

(Aus dem Institut für Pflanzenbau und Grünland der Universität Hohenheim)

**Die Wirkung unterschiedlicher Bestandesdichten und Stickstoffdüngung auf die Ertragsleistung und das Fettsäuremuster von Ölleinsamen (*Linum usitatissimum* L.) als nachwachsender Rohstoff\***

Von K. EGHBAL und G. KAHNT

**Zusammenfassung**

Anhand von polyfaktoriellen Feldversuchen wurde 1990 und 1991 die Wirkung verschiedener Anbaumaßnahmen auf den Samenertrag von Öllein geprüft und die Beeinflussung der Qualitätsmerkmale des Leinöls durch unterschiedliche ökologische Bedingungen untersucht.

Bezüglich des Samenertrags erwies sich die variierte Bestandesdichte von 600 bzw. 800 Pfl./m<sup>2</sup> als unwirksam. Die optimale Höhe der Stickstoffgaben war an beiden Standorten vom Witterungsverlauf der Jahre abhängig. Höhere N-Gaben als 25 bis 50 kg/ha hatten Ertragsdepressionen zur Folge.

Beim Rohfettgehalt bestanden Wechselwirkungen zwischen Jahr und Standort. Trocken-warme Witterung erhöhte den Rohfettgehalt generell, auf dem kühleren Standort jedoch stärker. Jegliche Stickstoffgabe senkte den Rohfettgehalt. Linolensäure und Ölsäure wurden vor allem durch die Standorts- sowie Jahresbedingungen, aber auch von den Stickstoffgaben beeinflusst. Hohe Ölsäuregehalte hatten niedrige Linolensäuregehalte zur Folge und umgekehrt. Vor allem im trocken-warmen Jahr 1991 waren die Linolensäuregehalte sehr niedrig. Diese Wirkung war auf dem wärmeren Standort gravierender. Stickstoffsteigerungen senkten den Linolensäuregehalt aufgrund der Erhöhung des Ölsäuregehalts.

Schlüsselworte: Öllein, Ertragspotential, Stickstoff, Rohfettgehalt, Linolensäure.

**The effect of different plant densities and nitrogen applications on yield achievement and fatty acid components of Linseed (*Linum usitatissimum* L.) as a renewable resource**

**Summary**

A poly-factorial experiment was conducted for two years 1990 and 1991 at two locations with cool and warm climate requirements. In this study the effect of different growing methods and ecological conditions were investigated on yield potential and quality of Linseed oil.

Results of the experiments indicated that there was no effect of plant densities

---

\* Prof. Dr. Dr. h. c. K.-U. HEYLAND zum 65. Geburtstag gewidmet.

(600 and 800 per m<sup>2</sup>) on yield level of Linseed. The optimum amount of nitrogen showed a great dependance to different locations and also weather conditions. Higher N-applications than 25 to 50 kg/ha decreased Linseed yield.

The fat content was affected by interaction between years and locations. Dry and warm weather increased the content, especially on cooler location in comparison to the warmer location. Applications of nitrogen reduced the percentage of fat content in any cases.

The linolenic acid (C 18:3) content was affected by locations, years and also N-applications. Content was less 1991 due to dry and warm weather conditions. Content decreased as nitrogen application increased.

Key-words: linseed, yield potential, nitrogen, fat content, linolenic acid.

## 1. Einleitung

Mit zunehmendem Interesse der Industrie an nachwachsenden Rohstoffen gewinnt auch der Öllein an Bedeutung.

Das Leinöl kann als Grundstoff in der chemisch-technischen Industrie zur Herstellung von Lacken und Firnis bzw. Holzschutzmitteln und Druckfarben (GLADOW 1992) Verwendung finden. Es zeichnet sich durch einen hohen Anteil an Linolensäure aus und ist als schnelltrocknendes Öl bekannt. Diese dreifach ungesättigte Fettsäure kann mit einer technischen Reinheit von über 95 % aus Leinöl gewonnen werden (KÖNIG 1991). Damit erfüllt das Leinöl Anforderungen der verarbeitenden Industrie, wonach Inhaltsstoffe nachwachsender Rohstoffe leicht zu gewinnen sein und in hoher Konzentration vorliegen sollten (BUNDESMINISTERIUM FÜR FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE [BMFT] 1986). Den derzeitigen Importbedarf der Bundesrepublik Deutschland an Ölleinsamen beziffern FRIEDT et al. (1989) mit rund 250.000 t pro Jahr. Somit gehört die BRD weltweit zu den führenden Leinsaatimportländern.

FREER (1991) gibt die Leinsaatproduktion der mitteleuropäischen Staaten 1990 wie folgt an:

Großbritannien	etwa 104.000 t
Frankreich	etwa 8.000 t
Deutschland	etwa 4.000 t
übrige (Holland, Belgien, Dänemark)	etwa 2.500 t

Bei einem durchschnittlichen Leinsamenertrag von ca. 20 dt/ha entspräche demzufolge die Ölleinanbaufläche der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer) insgesamt etwa 2000 ha, die Großbritanniens etwa 52.000 ha.

Im Rahmen eines „Landesmodells Ölleinanbau in Baden-Württemberg“ wurde von 1987 bis 1991 auf folgenden Flächen Öllein angebaut: 99 ha, 231 ha, 265 ha, 239 ha und 271 ha. Dabei schwankten die Samenerträge der aufeinander folgenden Jahre zwischen 5,0 und 17,9 dt/ha, 1,8 und 21,7 dt/ha, 4,7 und 29,2 dt/ha, 10,0 und 27,5 dt/ha bzw. 4,3 und 27,1 dt/ha (KAHNT und EGHVAL 1991).

