstadium nach NID | -                     | -    | -                     | -    | -                     | -    | -                     | -    |
| UF 40 kg/ha N als DAP + Flä-<br>chendüngung als KAS<br>- 6-Blattstadium n. NID           | -                     | -    | 87,06                 | 105  | -                     | -    | -                     | -    |
| Ges. N-Düngung als<br>Harnstoff zur Saat   | 104,46                | 107  | 106,32                | 128  | -                     | -    |                       |      |
| Versuchsmittel   | 97,77                 | 100  | 82,97                 | 100  | 121,39                | 100  | 95,96                 | 100  |
| GD 5 %   | 8,27                  |      | 11,49                 |      | 13,65                 |      |                       |      |

Fortsetzung Tab. 52:

| Beschreibung der Varianten  | Erträge 1999          |                            | Erträge 1998          |                             | Erträge 98 – 99       |                             |
|---|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|
|   | dt/ha<br>(86 %<br>TS) | rel.<br>(% d.<br>Mittelw.) | dt/ha<br>(86 %<br>TS) | rel.<br>(% des<br>Mittelw.) | dt/ha<br>(86 %<br>TS) | rel.<br>(% des<br>Mittelw.) |
| ungedüngt   | 52,23                 | 57                         | 99,97                 | 93                          | 76,10                 | 73                          |
| keine UF, + Flächendüngung mit KAS nach NID                                     | 100,92                | 110                        | 106,57                | 99                          | 103,75                | 99                          |
| UF (NP24+12 ohne ENTEC) 40 kg N/ha+ Flächendüngung mit KAS nach NID             | 101,91                | 111                        | 111,09                | 103                         | 106,50                | 101                         |
| UF (NP24+12 mit ENTEC) 40 kg N/ha + Flächendüngung mit KAS nach NID             | 102,48                | 111                        | 107,30                | 100                         | 104,89                | 100                         |
| UF (NP24+12 mit ENTEC) 40 kg N/ha + Flächendüngung mit ASS nach NID             | 99,16                 | 108                        | 111,02                | 103                         | 105,09                | 101                         |
| UF (NP24+12 mit ENTEC) 40 kg N/ha + Flächendüngung mit ASS (mit ENTEC) nach NID | 95,14                 | 103                        | 109,15                | 102                         | 102,15                | 98                          |
| Versuchsmittle<br>GD 5 %  | 91,97<br>12,96        | 100                        | 107,52<br>7,96        | 100                         | 99,75<br>6,99         | 100                         |

Tab. 53: N-Düngungsversuch IfUL Körnermais; N-Bilanzen 1999 und 2001

| 2001   | V1    | V2    | V3    | V4    | V5    | V6     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| % N i. TS Restpflanze                            | 0,5   | 0,6   | 0,6   | 0,7   | 0,7   | 0,7    |
| Aufwuchs Restpflanze (dt TS/ha)                  | 34,42 | 57,34 | 74,00 | 59,22 | 67,38 | 95,69  |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                    | 17    | 34    | 44    | 41    | 47    | 67     |
| % N i. TS Körner                                 | 1,0   | 1,2   | 1,1   | 1,2   | 1,3   | 1,2    |
| Kornertrag (dt/ha bei 86 % TS)                   | 40,01 | 82,75 | 95,61 | 86,09 | 87,06 | 106,32 |
| N-Abfuhr Körner (kg N/ha)                        | 34    | 85    | 90    | 89    | 97    | 110    |
| Ges.-entzug K. u. R.-pfl. (kg N/ha)              | 52    | 120   | 135   | 130   | 144   | 177    |
| Düngung (kg N/ha)                                | 0     | 160   | 183   | 160   | 160   | 185    |
| N-Bilanz 1: N-Dgg - Abf. Körner (kg N/ha)        | -34   | 75    | 93    | 71    | 63    | 75     |
| N-Bilanz 2: N-Dgg – N-Entzug Ges.-pfl. (kg N/ha) | -52   | 40    | 48    | 30    | 16    | 8      |
| N-min nach der Ernte am 30.10.99 (kg N/ha)       | 1     | 4     | 5     | 7     | 3     | 24     |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                    | 17    | 34    | 44    | 41    | 47    | 67     |
| Summe N-Reste n. d. Ernte (kg N/ha):             | 18    | 38    | 49    | 48    | 50    | 91     |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS/kg ged. N)              |       | 44,48 | 44,93 | 46,27 | 46,79 | 49,42  |
| N-Ausnutzung (kg K.-TS+R.-pfl.-TS/kg ged. N)     |       | 80,32 | 85,37 | 83,29 | 88,91 | 101,15 |
| N-Entzug Korn (kg N/dt Körner mit 86 % TS)       | 0,86  | 1,03  | 0,95  | 1,03  | 1,12  | 1,03   |
| N-Entzug Stroh (kg N/dt TS Restpfl.)             | 0,50  | 0,60  | 0,60  | 0,70  | 0,70  | 0,70   |

Fortsetzung Tab. 53:

| 1999   | V1    | V2     | V3     | V4     | V5     | V6     |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| % N i. TS Restpflanze                            | 0,5   | 0,5    | 0,5    | 0,5    | 0,5    | 0,6    |
| Aufwuchs Restpflanze (dt TS/ha)                  | 46,41 | 73,54  | 86,57  | 80,6   | 77,86  | 82,11  |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                    | 23    | 37     | 43     | 40     | 39     | 49     |
| % N i. TS Körner                                 | 1,0   | 1,1    | 1,1    | 1,1    | 1,1    | 1,1    |
| Kornertrag (dt/ha bei 86 % TS)                   | 52,23 | 100,92 | 101,91 | 102,48 | 99,16  | 95,14  |
| N-Abfuhr Körner (kg N/ha)                        | 45    | 95     | 96     | 97     | 94     | 90     |
| Ges.-entzug K. u. R.-pfl. (kg N/ha)              | 68    | 132    | 140    | 137    | 133    | 139    |
| Düngung (kg N/ha)                                | 0     | 132    | 148    | 148    | 148    | 148    |
| N-Bilanz 1: N-Dgg - Abf. Körner (kg N/ha)        | -45   | 37     | 52     | 51     | 54     | 58     |
| N-Bilanz 2: N-Dgg – N-Entzug Ges.-pfl. (kg N/ha) | -68   | 0      | 8      | 11     | 15     | 9      |
| N-min nach der Ernte am 30.10.99 (kg N/ha)       | 4     | 7      | 6      | 7      | 9      | 7      |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                    | 23    | 37     | 43     | 40     | 39     | 49     |
| Summe N-Reste n. d. Ernte (kg N/ha):             | 27    | 44     | 49     | 47     | 48     | 56     |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS/kg ged. N)              |       | 65,75  | 59,22  | 59,55  | 57,62  | 55,28  |
| N-Ausnutzung (kg K.-TS+R.-pfl.-TS/kg ged. N)     |       | 121,46 | 117,71 | 114,01 | 110,23 | 110,76 |
| N-Entzug Korn (kg N/dt Körner mit 86 % TS)       | 0,86  | 0,95   | 0,95   | 0,95   | 0,95   | 0,95   |
| N-Entzug Stroh (kg N/dt TS Restpfl.)             | 0,50  | 0,50   | 0,50   | 0,50   | 0,50   | 0,60   |

Tab. 54: N-Düngungsversuch IfUL Körnermais;  $N_{min}$  nach Ernte 1999 bis 2002

| Jahr          |                   | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 |
|---------------|-------------------|----|----|----|----|----|----|
| 2002 (30.10.) | kg N/ha (0-90 cm) | 4  | 9  | 9  | 6  | 13 | -  |
| 2001 (02.11.) | kg N/ha (0-90 cm) | 1  | 4  | 5  | 7  | 3  | 24 |
| 2000 (30.10.) | kg N/ha (0-90 cm) | 9  | 18 | 12 | 9  | 39 | 16 |
| 1999 (30.10.) | kg N/ha (0-90 cm) | 4  | 7  | 6  | 7  | 9  | 7  |

## 4.2 ENTEC-Versuche zu Körnermais an der LAP Forchheim (2000 – 2003)

### 4.2.1 Versuchsbeschreibung

#### Versuchsfrage:

Wie wirken sich stabilisierte N-Dünger auf das Wachstum der Pflanzen, den Ertrag, die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs und auf die Mobilität des Stickstoffs im Boden bei Körnermais aus?

Im Jahr 2003 wurde der Versuch um den Faktor Düngungshöhe ausgeweitet. Zudem wurden drei zusätzliche Varianten zum CULTAN-Verfahren geprüft.

Versuchsvarianten: Siehe Tab. 55

Standortbeschreibung und Anbaudaten:

Der Versuchsstandort Forchheim gehört zum Vergleichsgebiet geringere Rheinebene, mit einer Höhenlage von 117 m über NN. Die mittleren Jahresniederschläge betragen 742 mm bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von 10,1 °C. Es handelt sich um eine Parabraunerde aus lehmigem Sand mit einer Ackerzahl von 28 – 32.

Die Angaben zur Versuchsdurchführung sind in Tab. 56 zusammengestellt.

#### **4.2.2 Wachstumsverhalten und Erträge**

Das Wachstumsverhalten sowie die Korn- und Stroherträge sind in den Tabellen 57 – 62 zusammengefasst.

##### **2003:**

Die Unterschiede im Wachstumsverhalten zwischen den Düngungsvarianten bei gleicher Düngungshöhe sind nur gering. Die ungedüngte Variante fällt jeweils durch die geringste Pflanzenlänge und den geringsten Befall mit dem Maiszünsler und Beulenbrand auf. Die Pflanzenlänge ist bei Düngung nach NID und bei 20 % höherer Düngung etwa gleich, nur bei 20 % verringerter N-Düngung sind die Pflanzen kürzer und zeigen auch einen geringeren Befall mit Beulenbrand. Auf das Korn-/Stroh-Verhältnis hatte weder die Düngungshöhe noch die Düngungsvariante einen Einfluss.

Die Düngung nach NID brachte im Mittel aller gedüngten Varianten einen höheren Kornertrag als die erhöhte Düngung, nur die CULTAN-Düngung in einer Gabe zur Saat (V9) konnte die höhere N-Menge in Ertrag umsetzen, alle anderen Varianten erzielten etwa gleiche oder sogar geringere Erträge als bei NID-Düngung. Bei der um 20 % verringerten Düngung wurden auch aufgrund der guten Mineralisierungsbedingungen nur um etwa 6 % geringere Erträge als bei Düngung nach NID erreicht.

Der höchste Kornertrag konnte in der NID und in der NID – 20 %.-Düngungsstufe jeweils mit der einmaligen ENTEC-Gabe zur Saat erzielt werden, während in der hohen Düngungsstufe die CULTAN-Variante in einer Gabe zur Saat die höchsten Erträge brachte. Im Gegensatz zum Vorjahr konnten generell die Varianten mit nur einmaliger N-Gabe ertraglich in allen Düngungsstufen überzeugen.

##### **2002:**

Im Versuchsjahr 2002 zeigen die Varianten nur geringe Unterschiede im Wachstumsverhalten.

Die ungedüngte Variante bestätigt die Ergebnisse aus den Jahren 2000/01 mit wiederum signifikant geringerer Wuchshöhe, höherer Mängelbonitur bei voller Kolbenentwicklung sowie geringerem Zünslerbefall. Auch der Korn- und Strohertrag fällt – statistisch abgesichert – stark ab. Analog zu den Vorjahren ist auch 2002 das im Vergleich zu den anderen Varianten weite Korn-Stroh-Verhältnis zu beobachten.

Hinsichtlich der Wachstumsbeobachtungen fällt die V4 (UF als NP + Flächendüngung mit KAS) durch einen zur V3, V5 und V7 signifikant höheren Stängelfäulebefall sowie zur V2 und V3 höheren Beulenbrand auf. Zudem wurde hier tendenziell ein höherer Befall mit dem Maiszünsler bonitiert, auch die Lagerbonitur zeigt die höchsten Werte.

Die Varianten liegen ertraglich auf ähnlichem Niveau. Statistische Unterschiede konnten zwischen den Varianten nicht festgestellt werden. Die beiden Varianten mit nur einmaliger N-Gabe (V7 Harnstoff bzw. V8 „ENTEC-Mais“) zur Saat fielen tendenziell leicht hinter den Ertrag der Splitting-Varianten zurück. Diese Unterschiede ließen sich statistisch aber nicht absichern, bestätigen aber im Trend die Ergebnisse aus den beiden vorangegangenen Versuchsjahren.

