

Ertragsanalytische Untersuchungen an Lein, Leindotter und Mohn

ANDREAS BRAMM, MANFRED DAMBROTH und SUSANNE SCHULTE-KÖRNE

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

1. Problemstellung

Vor dem Hintergrund des derzeitigen europäischen Agrarmarktes erscheint es aus ökonomischen und ökologischen Gründen sinnvoll, die Produktpalette landwirtschaftlicher Erzeugnisse wieder auf den Nichtnahrungsmittelbereich auszuweiten (Dambroth, 1979, 1986).

Um den drei Sommeröfrüchten Lein, Leindotter und Mohn, deren Öle für eine industrielle Nutzung infrage kommen (Seehuber & Dambroth; 1984), eine Wiedereinführung in die Fruchtfolgen zu ermöglichen, muß die Entwicklung zeitgemäßer Anbauverfahren vorangetrieben werden.

Im Bereich der Anbaumethodik kommt der Ertragsanalyse eine besondere Bedeutung zu. Das pflanzliche Anbauverfahren verändert die Umwelt, die auch als Summe der Einflußgrößen betrachtet werden kann, die auf das Pflanzenwachstum einwirken. Die Erfolgs- und Meßgröße für die Art und Intensität pflanzenbaulichen Handelns liefert die Kulturpflanze. Sie kann als Summe ihrer Merkmale verstanden werden, deren Zielmerkmal mit dem Ertragsmerkmal gleichzusetzen ist. Der Beitrag der Ertragsanalyse und der vorliegenden Arbeit zur Entwicklung einer Anbaukonzeption ist die Charakterisierung der "Meßgröße Pflanze".

2. Material und Methoden

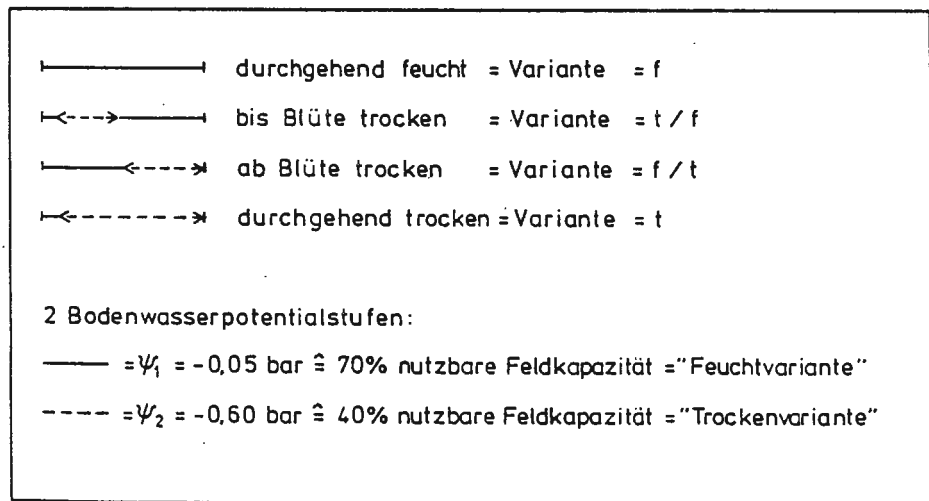
2.1 Versuche

Grundlage der Erhebungen und der Ableitung eines Ertragsanalysemodells waren drei Versuchstypen, die mit Lein (Sorte Atalante), Leindotter (BGRC-Nr. 28347) und Mohn (Sorte Marianne) in zwei Versuchsjahren durchgeführt wurden:

- Gefäßversuch im Phytosolarium mit variiertem Stickstoffversorgung:
Gearbeitet wurde mit 120 Kick-Brauckmann-Gefäßen, die mit je 10 kg Waller Sandboden (Bodenwertzahl 18-20) gefüllt waren. Je Kulturart standen 40 Gefäße zur Verfügung. Bei vier Stickstoffvarianten war eine 10-fache Wiederholung möglich. Die N-Varianten waren 0, 0,5, 1,0 und 2,0 g N/Gefäß. Es handelte sich um eine einmalige Gabe im Jungpflanzenstadium in Form von Kalkammonsalpeter. Die Pflanzenanzahl betrug 25 Lein-, 10 Leindotter- und 4 Mohnpflanzen je Gefäß.

- Gefäßversuch im Phytosolarium mit variiertem Wasserversorgung:
Der Versuch wurde mit 120 Mitscherlich-Gefäßen, 40 je Kulturart und je 4 Wasserversorgungsvarianten, also 10-facher Wiederholung, durchgeführt. Vier Gefäße waren jeweils für Zeiternten bestimmt, sechs Gefäße für die Feststellung des Wasserverbrauches. Abbildung 1 zeigt die Versorgungsvarianten, die mit Hilfe der Methode zur kontinuierlichen Wasserversorgung von Vegetationsgefäßen unter Berücksichtigung des Bodenwasserpotentials (Sommer, 1978) eingestellt wurden. Als Versuchsboden diente lehmiger Schluff (9 % Sand, 78 % Schluff, 13 % Ton), die Pflanzenanzahl betrug 10 Lein-, 5 Leindotter- und 2 Mohnpflanzen je Gefäß.

Abbildung 1: Wasserversorgungsvarianten



- Pflanzkistenversuch im Freiland mit variiertem Standraumzuehmung:
Am Versuchsstandort Braunschweig-Völkenrode wurde mit 54 Pflanzkisten (88 cm x 77 cm x 20 cm = 0,135 m³) gearbeitet, die mit je 0,12 m³ Versuchsboden (2/3 Völkenroder Sandboden - Bodenwertzahl 30 - und 1/3 Komposterde) gefüllt waren. Je Kulturart standen 18 Kisten mit je 6 Kisten pro Bestandesdichte, davon 2 Kisten je Bestandesdichte und Reihenweite zur Verfügung. Folgende Standraumvarianten kamen zum Einsatz:

Lein: 150, 600 und 1000 Pflanzen/m² mit jeweils 4 cm, 8 cm und 16 cm Reihenweite

Leindotter: 100, 250 und 500 Pflanzen/m² mit jeweils 8 cm, 16 cm und 24 cm Reihenweite