Der Anbau und die Verwertung inländischer Leinöle im non-food-Bereich setzen hohe Erträge, geeignete Qualität und vor allem ein stabiles Angebot voraus. Voraussetzung für einen sicheren Ölleinsamenertrag und eine gute Qualität sind optimale ökologische Bedingungen sowie geeignete Anbaumaßnahmen.

Ziel unserer Untersuchungen war es, das genetische Ertragspotential an Samen bei Öllein zu realisieren und die Möglichkeit einer Beeinflussung der Qualitätsmerkmale des Leinöls unter ökologisch unterschiedlichen Bedingungen und mit verschiedenen Anbaumaßnahmen zu prüfen.

## 2. Material und Methoden

2.1 Pflanzenmaterial: Öllein (*Linum usitatissimum* L.), Sorte Antares

2.2 Versuchsstandorte und Jahre:

1990 und 1991: 1. Versuchsflächen des Instituts für Pflanzenbau und Grünland der Universität Hohenheim (Filder) 2. Praxisflächen des Landwirts Enderle in Durmersheim bei Karlsruhe (badische Oberrheinebene).

### Standortbeschreibung Hohenheim

Höhenlage: 400 m über NN. Durchschnittliche Jahrestemperatur: 8,5° C.

Jahresniederschläge im langjährigen Mittel: 687 mm.

Bodentyp: Pseudogley Parabraunerde, Bodenart: schluffiger Lehm.

1990 betrug die mittlere Temperatur von März bis August 14,0° C und 1991 13,5° C, die Niederschlagssumme 350,6 mm bzw. 274,4 mm.

Witterungsdaten sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

### Standortbeschreibung Durmersheim

Höhenlage: 110 m über NN. Durchschnittliche Jahrestemperatur: 9,8° C.

Jahresniederschläge im langjährigen Mittel: 780 mm.

Bodentyp: Parabraunerde, Bodenart: lehmiger Sand.

1990 betrug die mittlere Temperatur von März bis August 15,1° C und 1991 15,7° C, die Niederschlagssumme 274,1 mm bzw. 183,1 mm.

Witterungsdaten sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1

Witterungsdaten der Versuchsstandorte Hohenheim und Durmersheim 1990 und 1991

Jahr 1990 Monat	Temperatur ° C Monatsmittel		Niederschlag mm Monatssumme	
	Hohen- heim	Durm- ers- heim	Hohen- heim	Durm- ers- heim
März	7,9	9,1	19,5	12,7
April	7,9	9,2	63,9	30,5
Mai	15,4	14,2	65,7	20,9
Juni	15,3	16,3	117,8	134,0
Juli	18,0	19,8	44,6	39,0
August	19,3	22,2	39,1	37,0
Jahr 1991				
Monat				
März	7,6	9,1	43,8	24,8
April	8,0	10,1	28,1	15,3
Mai	10,2	12,3	67,7	20,2
Juni	14,7	16,2	87,1	50,3
Juli	20,4	23,2	32,7	63,8
August	20,1	23,5	15,0	8,7

2.3 Versuchsmethode

Mehrfaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen

## 2.4 Versuchstechnik<sup>2</sup>

Aussaat- und Erntetermine siehe Tabelle 2

Parzellengröße: 8 m<sup>2</sup>

Bestandesdichte (BD): Es wurden 600 und 800 Pfl./m<sup>2</sup> angestrebt

Reihenabstand: 12,5 cm

Vorfrucht: 1990 und 1991 in Hohenheim Kartoffel, in Durmersheim Erdbeere

## 2.5 Versuchsauswertung

Auswertung der Anlage: mehrfaktoriell

Die Abgrenzung erfolgte für den Gesamtversuch sowie Wechselwirkungen (FG=82):

P 5 % bei t=1,99

P 0,1 % bei t=3,41

und für Teilbereiche der Versuche (FG=15):

P 5 % bei t=2,13

P 0,1 % bei t=4,07 (SCHUSTER und LOCHOW 1979)

## 2.6 Chemische Untersuchungsmethoden

N<sub>min</sub> : Scharpf und Wehrmann

N<sub>t</sub> : Kjeldahl

Ölgehalt und Fettsäuremuster: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus-Liebig-Universität, Gießen, Ludwigstraße 23<sup>3</sup>.

Tabelle 2

*Aussaat- und Erntetermine von Öllein in Hohenheim und Durmersheim 1990 und 1991*

Jahr	Hohenheim		Durmersheim	
	Aussaat	Ernte	Aussaat	Ernte
1990	15. 3.	23. 8.	20. 3.	9. 8.
1991	2. 4.	12. 8.	3. 4.	8. 8.

## 2.7 Düngung

In Hohenheim wurden für 1990 192 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bzw. 300 kg/ha K<sub>2</sub>O im Herbst 1989 und für 1991 190 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 300 kg/ha K<sub>2</sub>O im Herbst 1990 ausgebracht.

In Durmersheim wurde die Versuchsfläche im Frühjahr 1990 und 1991 jeweils mit 100 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 200 kg/ha K<sub>2</sub>O und 1990 zusätzlich mit 4 t Kalk (50 % CaO + 50 % CaCO<sub>3</sub>) gedüngt.