Die im Jahr 2001 aufgestellte Vermutung, dass die N-Versorgung des Mais aus der Unterfußdüngung mit ENTEC bis zur anschließenden Flächendüngung im 6-Blattstadium sichergestellt ist, kann somit verifiziert werden.

### **2000 und 2001:**

Im Wachstumsverhalten zeigen die gedüngten Varianten mit Ausnahme des Zünslerbefalls keine signifikanten Unterschiede. Die ungedüngte Variante schneidet bei der Pflanzenlänge und der Mängelbonitur bei voller Kolbenentwicklung schlechter und beim Befall mit Zünsler und Beulenbrand besser als die gedüngten Varianten ab. Beim Korn- und Strohertrag zeigt sich diese Variante signifikant unterlegen, interessant ist der hohe Strohanteil.

Die Variante 2 „Unterfußdüngung mit ENTEC zur Saat und Flächendüngung mit KAS im 6-Blattstadium“ ist der V9 (2001) und der V6 (2000) signifikant überlegen. Darüber hinaus weist die V2 in beiden Jahren die höchsten Erträge aller Varianten auf.

Die langsam fließende N-Quelle aus der Unterfußdüngung mit ENTEC-N wirkte sich auf den Ertrag besser aus als die Unterfußdüngung (UF) ohne ENTEC (V6, 2000 u. 2001) und besser als die UF mit DAP (V7, 2001) oder Kalkstickstoff (V8, 2001). Es ist zu vermuten, dass die N-Versorgung der Pflanze aus ENTEC-N so lange anhält bis der N aus der Flächendüngung zum 6-Blattstadium den Pflanzen zur Verfügung steht.

Die Flächendüngung im 6-Blattstadium mit ENTEC-Düngern (V3, V4, V5) brachte geringere Erträge als die Flächendüngung mit KAS. Zu Zeiten des Spitzenbedarfs im Juni und Juli dürfte nicht genügend N aufgrund der Nitrifikationshemmung des gedüngten und des mineralisierten N den Pflanzen zur Verfügung stehen.

Wenn die N-Düngung in einer Gabe zur Saat als ENTEC-N oder Harnstoff gegeben wurde, musste man sich 2000 in der V3 (N mit ENTEC) und 2001 in der V9 (N als Harnstoff) mit geringeren Kornerträgen als beim Splitten der N-Gaben zufrieden geben.

Betrachtet man die zwei- bzw. dreijährigen Mittelwerte sind kaum Ertragsunterschiede zwischen den Varianten auszumachen (Tab. 62). Es ergeben sich nur Effekte in den Einzeljahren.

### **4.2.3 Verlauf der Nmin-Werte und N-Bilanz**

Verlauf der Boden-N-Gehalte:

Beim Verlauf der Nitratganglinien im Jahr 2003 fällt in allen Düngungsstufen die V9 (CULTAN in einer Gabe zur Saat) durch schwankende Werte auf sehr hohem Niveau auf. Aufgrund der Injektion in die Reihe ist jedoch nicht auszuschließen, dass die Probeneinstiche teilweise direkt in das Düngeband erfolgt sind und die Werte daher fragwürdig sind. Die Ganglinien in der Düngungsstufe NID + 20% verlaufen dabei auf etwas höherem Niveau. Die Werte nach der Ernte unterscheiden sich dann aber nicht wesentlich von denen der anderen Düngungsstufen. Insgesamt bestätigt sich aber der Trend der letzten Jahre, dass die Unterschiede zwischen den Varianten sehr gering sind. Nach geringen Ausgangswerten vor der Saat im April steigen die Werte in den Monaten Mai und Juni an, bevor ab Juli wieder ein Rückgang zu verzeichnen ist. Vor der

Ernte ist kaum noch Nitrat im Boden zu finden, da der Entzug durch den Mais (Gesamtpflanze) deutlich höher als die Stickstoff-Zufuhr ist (siehe N-Bilanzierung). In allen Versuchsjahren mit Ausnahme des Jahres 2003 lagen die Nmin-Werte zum SchALVO-Termin z.T. sehr deutlich unter 20 kg N/ha

In den Versuchsjahren 2000 – 2002 zeigen die Varianten, die bereits zur Saat die gesamten N-Menge erhalten haben, tendenziell die höchsten Nmin-Werte. V.a. in der V3 mit der ENTEC-Unterfußdüngung in Verbindung mit ENTEC zur Saat sind in den Jahren 2000-2002 im Mai jeweils die höchsten Nmin-Werte zu beobachten. Dies ist ein Indiz dafür, dass das stabilisierte Ammonium rechtzeitig nitrifiziert wurde und so dem Mais bedarfsgerecht zur Verfügung stand.

Die ungedüngte Variante weist jeweils die geringsten Nmin-Werte im Jahresverlauf auf.

Die Unterschiede zum SchALVO-Termin sind variantenbedingt sehr gering. Nur im Jahr 2003 wurden in den CULTAN-Varianten teilweise unerklärlich hohe Werte gefunden. Die um 20 % erhöhte Düngung führte im Mittel zu höheren Nmin-Werten im Vergleich zur NID-Düngung, bei 20 %iger N-Reduzierung sind die Werte tendenziell am geringsten. Allein im Jahr 2001 sind die Unterschiede zwischen der ungedüngten Kontrolle und der V6 (Unterfußdüngung mit NP mit anschließender Flächendüngung KAS) mit ~ 15 kg etwas größer als in den anderen Jahren.

#### N-Bilanz:

Die N-Bilanz ist für die Jahre 2000 bis 2003 in Tab. 63 zusammengestellt.

Betrachtet man das N-Saldo, also die Differenz zwischen der Zufuhr über die Düngung und der Abfuhr über die Körner, ergeben sich 2003 bei allen Düngungshöhen Überbilanzen. Diese liegen bei Düngung nach NID zwischen 33 und 43 kg N/ha und sind bei 20 % reduzierter Düngung mit 4 – 18 kg N/ha deutlich geringer. Mit der Erhöhung der Düngung um 20 % wurden auch bedingt durch die nicht realisierten Kornertragssteigerungen sehr hohe Überbilanzen in einem Bereich zwischen 70 und 90 kg N/ha erreicht.

Auch 2002 sind positive N-Salden in Höhe von 34 – 58 kg N/ha zu verzeichnen.

2001 entsprach die N-Zufuhr in den gedüngten Varianten über die Düngung, der N-Abfuhr über die Körner. 2000 wurde etwas mehr gedüngt als abgefahren. Beim Vergleich der gedüngten Varianten wies die ertragsstärkste V2 2001 die höchste Unter- und 2000 die geringste Überbilanz auf.

Durch die Subtraktion der gedüngten N-Menge vom N-Gesamtentzug lässt sich die N-Mineralisierung errechnen. Die Differenz fällt deutlich negativ aus, d. h. der N-Entzug durch die Gesamtpflanze ist höher als die Zufuhr über die Düngung. Die ungedüngte Variante fällt jeweils mit der höchsten Mineralisierung auf. Bei den gedüngten Varianten schwankte die mineralisierte N-Menge 2000 zwischen 52 und 63 kg N/ha, 2001 zwischen 49 und 82 kg N/ha, 2002 zwischen 5 und 36 und 2003 in den NID-Varianten zwischen 38 und 74 kg N/ha.

Bei der Ausnutzung des gedüngten N (dt Körner/kg ged. N oder dt Gesamtpfl./ged. kg N) fällt die V2 mit den besten Werten in den Jahren 2000 und 2001 auf, 2002 waren die Unterschiede gering und auch 2003 fallen nur die V8 und die V9 etwas hinter die anderen Varianten zurück.

#### 4.2.4 Zusammenfassung der N-Düngungsversuche 2000 - 2003

##### Wachstumsverhalten:

Im Wachstumsverhalten unterscheiden sich die gedüngten Varianten nur unwesentlich. Nur zu den ungedüngten Parzellen sind Unterschiede festzustellen.

##### Kornerträge:

- Beim Kornertrag zeigte die Variante „Unterfußdüngung mit ENTEC zur Saat und Flächendüngung mit Kalkammonsalpeter im 6-Blattstadium“ in den Jahren 2000 und 2001 die höchsten Erträge aller Varianten. Im Jahr 2002 lagen alle Varianten auf ähnlichem Ertragsniveau. Signifikante Ertragsunterschiede dieser Variante zu den gedüngten Varianten waren 2000 und 2001 festzustellen. 2003 wurden im Versuchsmittel mit erhöhter Düngung leichte Mindererträge erzielt, die verringerte N-Zufuhr brachte nur leichte Mindererträge. In der NID-Düngungshöhe wurde der höchste Ertrag mit einmaliger ENTEC-Gabe zur Saat erzielt.
- Bei der Unterfußdüngung war die langsam fließende N-Quelle aus ENTEC-Düngern ertraglich den N-Düngern ohne ENTEC überlegen.
- Durch das Splitten der N-Düngung waren 2000 - 2002 höhere Erträge als bei einer N-Düngung in einer Gabe zur Saat zu erreichen, 2003 dagegen waren mit einmaliger N-Gabe zur Saat gleiche oder höhere Erträge verbunden.

##### Verlauf der Boden-N-Gehalte:

- Beim Verlauf der N<sub>min</sub>-Werte waren in Abhängigkeit von den Varianten keine wesentlichen Unterschiede festzustellen (Ausnahme: V1, keine N-Düngung). Dies gilt insbesondere für die Werte zum SchALVO-Termin, an dem die Werte mit Ausnahme des Jahres 2003 gering sind. Die erhöhte Düngung im Jahr 2003 führte auch zu einem höheren N<sub>min</sub>-Niveau im Boden. Zur Ernte hin sind keine Unterschiede festzustellen.
- Ab Juli bis zur Ernte findet die Pflanze wenig pflanzenverfügbaren N im Boden, die Pflanze entzieht deutlich mehr N als gedüngt wurde, auch der mineralisierte N wird vollständig aufgenommen.

##### N-Bilanz 2000 bis 2003

- Die N-Abfuhr entsprach 2000 und 2001 ungefähr der N-Zufuhr durch die Düngung, im Jahr 2002 und im Jahr 2003 (NID-Variante) wurden dagegen deutlich positive N-Salden festgestellt. Bei der reduzierten N-Düngung sind diese aber deutlich geringer, während sie bei 20 % erhöhter Düngung mit 70 - 90 kg N/ha in einem sehr hohen Bereich liegen.
- Die Menge an mineralisiertem N (Ausnahme V1) entsprach 2000/2001 der N-Menge, die mit dem Stroh auf dem Feld verbleibt. Die Gesamtpflanze entzieht in allen Jahren über Korn und Stroh deutlich mehr N als gedüngt wird.
- Die fehlenden N-Mengen werden durch eine beachtliche Mineralisierung zur Verfügung gestellt.