Abbildung 2: Modell einer vierschrittigen Ertragsanalyse

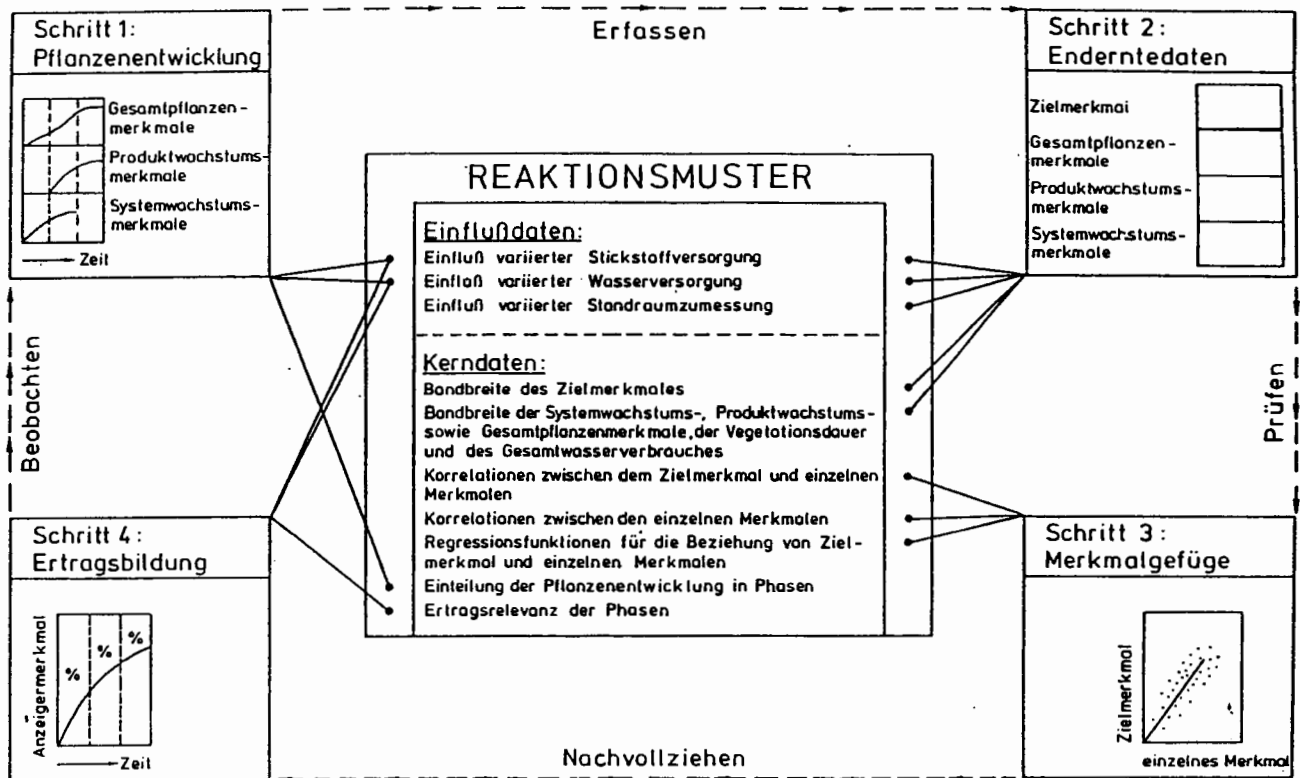
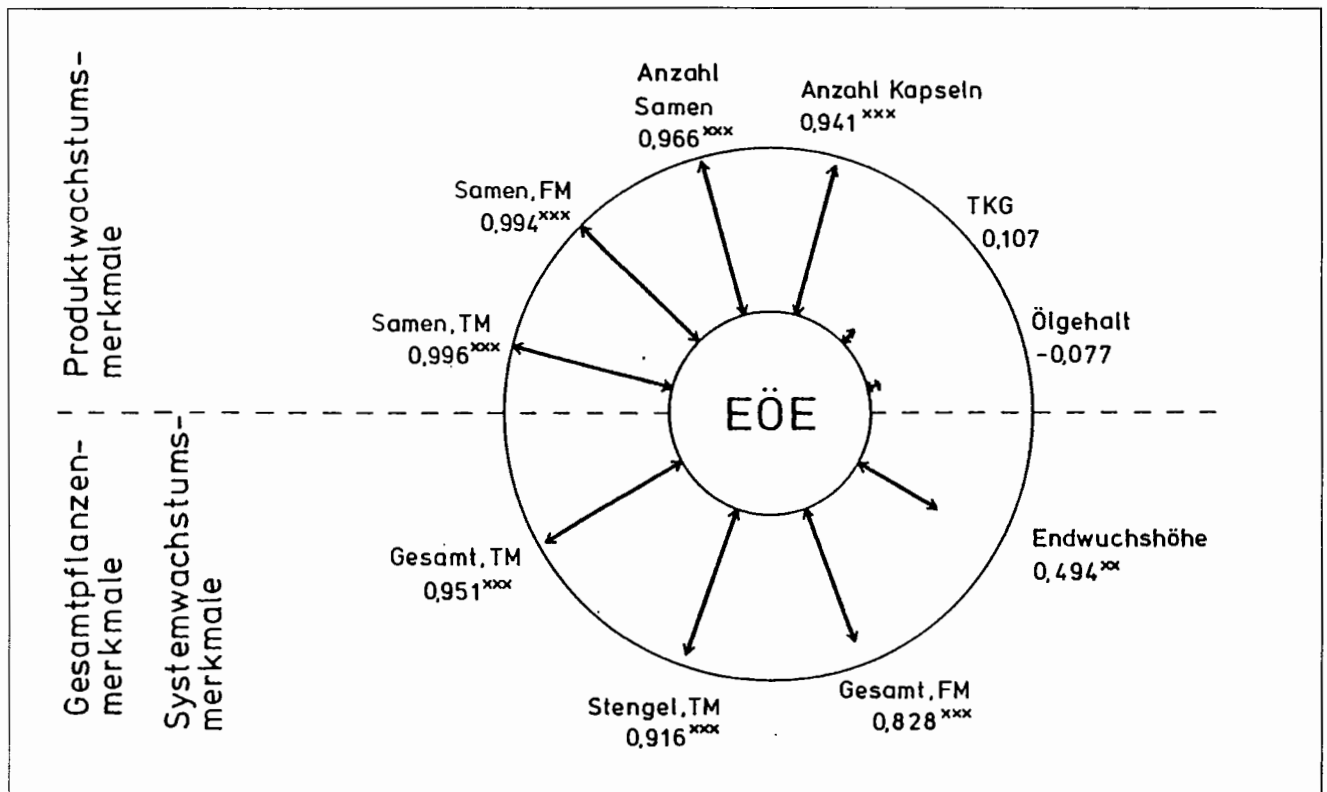


Abbildung 3: Korrelationskoeffizienten für den EÖE und die Merkmale der drei Merkmalsgruppen bei Lein (Sorte 'Atalante'), errechnet über die Mittelwerte aller Varianten in drei Versuchstypen und zwei Versuchsjahren; n=33



Mohn: 50, 100 und 150 Pflanzen/m² mit jeweils 8 cm, 16 cm und 24 cm Reihenweite.