Die Stickstoffmenge wurde 1990 und 1991 auf beiden Standorten wie folgt variiert:

N0 = 0 kg N/ha

N1 = 25 kg N/ha

N2 = 50 kg N/ha

N3 = 75 kg N/ha (50 kg + 25 kg)

Der Stickstoff wurde jeweils 14 Tage nach Aufgang verabreicht. Die 2. Gabe der N3 Stufe (25 kg N/ha) erfolgte zu Blühbeginn.

## 2.8 Pflanzenschutz

Es wurden keine Herbizide, Fungizide und Insektizide eingesetzt. Die Unkrautbeseitigung erfolgte 1 × von Hand.

<sup>2</sup> H. J. v. BÖTTICHER, Th. RUOPP sowie S. SCHNEIDER danken wir für die technische Durchführung der Versuche.

<sup>3</sup> Prof. Dr. R. MARQUARD danken wir für seine Unterstützung.

### 3. Ergebnisse

Der Öllein benötigte bis zur Abreife der Samen in Hohenheim 1990 156 Tage mit 2301° C Wärmesumme, 1991 132 Tage mit 1854° C Wärmesumme. In Durmersheim benötigte er 1990 141 Tage mit einer Wärmesumme von 2134° C und 1991 128 Tage mit 1996° C Wärmesumme (Tabelle 3).

Tabelle 3

*Vegetationszeiten (d) von Öllein in Hohenheim und Durmersheim sowie Temperatursummen (° C) und Niederschlagssummen (mm) der Vegetationszeiten 1990 und 1991*

	Aussaat — Aufgang		Aufgang — Blühbeginn		Blühbeginn— Abreife		Summe	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
<b>Hohenheim</b>								
Tage (d)	11	13	67	68	78	51	156	132
Temp.-Summe (° C)	117	122	830	711	1354	1021	2301	1854
Niederschlagss. (mm)	4	6	167	162	165	53	336	221
<b>Durmertsheim</b>								
Tage (d)	11	12	58	61	72	55	141	128
Temp.-Summe (° C)	100	151	668	706	1366	1139	2134	1996
Niederschlagss. (mm)	13	4	51	46	194	108	258	158

Aufgrund des naßkalten Frühjahrs 1991 verzögerte sich die Aussaat des Ölleins um 18 Tage gegenüber 1990. Ebenfalls war die Vegetationszeit „Blühbeginn bis Abreife“ 1991 in Hohenheim um 27 Tage und in Durmersheim um 17 Tage kürzer als 1990 (Tabellen 2 und 3).

#### 3.1 Samenerträge

In Hohenheim schwankten die Samenerträge 1990 zwischen 21,4 dt/ha und 27,3 dt/ha (BD 1) und 17,5 dt/ha und 26,0 dt/ha (BD 2), in Durmersheim zwischen 23,1 dt/ha und 28,2 dt/ha (BD 1) und 23,7 dt/ha und 28,7 dt/ha (BD 2).

Während in Hohenheim die höchsten Samenerträge von 27,3 dt/ha bzw. 26,0 dt/ha mit einer Stickstoffgabe von 50 kg N/ha erreicht wurden, konnte in

Tabelle 4

*Öllein-Samenerträge (dt/ha TM) in Hohenheim und Durmersheim 1990 und 1991*

	Hohenheim		Durmertsheim	
	BD 1	BD 2	BD 1	BD 2
			1990	
N0	21,4	22,8	25,2	23,7
N1	26,1	25,2	28,2	28,7
N2	27,3	26,0	23,1	25,6
N3	22,0	17,5	23,4	23,7
GD 5 %	1,21	1,04	1,87	1,51
GD 0,1 %	2,32	1,99	3,58	2,89
			1991	
N0	16,7	17,1	14,9	15,4
N1	20,4	20,8	16,3	17,2
N2	25,2	23,8	17,8	17,7
N3	26,1	26,7	17,1	16,9
GD 5 %	0,85	0,98	0,68	0,93
GD 0,1 %	1,63	1,87	1,30	1,79

Durmersheim der höchste Samenertrag von jeweils 28,2 dt/ha bzw. 28,7 dt/ha bereits mit einer N-Gabe von 25 kg/ha erzielt werden. Höhere N-Gaben hatten an beiden Standorten Ertragsdepressionen zur Folge.

1991 lagen die Samenerträge aufgrund späterer Aussaat (Tabelle 4) und kürzerer Vegetationszeit (Tabelle 3) unter dem Ertragsniveau von 1990.

1991 schwankten die Samenerträge des Versuchsstandorts Hohenheim zwischen 16,7 dt/ha und 26,1 dt/ha (BD 1) bzw. 17,1 dt/ha und 26,7 dt/ha (BD 2). Die höchsten Samenerträge von 26,1 dt/ha (BD 1) und 26,7 dt/ha (BD 2) wurden in der höchsten N-Stufe mit 75 kg N/ha erreicht.

In Durmersheim dagegen konnten 1991 Samenerträge von nur 14,9 dt/ha bis 17,4 dt/ha (BD 1) und 15,4 dt/ha bis 17,7 dt/ha (BD 2) erzielt werden. Der höchste Samenertrag von jeweils 17,4 dt/ha (BD 1) bzw. 17,7 dt/ha (BD 2) wurde durch eine Stickstoffmenge von 50 kg N/ha erzielt. Höhere N-Gaben von 75 kg/ha hatten Ertragsdepressionen zur Folge (Tabelle 4).