Tab. 55: N-Düngungsversuch Körnermais LAP 2000 - 2003; Versuchsbeschreibung

| Beschreibung der Varianten   | Varian-<br>te<br>2000 | Varian-<br>te<br>2001 | Varian-<br>te<br>2002 | Varian-<br>te<br>2003 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ungedüngt  | 1                     | 1                     | 1                     | 1                     |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung *)<br>als KAS - 6-Blattstadium nach NID               | 2                     | 2                     | 2                     | 2                     |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung *)<br>als ENTEC-26 zur Saat                           | 3                     | 3                     | 3                     |                       |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung *)<br>als ENTEC-26 nach dem Auflaufen                 | 4                     |                       |                       |                       |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung *)<br>als ENTEC-26 zum 6-Blattst.                     | 5                     |                       |                       |                       |
| UF 40 kg/ha N als NP (25+15) + Flächendüngung *)<br>als KAS - 6-Blattstadium nach NID                  | 6                     | 6                     | 4                     |                       |
| N-Düngung (174 kg) als Entec (18+8+13+2) zur Saat  |                       |                       | 5                     | 3                     |
| UF 30 kg/ha N als Kalkstickstoff (1,5 dt/ha), Flächendün-<br>gung *) als KAS - 6-Blattstadium nach NID |                       | 7                     | 6                     | 4                     |
| UF 40 kg/ha N als DAP + Flächendüngung *)<br>als KAS - 6-Blattstadium nach NID                         |                       | 8                     | 7                     | 5                     |
| Gesamte N-Düngung zur Saat mit Harnstoff ***)  |                       | 9                     | 8                     | 6                     |
| UF 40 kg/ha N als DAP + Linieninjektion im 3-<br>Blattstadium nach NID                                 |                       |                       |                       | 7                     |
| UF 40 kg N/ha als DAP + Cultan zur Saat in jede 2. Zwi-<br>schenreihe nach NID                         |                       |                       |                       | 8                     |
| Injektion in einer Gabe zur Saat   |                       |                       |                       | 9                     |

\*) 2000: 100 kg N/ha , 2001: 120 kg N/ha, 2002: 134 kg N/ha und 2003: 183 kg N/ha (NID), 146 kg N/ha (NID -20%), 220 kg N/ha (NID +20%)

\*\*\*) 2001: 160 kg N/ha, 2002: 174 kg N/ha und 2003: 183 kg N/ha (NID), 146 kg N/ha (NID -20%), 220 kg N/ha (NID +20%)

Tab. 56: N-Düngungsversuch Körnermais LAP 2000 - 2003; Daten Versuchsdurchführung

|                  |   |              |
|------------------|---|--------------|
| <b>Jahr 2003</b> |   |              |
| Sorte: Clarica   | Aussaat: 24.4   | Ernte: 22.9. |
| Düngung:         | (kg/ha) : insgesamt 183 N (NID), 146 kg N (NID-20%), 220 kg N (NID+20%)<br>120 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 240 K <sub>2</sub> O, 36 MgO |              |
| Pflanzenschutz:  | 2,0 l/ha Stomp SC am 2.5 + 1,5 l/ha Certrol B am 22.05., Trichogramma   |              |
| Beregnung:       | 4 Gaben mit jeweils 30 mm ab 50 % nFK   |              |
| <b>Jahr 2002</b> |   |              |
| Sorte: Lob       | Aussaat: 25.4.  | Ernte: 7.10. |
| Düngung:         | (kg/ha) : insgesamt Flächendüngung t 174 N, 120 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 240 K <sub>2</sub> O, 36 MgO                                |              |
| Pflanzenschutz:  | 1,0 l/ha Mikado + 1,0 l/ha Motivell am 21.05., Trichogramma   |              |
| Beregnung:       | 4 Gaben mit jeweils 30 mm ab 50 % nFK   |              |
| <b>Jahr 2001</b> |   |              |
| Sorte: Lob       | Aussaat: 27.4.  | Ernte: 5.10. |
| Düngung:         | (kg/ha) : insgesamt 160 N, 120 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 240 K <sub>2</sub> O, 36 MgO   |              |
| Pflanzenschutz:  | 1,0 l/ha Mikado + 1,0 l/ha Motivell am 22.05., Trichogramma   |              |
| Beregnung:       | 6 Gaben mit jeweils 30 mm ab 50 % nFK   |              |
| <b>Jahr 2000</b> |   |              |
| Sorte: Lob       | Aussaat: 19.4.  | Ernte: 6.10. |
| Düngung:         | (kg/ha) : insgesamt 140 N, 120 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 250 K <sub>2</sub> O, 50 MgO   |              |
| Pflanzenschutz:  | 1,0 l/ha Mikado + 1,0 l/ha Motivell am 9.05., Trichogramma  |              |
| Beregnung:       | 3 Gaben mit jeweils 30 mm ab 50 % nFK   |              |

Tab. 57: N-Düngungsversuch Körnermais LAP 2003; Wachstumsbeobachtungen und Erträge

| Düngungshöhe | Düngungsvarianten  | Pflanzenlänge (cm) | Stängelfäule | Zünslerbefall (%) | Beulenbrand (%) | Korntrag bei 86% (dt/ha) | TKM (g) | Stroh-ertrag (dt/ha) | Verhältnis Korn:Stroh = 1:x |
|--------------|--|--------------------|--------------|-------------------|-----------------|--------------------------|---------|----------------------|-----------------------------|
| NID          | ungedüngt  | 269                | 1            | 11                | 3               | 88,56                    | 240,1   | 90,6                 | 1,1                         |
|              | UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID             | 272                | 2            | 13                | 4               | 109,36                   | 266,0   | 98,3                 | 1,3                         |
|              | Gesamte N-Düngung zur Saat mit Entec Mais (18/8/13/2)  | 273                | 2            | 14                | 8               | 112,14                   | 282,8   | 95,8                 | 1,4                         |
|              | UF 30 kg/ha N als Kalkstickstoff (1,5 dt/ha), Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID | 273                | 2            | 12                | 4               | 106,11                   | 254,9   | 100,3                | 1,2                         |
|              | UF 40 kg/ha N als DAP + Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID                       | 273                | 2            | 13                | 7               | 105,42                   | 260,2   | 94,7                 | 1,3                         |
|              | Gesamte N-Düngung zur Saat mit Harnstoff   | 272                | 2            | 11                | 6               | 109,83                   | 275,2   | 96,5                 | 1,3                         |
|              | UF 40 kg/ha N als DAP + CULTAN im 3-Blattstadium   | 274                | 2            | 11                | 10              | 106,86                   | 264,0   | 93,3                 | 1,3                         |
|              | UF 40 kg/ha N als DAP + CULTAN zur Saat (jede 2. Reihe)  | 272                | 2            | 12                | 5               | 101,78                   | 256,7   | 88,3                 | 1,3                         |
|              | CULTAN in einer Gabe zur Saat  | 273                | 2            | 13                | 6               | 103,67                   | 262,6   | 105,1                | 1,1                         |
|              | Mittel ohne ungedüngte Kontrolle   | 273                | 2            | 12                | 6               | 106,9                    | 265     | 96,5                 | 1,3                         |
| NID -20%     | ungedüngt  | 263                | 1            | 9                 | 3               | 76,28                    | 223,8   | 79,4                 | 1,1                         |
|              | UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID             | 271                | 2            | 13                | 3               | 103,31                   | 254,2   | 96,8                 | 1,2                         |
|              | Gesamte N-Düngung zur Saat mit Entec Mais (18/8/13/2)  | 262                | 2            | 9                 | 3               | 104,64                   | 271,1   | 89,9                 | 1,4                         |
|              | UF 30 kg/ha N als Kalkstickstoff (1,5 dt/ha), Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID | 271                | 2            | 12                | 4               | 98,78                    | 254,6   | 91,2                 | 1,3                         |
|              | UF 40 kg/ha N als DAP + Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID                       | 265                | 3            | 12                | 4               | 98,09                    | 252,1   | 91,6                 | 1,2                         |
|              | Gesamte N-Düngung zur Saat mit Harnstoff   | 265                | 2            | 12                | 5               | 102,14                   | 257,6   | 91,3                 | 1,3                         |
|              | UF 40 kg/ha N als DAP + CULTAN im 3-Blattstadium   | 269                | 2            | 13                | 6               | 98,14                    | 248,5   | 89,4                 | 1,3                         |
|              | UF 40 kg/ha N als DAP + CULTAN zur Saat (jede 2. Reihe)  | 267                | 2            | 13                | 6               | 100,47                   | 261,4   | 91,4                 | 1,3                         |
|              | CULTAN in einer Gabe zur Saat  | 270                | 2            | 11                | 3               | 102,25                   | 268,5   | 95,1                 | 1,3                         |
|              | Mittel ohne ungedüngte Kontrolle   | 268                | 2            | 12                | 4               | 101,0                    | 259     | 92,1                 | 1,3                         |

| Düngungs-<br>höhe   | Düngungsvarianten   | Pflanzen-<br>länge<br>(cm) | Stängel-<br>fäule | Zünsler-<br>befall<br>(%) | Beulen-<br>brand<br>(%) | Korner-<br>trag bei<br>86%<br>(dt/ha) | TKM<br>(g) | Stroh-<br>ertrag<br>(dt/<br>ha) | Verhältnis<br>Korn:Stroh<br>=<br>1:x |
|---------------------|---|----------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| NID<br>+20%         | ungedüngt   | 265                        | 1                 | 8                         | 2                       | 75,61                                 | 226,7      | 79,6                            | 1,1                                  |
|                     | UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung als KAS - 6-<br>Blattstadium nach NID            | 270                        | 2                 | 14                        | 5                       | 103,83                                | 264,4      | 87,6                            | 1,4                                  |
|                     | Gesamte N-Düngung zur Saat mit Entec Mais (18/8/13/2)   | 270                        | 2                 | 13                        | 6                       | 107,56                                | 266,6      | 83,3                            | 1,5                                  |
|                     | UF 30 kg/ha N als Kalkstickstoff (1,5 dt/ha), Flächendüngung als KAS<br>- 6-Blattstadium nach NID | 273                        | 2                 | 14                        | 5                       | 106,25                                | 243,2      | 96,5                            | 1,3                                  |
|                     | UF 40 kg/ha N als DAP + Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium<br>nach NID                       | 273                        | 3                 | 10                        | 9                       | 105,86                                | 260,9      | 87,6                            | 1,4                                  |
|                     | Gesamte N-Düngung zur Saat mit Harnstoff  | 268                        | 2                 | 13                        | 7                       | 103,30                                | 273,0      | 98,3                            | 1,2                                  |
|                     | UF 40 kg/ha N als DAP + CULTAN im 3-Blattstadium  | 275                        | 1                 | 9                         | 9                       | 102,28                                | 254,3      | 83,9                            | 1,4                                  |
|                     | UF 40 kg/ha N als DAP + CULTAN zur Saat (jede 2. Reihe)   | 271                        | 2                 | 14                        | 8                       | 101,44                                | 251,0      | 99,2                            | 1,2                                  |
|                     | CULTAN in einer Gabe zur Saat   | 273                        | 2                 | 11                        | 6                       | 109,92                                | 261,5      | 100,3                           | 1,3                                  |
|                     | Mittel ohne ungedüngte Kontrolle  | 272                        | 2                 | 12                        | 7                       | 105,1                                 | 259        | 92,1                            | 1,3                                  |
| GD 5 % Düngungshöhe |   | 14,9                       | 0,4               | 6,7                       | 3,3                     | 6,3                                   | 7,5        | 8,1                             |                                      |
| GD 5 % Düngung      |   | 3,5                        | 0,7               | 2,7                       | 1,7                     | 8,65                                  | 8,6        | 8,0                             |                                      |

Tab. 58: N-Düngungsversuch Körnermais; Kornerträge 2003

| Versuchsvarianten  | NID               |               | NID-20%           |               | NID+20%           |               | Mittel            |               |
|--|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
|  | Ertrag<br>(dt/ha) | Ertrag<br>(%) | Ertrag<br>(dt/ha) | Ertrag<br>(%) | Ertrag<br>(dt/ha) | Ertrag<br>(%) | Ertrag<br>(dt/ha) | Ertrag<br>(%) |
| ungedüngt  | 88,6              | 84            | 76,3              | 78            | 75,6              | 74            | 80,2              | 79            |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID             | 109,4             | 104           | 103,3             | 105           | 103,8             | 102           | 105,5             | 104           |
| Gesamte N-Düngung zur Saat mit Entec Mais (18/8/13/2)  | 112,1             | 107           | 104,6             | 107           | 107,6             | 106           | 108,1             | 106           |
| UF 30 kg/ha N als Kalkstickstoff (1,5 dt/ha), Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID | 106,1             | 101           | 98,8              | 101           | 106,2             | 104           | 103,7             | 102           |
| UF 40 kg/ha N als DAP + Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID                       | 105,4             | 101           | 98,1              | 100           | 105,9             | 104           | 103,1             | 101           |
| Gesamte N-Düngung zur Saat mit Harnstoff   | 109,8             | 105           | 102,1             | 104           | 103,3             | 101           | 105,1             | 103           |
| UF 40 kg/ha N als DAP + CULTAN im 3-Blattstadium   | 106,9             | 102           | 98,1              | 100           | 102,3             | 100           | 102,4             | 101           |
| UF 40 kg/ha N als DAP + CULTAN zur Saat (jede 2. Reihe)  | 101,8             | 97            | 100,5             | 102           | 101,4             | 100           | 101,2             | 100           |
| CULTAN in einer Gabe zur Saat  | 103,7             | 99            | 102,3             | 104           | 109,9             | 108           | 105,3             | 104           |
| Versuchsmittel   | 104,9             | 100           | 98,2              | 100           | 101,8             | 100           | 101,6             | 100           |
| Versuchsmittel ohne ungedüngte Kontrolle   | 106,9             |               | 101,0             |               | 105,1             |               | 104,3             |               |

