

# Ölgehalt und Sättigungsgrad der Öle sowie korrelative Beziehungen zwischen einigen Merkmalen bei Leinmutanten

L. RATH und H. SCHARF

Institut für Pflanzenzüchtung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
in Hohenhurm bei Halle/Saale

## Investigations on the Oil Content and Saturation Value of the Oil of Flax Mutants and their Correlation with Some other Plant Characters

**Summary.** An analysis of the oil content and the refractive index (as a measure of the saturation value of the oil) was carried out during 1961–1964 in a collection of about 700 mutants, derived by X-irradiation from the two stocks no. 6 and no. 36.

The average refractive index of the oil was highest under the cool and rainy conditions of 1961, lowest in the warm and dry year 1963. The maximum differences in the mean refractive index of the collections between 1961 and 1963 amount to an iodine number of 6 (mutants of stock no. 6) or 5 (mutants of stock no. 36) resp.

The variability of both characters mentioned was significantly increased in the two mutant stocks. The average oil content showed, on the other hand, a decrease of about 1%. The degree of unsaturation of the oil is higher in the mutants derived from no. 6, and lower in the mutants derived from no. 36 when compared with the untreated material. In the present investigation no (no. 36) or negative correlation (no. 6) was found for the characters of oil content and refractive index.

Subgrouping of such characters as plant height, seed coat color, flower color, etc. lead to more or less considerable differences in oil content and refractive index. It may be pointed out that mutants with yellow seed coat color are always characterized by a high oil content and a high refractive index.

Das Leinöl ist eines der wichtigsten trocknenden Öle, es ist zu 30 bis 45% in den Samen der verschiedenen Leinformen enthalten. Bei Verwendung des Leinöls für technische Zwecke (Firnis, Farbe, Linoleum etc.) ist ein hoher Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren (Linolsäure, Linolensäure), gekennzeichnet durch hohe Jodzahlen, erwünscht. Für die menschliche und tierische Ernährung stellen diese mehrfach ungesättigten Fettsäuren essentielle Nahrungsbestandteile (auch „Vitamin F“ genannt) dar. Andererseits ist eine hohe Ungesättigtheit der Öle für deren Haltbarkeit nachteilig. In der Literatur wird überwiegend unter einer hohen Qualität des Leinöles eine hohe Ungesättigtheit (hohe Jodzahl) verstanden. Die Merkmale Ölgehalt und Ölqualität werden beim Lein durch Umweltbedingungen stark modifiziert, wobei erbliche Unterschiede in der Reaktionsnorm vorhanden sind (HOFFMANN, 1961).

Am Institut für Pflanzenzüchtung der Universität Halle wird ein Sortiment strahleninduzierter Leinmutanten erhalten. Eine teilweise Beschreibung dieses Sortimentes erfolgte bereits durch HOFFMANN und ZOSCHKE (1955). In den Jahren 1961–1964 wurden Ölgehalt und Brechungsindex des Öles der Leinmutanten bestimmt. Der Brechungsindex eines Öles steht in enger Beziehung zum Sättigungsgrad (s. Abschn. 2.). Die vorliegenden Untersuchungen geben Hinweise auf die Vergrößerung der Variationsbreite der Merkmale Ölgehalt und Sättigungsgrad gegenüber den Ausgangsformen der Mutanten. Weiterhin wird untersucht, ob Korrelationen zwischen dem Ölgehalt, der Ölqualität und anderen Merkmalen vorliegen.

### I. Material und Methoden

Ausgangssorten bzw. -stämme der von uns untersuchten Mutantensortimente sind:

1. der Faserlein „Mährisch-Schönberger-Stamm 6“ (im weiteren „St. 6“ genannt),

2. der Kombinationslein „Mährisch-Schönberger Stamm 36“ (im weiteren „St. 36“ genannt); aus diesem Stamm ist die Sorte ‘Bernburger Ölfaserlein’ hervorgegangen.