Die Aussaat erfolgte mit Hilfe von speziell gefertigten Saatstempelleisten und durch Mehrfachbelegung mit nachfolgender Vereinzelung.

2.2 Modellbetrachtung Ertragsanalyse

Um aufgrund der genannten Versuche die Reaktionsmuster aller drei Sommerölrüchte einheitlich zu untersuchen und die "Meßgröße Pflanze" sowohl in ihrer Entwicklung als auch in ihren Enderntedaten einer ertragsanalytischen Auswertung zu unterziehen, wurde ein vierschrittiges Analysemodell (s. Abb. 2) entwickelt. Die vier Analyseschritte beinhalten:

- Schritt 1: Beobachtung der Pflanzenentwicklung
- Schritt 2: Erfassung der Enderntedaten
- Schritt 3: Prüfung des Merkmalgefüges
- Schritt 4: Nachvollzug der Ertragsbildung

Die ersten beiden Schritte geben Auskunft über die pflanzliche Reaktion bei Variation der Einflußgrößen Stickstoffversorgung, Wasserversorgung und Standraumzumessung. Die Schritte 3 und 4 prüfen diese Daten auf innere Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten und ermitteln auf diese Weise Kenndaten zur Einzelpflanzenreaktion.

Im 1. Schritt wurde die Entwicklung der Einzelpflanzen anhand ausgewählter Merkmale beobachtet. Es fand eine Untergliederung der Merkmale in

- Systemwachstumsmerkmale (Wuchshöhe, Blattfläche)
 - Produktwachstumsmerkmale (Knospen-, Blüten-, Kapsel- und Schotenanzahl)
 - Gesamtpflanzenmerkmale (Gesamtpflanzenfrisch- und trockenmasse)
- statt.

In der Zusammenschau der Versuchsvarianten beobachtet der erste Analysenschritt die Wirkung der variierten Einflußgrößen auf die Länge und Intensität der Entwicklung der genannten Merkmale. Die zusammengefügte Meßdaten erlauben eine Einteilung der Pflanzenentwicklung in Phasen und beschreiben die Plastizität des Phasengefüges.

Die Enderntewerte der o.g. Merkmalgruppen wurden im 2. Schritt erfaßt und um das Zielmerkmal Einzelpflanzenölertrag erweitert. Bei den Systemwachstumsmerkmalen kam die Strohtrockenmasse und die Anzahl der Verzweigungen hinzu. Bei den Produktwachstumsmerkmalen waren es die Samenfrisch- und trockenmasse, das Tausendkorngewicht und der Ölgehalt, bei den Gesamtpflanzenmerkmalen - im Falle des Wasserversuches - der Gesamtwasserverbrauch. Mit dem Schritt 2 wurde der Einfluß variierten Stickstoff- und Wasserversorgung sowie Standraumzumessung auf die Einzelpflanzen ermittelt und varianz-analytisch verrechnet. Gleichzeitig ergab sich ein Bild von der Bandbreite der Größenordnungen, in denen die einzelnen Merkmale in einem pflanzenbaulich relevanten Bereich vorliegen.

In Schritt 3 wurde mit Hilfe von Korrelationsrechnungen die Beziehung der einzelnen Pflanzenmerkmale zueinander untersucht. Insbesondere interessierte die Abhängigkeit des Einzelpflanzenölertrages von den übrigen Merkmalen. Je enger der Bezug eines Merkmales zum Ölertrag ist, desto ertragsrelevanter ist seine Veränderung bei der Variation der Einflußgrößen. Durch Regressionsanalysen konnte zusätzlich - bei entsprechendem Bestimmtheitsmaß - ein Schätzwert von jedem Merkmal einem jeweiligen Einzel-

pflanzenölertragswert zugeordnet werden. So wurde deutlich, in welcher Relation einzelne Merkmale zum Ölertrag stehen und inwieweit sich die Relation auf verschiedenen Ertragsniveaus verändert.

Im Mittelpunkt des vierten Analyseschrittes standen diejenigen Merkmale, bei denen sich im Schritt 3 eine enge Korrelation zum Ölertrag erwiesen hatte und deren Entwicklung im Schritt 1 beobachtet worden war. Sie können als "Anzeigermerkmale" dienen, weil an ihnen die Bildung des Ertrages bei Variation der Einflußgrößen indirekt nachvollzogen werden kann. Weiterhin ergab sich auf diese Weise eine Aussage zur Ertragsrelevanz der in Schritt 1 abgeleiteten Phasen.

3. Ergebnisse

Aus der Fülle der Einzeldaten, die im Laufe der vierschrittigen Analyse gewonnen wurden, können die nachstehenden Ergebnisse herausgestellt werden.

3.1 Lein

Die Merkmale "Gesamtpflanzen-trockenmasse" und "Kapselanzahl" erwiesen sich als zentrale Größen für die Beobachtung und Beschreibung der Ertragsbildung der Leinpflanze. Der Analyseschritt 3 erbrachte einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,951$ für die Beziehung von Einzelpflanzenölertrag (EÖE) und Gesamtpflanzen-trockenmasse sowie $r = 0,941$ für die Beziehung von EÖE und Kapselanzahl (s. Abb. 3).

Betrachtet man die Entwicklung dieser Merkmale, so ergibt sich aufgrund des ersten Analyseschrittes in Verbindung mit dem vierten Schritt folgendes Bild (s. Abb. 6):

Auf die Systemwachstumsphase, den Entwicklungsabschnitt "Aussaat" bis "erste Kapselbildung", entfielen im Durchschnitt der Versuchsvarianten 50 % der Vegetationszeit und 50 % der Trockenmassebildung. Die Überschneidungsphase, die Zeit zwischen erster sichtbarer Kapselbildung und dem Ende der Wuchshöheentwicklung, nahm 10 % der Vegetationszeit ein und trug 30 % zur Trockenmassebildung bei. Während dieses Abschnittes stieg die Kapselanzahl sprunghaft an. Der Endwert der Kapselanzahl konnte durchaus bereits in dieser Zeit erreicht werden. Es war jedoch auch zu beobachten, daß es neben dieser ersten Hauptkapselbildungszeit zu einer weiteren Kapselentwicklung während der Produktwachstumsphase kam. Diese Phase, vom Ende der Wuchshöheentwicklung bis zur Samenreife, beanspruchte im Schnitt der Versuche 40 % der Vegetationszeit und trug durchschnittlich 20 % zur Gesamtpflanzen-trockenmasse bei.