Tab. 59: N-Düngungsversuch Körnermais LAP 2002; Wachstumsbeobachtungen und Erträge

| Versuchsvarianten   | Pflanzenlänge (cm) | Zünslerbefall (%) | Beulenbrand (%) | Stängel-fäule | Mängel im Stand nach voller Kolbenentwicklung | Lager vor der Ernte | Körnertrag bei 86 % (dt/ha) | TKG (g) | Körner/Kolben (errechnet) | Strohertag bei 100 % TM (dt/ha) | Verhältnis Korn : Stroh = 1 : x |
|---|--------------------|-------------------|-----------------|---------------|---|---------------------|-----------------------------|---------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. ungedüngt  | 259                | 2,3               | 2,3             | 1,0           | 6,5   | 0,5                 | 52,8                        | 215     | 302                       | 69,7                            | 1,8                             |
| 2. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als EN-TEC (25 + 15) + Flächendüngung 134 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium | 303                | 8,3               | 0,8             | 3,0           | 2,3   | 1,5                 | 110,3                       | 239     | 571                       | 100,5                           | 1,1                             |
| 3. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als EN-TEC (25 + 15) + Flächendüngung 134 kg/ha N als ENTEC-26 zur Saat     | 304                | 9,0               | 0,5             | 2,3           | 2,3   | 0,8                 | 110,4                       | 235     | 585                       | 104,0                           | 1,1                             |
| 4. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als NP (25 + 15) + Flächendüngung 134 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium     | 311                | 10,5              | 1,3             | 4,0           | 3,5   | 1,8                 | 108,0                       | 242     | 555                       | 96,0                            | 1,1                             |
| 5. Gesamte N-Düngung 174 kg N/ha als „ENTEC -Mais“ (18+8+13+2) zur Saat                                   | 302                | 8,0               | 2,3             | 2,8           | 4,0   | 1,5                 | 103,9                       | 230     | 550                       | 93,5                            | 1,1                             |
| 6. Unterfußdüngung 30 kg N/ha als Kalkstickstoff + Flächendüngung 144 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium   | 304                | 7,8               | 2,0             | 3,8           | 2,3   | 0,3                 | 111,6                       | 238     | 566                       | 97                              | 1,2                             |
| 7. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als DAP + Flächendüngung 120 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium              | 315                | 7,5               | 2,0             | 2,8           | 2,5   | 1,0                 | 110,3                       | 219     | 611                       | 106,3                           | 1,0                             |
| 8. Gesamte N-Düngung 174 kg/ha N zur Saat als Harnstoff   | 305                | 8,3               | 1,3             | 3,0           | 3,5   | 1,0                 | 105,5                       | 225     | 566                       | 91,5                            | 1,2                             |
| Versuchsmittel  | 300                | 7,7               | 1,5             | 2,8           | 3,3   | 1,0                 | 101,6                       | 230     | 539                       | 94,8                            |                                 |
| GD 5 %  | 11,2               | 3,6               | 1,4             | 1,2           | 0,7   | 2,1                 | 6,9                         | 13      | 38,8                      | 9,2                             |                                 |

Tab. 60: N-Düngungsversuch Körnermais LAP 2001; Wachstumsbeobachtungen und Erträge

| Versuchsvarianten   | Pflanzenlänge (cm) | Zünslerbefall (%) | Beulenbrand (%) | Stängel-fäule | Mängel im Stand nach voller Kolbenentwicklung | Lager vor der Ernte | Kornertrag bei 86 % (dt/ha) | TKG (g) | Körner/Kolben (errechnet) | Strohertrag bei 100 % TM (dt/ha) | Verhältnis Korn : Stroh = 1 : x |
|---|--------------------|-------------------|-----------------|---------------|---|---------------------|-----------------------------|---------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. ungedüngt  | 273                | 2,5               | 1,0             | 1,3           | 3,8   | 1,0                 | 67,9                        | 229     | 363                       | 98,3                             | 1,7                             |
| 2. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als EN-TEC (25 + 15) + Flächendüngung 120 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium | 283                | 6,7               | 1,0             | 1,3           | 2,0   | 1,0                 | 131,8                       | 277     | 578                       | 116,9                            | 1,0                             |
| 3. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als EN-TEC (25 + 15) + Flächendüngung 120 kg/ha N als ENTEC-26 zur Saat     | 282                | 6,9               | 0,5             | 1,5           | 2,0   | 1,0                 | 128,0                       | 270     | 564                       | 117,4                            | 1,1                             |
| 6. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als NP (25 + 15) + Flächendüngung 120 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium     | 285                | 3,0               | 1,0             | 1,5           | 2,0   | 1,0                 | 127,5                       | 276     | 568                       | 115,5                            | 1,1                             |
| 7. Unterfußdüngung 30 kg N/ha als Kalkstickstoff + Flächendüngung 130 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium   | 284                | 4,3               | 2,5             | 1,0           | 2,0   | 1,0                 | 125,2                       | 269     | 576                       | 115,3                            | 1,1                             |
| 8. Unterfußdüngung 40 kg N/ha als DAP + Flächendüngung 120 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium              | 291                | 3,2               | 2,2             | 1,3           | 2,0   | 1,0                 | 127,2                       | 270     | 562                       | 125,5                            | 1,2                             |
| 9. Gesamte N-Düngung 160 kg/ha N zur Saat als Harnstoff   | 293                | 3,5               | 2,0             | 1,0           | 2,0   | 1,0                 | 121,6                       | 254     | 594                       | 110,2                            | 1,1                             |
| Versuchsmittel  | 284                | 4,3               | 1,5             | 1,3           | 2,3   | 1,0                 | 120,0                       | 264     | 544                       | 114                              | 1,2                             |
| GD 5 %  | 8,3                | 3,8               | 1,7             | 0,9           | 0,4   |                     | 8,4                         | 13,9    | 39,7                      | 24,6                             |                                 |

Tab. 61: N- Düngungsversuch Körnermais LAP 2000; Wachstumsbeobachtungen und Erträge

| Versuchsvarianten   | Pflanzenlänge (cm) | Zünslerbefall (%) | Beulenbrand (%) | Stängel-<br>fäule | Lager vor der Ernte | Kornertrag bei 86 % (dt/ha) | TKG (g) | Strohertrag bei 100 % TM (dt/ha) | Verhältnis Korn : Stroh |
|---|--------------------|-------------------|-----------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|---------|----------------------------------|-------------------------|
| 1. ungedüngt  | 269                | 2,3               | 1,8             | 2,0               | 1,0                 | 68,1                        | 218     | 89,7                             | 1,53                    |
| 2. Unterfußdüngung 40 kg/ha N als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 100 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium      | 305                | 4,5               | 6,1             | 2,0               | 1,0                 | 116,4                       | 258     | 139,9                            | 1,4                     |
| 3. Unterfußdüngung 40 kg/ha N als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 100 kg/ha N als ENTEC 26 zur Saat          | 310                | 2,0               | 6,2             | 3,0               | 1,0                 | 111,4                       | 252     | 138,9                            | 1,45                    |
| 4. Unterfußdüngung 40 kg/ha N als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 100 kg/ha N als ENTEC 26 nach dem Auflauf  | 309                | 3,5               | 6,2             | 2,0               | 1,0                 | 112,0                       | 249     | 139,7                            | 1,45                    |
| 5. Unterfußdüngung 40 kg/ha N als ENTEC (25 + 15) + Flächendüngung 100 kg/ha N als ENTEC 26 im 6-Blattstadium | 305                | 4,6               | 5,3             | 2,0               | 1,0                 | 113,5                       | 249     | 141,7                            | 1,45                    |
| 6. Unterfußdüngung 40 kg/ha N als NP (25 + 15) + Flächendüngung 100 kg/ha N als KAS im 6-Blattstadium         | 306                | 3,2               | 6,1             | 2,0               | 1,0                 | 109,1                       | 242     | 145,9                            | 1,56                    |
| Versuchsmittel  | 301                | 3,3               | 5,3             | 2,2               | 1,0                 | 105,1                       | 245     | 132,6                            | 1,47                    |
| GD 5 %  |                    |                   |                 |                   |                     | 6,0                         |         | 21,3                             |                         |

Tab. 62: N-Düngungsversuch Körnermais; Kornerträge 2000– 2003

| Variante   | Erträge 2003<br>(nur NID) |                            | Erträge 2002          |                            | Erträge 2001          |                            | Erträge 2000          |                            | Erträge<br>2000 - 2002 |                            | Erträge<br>2002 - 2003 |                             |
|--|---------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|
|  | dt/ha<br>(86 %<br>TS)     | rel.<br>(% d.<br>Mittelw.) | dt/ha<br>(86 %<br>TS) | rel.<br>(% d.<br>Mittelw.) | dt/ha<br>(86 %<br>TS) | rel.<br>(% d.<br>Mittelw.) | dt/ha<br>(86 %<br>TS) | rel.<br>(% d.<br>Mittelw.) | dt/ha<br>(86 %<br>TS)  | rel.<br>(% d.<br>Mittelw.) | dt/ha<br>(86 %<br>TS)  | rel.<br>(% des<br>Mittelw.) |
| ungedüngt  | 88,56                     | 82,8                       | 52,8                  | 48,7                       | 67,9                  | 53,5                       | 68,1                  | 60,5                       | 62,9                   | 53,8                       | 70,7                   | 65,2                        |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID             | 109,36                    | 102,3                      | 110,3                 | 101,6                      | 131,8                 | 103,9                      | 116,4                 | 103,5                      | 119,5                  | 102,1                      | 109,8                  | 101,3                       |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung als ENTEC-26 zur Saat                         |                           |                            | 110,4                 | 101,7                      | 128                   | 100,9                      | 111,4                 | 99,0                       | 116,6                  | 99,7                       |                        |                             |
| UF 40 kg/ha N als NP (25+15) + Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID                |                           |                            | 108,0                 | 99,4                       | 127,5                 | 100,5                      | 109,1                 | 97,0                       | 114,9                  | 98,2                       |                        |                             |
| UF 30 kg/ha N als Kalkstickstoff (1,5 dt/ha), Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID | 106,11                    | 99,3                       | 111,6                 | 102,8                      | 125,2                 | 98,7                       |                       |                            |                        |                            | 108,9                  | 100,4                       |
| UF 40 kg/ha N als DAP + Flächendüngung als KAS - 6-Blattstadium nach NID                       | 105,42                    | 98,6                       | 110,3                 | 101,6                      | 127,2                 | 100,2                      |                       |                            |                        |                            | 107,8                  | 99,4                        |
| Gesamte N-Düngung zur Saat mit Harnstoff   | 109,83                    | 102,7                      | 105,5                 | 97,2                       | 121,6                 | 95,8                       |                       |                            |                        |                            | 107,7                  | 99,3                        |
| Gesamte N-Düngung zur Saat mit Entec Mais (18/8/13/2)  | 112,14                    | 104,9                      | 104,0                 | 95,8                       |                       |                            |                       |                            |                        |                            | 108,1                  | 99,6                        |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung als ENTEC-26 nach dem Auflaufen               |                           |                            |                       |                            |                       |                            | 112                   | 99,6                       |                        |                            |                        |                             |
| UF 40 kg/ha N als ENTEC (25+15) + Flächendüngung als ENTEC-26 zum 6-Blattst.                   |                           |                            |                       |                            |                       |                            | 113,5                 | 100,9                      |                        |                            |                        |                             |
| UF 40 kg/ha N als DAP + CULTAN im 3-Blattstadium   | 106,86                    | 100,0                      |                       |                            |                       |                            |                       |                            |                        |                            |                        |                             |
| UF 40 kg/ha N als DAP + CULTAN zur Saat (jede 2. Reihe)  | 101,78                    | 95,2                       |                       |                            |                       |                            |                       |                            |                        |                            |                        |                             |
| CULTAN in einer Gabe zur Saat  | 103,67                    | 97,0                       |                       |                            |                       |                            |                       |                            |                        |                            |                        |                             |
| Versuchsmittel ohne ungedüngte Kontrolle   | 106,9                     | 100,0                      | 108,6                 |                            | 126,9                 |                            | 112,5                 |                            | 117,0                  |                            | 108,5                  | 100,0                       |
| GD 5 %   | 8,6                       |                            | 6,9                   |                            | 8,4                   |                            | 6                     |                            |                        |                            |                        |                             |