Die Ausgangsformen, die Durchführung der Bestrahlungen und die Auslese der Mutanten haben HOFFMANN und ZOSCHKE (1955) bereits beschrieben. Es werden deshalb hier nur kurze Ausführungen darüber gemacht. Die Bestrahlungsdosen waren von 10–60 kr gestaffelt. Es wurden lufttrockene Samen bestrahlt. In einigen Versuchen war das Saatgut vorher 24 h in einer Schwermetallsalzlösung eingeqollert und zurückgetrocknet worden. Mit der Schwermetallsalz-Behandlung wurde das Ziel verfolgt, die strahleninduzierte Mutabilität zu beeinflussen. Die  $X_1$ - und die weiteren Generationen wurden erneut bestrahlt. Die erste Aussaat erfolgte im Jahre 1948. Das Material mit Schwermetallsalz-Vorbehandlung wurde erstmals im Jahre 1950 angebaut. Die wiederholten Bestrahlungen wurden bis zum Jahre 1954 fortgesetzt. Dadurch stand mehrere Jahre hindurch „neues“  $X_2$ -Material für die Selektion von Mutanten zur Verfügung. Mutanten, die sich visuell von den Ausgangssorten unterschieden, konnten erkannt werden und wurden ausgelesen. Die Untersuchung des Ölgehaltes und Brechungsindexes erfolgte nur an diesen Mutanten. Eventuell aufgetretene Mutanten in den Merkmalen Ölgehalt und (oder) Brechungsindex ohne morphologische Abweichungen von der Ausgangsform blieben unerkannt.

In den Jahren 1961–1964 wurden 269 Mutanten aus St. 6 (Faserlein) und 449 Mutanten aus St. 36 (Ölfaserlein) auf Ölgehalt und Brechungsindex des Öles untersucht. Die Anzahl der Mutanten (n) ist in einigen Tabellen niedriger, weil einzelne Unter-

Tabelle 1. Extremwerte im Brechungsindex ( $n_D^{20}$ ) im 3jährigen Durchschnitt (1962–1964), Einfluß auf den refraktometrisch feststellbaren Ölgehalt. Korrektur der Extremwerte im Ölgehalt nach ihrem Brechungsindex

| Bezeichnung       | Anzahl<br><i>n</i> | <i>n</i> <sub>Min.</sub> | <i>n</i> <sub>Max.</sub> | <i>n</i> <sub>Diff.</sub> | Entspricht<br>Ölgehalt<br>Diff. <sup>1</sup><br>% | Ölgehalt (%) |            |
|-------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---|--------------|------------|
|                   |                    |                          |                          |                           |   | ermittelt    | korrigiert |
|                   |                    |                          |                          |                           |   | Min.         | Max.       |
| St. 6 – Standard  | 21                 | 1,4817                   | 1,4821                   | 0,0004                    | 0,13  | —            | —          |
| St. 6 – Mutanten  | 271                | 1,4810                   | 1,4830                   | 0,0020                    | 0,58  | 35,0         | 41,7       |
| St. 36 – Standard | 33                 | 1,4813                   | 1,4817                   | 0,0004                    | 0,13  | —            | —          |
| St. 36 – Mutanten | 430                | 1,4800                   | 1,4831                   | 0,0031                    | 0,92  | 34,5         | 41,2       |
|                   |                    |                          |                          |                           |   | Min.         | Max.       |

<sup>1</sup> „Ölgehalt-Diff.“: Differenz im refraktometrisch bestimmten Ölgehalt bei Nichtberücksichtigung der Eigenbrechung, wenn der tatsächliche Ölgehalt 40% beträgt.

suchungswerte durch technische Fehler (z. B. Mangel an Saatgut für die Laboruntersuchungen) ausgefallen sind oder weil bei den Korrelationsberechnungen<sup>1)</sup> die zum Vergleich herangezogenen Merkmale nur an einem Teil der Mutanten bestimmt wurden.

Der Anbau der Mutanten erfolgte in den Untersuchungsjahren (1961 bis 1964) als Sortiment ohne Wiederholungen mit normaler Aussaatstärke (120 kg/ha) auf 1 m<sup>2</sup> großen Parzellen. Nach etwa zwölf Mutanten wurde jeweils die entsprechende Ausgangsform als Standard angebaut. Die einzelnen Varianten wurden im Stadium der Grüngelbreite des Strohes gerauft und anschließend in Hocken nachgetrocknet. Nach DILLMANN (1928) ist zu diesem Zeitpunkt der Ölbildungsprozeß abgeschlossen.