Die Variation der Stickstoffversorgung führte zu einer Verschiebung der Ertragsrelevanz der genannten Phasen. Eine Erhöhung der Stickstoffgaben hatte zur Folge, daß die Ertragsbedeutung der Produktwachstumsphase angehoben und die Ausbildung der zweiten Kapselbildungsperiode möglich wurde.

Auf jegliche untersuchte Einschränkung in der Wasserversorgung reagierte die Leinpflanze mit signifikanten Ertragseinbußen. Die Wechselvarianten zeigten die Verknüpfung der genannten Phasen untereinander:

Die Pflanzen der "trocken/feucht = t/f"-Wechselvariante, deren Trockenperiode in der Systemwachstumsphase lag, hatten in beiden Versuchsjahren einen signifikant niedrigeren Ölgehalt und ein niedrigeres TKG als die der f/t-Wechselvariante. Zudem war an der Kapselbildung abzulesen, daß

eine Nachwirkung der Trockenperiode, die mit Blühbeginn endete, vorhanden war im Vergleich zur durchgehend gutversorgten Kontrollvariante.

Bei der Untersuchung zur variierten Standraumzumessung erwies sich die Bestandesdichte 600 Pfl/m² als die beste der getesteten Varianten (150, 600 und 1000 Pfl/m²). Ein Einfluß der untersuchten Reihenweiten (4,8,16 cm) war von untergeordneter Bedeutung.

3.2 Leindotter

Vergleichbar mit dem Lein hatten auch beim Leindotter die Merkmale "Gesamtpflanzentrockenmasse" und "Schotenanzahl" - hier in Verbindung mit der Verzweigungsanzahl - eine Schlüsselstellung bei der Bildung des Einzelpflanzenölertrages (s. Abb. 4).

Im Durchschnitt der Versuchsvarianten entfielen auf die Systemwachstumsphase 45 % der Vegetationszeit, aber nur 22 % der Gesamtpflanzentrockenmassebildung. In der Überschneidungsphase hingegen wurden im Schnitt 58 % der Trockenmasse gebildet, wobei diese Phase nur 18 % der Vegetationszeit in Anspruch nahm. Die Produktwachstumsphase beanspruchte 37 % der Vegetationszeit und trug im Durch-

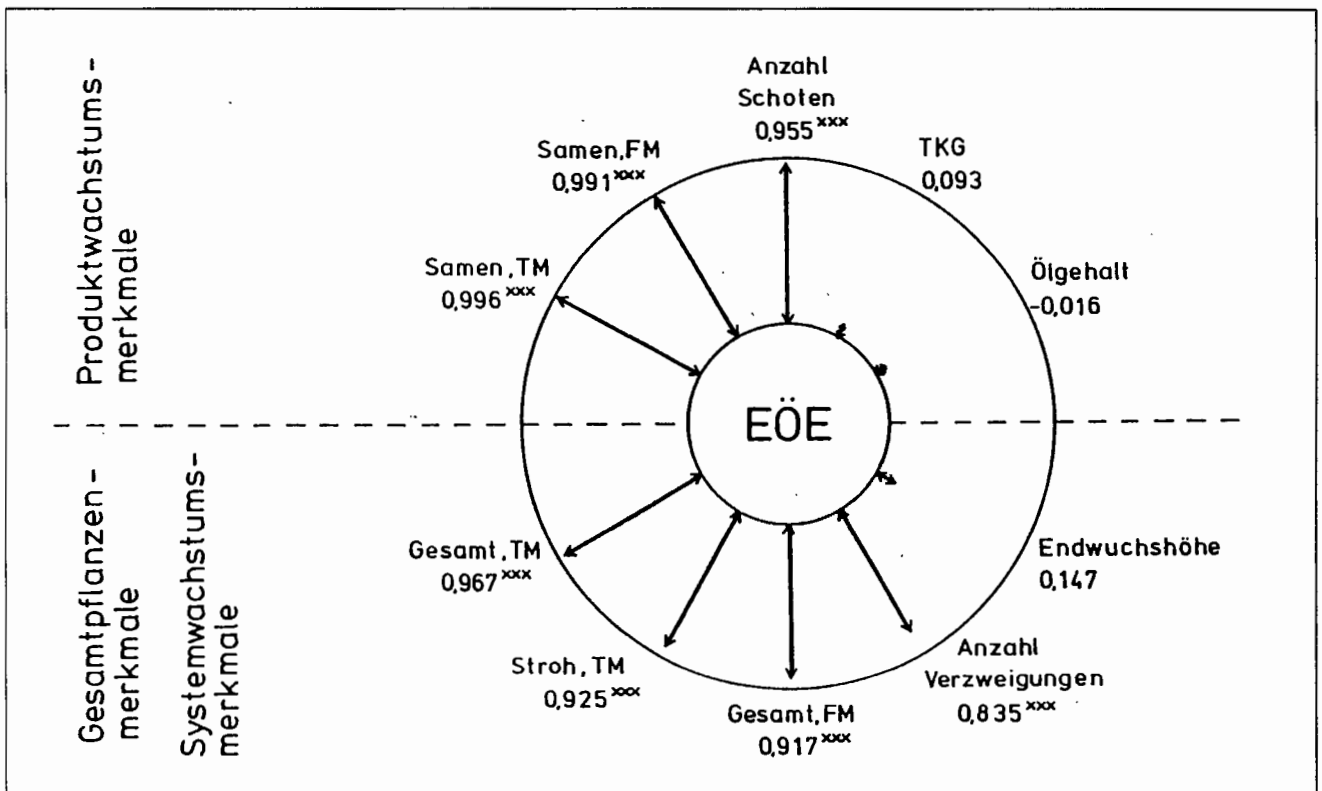
phase entstanden während des gesamten Vegetationsverlaufes keine "kritischen Zeiten".

Die Steigerung der Stickstoffversorgung förderte die Schotenbildung sowohl in der Überschneidungsphase als auch in der Produktwachstumsphase. Dabei führte die verbesserte Stickstoffversorgung zu einer Verschiebung der Ertragsrelevanz der Phasen, wie beim Lein, in Richtung auf die Produktwachstumsphase.

Die Leindotterpflanze reagierte kaum oder gar nicht auf die gewählten Einschränkungen in der Wasserversorgung. Durch die hohe Flexibilität der Schotenbildung und die untergeordnete Bedeutung der Systemwachstumsphase hatte die Pflanze keinen Vegetationsabschnitt, in dem ein Wasserstreß zu einer empfindlichen Ertragseinbuße führen konnte.