### 3.2 Rohfettgehalt, Gehalte an C 18 : 1-, C 18 : 2-, C 18 : 3-Fettsäuren und Rohfettertrag

Rohfettgehalte und Gehalte an C 18:1–C 18:3-Fettsäuren der Öllein-Samen sind aus Tabelle 5 und 6 ersichtlich.

#### Rohfettgehalt

1991 wurden beachtlich höhere Rohfettgehalte festgestellt als 1990, wobei der Jahreseinfluß in Hohenheim bedeutend höher war als in Durmersheim.

In Hohenheim schwankten die Rohfettgehalte 1990 zwischen 37,9 % und 39,7 % (BD 1) bzw. 38,1 % und 39,4 % (BD 2), 1991 zwischen 42,9 % und 43,8 % (BD 1) bzw. 42,7 % und 43,6 % (BD 2), was für 1991 einer Steigerung von 9,9 % bis 11,7 % entspricht.

In Durmersheim wurden 1991 ebenfalls höhere Rohfettgehalte festgestellt als 1990.

Tabelle 5

*Rohfettgehalt der Ölleinsamen in % der TM und Gehalt von C 18:1–C 18:3 Fettsäuren in % des Gesamtfettgehalts in Hohenheim 1990 und 1991*

N-Stufen	Rohfettgehalt		C 18:1		C 18:2		C 18:3	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
	BD 1							
N0	39,7	43,3	16,1	18,7	16,5	15,4	58,3	56,0
N1	39,7	43,8	16,2	18,7	16,8	15,5	58,1	56,5
N2	38,8	43,4	17,0	20,2	16,0	15,3	58,0	54,6
N3	37,9	42,9	17,2	20,2	16,2	14,8	58,0	55,2
Mittel	39,0	43,3	16,6	19,4	16,4	15,2	58,1	55,6
	BD 2							
N0	39,4	43,6	14,7	17,1	16,5	15,7	60,8	58,5
N1	38,9	43,5	16,3	18,9	16,5	15,5	58,6	55,8
N2	38,4	43,2	16,9	19,8	15,8	14,3	58,3	56,3
N3	38,1	42,7	17,7	19,0	15,6	13,9	57,6	58,0
Mittel	38,7	43,2	16,4	18,7	16,1	14,8	58,8	57,1

Tabelle 6

*Rohfettgehalt der Ölleinsamen in % der TM und Gehalt von C 18:1—C 18:3 Fettsäuren in % des Gesamtfettgehalts in Durmersheim 1990 und 1991*

N-Stufen	Rohfettgehalt		C 18:1		C 18:2		C 18:3	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
BD 1								
N 0	39,4	40,6	17,0	21,4	16,0	17,0	58,1	51,9
N 1	38,8	39,5	18,2	24,4	16,0	16,5	56,9	48,4
N 2	37,8	39,1	19,1	27,2	15,6	16,5	56,7	44,9
N 3	37,4	38,8	19,2	26,1	15,6	16,3	56,4	46,9
Mittel	38,3	39,5	18,4	24,8	15,8	16,6	57,0	48,0
BD 2								
N 0	39,3	40,6	17,6	25,1	16,4	16,7	56,8	46,8
N 1	38,5	40,3	18,6	25,3	16,2	16,8	55,8	46,5
N 2	37,7	39,3	21,1	26,2	15,4	16,9	54,4	45,7
N 3	37,1	38,8	22,1	25,7	14,9	17,4	54,0	45,9
Mittel	38,1	39,7	19,8	25,6	15,7	16,9	55,2	46,2

1990 schwankten die Rohfettgehalte in Durmersheim zwischen 37,4 % und 39,4 % (BD 1) bzw. 37,1 % und 39,3 % (BD 2), 1991 zwischen 38,8 % und 40,6 % (BD 1) bzw. 38,8 % und 40,6 % (BD 2).

Die höchsten Rohfettgehalte von 39,4 %, 39,7 %, 43,3 % und 43,6 % in Hohenheim bzw. 39,3 %, 39,4 %, 40,6 % und 40,6 % in Durmersheim wurden auf beiden Standorten und in beiden Versuchsjahren in der N0-Stufe erreicht, dagegen lagen auf beiden Standorten und in beiden Versuchsjahren die niedrigsten Werte von 37,9 %, 38,1 %, 42,7 % und 42,9 % in Hohenheim bzw. 37,1 %, 37,4 %, 38,8 % und 38,8 % in Durmersheim in der N3-Stufe mit der höchsten N-Gabe von 75 kg/ha. Es konnte auf beiden Standorten und in beiden Versuchsjahren kein Einfluß der Bestandesdichte auf den Rohfettgehalt festgestellt werden.

#### Gehalte an C 18:1—C 18:3

Während Bestandesdichte, unterschiedliche N-Mengen/ha sowie Jahr und Ort keinen Einfluß auf die Linolsäuregehalte (C 18:2) zeigen, wirkten sich Jahr, Ort und zum Teil variierte Stickstoffgaben unterschiedlich auf die Gehalte von Ölsäure (C 18:1) und Linolensäure (C 18:3) aus (Tabellen 5 und 6).