Die Bestimmung des Ölgehaltes erfolgte nach zweibis dreimonatiger Zwischenlagerung des Saatgutes refraktometrisch nach LEITHE mit  $\alpha$ -Bromnaphthalin als Extraktionsmittel (SCHARE, 1963). Die Höhe des ermittelten Fettgehaltes wird hierbei vom Brechungswert des Öles beeinflußt. Obwohl gleichzeitig der Brechungsindex der Öle festgestellt wurde, haben wir auf dessen Berücksichtigung bei der Fettgehaltsberechnung verzichtet; bei einem tatsächlichen Ölgehalt der Leinsamen von 40% sinkt, wenn der Brechungsindex um 0,0001 steigt, der ermittelte Ölgehalt nur um 0,029%. Da die Variationsbreite durch eine Korrektur kaum beeinflußt wird, wie Tab. 1 zeigt, sind die unkorrigierten Werte angegeben.

Als Maßstab für die Ungesättigtheit der Öle wurde deren Brechungsindex bestimmt (MEARA, 1955)<sup>2)</sup>. Die Öle wurden kalt (bei Zimmertemperatur) aus den Samen gepreßt. Die ausgepreßten Öle waren vollkommen klar. An den Ölen wurde sofort der Brechungsindex bei 20 °C und Na-Licht ( $n_D^{20}$ ) im ABBE-Refraktometer festgestellt.

Der gebräuchlichere Ausdruck für den Sättigungsgrad ist die Jodzahl. Die Bestimmung der Jodzahl ist experimentell aufwendiger als die des Brechungsindexes. Zwischen beiden Werten besteht ein linearer Zusammenhang (LEHBERG und GEDDES, 1937 u. a.). Die von LEHBERG und GEDDES, ZELENY und COLEMAN sowie HOPPER und NESBITT (sämtlich zitiert nach LEHBERG und GEDDES, 1937) gefundenen linearen Korrelationskoeffizienten „ $r$ “ liegen zwischen +0,980 und +0,996. Nach diesen Autoren entspricht einem Unterschied im Brechungsindex von 0,0010 eine Differenz in der Jodzahl von 8–8,5. Ähnliche Angaben machten bereits 1922 LUND sowie PICKERING und COWLISHAW (zit. nach BÖMER und GROSSEFELD, 1939, S. 3–4). COMSTOCK und CULBERTSON (1958) verwenden ein Refraktometer, dessen Skala unmittelbar die Jodzahlen anzeigt.

<sup>1</sup> Die Korrelationskoeffizienten wurden überwiegend im Institut für Numerische Mathematik ermittelt; wir danken den Mitarbeitern dieses Instituts für die erwiesene Unterstützung.

<sup>2</sup> Herrn Prof. Dr. SLUSANSCHI, Bukarest, und Herrn Diplomchemiker W. FRANZKE, Bernburg, danken wir herzlich für ihre Hinweise.

## 2. Umweltbedingte Variabilität des Ölgehaltes und des Sättigungsgrades der Öle (Jahreswirkungen)

Über den Einfluß der Umweltbedingungen auf den Ölgehalt und den Sättigungsgrad des Öles (Jodzahl, Fettsäurezusammensetzung) liegt eine umfangreiche Literatur vor. Einen zusammenfassenden Bericht darüber gab SCHWARZE (1958, S. 348–349) für Ölsaaten allgemein und HOFFMANN (1961, S. 296–298) für Lein. Nach SCHMALFUSS (1954, zusammenfassender Bericht seiner früheren Arbeiten) wird der Sättigungsgrad der Pflanzenöle durch „die Temperaturverhältnisse der Pflanze und ihrer Umwelt zur Zeit der Fettbildung“ bestimmt; die „Temperaturwirkung kann unmittelbar sein; sie kann aber auch mittelbar über den Wasserhaushalt der Pflanze zu stande kommen“ (Düngungsmaßnahmen, Wasserversorgung etc.). Kühle Witterung zur Zeit der Samenbildung erhöht den Ölgehalt und die Ungesättigtheit des Öles (HOFFMANN, 1961, S. 296–298). Diesen Befund bestätigen Versuche in Wachstumskammern (DYBING und CARSRUD, 1966); im Temperaturbereich von 20 bis 30 °C sanken bei steigender Temperatur der Gesamtertrag, der Ölgehalt und die Jodzahl ab.

Die Tab. 2 bringt die Durchschnittswerte im Ölgehalt und im Brechungsindex der beiden Ausgangsformen und der Mutanten für die Untersuchungsjahre 1961–64. In den Anmerkungen zu Tab. 2 sind die wichtigsten Standortbedingungen und die verabreichten Düngergaben angegeben; als Witterungswerte wurden die Niederschlagssummen, mittleren Tagestemperaturen und durchschnittlichen Sättigungsdefizite der Luftfeuchtigkeit für die Zeiträume zwischen Vollblüte und Reife des Leins gewählt.