Bei den drei Varianten mit eingeschränkter Wasserversorgung (t/f-, f/t- und t-Variante) war neben einer nur geringen Reduktion der Schotenanzahl ein Anstieg des Ölgehaltes im Vergleich zur durchgehend gutversorgten Feuchtvariante zu beobachten. So erzielten selbst die Trockenvarianten beider Versuchsjahre erstaunlich hohe Einzelpflanzenölerträge (EÖE).

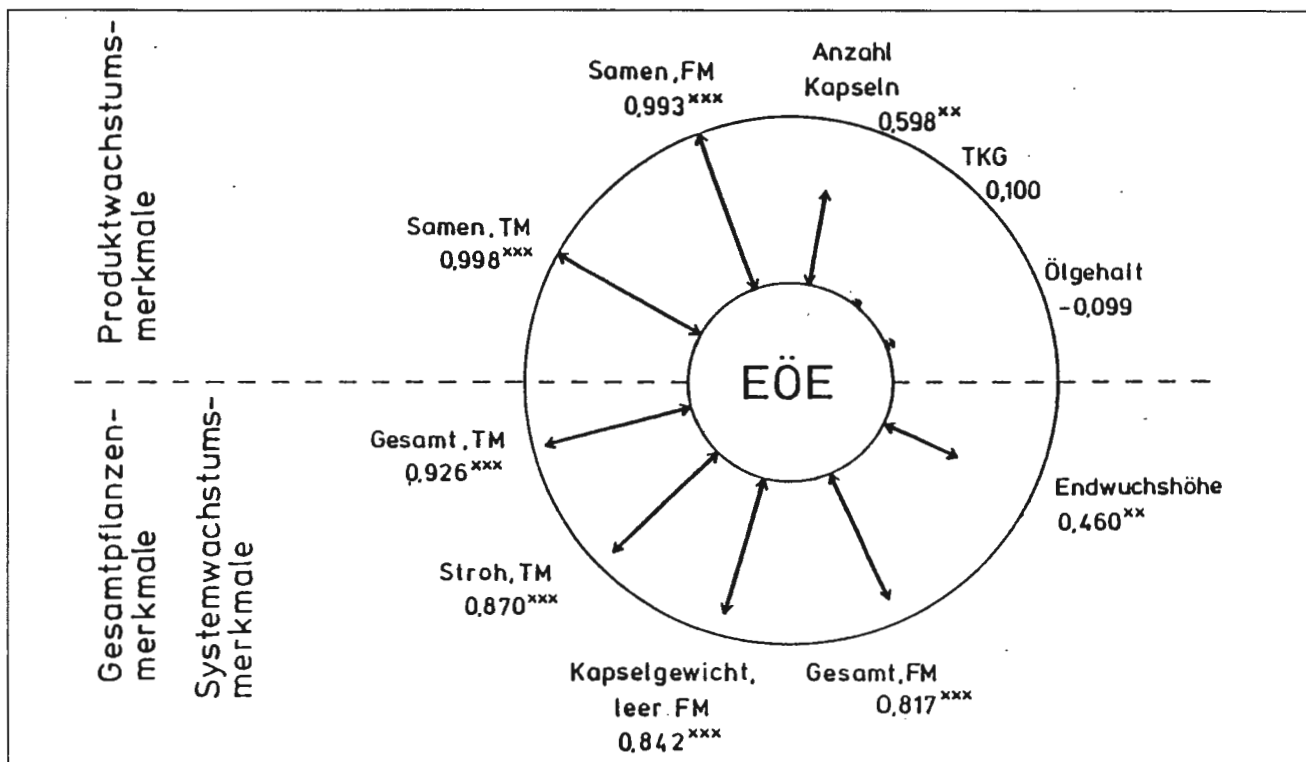
Abbildung 4: Korrelationskoeffizienten für den EÖE und die Merkmale der drei Merkmalsgruppen bei Leindotter (BGRC-Nr. 28347), errechnet über die Mittelwerte aller Varianten in drei Versuchstypen und zwei Versuchsjahren; n=34



schnitt der Varianten 20 % zur Trockenmassebildung bei (s. Abb. 6). Da die Schotenbildung sowohl in der Überschneidungsphase - in kurzer Zeit mit hoher Bildungsrate - als auch während der gesamten Produktwachstumsphase über die stetige Ausbildung weiterer Verzweigungen möglich war, verfügt die Leindotterpflanze über eine hohe Flexibilität und damit Anpassungsfähigkeit hinsichtlich ihrer Ertragsbildung. Durch die untergeordnete Ertragsbedeutung der Systemwachstums-

Bei der Variation der Standraumzumessung zeigte die Leindotterpflanze von allen drei Arten die geringsten Veränderungen des Flächenölertrages. Sie kam damit einer elastischen Reaktion der Einzelpflanze auf die Veränderung der Bestandesdichte am nächsten. Es zeichnete sich ab, daß Dichten von 100-250 Pfl/m² empfehlenswert wären, wobei den untersuchten Reihenweiten (8,12 und 16 cm) keine Ertragsbedeutung zukam.

Abbildung 5: Korrelationskoeffizienten für den EÖE und die Merkmale der drei Merkmalsgruppen bei Mohn (Sorte 'Marianne'), errechnet über die Mittelwerte aller Varianten in drei Versuchstypen und zwei Versuchsjahren; n=33



3.3 Mohn

Das Merkmal "Gesamtpflanzentrockenmasse" konnte bei der Mohnpflanze zur indirekten Beobachtung der Ertragsbildung herangezogen werden. Der Korrelationskoeffizient für die Beziehung von EÖE und Trockenmasse betrug $r = 0,926$ (s. Abb. 5). Das Merkmal "Kapselzahl" hatte keine Schlüssel-funktion im Hinblick auf den EÖE ($r = 0,598$).

Im Durchschnitt der Versuchsvarianten wurden 71 % der Gesamtpflanzentrockenmasse - und damit indirekt des Ertrages - in der Systemwachstumsphase gebildet. Die Phase nahm 60 % der Vegetationszeit in Anspruch. Die Überschneidungsphase mit 25 % der Trockenmassebildung in 15 % der Zeit spielte schon eine geringere Rolle als bei Lein und Leindotter und für die Produktwachstumsphase mit durchschnittlich 4 % Trockenmassebeitrag in 26 % der Vegetationszeit galt dies noch verstärkt (s. Abb. 6).

Die steigende Stickstoffversorgung führte zu einem noch stärkeren Anteil der Gesamtpflanzentrockenmassenbildung in der Systemwachstumsphase.