Tab. 63: N-Düngungsversuch LAP Körnermais; N-Bilanzen 2003; Düngung = NID

|  | V1   | V2    | V3    | V4    | V5    | V6    | V7    | V8    | V9    |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % N i. TS Restpflanze                          | 0,61 | 0,77  | 0,83  | 0,88  | 0,87  | 0,82  | 0,95  | 0,96  | 1,11  |
| Aufwuchs Restpflanze (dt TS/ha)                | 90,6 | 98,3  | 95,8  | 100,3 | 94,7  | 96,5  | 93,3  | 88,3  | 105,1 |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                  | 55   | 76    | 80    | 88    | 82    | 79    | 89    | 85    | 117   |
| % N i. TS Körner                               | 1,16 | 1,59  | 1,53  | 1,61  | 1,56  | 1,50  | 1,60  | 1,66  | 1,58  |
| Kornertrag (dt/ha bei 86 % TS)                 | 88,6 | 109,4 | 112,1 | 106,1 | 105,4 | 109,8 | 106,9 | 101,8 | 103,7 |
| N-Abfuhr Körner (kg N/ha)                      | 88   | 150   | 148   | 147   | 141   | 142   | 147   | 145   | 141   |
| Ges.-entzug Korn u. R.-pfl. (kg N/ha)          | 144  | 225   | 227   | 235   | 224   | 221   | 236   | 230   | 258   |
| Düngung (kg N/ha)                              | 0    | 183   | 183   | 183   | 183   | 183   | 183   | 183   | 184   |
| N-Bilanz 1: N-Dgg - Abf. Körner (kg N/ha)      | -88  | 33    | 35    | 36    | 42    | 41    | 36    | 38    | 43    |
| N-Bil. 2: N-Dgg-N-Entzug Ges.-pfl.(kg /ha)     | -144 | -42   | -44   | -52   | -41   | -38   | -53   | -47   | -74   |
| N-min nach der Ernte (kg N/ha)                 | 10   | 51    | 19    | 25    | 15    | 14    | 19    | 20    | 141   |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Summe N-Reste n. d. Ernte (kg N/ha):           | 65   | 127   | 99    | 113   | 97    | 93    | 108   | 105   | 258   |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS/kg gedüngter N)       |      | 51,4  | 52,7  | 49,9  | 49,5  | 51,6  | 50,2  | 47,8  | 48,5  |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS+G.-pfl.-TS/kg ged. N) |      | 105,1 | 105,0 | 104,7 | 101,3 | 104,3 | 101,2 | 96,1  | 105,6 |
| N-Entzug Korn (kg N/dt Körner mit 86 % TS)     | 1,00 | 1,37  | 1,32  | 1,38  | 1,34  | 1,29  | 1,38  | 1,43  | 1,36  |
| N-Entzug Stroh (kg N/dt TS Restpfl.)           | 0,61 | 0,77  | 0,83  | 0,88  | 0,87  | 0,82  | 0,95  | 0,96  | 1,11  |

Tab. 64: N-Düngungsvers. LAP Körnermais; N-Bilanzen 2003; Düngung = NID-20 %

|  | V1    | V2     | V3     | V4    | V5    | V6     | V7    | V8     | V9     |
|--|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| % N i. TS Restpflanze                          | 0,48  | 0,82   | 0,85   | 0,66  | 0,93  | 1,02   | 0,94  | 0,76   | 0,86   |
| Aufwuchs Restpflanze (dt TS/ha)                | 79,4  | 96,8   | 89,9   | 91,2  | 91,6  | 91,3   | 89,4  | 91,4   | 95,1   |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                  | 38    | 79     | 76     | 60    | 85    | 93     | 84    | 69     | 82     |
| % N i. TS Körner                               | 1,13  | 1,59   | 1,53   | 1,57  | 1,65  | 1,50   | 1,52  | 1,66   | 1,62   |
| Kornertrag (dt/ha bei 86 % TS)                 | 76,28 | 103,31 | 104,64 | 98,78 | 98,09 | 102,14 | 98,14 | 100,47 | 102,25 |
| N-Abfuhr Körner (kg N/ha)                      | 74    | 141    | 138    | 133   | 139   | 132    | 128   | 143    | 142    |
| Ges.-entzug Korn u. R.-pfl. (kg N/ha)          | 112   | 221    | 214    | 194   | 224   | 225    | 212   | 213    | 224    |
| Düngung (kg N/ha)                              | 0     | 146    | 146    | 146   | 146   | 146    | 146   | 146    | 146    |
| N-Bilanz 1: N-Dgg - Abf. Körner (kg N/ha)      | -74   | 5      | 8      | 13    | 7     | 14     | 18    | 3      | 4      |
| N-Bilanz 2: N-Dgg - N-Entzug Ges.-pfl.         | -112  | -75    | -68    | -48   | -78   | -79    | -66   | -67    | -78    |
| N-min nach der Ernte (kg N/ha)                 | 12    | 20     | 16     | 22    | 16    | 12     | 23    | 20     | 32     |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                  |       |        |        |       |       |        |       |        |        |
| Summe N-Reste n. d. Ernte (kg N/ha):           | 50    | 99     | 92     | 82    | 101   | 105    | 107   | 89     | 114    |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS/kg gedüngter N)       |       | 60,9   | 61,6   | 58,2  | 57,8  | 60,2   | 57,8  | 59,2   | 60,2   |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS+G.-pfl.-TS/kg ged. N) |       | 127,2  | 123,2  | 120,7 | 120,5 | 122,7  | 119,0 | 121,8  | 125,4  |
| N-Entzug Korn (kg N/dt Körner mit 86 % TS)     | 0,97  | 1,37   | 1,32   | 1,35  | 1,42  | 1,29   | 1,31  | 1,43   | 1,39   |
| N-Entzug Stroh (kg N/dt TS Restpfl.)           | 0,48  | 0,82   | 0,85   | 0,66  | 0,93  | 1,02   | 0,94  | 0,76   | 0,86   |

Tab. 65: N-Düngungsvers. LAP Körnermais; N-Bilanzen 2003; Düngung = NID+20 %

|  | V1   | V2    | V3    | V4    | V5    | V6    | V7    | V8    | V9    |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % N i. TS Restpflanze                            | 0,59 | 0,8   | 0,75  | 0,84  | 0,93  | 0,71  | 0,76  | 1,04  | 0,81  |
| Aufwuchs Restpflanze (dt TS/ha)                  | 79,6 | 87,6  | 83,3  | 96,5  | 87,6  | 98,3  | 83,9  | 99,2  | 100,3 |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                    | 47   | 70    | 62    | 81    | 81    | 70    | 64    | 103   | 81    |
| % N i. TS Körner                                 | 1,19 | 1,70  | 1,63  | 1,68  | 1,60  | 1,46  | 1,72  | 1,70  | 1,60  |
| Kornertrag (dt/ha bei 86 % TS)                   | 75,6 | 103,8 | 107,6 | 106,3 | 105,9 | 103,3 | 102,3 | 101,4 | 109,9 |
| N-Abfuhr Körner (kg N/ha)                        | 77   | 152   | 151   | 154   | 146   | 130   | 151   | 148   | 151   |
| Ges.-entzug Korn u. R.-pfl. (kg N/ha)            | 124  | 222   | 213   | 235   | 227   | 199   | 215   | 251   | 232   |
| Düngung (kg N/ha)                                | 0    | 220   | 220   | 220   | 220   | 220   | 220   | 220   | 220   |
| N-Bilanz 1: N-Dgg - Abf. Körner (kg N/ha)        | -77  | 68    | 69    | 66    | 74    | 90    | 69    | 72    | 69    |
| N-Bilanz 2: N-Dgg - N-Entzug Ges.-pfl. (kg N/ha) | -124 | -2    | 7     | -15   | -7    | 21    | 5     | -31   | -12   |
| N-min nach der Ernte (kg N/ha)                   | 9    | 25    | 24    | 28    | 33    | 21    | 18    | 18    | 181   |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Summe N-Reste n. d. Ernte (kg N/ha):             | 9    | 25    | 24    | 28    | 33    | 21    | 18    | 18    |       |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS/kg gedüngter N)         |      | 40,6  | 42,0  | 41,5  | 41,4  | 40,4  | 40,0  | 39,7  | 43,0  |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS+G.-pfl.-TS/kg ged. N)   |      | 80,4  | 79,9  | 85,4  | 81,2  | 85,1  | 78,1  | 84,7  | 88,6  |
| N-Entzug Korn (kg N/dt Körner mit 86 % TS)       | 1,02 | 1,46  | 1,40  | 1,44  | 1,38  | 1,26  | 1,48  | 1,46  | 1,38  |
| N-Entzug Stroh (kg N/dt TS Restpfl.)             | 0,59 | 0,80  | 0,75  | 0,84  | 0,93  | 0,71  | 0,76  | 1,04  | 0,81  |