Der Brechungsindex war in beiden Mutantensortimenten im feuchten und kühlen Anbaujahr 1961 am höchsten und im warmen Jahr 1963 am niedrigsten. Einer Zunahme des Brechungsindexes um 0,0010 Einheiten entspricht eine um 8–8,5 Einheiten höhere Jodzahl. 1964 war die Durchschnittstemperatur während der Zeit der Fettbildung höher als 1962, aber nur im St. 36 (Ausgangsformen und Mutanten) waren die Brechungsindizes der Öle 1964 niedriger als 1962; die Formen aus dem etwas fröhreiferen St. 6 verhalten sich umgekehrt. Das Sättigungsdefizit der Luftfeuchtigkeit folgt während der Reifezeit des Leins in den Jahren 1961–1964 fast linear der durchschnittlichen Tagestemperatur und kann darum keine zusätzliche Erklärung für die aufgetretenen Unterschiede im Ölgehalt und im Brechungsindex geben. Bei den Ölgehalten lassen sich,

Tabelle 2. Jahresunterschiede der Durchschnittswerte im Ölgehalt und im Brechungsindex

| Merkmal                          | Sortiment                             | 1961   | 1962   | 1963   | 1964   | F-Wert   |
|----------------------------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Ölgehalt (%)                     | St. 6 — Standard ( $n = 21$ )         | —      | 38,3   | 38,1   | 38,7   | 5,6+++   |
|                                  | — Mutanten ( $n = 269$ )              | 37,3   | 37,7   | 37,0   | 37,0   | 63,1+++  |
|                                  | St. 36 — Standard ( $n = 33$ )        | —      | 39,6   | 39,5   | 38,8   | 32,3+++  |
|                                  | — Mutanten ( $n = 449$ )              | 37,6   | 38,7   | 38,5   | 37,8   | 222,0+++ |
| Brechungsindex<br>( $n_D^{20}$ ) | St. 6 — Standard ( $n = 21$ )         | —      | 1,4820 | 1,4817 | 1,4820 | 23,5+++  |
|                                  | — Mutanten ( $n = 271$ )              | 1,4827 | 1,4821 | 1,4820 | 1,4825 | 496,5+++ |
|                                  | St. 36 — Standard ( $n = 33$ )        | —      | 1,4818 | 1,4811 | 1,4816 | 96,1+++  |
|                                  | — Mutanten ( $n = 430$ )              | 1,4817 | 1,4816 | 1,4811 | 1,4814 | 405,0+++ |
| Ölgehalt                         | St. (6 + 36) — Mutanten ( $n = 718$ ) | 37,5   | 38,3   | 37,9   | 37,5   | 200,6+++ |
| Brechungsindex                   | St. (6 + 36) — Mutanten ( $n = 701$ ) | 1,4821 | 1,4818 | 1,4815 | 1,4818 | 526,3+++ |

Anmerkungen:

| 1. |  | 1961       | 1962        | 1963        | 1964 |
|----|--|------------|-------------|-------------|------|
|    | Witterungswerte 30 Tg. vor d. Ernte                        |            |             |             |      |
|    | Ø Tagetemperatur (°C)                                      | 16,3       | 17,5        | 19,9        | 18,5 |
|    | Ø Sättigungsdefizit d. Luft (13 <sup>00</sup> ) (i. Torr.) | 6,1        | 8,0         | 12,6        | 11,3 |
|    | Niederschlagssumme (i. mm)                                 | 44,4       | 51,6        | 38,1        | 49,8 |
|    | Niederschlagssumme im 2. Quartal (i. mm)                   | 214        | 86          | 132         | 142  |
|    | Bodenwertzahl  | 86         | 86          | 78          | 80   |
|    | pH-Wert (in KCl)   | 7,0        | 6,9         | 6,7         | 7,1  |
|    | Vorfrucht  | Rübensamen | Zuckerrüben | Zuckerrüben | Mais |
|    | Düngung (kg/ha)  |            |             |             |      |
|    | N  | 40         | —           | —           | —    |
|    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                              | 30         | 60          | 40          | 40   |
|    | K <sub>2</sub> O   | 60         | 120         | 80          | 80   |

2. Zeitraum 30 Tage vor der Ernte: 1961 und 1962: 12.7.—10.8.

1963 und 1964: 26.6.—25.7.