Die Variation der Wasserversorgung ließ vermuten, daß die Mohnpflanze in der Systemwachstumsphase im Hinblick auf ihren Wasserverbrauch in nachfolgenden Phasen eingestellt wurde. Bei guten Versorgungsbedingungen in der Systemwachstumsphase reagierte sie auf eine Verschlechterung ab Blühbeginn (feucht/trocken-Variante) besonders empfindlich. Da während der Überschneidungsphase und der Produktwachstumsphase kein entsprechender Anpassungsmechanismus über die Kapselzahl wie bei Lein und Leindotter bestand und zu dieser Zeit der Hauptwasserverbrauch stattfand, konnte sich die Pflanze nicht ihrer Anlage gemäß entwickeln. Es kam zu einer deutlichen Ertragseinbuße gegenüber der Feuchtvariante.

Bei der Variation der Standraumzumessung war von den untersuchten Bestandesdichten (50, 100, 150 Pfl/m²) die Dichte 100 Pfl/m² eindeutig überlegen. Die getesteten Reihenweiten (8,16 und 24 cm) hatten keinen Einfluß auf den Flächenölertrag.

4. Zusammenfassende Diskussion

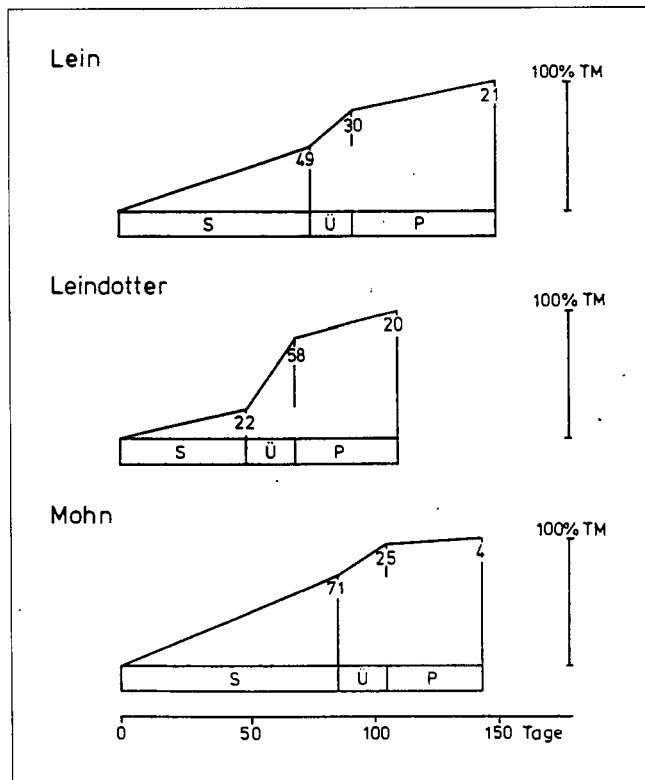
Die Gliederung der Pflanzenmerkmale, die Vorgehensweise der Analyseschritte und die Unterteilung der Pflanzenentwicklung in Phasen entwarfen ein charakteristisches Bild vom Ertragsverhalten der Lein-, Leindotter- und Mohnpflanze in einem pflanzenbaulich relevanten Bereich.

Die Abbildung 6 zeigt zusammenfassend die durchschnittliche, prozentuale Trockenmassebildung und damit indirekte Ertragsbildung der drei Sommerölrüchre:

4.1 Lein

Vor dem Hintergrund der hohen Bedeutung der Systemwachstumsphase bei Lein wird die Empfehlung zur frühen Aussaat (v. Boguslwaski, 1940; Iran-Nejad, 1976; Koss, 1960) erklärlich. Die Überschneidungsphase hatte die höchste Ertragsbildungsrate und umfaßte die erste Hauptphase der Kapselbildung. Mingeau & Vernede (1977) schilderten, daß die gesamte Kapselbildung zwischen dem 80. und dem 94. Tag nach der Aussaat erfolgte. In den vorliegenden Versuchen wurde jedoch deutlich, daß während der Produktwachstumsphase, der Zeit zwischen Ende der Wuchshöheentwicklung und der Samenreife, noch weitere Kapseln gebildet werden konnten. Diese Beobachtung stimmte mit den Untersuchungen von Davidson & Yermanos (1965) überein. Sie untersuchten das Blühverhalten des Leines an mehreren Sorten unter verschiedenen Bedingungen

Abbildung 6: **Durchschnittliche, prozentuale Trockenmassebildung in der Systemwachstums-, Überschneidungs- und Produktwachstumsphase bei Lein, Leindotter und Mohn**



und stellten deutlich unterscheidbare Blühperioden fest, die durch "Ruhepausen" voneinander getrennt waren.

Die Leinpflanze hat die Möglichkeit - unter günstigen Bedingungen hinsichtlich der Stickstoff- und Wasserversorgung - ein zusätzliches Ertragsbildungspotential, neben dem ersten Hauptbildungszeitraum, zu realisieren.

Die Versuche zur variierten Stickstoffversorgung zeigten deutlich, daß die Ertragsbedeutung der Produktwachstumsphase angehoben und die Ausbildung der zweiten Kapselbildungsperiode möglich wurde. So ist auch zu verstehen, daß Opitz & Egglhuber (1939) eine stärkere Förderung des Samenertrages im Vergleich zum Strohertrag bei steigendem N-Angebot beobachteten.

Rüther (1954) hielt bei Düngergaben von mehr als 40 kg N/ha eine Aufteilung der Gaben in eine vor der Aussaat und eine Kopfdüngung für ratsam. Aufgrund der erzielten Ergebnisse erscheint jedoch eine Kopfdüngung weniger günstig, da offensichtlich die Hauptertragsbildungsphase die Systemwachstumsphase ist, und die Stickstoff-Aufnahme bekanntlich der Bildung der organischen Substanz vorausleitet. Zudem wäre die Gefahr zu groß, daß die Stickstoff-Versorgung nicht rechtzeitig für die erste Hauptkapselbildungszeit in der Überschneidungsphase zur Verfügung steht.

Die Ergebnisse des Wasserversorgungsversuches machen deutlich, daß ein Wasserstreß insbesondere vor der Blüte, aber auch während und nach der Blüte vermieden werden sollte. Es zeichnete sich jedoch ab, daß die Systemwachstumsphase mit ihrem knapp 50 %igen Anteil an der Trockenmassebildung im Hinblick auf die Wasserversorgung noch stärker

beachtet werden müßte. Weitere Untersuchungen sollten klären, ob der 10-tägige Zeitraum vor dem Knospenaufreten als wasserstreßempfindliche Phase (Mingau & Verne, 1977) noch ausreichend ist oder vorzuzulegen wäre.