#### Ölsäuregehalt (C 18:1)

In Hohenheim wurde 1990 ein durchschnittlicher C 18:1-Gehalt von 16,6 % bei BD 1 und 16,4 % bei BD 2 festgestellt. Die niedrigsten Ölsäuregehalte von 16,1 % und 14,7 % wurden in der N0-Stufe und die höchsten Gehalte von 17,2 % und 17,7 % in der N3-Stufe mit 75 kg N/ha erzielt.

1991 lagen die Ölsäuregehalte um durchschnittlich 2,5 % höher, wobei die niedrigsten Werte von 18,7 % bzw. 17,1 % ebenfalls in der N0-Stufe und die höchsten Werte von 20,2 % bzw. 19,0 % in der N3 Stufe festgestellt wurden.

In Durmersheim wurden in beiden Jahren höhere Ölsäuregehalte erzielt als in Hohenheim. Die niedrigsten Werte von 17,0 % (BD 1) bzw. 17,6 % (BD 2) wurden in der N0-Stufe und die höchsten Ölsäuregehalte von 19,2 % (BD 1) bzw. 22,1 % (BD 2) in der N3-Stufe erreicht.

1991 wurden in Durmersheim ungewöhnlich hohe Ölsäuregehalte von durchschnittlich 24,8 % (BD 1) und 25,6 % (BD 2) erzielt. Die niedrigsten Gehalte wurden in der N0-Stufe, die höchsten jedoch bereits in der N2-Stufe mit einer Stickstoffgabe von 50 kg N/ha erreicht.

### Linolensäuregehalt (C 18:3)

Für die industrielle Nutzung des Leinöls spielt der Gehalt an Linolensäure die wichtigste Rolle. Dieser wird von SEEHUBER und DAMBROTH (1982) mit 35 bis 66 % der Gesamtfettsäure und von LÜTKE ENTRUP (1990) mit 62 % angegeben.

1991 wurden in Hohenheim niedrigere und in Durmersheim bedeutend niedrigere Linolensäuregehalte festgestellt als 1990. In Hohenheim lagen die durchschnittlichen Gehalte 1991 bei 55,6 % (BD 1) bzw. 57,1 % (BD 2) und somit um 1,7 bis 2,5 Einheiten niedriger als 1990. In Durmersheim dagegen wurden 1991 durchschnittliche Gehalte von nur 48 % (BD 1) und 46,2 % (BD 2) festgestellt. Diese waren gegenüber 1990 sowohl bei BD 1 als auch bei BD 2 um 9 % niedriger. Der höchste Linolensäuregehalt von 60,8 % in Hohenheim und 58,1 % in Durmersheim wurde jeweils in der N0-Stufe festgestellt. Somit wirkten Stickstoffsteigerungen negativ auf den Linolensäuregehalt und senkten diesen in Hohenheim um 0,3 bis 3,2 % und in Durmersheim um 0,9 bis 5 %.

### Rohfettertrag

Tabelle 7 zeigt die Rohfetterträge in kg/ha.

In Hohenheim wurde 1990 im Mittel der N-Stufen der BD 1 ein Rohfettertrag von 943,1 kg/ha und bei BD 2 von 885,9 kg/ha erzielt. 1991 erreichten die Rohfetterträge geringfügig höhere Werte von 957,5 kg/ha (BD 1) und 954,7 kg/ha (BD 2).

Tabelle 7

*Rohfetterträge (kg/ha) in Hohenheim und Durmersheim 1990 und 1991*

N-Stufen	1990		1991	
	Hohenheim	Durmertsheim	Hohenheim	Durmertsheim
	BD 1			
N0	849,6	992,9	723,1	604,9
N1	1033,6	1090,3	893,5	643,8
N2	1055,4	873,2	1093,7	696,0
N3	833,8	875,2	1119,7	659,6
Mittel	943,1	957,9	957,5	651,1
	BD 2			
N0	898,3	931,4	745,6	625,2
N1	980,3	1104,9	904,8	693,2
N2	998,4	965,1	1028,2	695,6
N3	666,7	879,3	1140,1	616,9
Mittel	885,9	970,2	954,7	657,7

In Durmersheim wurden 1990, bei fast gleichen Rohfettgehalten wie in Hohenheim, höhere Rohfetterträge von 957,9 kg/ha (BD 1) und 970,2 kg/ha (BD 2) erzielt. Dagegen lagen die Rohfetterträge 1991, bedingt durch niedrigere Samen-erträge, um mehr als 300 kg/ha niedriger als 1990.

### 3.3 N-Gehalt und N-Entzug

#### N-Gehalt

Tabellen 8 und 9 zeigen die N-Gehalte und -Entzüge von Ölleinsamen sowie die Gesamt-N-Entzüge 1990 und 1991 in Hohenheim und Durmersheim.

Tabelle 8

*N-Gehalt und N-Entzug von Ölleinsamen sowie Gesamt-N-Entzug im Samen und Stroh in Hohenheim 1990 und 1991*

N-Stufen	N-Gehalt Samen %		N-Entzug Samen kg/ha		N-Entzug Gesamt kg/ha	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991
BD 1						
N0	3,07	3,11	65,7	51,9	91,7	70,1
N1	3,01	3,09	78,6	63,0	108,0	82,8
N2	3,31	3,42	90,0	86,2	120,7	112,6
N3	3,55	3,59	78,1	93,7	108,7	120,7
Mittel	3,23	3,30	78,1	73,7	107,3	96,5
BD 2						
N0	3,07	3,04	70,0	52,0	98,0	71,8
N1	3,17	3,08	79,9	64,1	112,7	82,5
N2	3,34	3,24	86,8	77,1	118,7	100,2
N3	3,63	3,62	63,5	96,6	104,2	125,9
Mittel	3,30	3,24	75,0	72,4	108,4	95,1