3. Signifikanzzeichen +++ = P &lt; 0,1%.

trotz hoch signifikanter Jahresunterschiede, weniger deutliche Beziehungen zur Witterung ablesen als bei den Brechungsindizes der Öle. Die Durchschnittswerte in Tab. 2 deuten eine negative Beziehung zwischen Ölgehalt und Brechungsindex an; eine witterungsbedingte Erhöhung des Ölgehaltes ist häufig von einem Absinken des Brechungsindexes (= Erhöhung des Sättigungsgrades) begleitet. Dieser Befund steht im Gegensatz zu den üblichen Vorstellungen und Versuchsergebnissen (HOFFMANN, 1961; FORD u. ZIMMERMANN, 1964); doch sind die Temperaturunterschiede zwischen den Jahren 1961—1964 nur gering und die Temperaturwirkung auf den Ölgehalt kann durch andere Wachstumsfaktoren überdeckt sein. Nach Düngungsversuchen von SCHMALFUSS (1954) sowie von DYBING und CARSRUD (1966) steht der Ölgehalt mit der Höhe der Erträge und dem Eiweißgehalt der Samen in Zusammenhang. Die Ertragshöhe und der Eiweißgehalt wurden an den hier bearbeiteten Sortimenten nicht bestimmt; beide Merkmale werden von der Witterung und den Anbaubedingungen (bes. der Düngung) beeinflußt.

### 3. Erbliche Variabilität von Ölgehalt und Brechungsindex

In Tab. 3 sind die Durchschnittswerte, die Variationsbreiten und die Variationskoeffizienten der Ölgehalte und Brechungsindizes für die beiden Ausgangsformen und die Mutantensortimente angegeben. Im Jahre 1962 wurden Ölgehalt und Brechungsindex auch an 77 Sorten und Herkünften des Hohenthurmer Weltsortimentes festgestellt (Tab. 4), darunter befinden sich Formen aus den verschiedensten Ländern (Kanada, Brasilien, Australien, Sowjetunion u. a.); diese Formen enthalten Öl- und auch Faser-

leintypen. Die 77 Sorten und Herkünfte wurden vor der Untersuchung nach geographischen Gesichtspunkten ausgewählt, stellen also hinsichtlich der Merkmale Ölgehalt und Brechungsindex eine Stichprobe dar.

Die gegenüber den Ausgangsformen signifikant größere Variabilität der Ölgehalte und der Brechungsindizes in den Mutantensortimenten sind als Ergebnis erblicher Veränderungen aufzufassen. Die Durchschnittswerte im Ölgehalt sind um ca. 1% abgesunken, die durchschnittlichen Brechungswerte sind in den Mutantensortimenten beim St. 6 stets erhöht und beim St. 36 in jedem Fall verringert (im Vergleich zu den Durchschnittswerten der Ausgangsformen). Dabei ist zu beachten, daß die Brechungsindizes vom St. 6 (Ausgangsform) höher liegen als diejenigen vom St. 36 (Ausgangsform), vgl. Tab. 3. Darum wird bei Zusammenfassung der Ergebnisse in beiden Mutantensortimenten (Tab. 4, letzte Spalte) die Variabilität im Brechungsindex sogar größer als innerhalb der 77 Sorten und Herkünfte aus dem Weltsortiment. Beim Ölgehalt ist die Variationsbreite in den Mutantensortimenten etwas größer, die Streuung ist jedoch wegen der dichteren Gruppierung um den Mittelwert niedriger als in der Stichprobe aus dem Weltsortiment (Tab. 4).

Innerhalb der Mutantensortimente bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Mutanten. Bei der Errechnung der Ergebnisse in Tab. 5 wird jede Mutante und jede Wiederholung der Standards innerhalb der Anbaujahre als Versuchsglied aufgefaßt, die verschiedenen Anbaujahre gelten als Wiederholungen. Die F-Werte in Tab. 5 zeigen hochsignifikante Unterschiede im Ölgehalt und Brechungsindex zwischen den Mutanten innerhalb der Sortimente an.