4.2 Leindotter

Die durchgeführte Analyse ließ erkennen, daß die Gestaltung der Ertragsentstehung bei der Leindotterpflanze in hohem Maße flexibel war. So konnte die Schotenbildung sowohl in der Überschneidungsphase - in kurzer Zeit mit hoher Bildungsrate - als auch während der gesamten Produktwachstumsphase vollzogen werden. Die Bildung von weiteren Schoten nach Abschluß der Wuchshöheentwicklung beruht auf der Fähigkeit der Pflanze, in der Produktwachstumsphase weitere Verzweigungen nach und nach auszubilden. Der Korrelationskoeffizient für die Beziehung des Merkmales "Verzweigungsanzahl" zum Einzelpflanzenölertrag betrug $r = 0,835$.

Unter den Bedingungen guter Stickstoffversorgung bildete die Leindotterpflanze eine hohe Schotenanzahl am Haupttrieb und den ersten Verzweigungen zur Zeit der Überschneidungsphase aus und realisierte zudem eine hohe Anzahl weiterer Verzweigungen während der Produktwachstumsphase.

Vor diesem Hintergrund wird auch verständlich, warum der Leindotter auf die gewählten Einschränkungen in der Wasserversorgung kaum oder gar nicht reagierte und in der Literatur als "anspruchlos" bezeichnet wird (Knörzer, 1978; Körper-Grohne, 1967):

Durch die hohe Flexibilität der Schotenausbildung an jeder Verzweigung sowie auch deren Bildung über den Hauptbildungszeitraum in der Überschneidungsphase hinaus während der gesamten Produktwachstumsphase, und durch die untergeordnete Bedeutung der Systemwachstumsphase hatte die Pflanze keinen Zeitabschnitt in ihrer Vegetationszeit, der als "hochempfindlich" gegenüber Wasserstreß angesehen werden muß.

Somit erscheint der Leindotter als geeignete Kulturart auch für leichte Böden, auf denen andere Arten nur mit Beregnungseinsatz angebaut werden können.

4.3 Mohn

Betrachtet man die Entwicklung der Gesamtpflanzentrockenmasse und die Anteile, die in den drei Phasen gebildet wurden, so ergab sich bei der Mohnpflanze ein deutlich anderes Bild als bei Lein und Leindotter. Die Wachstumszeit bis zur ersten sichtbaren Kapselbildung muß eindeutig als der längste und entscheidendste Abschnitt der indirekten Ertragsbildung gewertet werden. Aufgrund der hohen Ertragsbedeutung der Systemwachstumsphase sollte eine ausreichende Stickstoffversorgung in diesem Wachstumsabschnitt in jedem Falle gewährleistet sein. Von einer Zweitgabe zur Blüte bei früher Aussaat (Nehring, 1948) wäre nach den vorliegenden Untersuchungen abzuraten. Die Empfehlung zur frühen Aussaat (Meier, 1978; Nicolaisen, 1942; Rheinwald & Jessen, 1949; Roemer, 1942; Sachse, 1948) ist im Sinne einer Intensivierung und Verlängerung der Systemwachstumsphase erklärlich.

Die Beobachtungen weisen darauf hin, daß bei Mohn im Hinblick auf die Wasserversorgung darauf geachtet werden sollte, welchen Bedingungen die Pflanze zu Beginn der Systemwachstumsphase ausgesetzt ist. Handelt es sich um ein niederschlagsreiches Frühjahr, sind in besonderem Maße bei

nachfolgenden Wasserstresssituationen Ertragseinbußen zu befürchten. Wird die Mohnpflanze bereits in ihrer Jugendentwicklung unter trockeneren Bedingungen angezogen, toleriert sie Trockenperioden offenbar besser und setzt eine dann eintretende, verbesserte Wasserversorgung ertragspositiv um. In Folgeversuchen sollten diese Zusammenhänge näher mit differenzierteren Trockenperioden untersucht und Erhebungen zur Entwicklung der Gesamtpflanzentrockenmasse eingeschlossen werden.

Die Gesamtheit aller Daten, die für die drei Sommerölrüch- te im Laufe der vierschrüttigen Ertragsanalyse gewonnen wurden, ergeben eine breite Palette an Beobachtungs- und Erfolgsgrößen. Mit ihrer Hilfe können jetzt weitere Varianten der untersuchten Einflußgrößen sowie andere Einflußgrößen getestet werden. So vervollständigen sich die Reaktionsmuster der drei Arten mehr und mehr und die Kenntnisse über Einsatzart und Intensität der Einflußgrößen verdichten sich, bis daraus eine anpassungsfähige Anbaukonzeption abgeleitet werden kann.

Das vierschrüttige Ertragsanalysemodell ist auch auf andere Ölpflanzenarten übertragbar.

5. Zusammenfassung

Für die Sommerölrüch- te Lein, Leindotter und Mohn wurde unter Variation der Größen, Stickstoffversorgung, Wasserver- sorgung und Standraumzumessung eine vierschrüttige Ertrags- analyse durchgeführt. Hierbei wurde die "Meßgröße Pflanze" in Gesamtpflanzen-Produktwachstums- und Systemwach- stumsmerkmale unterteilt und der Einzelpflanzenölertrag (EÖE) als Zielmerkmal bestimmt. Die vier Analysenschritte

- Beobachtung der Pflanzenentwicklung
- Erfassung der Enderntedaten
- Prüfung des Merkmalgefüges
- Nachvollzug der Ertragsbildung

entwarfen Reaktionsmuster der drei Arten, die die pflanzliche Reaktion - anhand der Entwicklung und Ausprägung der Merkmale - sowohl in ihren Grundzusammenhängen als auch in ihrem speziellen Verhalten bei der Variation der genannten Einflußgrößen beschreiben. Folgende Ergebnisse können he- rausgestellt werden:

Bei Öllein war über eine enge Beziehung des Merkmals "Gesamtrockenmasse" mit dem Zielmerkmal "Einzelpflan- zenölertrag" eine indirekte Ertragsbeobachtung während der gesamten Vegetationszeit möglich. In der Systemwachstums- phase wurden bereits 50 % der Gesamtrockenmasse gebildet, in der Überschneidungsphase 30 %. Daraus wird erklärlich, daß der Lein auf mangelnde Wasserversorgung vor, während und nach der Blüte mit empfindlichen Ertragseinbußen rea- giert.