Tab. 66: N-Düngungsversuch LAP Körnermais; N-Bilanzen 2002

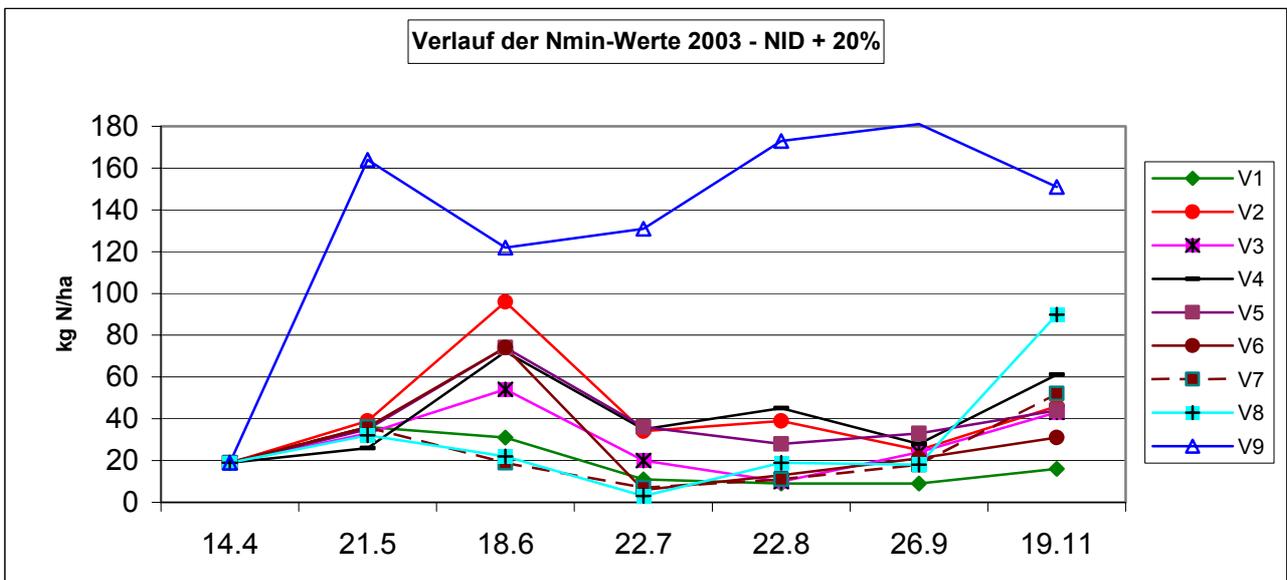
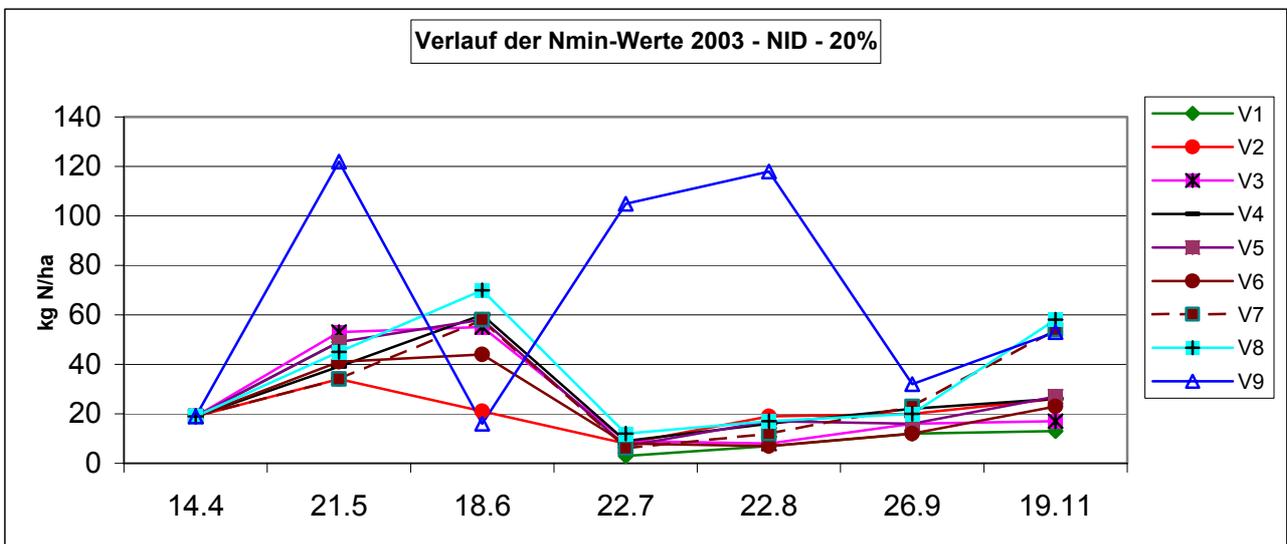
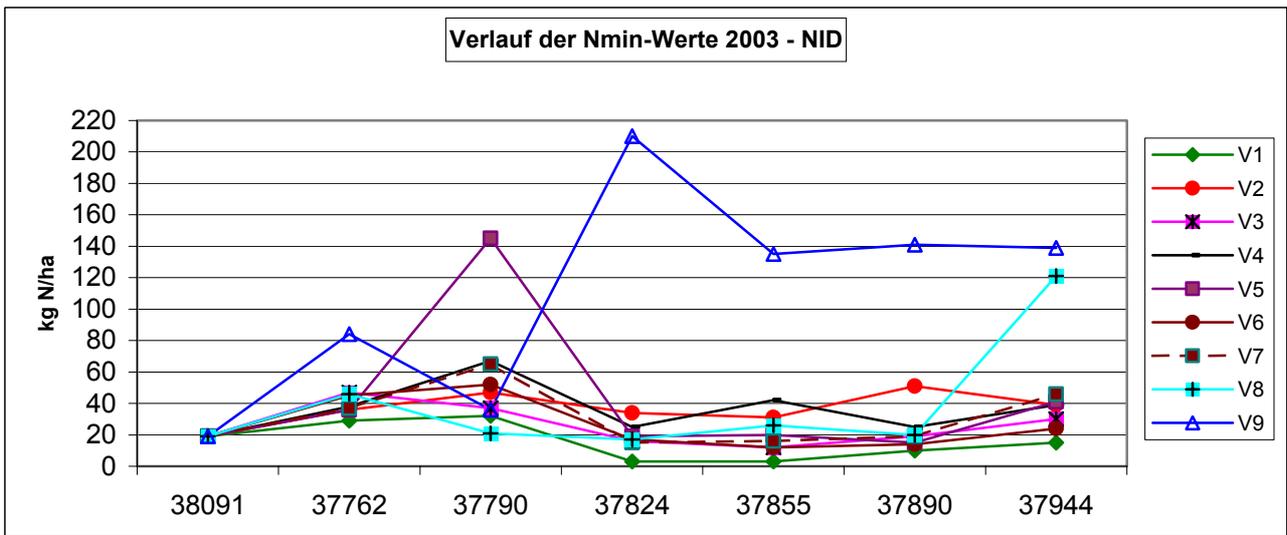
|  | V1   | V2    | V3    | V4    | V5    | V6    | V7    | V8    |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % N i. TS Restpflanze                            | 0,55 | 0,76  | 0,49  | 0,47  | 0,52  | 0,54  | 0,67  | 0,65  |
| Aufwuchs Restpflanze (dt TS/ha)                  | 69,7 | 100,5 | 104,0 | 96,0  | 93,5  | 97,0  | 106,3 | 91,5  |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                    | 38   | 76    | 51    | 45    | 49    | 52    | 71    | 59    |
| % N i. TS Körner                                 | 0,99 | 1,41  | 1,33  | 1,44  | 1,30  | 1,46  | 1,44  | 1,35  |
| Kornertrag (dt/ha bei 86 % TS)                   | 52,8 | 110,3 | 110,4 | 108,0 | 103,9 | 111,6 | 110,3 | 105,5 |
| N-Abfuhr Körner (kg N/ha)                        | 45   | 134   | 126   | 134   | 116   | 140   | 137   | 122   |
| Ges.-entzug Korn u. R.-pfl. (kg N/ha)            | 83   | 210   | 177   | 179   | 165   | 193   | 208   | 182   |
| Düngung (kg N/ha)                                | 0    | 174   | 174   | 174   | 174   | 174   | 174   | 174   |
| N-Bilanz 1: N-Dgg - Abf. Körner (kg N/ha)        | -45  | 40    | 48    | 40    | 58    | 34    | 37    | 52    |
| N-Bilanz 2: N-Dgg - N-Entzug Ges.-pfl. (kg N/ha) | -83  | -36   | -3    | -5    | 9     | -19   | -34   | -8    |
| N-min nach der Ernte (kg N/ha)                   | 3    | 12    | 7     | 11    | 12    | 16    | 12    | 12    |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                    | 38   | 76    | 51    | 45    | 49    | 52    | 71    | 59    |
| Summe N-Reste n. d. Ernte (kg N/ha):             | 41   | 88    | 58    | 56    | 61    | 68    | 83    | 71    |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS/kg gedüngter N)         |      | 54,5  | 54,6  | 53,4  | 51,4  | 55,2  | 54,5  | 52,1  |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS+G.-pfl.-TS/kg ged. N)   |      | 112,3 | 114,3 | 108,6 | 105,1 | 110,9 | 115,6 | 104,7 |
| N-Entzug Korn (kg N/dt Körner mit 86 % TS)       | 0,85 | 1,21  | 1,14  | 1,24  | 1,12  | 1,26  | 1,24  | 1,16  |
| N-Entzug Stroh (kg N/dt TS Restpfl.)             | 0,55 | 0,76  | 0,49  | 0,47  | 0,52  | 0,54  | 0,67  | 0,65  |

Tab. 67: N-Düngungsversuch LAP Körnermais; N-Bilanzen 2001

|  | V1   | V2    | V3    | V6    | V7    | V8    | V9    |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % N i. TS Restpflanze                          | 0,60 | 0,63  | 0,61  | 0,70  | 0,70  | 0,63  | 0,64  |
| Aufwuchs Restpflanze (dt TS/ha)                | 98,3 | 116,9 | 117,4 | 115,5 | 115,3 | 125,5 | 110,2 |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                  | 59   | 74    | 72    | 80    | 81    | 79    | 71    |
| % N i. TS Körner                               | 1,08 | 1,48  | 1,44  | 1,48  | 1,44  | 1,47  | 1,33  |
| Kornertrag (dt/ha bei 86 % TS)                 | 67,9 | 131,8 | 128   | 127,5 | 125,2 | 127,2 | 121,6 |
| N-Abfuhr Körner (kg N/ha)                      | 63   | 168   | 158   | 163   | 156   | 161   | 139   |
| Ges.-entzug K. u. R.-pfl. (kg N/ha)            | 122  | 242   | 230   | 243   | 236   | 240   | 209   |
| Düngung (kg N/ha)                              | 0    | 160   | 160   | 160   | 160   | 160   | 160   |
| N-Bilanz 1: N-Dgg - Abf. Körner (kg N/ha)      | -63  | -8    | 2     | -3    | 4     | -1    | 21    |
| N-Bilanz 2: N-Dgg - N-Entzug Ges.-pfl. (kg/ha) | -122 | -82   | -70   | -83   | -76   | -80   | -49   |
| N-min nach der Ernte (kg N/ha)                 | 13   | 17    | 20    | 31    | 20    | 25    | 26    |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                  | 59   | 74    | 72    | 80    | 81    | 79    | 71    |
| Summe N-Reste n. d. Ernte (kg N/ha):           | 72   | 91    | 92    | 111   | 101   | 104   | 97    |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS/kg ged. N)            |      | 70,8  | 68,8  | 68,5  | 67,3  | 68,4  | 65,4  |
| N-Ausnutzung (kg K.-TS+R.-pfl.-TS/kg ged. N)   |      | 143,9 | 142,2 | 140,7 | 139,4 | 146,8 | 134,2 |
| N-Entzug Korn (kg N/dt Körner mit 86 % TS)     | 0,93 | 1,28  | 1,23  | 1,28  | 1,24  | 1,26  | 1,14  |
| N-Entzug Stroh (kg N/dt TS Restpfl.)           | 0,60 | 0,63  | 0,61  | 0,70  | 0,70  | 0,63  | 0,64  |

Tab. 68: N-Düngungsversuch LAP Körnermais; N-Bilanzen 2000

|  | V1   | V2    | V3    | V4    | V5    | V6    |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % N i. TS Restpflanze                            | 0,51 | 0,50  | 0,56  | 0,50  | 0,51  | 0,51  |
| Aufwuchs Restpflanze (dt TS/ha)                  | 89,7 | 139,9 | 138,9 | 139,7 | 141,7 | 145,9 |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                    | 46   | 70    | 78    | 70    | 72    | 74    |
| % N i. TS Körner                                 | 0,94 | 1,33  | 1,25  | 1,26  | 1,34  | 1,26  |
| Kornertrag (dt/ha bei 86 % TS)                   | 68,1 | 116,4 | 111,4 | 112   | 113,5 | 109,1 |
| N-Abfuhr Körner (kg N/ha)                        | 55   | 133   | 120   | 122   | 131   | 119   |
| Ges.-entzug K. u. R.-pfl. (kg N/ha)              | 101  | 203   | 197   | 192   | 203   | 193   |
| Düngung (kg N/ha)                                | 0    | 140   | 140   | 140   | 140   | 140   |
| N-Bilanz 1: N-Dgg - Abf. Körner (kg N/ha)        | -55  | 7     | 20    | 18    | 9     | 21    |
| N-Bilanz 2: N-Dgg - N-Entzug Ges.-pfl. (kg N/ha) | -101 | -63   | -57   | -52   | -63   | -53   |
| N-min nach der Ernte (kg N/ha)                   | 8    | 8     | 6     | 8     | 9     | 9     |
| N-Menge Restpflanze (kg N/ha)                    | 59   | 74    | 72    | 80    | 73    | 81    |
| Summe N-Reste n. d. Ernte (kg N/ha):             | 67   | 82    | 78    | 88    | 82    | 90    |
| N-Ausnutzung (kg Korn-TS/kg ged. N)              |      | 71,5  | 68,4  | 68,8  | 69,7  | 67,0  |
| N-Ausnutzung (kg K.-TS+R.-pfl.-TS/kg ged. N)     |      | 171,4 | 167,6 | 168,6 | 170,9 | 171,2 |
| N-Entzug Korn (kg N/dt Körner mit 86 % TS)       | 0,81 | 1,14  | 1,07  | 1,09  | 1,16  | 1,09  |
| N-Entzug Stroh (kg N/dt TS Restpfl.)             | 0,51 | 0,50  | 0,56  | 0,50  | 0,51  | 0,51  |