Tabelle 9

*N-Gehalt und N-Entzug von Ölleinsamen sowie Gesamt-N-Entzug im Samen und Stroh in Durmersheim 1990 und 1991*

N-Stufen	N-Gehalt Samen %		N-Entzug Samen kg/ha		N-Entzug Gesamt kg/ha	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991
BD 1						
N0	3,13	3,83	78,9	57,1	102,3	69,3
N1	3,39	4,28	95,3	69,8	118,1	86,5
N2	3,91	4,51	90,3	80,3	117,4	102,0
N3	3,88	4,65	90,8	79,1	115,8	102,3
Mittel	3,58	4,32	88,8	71,6	113,4	90,0
BD 2						
N0	3,01	3,95	71,3	60,8	93,5	74,5
N1	3,32	3,92	95,3	67,4	119,0	85,7
N2	3,89	4,46	99,6	78,9	124,4	103,6
N3	4,02	4,30	95,3	68,4	120,8	92,8
Mittel	3,56	4,16	90,4	68,9	114,4	89,1

#### N-Gehalte im Samen

In Hohenheim zeigten sich 1990 und 1991 keine wesentlichen Unterschiede in den N-Gehalten der Samen (Tabelle 8). Diese schwankten 1990 zwischen 3,07 % in der N0-Stufe der BD 1 und BD 2 und dem Höchstwert von 3,63 % der N3-Stufe der BD 2.

1991 wurden ebenfalls keine wesentlichen Schwankungen zwischen den N-Stufen festgestellt. Die Werte lagen zwischen 3,04 % der N0-Stufe (BD 2) und 3,62 % der N3-Stufe (BD 2).

In Durmersheim konnten dagegen unterschiedliche N-Gehalte im Samen zwischen den Jahren 1990 und 1991 festgestellt werden (Tabelle 9).

1990 schwankten die Werte zwischen 3,01 % in der N0-Stufe (BD 2) und dem höchsten Wert von 4,02 % in der N3-Stufe (BD 2).

1991 stiegen die N-Gehalte der BD 1 von 3,83 % in der N0-Stufe bis 4,65 % in

der N3-Stufe. Bei BD 2 schwankten die Werte weniger. Bereits in der N0-Stufe betrug der niedrigste N-Gehalt 3,95 %. Der Höchstwert von 4,46 % lag in der N2-Stufe.

#### N-Entzug

##### N-Entzüge der Samen

In Hohenheim lagen die durchschnittlichen N-Entzüge 1990 bei 78,1 kg/ha (BD 1) und 75,0 kg/ha (BD 2). Bedingt durch die Ertragsdepression der N3-Stufe zeigen die N-Entzüge dieser N-Stufe trotz höherer N-Gehalte niedrigere Werte als andere N-Stufen.

Aufgrund des höheren Ertragsniveaus und durch höhere N-Gehalte der Samen in Durmersheim wurden hier 1990 höhere N-Entzüge von 88,8 kg/ha (BD 1) bzw. 90,4 kg/ha (BD 2) festgestellt als in Hohenheim. 1991 dagegen lagen diese trotz höherer N-Gehalte mit 71,6 kg/ha (BD 1) bzw. 68,9 kg/ha (BD 2) geringfügig niedriger als in Hohenheim.

Aus Tabelle 10 ist die enge Beziehung zwischen den Samenerträgen und den N-Entzügen durch die Samen ersichtlich.

Tabelle 10

*Regressions- bzw. Korrelationskoeffizienten der Öllein-Samenerträge (y) zu Samen-N-Entzügen (x) 1990 und 1991 in Hohenheim und in Durmersheim*

	1990	1991
Hohenheim	$b_x = 2,6035$ $b_y = 0,3011$ $r_{yx} = 0,8853$	$b_x = 4,4940$ $b_y = 0,2171$ $r_{yx} = 0,9877$
Durmersheim	$b_x = 1,6756$ $b_y = 0,0868$ $r_{yx} = 0,3814$	$b_x = 7,6428$ $b_y = 0,1013$ $r_{yx} = 0,8799$

#### Gesamt-N-Entzüge in Korn und Stroh

Sowohl in Hohenheim als auch in Durmersheim überstiegen die Gesamt-N-Entzüge 1990 und 1991 die auf den N-Varianten gedüngten Stickstoffmengen, wobei 1990 der durchschnittliche N-Entzug auf beiden Standorten höher lag als 1991.

In Hohenheim wurde der niedrigste N-Entzug von 70,1 kg/ha in der N0-Stufe (BD 1 1991) und der höchste Wert mit 120,7 kg/ha in der N2-Stufe (BD 1 1991) festgestellt. In Durmersheim lag der niedrigste N-Entzug von 69,3 kg/ha ebenfalls in der N0-Stufe der BD 1 1991, der höchste jedoch mit 124,4 kg/ha in der N2-Stufe der BD 2 1990.

#### 4. Diskussion

Die angestrebten Samenerträge von 30 dt/ha wurden nicht erreicht. Für die Mindererträge beider Standorte 1991 könnte die späte Aussaat (2. 4. 1991) durch das feucht-kalte Frühjahr und die kurze Vegetationszeit zwischen Blühbeginn und Abreife (51 Tage in Hohenheim, 55 Tage in Durmersheim) durch die ausgesprochen trocken-warme Witterung im Juli/August verantwortlich sein (Tabelle 1). In Durmersheim wurde der Bestand 1991 außerdem von Leinwelke befallen.