Bei Leindotter konnte ebenfalls die Ertragsbildung indirekt an dem Merkmal "Gesamtrockenmassebildung" verfolgt werden. In der Systemwachstumsphase wurden jedoch nur durchschnittlich 22 % der Gesamtrockenmasse gebildet, in der Überschneidungsphase 52 %. Die Produktwachstumspha- se erwies sich als Aufbauphase, in der ebenfalls noch neue Schoten gebildet wurden. Damit verfügt der Leindotter über eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Ertragsbildung und kann Wasserversorgungsdefizite in der Systemwachstumsphase später ohne Ertragsminderungen wieder ausgleichen.

Beim Mohn war ebenfalls die Gesamtrockenmasse das Schlüsselmerkmal zur indirekten Ertragsbeobachtung. Die Sy- stemwachstumsphase war mit 71 % der Trockenmassebildung

entscheidend für die Ertragsanlage, so daß für diesen Ent- wicklungsabschnitt der Faktoreinsatz eine entscheidende Rolle spielte. Auf Basis der in der Ertragsanalyse gewonne- nen Erkenntnisse kann zukünftig der Faktoreinsatz optimiert werden, so daß eine anpassungsfähige Anbaukonzeption ent- wickelt werden kann.

Analysis of yield components of linseed, false flax and poppy

A four step yield analysis was carried out for the spring oil fruit crops linseed, false flax, and poppy including the variati- on of nitrogen supply, water availability and disposable grow- ing space. For this purpose, the 'measurable variable plant' is subdivided into total plant product growing characters and system growing characters and the oil yield of single plants is determined as desired main trait.

The four steps of analysis

- observation of plant development
- collection of final yield data
- examination of the trait structure (makeup <---> framework)
- investigation of the yield formation

produced reaction patterns of these three crop species, which describe the botanical reaction in its basic relationships as well as its special behaviour due to variation of the above mentioned parameters of influence. The following results have to be emphasized:

In linseed, yield observation was possible indirectly during the entire vegetation period by means of a narrow relation- ship between the character 'total dry matter' and the desired trait 'oil yield of single plant'. 50 % of total dry matter was already produced during the system growing period, 30 % during the overlapping phase. This explains the significant yield loss due to lacking sufficient water supply prior to, during, and after flowering.

In false flax, the determination of yield production could also be observed indirectly by the character 'total dry matter'. But in this case, on an average only 22 % of the total dry matter was produced during the system growing period, 52 % during the overlapping phase. The product growing period proved to be a phase of formation, during that still new pods were produced, additionally. So false flax shows a significant flexibility in respect to yield production and is able to com- pensate deficits in water supply - occurring during the system growing phase - later on without yield suppression.

In poppy, total dry matter was the key trait for indirect ob- servation of yield production, too. The system growing period was decisive for the yield formation with 71 % of the dry matter production, that means, for this developmental phase the factor input played a significant role. On the basis of the findings that were obtained in this yield analysis, the factor input can be optimized resulting in a flexible instruction for plant production.

6. Literatur

Boguslawski, E. (1940): Düngung und Qualität der Fa- serpflanzen. - Forschungsdienst, Sonderheft 12, S. 82-90.

Dambroth, M. (1979): Pflanzliche Potentiale als Ener- geträger - Rohstoffgewinnung aus nachwachsender Bio- masse. - Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 45, S. 140-145.

- Dambroth, M. (1986): Für die Landwirtschaft eröffnen sich viele pflanzenbauliche Produktionsalternativen. - Sonderdruck aus Agrar-Übersicht Nr. 6 vom 15. Juni.
- Davidson, J. & Yermanos, D.M. (1965): Flowering Pattern of Flax (*Linum usitatissimum*). - *Crop Sci.* 5, S. 23-28.
- Iran-Nejad, H. (1976): Untersuchungen über den Einfluß von genetischen und ökologischen Faktoren auf die Leistung und Qualität bei Öllein (*Linum usitatissimum* L.). - Diss. Gießen.
- Knörzner, K.H. (1978): Entwicklung und Ausbreitung des Leindotters (*Camelina sativa*). - *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 91 (1), S. 187-195.
- Körber-Grohne, U. (1968): Geobotanische Untersuchungen auf der Feddersen Wirde. - 357 S., 84 Taf., Wiesbaden.
- Koss, U. (1960): Abschließender Bericht über die Versuche zur Anbautechnik der Ölfrüchte. *Z. landw. Versuchs- u. Untersuchungswes.* 6, S. 3-19.
- Meier, M. (1978): Erfolgreicher Mohnanbau in der KAP Egstedt-Ingersleben. - *Getreidewirtschaft* 4, S. 76-777.
- Mingeau, M. & Vernede, A. (1977): Action de la secheresse sur la croissance et la production du lin oléagineux. - *Information Technique: CETIOM* (Nr. 57), S. 10-22.
- Nehring, K. (1948): Aussaatzeit und N-Düngungsversuche zu Mohn. *Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* 42, S. 31-39.
- Nicolaisen, W. (1942): Wie können wir den Ölfruchtanbau noch weiter steigern? - *Mitt. Landw.* 57, S. 151-154.
- Opitz, K. (1939): Untersuchungen über die Entwicklung und die Nährstoffaufnahme des Leins. - *Bodenkde. u. Pflanzenernähr.* 24, S. 172-195.
- Rheinwald, H. & Jessen, W. (1949): Stickstoffdüngungsversuche zu Mohn. - *Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* 46, S. 190-195.
- Roemer, F. (1942): Vierzehnjährige Erfahrungen im Mohnanbau. - *Mitt. Landw.* 57, S. 154-155.
- Rüther, H. (1954): Zum Anbau von Sommerölfrüchten. - *Die Dtsch. Landw.* 5, S. 140-144.
- Sachse, K. (1948): Kurzregeln für den Ölfruchtanbau. - Verlag Siebeneicher Berlin.
- Seehuber, R. & Dambroth, M. (1984): Die Potentiale zur Erzeugung von Industriegrundstoffen aus heimischen Ölpflanzen und die Perspektiven für ihre Nutzbarmachung. - *Landbauforschung Völkenrode* 34, (3), S. 174-182.
- Sommer, C. (1978): Eine Methode zur kontinuierlichen Wasserversorgung von Vegetationsgefäßen nach dem Bodenwasserpotential. - *Landbauforschung Völkenrode* 28, S. 17-20.
- Verfasser: Bamm, Andreas, Dr. agr.; Dambroth, Manfred, Prof. Dr. agr.; Schulte-Körne, Susanne, Dr. agr., Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Prof. Dr. Manfred Dambroth.