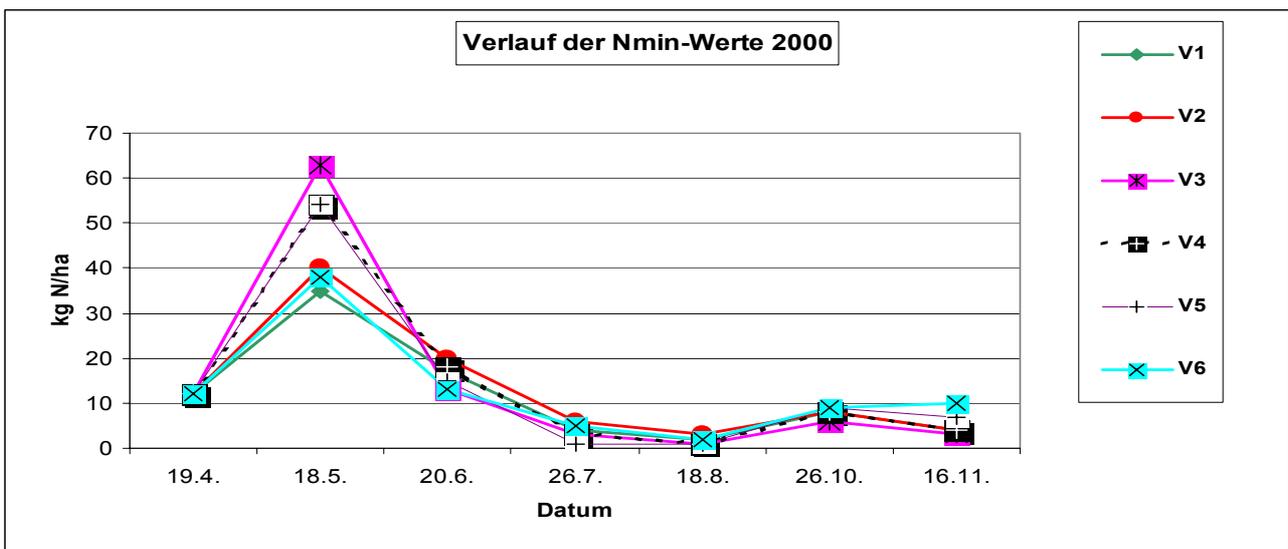
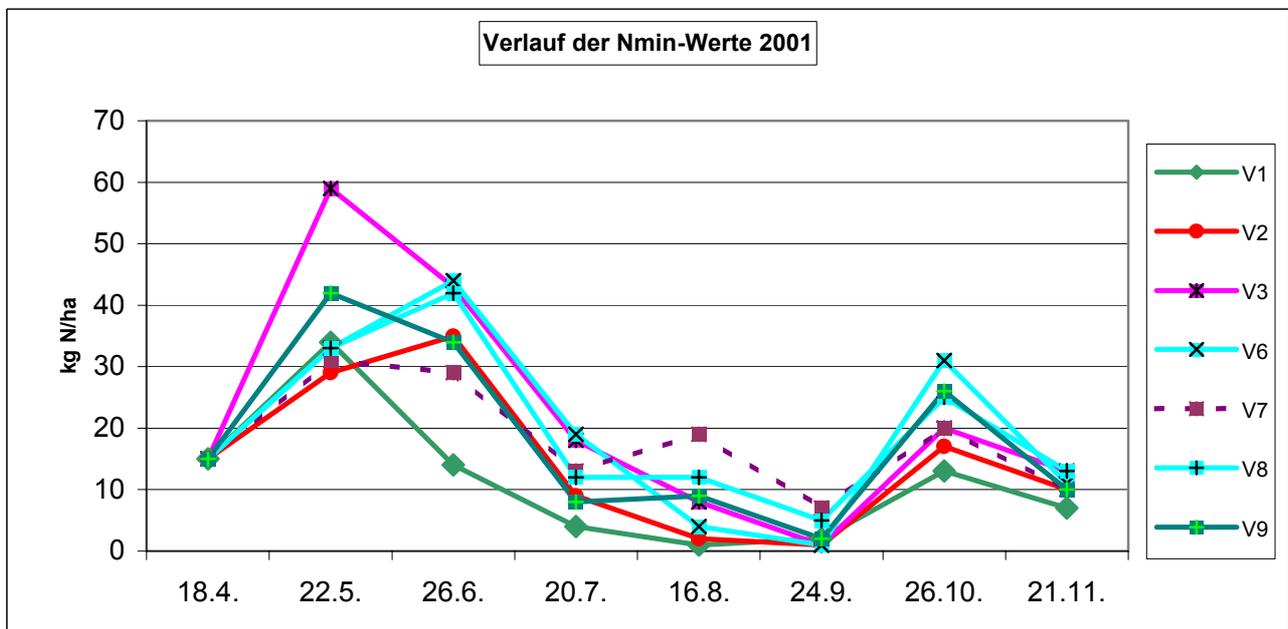
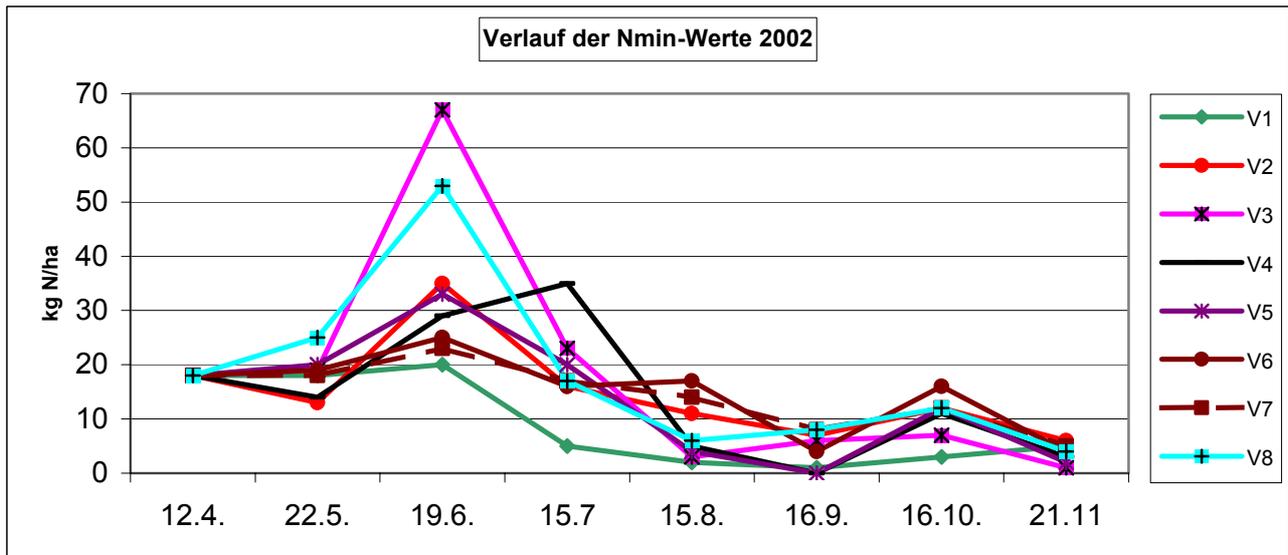


Abb. 5: Düngungsversuch Körnermais; N-Ganglinien 2000 - 2003

## 5 Versuche zu Spätkartoffeln

Die Stickstoffaufnahme der Kartoffeln ist bis zum Zeitpunkt des Längenwachstums (EC 30) sehr gering. Bis zum Zeitpunkt der Blüte werden aber 90 % des Stickstoffs benötigt. Der Einsatz langsam fließender Stickstoffdünger bietet sich daher in Kartoffeln geradezu an. Außerdem kann mit dieser Düngform in Wasserschutzgebieten die erste N-Gabe bereits mit 80 kg/ha auf leichten Böden bzw. mit 100 kg/ha auf schweren Böden angedüngt werden, so dass meist eine einmalige N-Düngung ausreicht. Um die Auswirkung von ENTEC 26 zu testen, wurde in den letzten Jahren ein Versuch in Kartoffeln am Standort Donaueschingen angelegt. Der Versuch konnte im Jahr 1999 aufgrund von Bodenverdichtungen nicht ausgewertet werden. Die Versuchsbedingungen und Ergebnisse sind nachfolgend dargestellt.

Tab. 69: Versuchsbeschreibung Spätkartoffeln; Standort Donaueschingen

|                     | 1998                                  | 2000                                  | 2001  |
|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Sorte               | Granola                               | Granola                               | Granola   |
| Bodenart, pH        | UL, 7,3                               | UL, 7,1                               | UL, 6,0   |
| Nmin (0-60cm) am    | 30.03. 50 kg N/ha                     | 04.04. 45 kg N/ha                     | 03.04. 19 kg N/ha   |
| Vorfrucht           | Wintergerste mit<br>anschl. Begrünung | Wintergerste mit<br>anschl. Begrünung | Wintergerste mit<br>anschl. Begrünung   |
| Pflanzung           | 24.04.98                              | 08.04.00                              | 04.05.01  |
| Ernte               | 25.09.98                              | 21.09.00                              | 05.10.01  |
| Grunddüngung        | 300 kg/ha K <sub>2</sub> O            | 200 kg/ha K <sub>2</sub> O            | 112 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>260 kg/ha K <sub>2</sub> O<br>48 kg/ha MgO |
| Niederschläge in mm |                                       |                                       |   |
| Mai                 | 46                                    | 95                                    | 101   |
| Juni                | 41                                    | 77                                    | 96  |
| Juli                | 86                                    | 148                                   | 70  |
| August              | 42                                    | 83                                    | 55  |
| September           | 64                                    | 78                                    | 109   |

Tab. 70: Versuchsvarianten Spätkartoffeln

| Versuchsanlage: |     | einfaktorielle, randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen |   |
|-----------------|-----|--|---|
| Varianten       | I   | Kontrolle  | Ungedüngt   |
|                 | II  | 80 kg/ha N   | Ammonsulfatsalpeter (ASS) am 10.05.01                       |
|                 | III | 80 kg/ha N<br>+ 40 kg/ha N                                     | ASS am 10.05.01<br>ASS am 30.05.01 (EC 25, Wuchshöhe 10 cm) |
|                 | IV  | 80 kg/ha N   | ENTEC 26 am 10.05.01  |
|                 | V   | 120 kg/ha N  | ENTEC 26 am 10.05.01  |
|                 | VI  | 80 kg/ha N<br>+ 40 kg/ha N                                     | Kalkammonsalpeter (KAS) am 10.05.01<br>KAS am 30.05.01      |

Der Dünger wurde grundsätzlich bei allen Varianten eingearbeitet.

Tab. 71: Ertrag, Sortierung, Stärke, Speise- und Nitratwerte zur Ernte im Boden

| Variante   | Jahr | Anzahl Knollen je Staude | Ertrag dt/ha | rel. Ertrag | Dun Test | Siebsortierung in % |        |        | Stärke % | Speisewert 1-9 | Nitrat Knolle mg/kg FS | Nmin zur Ernte 0-60cm kg N/ha |
|------------|------|--------------------------|--------------|-------------|----------|---------------------|--------|--------|----------|----------------|------------------------|-------------------------------|
|            |      |                          |              |             |          | >35 mm              | <35 mm | <60 mm |          |                |                        |                               |
| Kontrolle  | 1998 | 10,6                     | 481          | 82          | B        | 2                   | 60     | 38     | 14,5     | 2,1            | -                      | 22                            |
|            | 2000 | 11,3                     | 419          | 75          | D        | 2                   | 58     | 40     | 15,4     | 2,3            | 45                     | 5                             |
|            | 2001 | 13,2                     | 251          | 66          | D        | 2                   | 83     | 15     | 15,5     | 2,5            | 30                     | 7                             |
|            | ∅    | 11,7                     | 384          | 74          |          | 2                   | 67     | 31     | 15,1     | 2,3            | 38                     | 11                            |
| 80 ASS     | 1998 | 13,0                     | 591          | 100         | A        | 1                   | 55     | 44     | 14,1     | 2,4            | -                      | 26                            |
|            | 2000 | 13,4                     | 560          | 100         | C        | 1                   | 43     | 56     | 15,5     | 2,2            | 33                     | 4                             |
|            | 2001 | 14,7                     | 379          | 100         | BC       | 1                   | 72     | 27     | 15,6     | 2,4            | 49                     | 13                            |
|            | ∅    | 13,7                     | 510          | 100         |          | 1                   | 57     | 42     | 15,1     | 2,3            | 41                     | 14                            |
| 80 +40 ASS | 1998 | 12,7                     | 663          | 112         | A        | 1                   | 42     | 57     | 14,3     | 2,5            | -                      | 49                            |
|            | 2000 | 12,6                     | 644          | 115         | AB       | 1                   | 34     | 65     | 15,5     | 2,2            | 31                     | 4                             |
|            | 2001 | 16,3                     | 422          | 111         | A        | 1                   | 67     | 32     | 15,9     | 2,8            | 69                     | 19                            |
|            | ∅    | 13,9                     | 566          | 113         |          | 1                   | 48     | 51     | 15,2     | 2,5            | 50                     | 24                            |
| 80 Entec   | 1998 | 10,9                     | 582          | 98          | A        | 1                   | 38     | 61     | 14,3     | 2,4            | -                      | 34                            |
|            | 2000 | 13,5                     | 602          | 108         | BC       | 0                   | 38     | 62     | 16,0     | 1,9            | 39                     | 5                             |
|            | 2001 | 16,2                     | 359          | 95          | C        | 2                   | 76     | 22     | 16,1     | 2,9            | 35                     | 15                            |
|            | ∅    | 13,5                     | 514          | 100         |          | 1                   | 51     | 48     | 15,5     | 2,4            | 37                     | 18                            |
| 120 Entec  | 1998 | 11,3                     | 644          | 109         | A        | 1                   | 39     | 60     | 14,2     | 2,7            | -                      | 36                            |
|            | 2000 | 13,4                     | 660          | 118         | A        | 0                   | 33     | 67     | 15,5     | 2,3            | 29                     | 4                             |
|            | 2001 | 15,9                     | 392          | 104         | ABC      | 1                   | 72     | 27     | 16,6     | 2,5            | 37                     | 14                            |
|            | ∅    | 13,5                     | 565          | 110         |          | 1                   | 48     | 51     | 15,4     | 2,5            | 33                     | 18                            |
| 80 +40 KAS | 1998 | 13,0                     | 635          | 107         | A        | 1                   | 40     | 59     | 14,2     | 2,5            | -                      | 44                            |
|            | 2000 | 13,4                     | 629          | 112         | AB       | 1                   | 40     | 59     | 15,9     | 2,4            | 45                     | 6                             |
|            | 2001 | 16,7                     | 406          | 107         | AB       | 2                   | 67     | 31     | 16,3     | 2,5            | 53                     | 17                            |
|            | ∅    | 14,4                     | 557          | 109         |          | 1                   | 49     | 50     | 15,5     | 2,5            | 49                     | 19                            |