Tabelle 11 zeigt den Grad der Wirkungen der Faktoren „Bestandesdichte, Stickstoffdüngung, Standort und Jahr“ einzeln sowie deren Wechselwirkungen (WW) auf den Samenertrag.

Tabelle 11

*F-Test und GD-Werte in dt/ha für die Öllein-Samenerträge*

Streuungsursache	F-Test	GD 5 %	GD 0,1 %
Gesamt (G)	—	—	—
Blöcke (B)	—	—	—
Bestandesdichten (BD)	1,36	0,60	1,00
N-Düngungsstufen (Dü)	86,00***	0,84	1,42
Standorte (Ort)	120,12***	0,60	1,00
Jahre (Ja)	818,10***	0,60	1,00
WW BD/Dü	3,64*	1,18	2,00
WW BD/Ort	3,21*	0,84	1,42
WW BD/Ja	1,49	0,84	1,42
WW Dü/Ort	39,85***	1,18	2,02
WW Dü/Ja	105,32***	1,18	2,02
WW Ort/Ja	421,33***	0,82	1,42
WW BD/Dü/Ort	5,87*	1,64	2,84
WW BD/Dü/Ja	3,50*	1,64	2,84
WW BD/Ort/Ja	4,05*	1,18	2,02
WW Dü/Ort/Ja	29,99***	1,64	2,84
t-Wert (FG = 82)	P 5 % = 1,99		
	P 0,1 % = 3,41 (SCHUSTER und LOCHOW 1979)		

Wie der Tabelle 11 zu entnehmen ist, bestehen die größten Ertragsdifferenzen zwischen den beiden Jahren. Somit wirkte der Faktor „Jahr“ am stärksten auf die Ertragsbildung von Ölleinsamen, gefolgt von Standort und Stickstoffdüngung. Die variierte Bestandesdichte von 600 bzw. 800 Pfl./m<sup>2</sup> bewirkte keine gesicherten Ertragsdifferenzen.

Von den zweifachen Wechselwirkungen ist die Signifikanz von „Ort/Jahr“ am stärksten ausgeprägt. Dies untermauert die Unterschiede des Samenertragsniveaus der Standorte in den beiden Jahren 1990 und 1991. Die signifikante Wechselwirkung zwischen „N-Düngung/Jahr“ und „N-Düngung/Ort“ deutet an, daß die Stickstoffdüngung in beiden Jahren und auf beiden Standorten unterschiedlich wirkte. Eine geringe Wechselwirkung ist zwischen „Bestandesdichte/Ort“ und „Bestandesdichte/N-Düngung“ festzustellen.

Von den dreifachen Wechselwirkungen ist die der „N-Düngung/Ort/Jahr“ am stärksten ausgeprägt und hoch signifikant. Dies zeigt, daß der Stickstoff auf den Standorten Hohenheim und Durmersheim 1990 und 1991 unterschiedlich wirkte. Die Dreifach-Wechselwirkung zwischen „Bestandesdichte/Ort/Jahr“ und „Bestandesdichte/N-Düngung/Jahr“ sowie „Bestandesdichte/N-Düngung/Ort“ ist schwach signifikant. Dies zeigt an, daß die Beeinflussung der Bestandesdichte durch variierte N-Düngung auf beiden Standorten und in beiden Jahren verschieden war und unterschiedlich zu interpretieren ist.

Hohe Öllein-Samenerträge erfordern ein entsprechendes N-Angebot. Bei einem N-Gehalt von 3,5 % im Samen und 0,5 % im Stroh wäre der errechnete N-Bedarf einer Ölleinproduktion von 30 dt/ha Samen + 40 dt/ha Stroh = 125 kg N/ha. Dieser N-Umsatz in Ertrag ist aber nur möglich, wenn sich alle anderen Wachstumsfaktoren ebenfalls im Optimum befinden. In Hohenheim ergibt sich bei durchschnittlich 3,3 % N in den Samen ein mittlerer N-Entzug von ca. 33 kg N pro 10 dt und in Durmersheim bei durchschnittlich 4 % N ein N-Entzug von ca. 40 kg N pro 10 dt Leinsamen. Die Entzüge liegen damit im Schwankungsbereich der von JAHN-DEESBACH (1965) angegebenen Werte von 30 bis 47 kg und sind mit den von RIEDEL (1991) erzielten Ergebnissen von 40 kg N pro 10 dt Leinsamen zum Teil identisch.

Nur eine Kombination von hohen Samenerträgen, hohen Rohfettgehalten und hohen Gehalten an bestimmten Fettsäuren, in diesem Falle an C 18:3, machen den Anbau interessant. Der von den deutschen Ölmühlen geforderte Mindestölgehalt liegt nach NIEPENBERG (1988) bei 40 %. Dieser wurde in unseren Versuchen 1990 nicht erreicht. Erst die strahlungsreichere, trocken-warme Witterung 1991 bewirkte höhere Rohfettgehalte von 42,7 bis 43,8 % in Hohenheim und 38,8 bis 40,6 % in Durmersheim. Dabei wirkten sich die für den Höchsterttrag bemessene N-Mengen unter den gegebenen Verhältnissen stets negativ auf den Rohfettgehalt aus, so daß die höchsten Rohfettgehalte jeweils in der N0-Variante festgestellt wurden.