## Wirtschaftlichkeit verschiedener N-Dünge-Systeme im dreijährigem Versuchsmittel Donaueschingen

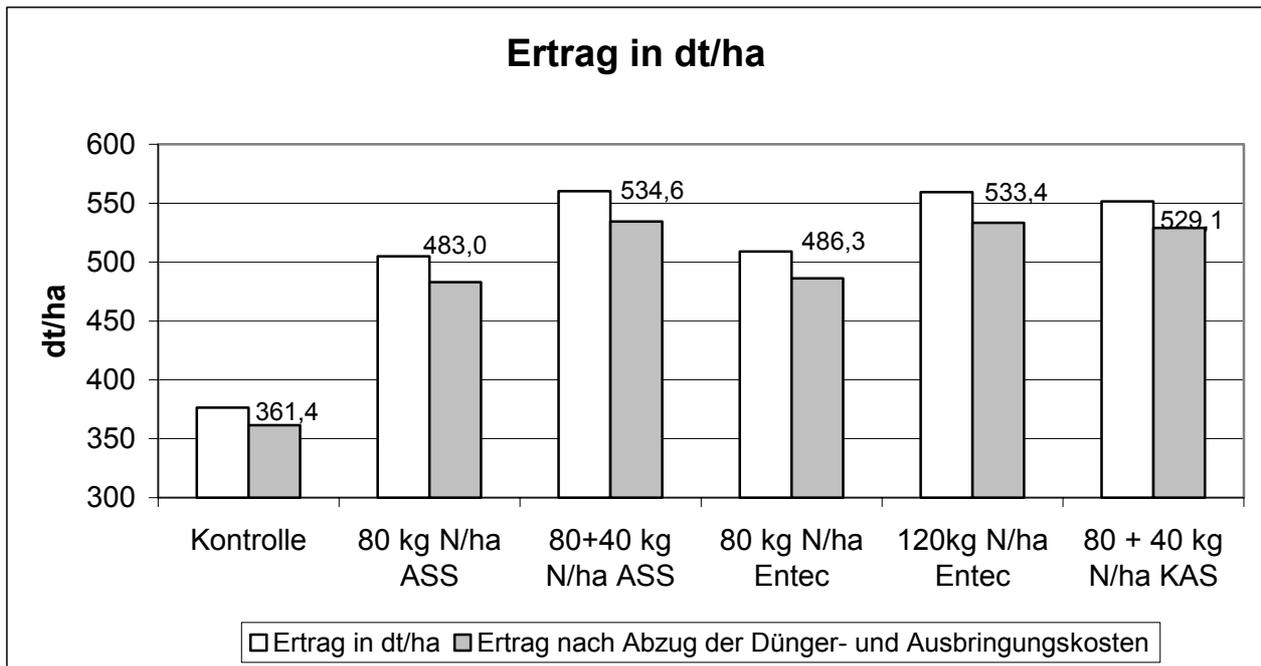


Abb. 6: Wirtschaftlichkeit im 3-jährigem Versuchsmittel

Erläuterung: Kosten für Ausbringung (LEL): 13,91 DM je Arbeitsgang ohne Häufeln

Ø-Preis je dt Kartoffeln DM 20; Kosten für Grundnährstoffe einheitlich DM 284.-

Preise in DM/dt: ASS 41; ENTEC 45; KAS 37

Zusammenfassend lassen sich für diesen Versuchsstandort folgende Aussagen treffen:

**Ertrag:** die höhere Düngungsstufe brachte erwartungsgemäß für alle N-Formen und in allen Jahren höhere Erträge (+10,7 %). Im Durchschnitt der drei Prüffahre lagen die Erträge der verschiedenen N-Formen bei gleichem Düngungsniveau eng beieinander. Die einzelnen Jahre zeigten unterschiedliche Tendenzen. Während in 2000 ENTEC deutliche Vorteile brachte, war dies in den beiden anderen Versuchsjahren nicht festzustellen. Nach Abzug der Dünger und Ausbringungskosten liegen die Erträge auf nahezu gleichem Niveau.

Die Knollenzahl je Staude liegt bei den ENTEC-Varianten im Durchschnitt geringfügig unter den anderen N-Formen.

Hinsichtlich Stärkegehalt und Speisewert sind in den Versuchen keine nennenswerten Unterschiede zwischen den geprüften Varianten festzustellen.

Die Nitratgehalte im Boden nach der Ernte zeigen im Durchschnitt der Jahre keine großen Unterschiede; ein Jahreseinfluss wird aber deutlich.

Auch in den Knollen zeigen sich in den drei Versuchsjahren bei den unterschiedlichen Düngereformen keine wesentlichen Unterschiede in den Nitratgehalten.

Die Vorteile für ENTEC liegen darin, dass durch die einmalige Ausbringung zum Pflanzen das Einhäufeln des Düngers entfällt und in Betrieben mit einer abschließenden Herbizidanwendung nach dem Pflanzen der Herbizidfilm erhalten bleibt.

## 6 Ableitung von Beratungsempfehlungen sowie ökologische und ökonomische Bewertung

### Winterraps

ENTEC 26 > KAS: Optimale Umsetzung hoher, früher N-Gaben (Nitratangebot!) ist bei geringem Verlustpotential möglich.

### Winterweizen

ENTEC 26 < KAS/ASS: N-Aufteilung analog einem System mit KAS

ENTEC 26 > KAS/ASS: Einsatz stabilisierter N-Dünger ermöglicht die Einsparung eines Arbeitsganges bei vergleichbaren Erträgen und Qualitäten; Voraussetzung: „betonte“ N-Gabe in EC 32/37 (evtl. Startgabe mit KAS) wichtig. Ausnahme: Qualitätsweizen!

### Wintergerste

ENTEC 26 = KAS/ASS: Düngung ausschließlich mit N-stabilisiertem Dünger und „betonte“ 2. N-Gabe in EC 32/37 sind mit einem KAS- oder ASS-System vergleichbar.

### Winterroggen

Eine einmalige ENTEC-Gabe zur Saat erbrachte bei gleicher Düngermenge gleich hohe oder höhere Erträge als die gesplitteten Düngevarianten. Im zweijährigem Mittel können die höheren N-Kosten im ENTEC-Dünger aufgrund der höheren Erträge und der Einsparung eines Arbeitsganges kompensiert werden. Die ENTEC-Variante mit 20 kg N/ha geringerer N-Menge (80 kg ENTEC + 40 kg KAS) lag in beiden Versuchsjahren auf ähnlichem Ertragsniveau wie die Variante mit zweimaliger KAS-Düngung (80 + 60 kg KAS), so dass hier eine N-Reduzierung nicht zu einer Ertragsreduzierung geführt hat und daher ein mögliches Einsparpotential aufzeigt. Auf die N-Bilanz hatte die Düngerform keinen Einfluss.

### Körnermais

Die verschiedenen Düngungsvarianten liegen im Mittel der Jahre auf ähnlichem Niveau. Tendenziell zeigen sich an beiden Standorten leicht höhere Erträge beim Einsatz von ENTEC im Unterfußbereich. Die höchsten Erträge wurden in Auggen mit der Variante ENTEC- UF + ENTEC zur Saat und in Forchheim mit der Variante ENTEC-UF + KAS im 6-Blattstadium erreicht. Insgesamt ist bei frühzeitigem Einsatz von ENTEC (zur Saat) mit vergleichbaren oder leicht höheren Erträgen zu rechnen. Durch den Einsatz von ENTEC im Unterfußbereich entstehen gegenüber einem herkömmlichen Einsatz von Diammonphosphat unter Berücksichtigung eines P-Ausgleichs Mehrkosten von ca. 27 €/ha. Diese müssten durch höhere Erträge in Höhe von ca. 2,5 dt kompensiert werden, sofern die Zahl der Arbeitsgänge gleich bleibt. Die einmalige ENTEC-Gabe zur Saat hat arbeitsökonomische Vorteile, durch die Einsparung eines Arbeitsganges. Im Versuchsjahr 2002 wurden aber deutlich schlechtere Erträge erwirtschaftet als bei zweimaliger Düngergabe, auch war kein Ertragsunterschied gegenüber einer einmaligen Harnstoff-Gabe zu beobachten.

## **Kartoffeln**

Bei Spätkartoffeln sind – bei gleichem Düngungsniveau - keine Ertragsunterschiede zwischen den verschiedenen N-Formen aufgetreten. Die höhere Düngungsstufe brachte Mehrertrag. Ein Einfluss der Düngerform auf die Nitratwerte nach der Ernte konnte nicht festgestellt werden. Vorteile des ENTEC-Düngers sind, dass durch einmalige Ausbringung bis max. 100 kg N/ha bei schweren Böden auf zusätzliches Einhäufeln verzichtet werden kann und bei Anwendung von Voraufbauherbiziden der Herbizidfilm erhalten bleibt. Diese Vorteile gleichen die Mehrkosten für den ENTEC-Dünger größtenteils aus.

## **Ökologische und ökonomische Bewertung**

In den Versuchen der LUFA zu Winterraps, Winterweizen und Wintergerste konnte eine Verringerung der N-Verluste (Nitrat und gasförmige Formen) mit 5-10% bilanziert werden. Daher kann eine N-Reduzierung auf Standorten mit hohem N-Nachlieferungspotential empfohlen werden, um erhöhte Nmin-Werte nach der Ernte zu vermeiden und unerwünschte N-Verlagerung bzw. -Auswaschung zu reduzieren.

Die oftmals kritisch zu beurteilenden hohen Rest-Nmin-Gehalte bei Körnermais nach der Ernte konnten in keiner Variante weder in Müllheim noch in Forchheim bestätigt werden. Eine Ausnahme bildet das Jahr 2000 in Müllheim, in dem die Variante mit dem späten ENTEC-Einsatz erst im 6-Blattstadium zu hohen Nmin-Werte nach der Ernte geführt hat, d.h. hier kann auf eine zu spät einsetzende Mineralisation des stabilisierten Stickstoffs geschlossen werden. Im Sinne einer bedarfsgerechten und damit auch einer umweltverträglichen Düngung ist bei Mais ein frühzeitiger Einsatz von ENTEC bis zur Saat zu bevorzugen.

Durch die Anwendung von ENTEC-Düngern entstehen Mehrkosten von derzeit etwa 15 - 20 Cent/kg Rein-Stickstoff im Vergleich zu KAS. Diese können durch eine 5-10 %ige Reduzierung des Stickstoffaufwandes bzw. durch Einsparung eines Arbeitsganges kompensiert werden. Inwieweit diese Möglichkeiten – abhängig von der jeweiligen Kultur bzw. dem angestrebten Qualitätsziel – genutzt werden können, ist einzelbetrieblich zu prüfen.