Die aus Samenertrag und Rohfettgehalt resultierenden Rohfetterträge dieser Versuche blieben 1990 und 1991 auf beiden Standorten unterhalb der erforderlichen 1200 kg/ha-Grenze (30 dt/ha Samen und 40 % durchschnittlicher Rohfettgehalt). Sie lagen in Durmersheim 1991 sogar unter 700 kg/ha (Tabelle 7).

Im Vergleich zu den von LÜTKE ENTRUP (1990) angegebenen Linolensäuregehalten von 62 % und den von SEEHUBER und DAMBROTH (1982) in Mitteleuropa ermittelten Gehalten von 35 bis 66 %, sind die vorliegenden Versuchswerte mit 55,6 bis 58,8 % in Hohenheim und 46,2 bis 57 % in Durmersheim als zufriedenstellend zu beurteilen.

Auf den Linolensäuregehalt übte der Standort keine, die N-Düngung und die Bestandesdichte einen geringen, nicht signifikanten Einfluß aus. Der Faktor „Jahr“ beeinflusste den Gehalt von Linolen- und Ölsäure unterschiedlich.

Das Jahr 1990 wirkte positiv, 1991 dagegen negativ auf den Linolensäuregehalt. Während in beiden Jahren und auf beiden Standorten keine Beziehung zwischen Rohfettgehalt und Linolensäuregehalt festgestellt werden konnte, korrelierten Ölsäuregehalte und Linolensäuregehalte sehr stark negativ miteinander (Tabelle 12).

Tabelle 12

*Korrelationskoeffizienten von Ölsäuregehalten zu Linolensäuregehalten 1990 und 1991 in Hohenheim und in Durmersheim*

	1990	1991
Hohenheim	$r_{yx} = -0,9010$	$r_{yx} = -0,8250$
Durmersheim	$r_{yx} = -0,9935$	$r_{yx} = -0,9733$

Für hohe C 18:3-Gehalte im Fettsäuremuster des Leinöls ist deshalb die Frage entscheidend, ob und durch welche Maßnahmen die Ölsäuregehalte im Minimum gehalten werden können.

#### Danksagung

Dipl.-Ing. agr. G. GRONBACH danken wir für die Durchsicht des Manuskripts.

#### Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE (BMFT), 1986: Nachwachsende Rohstoffe, Referat: Öffentlichkeitsarbeit.
- DAMBROTH, M. und R. SEEHUBER, 1988: Flachs: Züchtung, Anbau und Verarbeitung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- FREER, B., 1991: Linseed Husbandry — A U. K. Perspective. Paper presentation in Maastricht, The Netherlands, Agricultural Development and Advisory Service, Bridgates EHF, Winchester SO21 1 AP (U. K.).
- FRIEDT, W., K.-A. NIEPENBERG, L. ALPMANN und M. NICKEL, 1989: Öllein-Modellanbauversuch 1987/88, Abschlußbericht BMLF.

- GLADOW, H. R., 1992: Nachwachsende Rohstoffe: Leinöl, LW BW, H. 4, 24—25.
- JAHN-DEESBACH, W., 1965: Die Düngung des Leins (*Linum usitatissimum* L.). In LINSER, H. (Hrsg.), Hdb. Pflanzenernährung und Düngung 3, Springer Verlag, Wien-New York, 562—588.
- KAHNT, G. und K. EGHBAL, 1990: Forschungs-Jahresbericht über „Realisierung des Ertragspotentials von Ölfrüchten für die non food-Verwertung und pflanzenbauliche Möglichkeiten der Beeinflussung der Ölqualität“, MLR Stuttgart.
- KAHNT, G. und K. EGHBAL, 1991: Forschungs-Jahresbericht über „Ölleinbau (Landesmodell in Baden-Württemberg)“, MLR Stuttgart.
- KÖNIG, H., 1991: Leinbausysteme landwirtschaftlicher Betriebe Baden-Württembergs. Analyse — Bewertung — Verbesserung. Diplomarbeit, Hohenheim.
- LÜTKE ENTRUP, E., 1990: aus KÖNIG, H. (Hrsg.) 1991: Leinbausysteme landwirtschaftlicher Betriebe Baden-Württembergs. Analyse — Bewertung — Verbesserung. Diplomarbeit.
- NIEPENBERG, K. A., 1988: Bedarf für 100.000 ha Öllein. Top agrar 6, 38.
- RIEDEL, M., 1991: Ertragsbildung von Öllein (*Linum usitatissimum* L.) in Abhängigkeit von Standort, Sorte und Anbaumaßnahmen in Südwestdeutschland. Dissertation, Hohenheim.
- SCHUSTER, W. H. und J. v. LOCHOW, 1979: Anlage und Auswertung von Feldversuchen. DLG-Verlag.
- SEEHUBER, R. und M. DAMBROTH, 1982: Die Erzeugung pflanzlicher Öle für die chemische Industrie eröffnet der Landwirtschaft eine Produktionsalternative. Landbauforschung Völknerode 32, 133—148.

(Manuskript eingelangt am 8. April 1992, angenommen am 15. 5. 1992)

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Kourosch EGHBAL und Prof. Dr. Günter KAHNT, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Fachgebiet allgemeiner Pflanzenbau, Universität Hohenheim (340), Postfach 70 05 62, D-7000 Stuttgart 70