Tabelle 3. Variabilität des Ölgehaltes und des Brechungsindexes der Mutanten und ihrer Ausgangsformen

|                    |                    | Ölgehalt (i. %)      |                       |                      |                       | Brechungsindex ( $n_D^{20}$ ) |                       |                      |                       |
|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
|                    |                    | St. 6                |                       | St. 36               |                       | St. 6                         |                       | St. 36               |                       |
|                    |                    | Standard<br>$n = 21$ | Mutanten<br>$n = 269$ | Standard<br>$n = 33$ | Mutanten<br>$n = 449$ | Standard<br>$n = 21$          | Mutanten<br>$n = 271$ | Standard<br>$n = 33$ | Mutanten<br>$n = 430$ |
| 1961               | Durchschnitt       | —                    | 37,3                  | —                    | 37,6                  | —                             | 1,4827                | —                    | 1,4817                |
|                    | Variat.breite      | —                    | 8,9                   | —                    | 10,5                  | —                             | 0,0024                | —                    | 0,0036                |
|                    | Variat.koeff. (s%) | —                    | 3,5                   | —                    | 3,8                   | —                             | 0,027                 | —                    | 0,036                 |
| 1962               | Durchschnitt       | 38,3                 | 37,7                  | 39,6                 | 38,7                  | 1,4820                        | 1,4821                | 1,4818               | 1,4816                |
|                    | Variat.breite      | 2,8                  | 7,9                   | 2,5                  | 8,8                   | 0,0002                        | 0,0020                | 0,0004               | 0,0023                |
|                    | Variat.koeff. (s%) | 1,5                  | 3,3                   | 1,3                  | 2,5                   | 0,005                         | 0,021                 | 0,007                | 0,025                 |
| 1963               | Durchschnitt       | 38,1                 | 37,0                  | 39,5                 | 38,5                  | 1,4817                        | 1,4820                | 1,4811               | 1,4811                |
|                    | Variat.breite      | 2,8                  | 7,4                   | 3,0                  | 6,9                   | 0,0009                        | 0,0021                | 0,0007               | 0,0032                |
|                    | Variat.koeff. (s%) | 1,8                  | 3,9                   | 1,5                  | 2,7                   | 0,017                         | 0,027                 | 0,011                | 0,029                 |
| 1964               | Durchschnitt       | 38,7                 | 37,0                  | 38,8                 | 37,8                  | 1,4820                        | 1,4825                | 1,4816               | 1,4814                |
|                    | Variat.breite      | 2,3                  | 6,6                   | 1,3                  | 6,3                   | 0,0006                        | 0,0029                | 0,0008               | 0,0037                |
|                    | Variat.koeff. (s%) | 1,4                  | 3,8                   | 0,6                  | 2,3                   | 0,009                         | 0,030                 | 0,018                | 0,039                 |
| 3jähr. Ø (1962–64) | Durchschnitt       | 38,4                 | 37,3                  | 39,3                 | 38,3                  | 1,4819                        | 1,4822                | 1,4815               | 1,4814                |
|                    | Variat.breite      | 1,9                  | 6,7                   | 1,4                  | 6,7                   | 0,0004                        | 0,0020                | 0,0004               | 0,0031                |
|                    | Variat.koeff. (s%) | 1,1                  | 3,4                   | 0,7                  | 1,8                   | 0,006                         | 0,023                 | 0,007                | 0,028                 |
| 4jähr. Ø (1961–64) | Durchschnitt       | —                    | 37,3                  | —                    | 38,1                  | —                             | 1,4823                | —                    | 1,4815                |
|                    | Variat.breite      | —                    | 6,5                   | —                    | 7,0                   | —                             | 0,0018                | —                    | 0,0029                |
|                    | Variat.koeff. (s%) | —                    | 3,3                   | —                    | 2,3                   | —                             | 0,023                 | —                    | 0,029                 |

Die Varianz im Mutantensortiment ist signifikant größer als die Varianz in der Ausgangsform (= Standard) mit  
 $P < 1\%$ : bei  $n_D^{20}$  St. 6 (1963) und Öl % St. 36 (1963),  
 $P < 0,1\%$ : in allen anderen Fällen.

Tabelle 4. Variabilität des Ölgehaltes und des Brechungsindexes von 77 Formen des Hohenthurmer Lein-Weltsortimentes im Jahre 1962 (Vergleich: Mutantensortimente 1962)

|                       | Welt-<br>sortiment<br>$n = 77$ | Ölgehalt (i. %)    |                     |                           | Brechungsindex ( $n_D^{20}$ )  |                    |                     |                           |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|
|                       |                                | Mutanten           |                     |                           | Welt-<br>sortiment<br>$n = 77$ | Mutanten           |                     |                           |
|                       |                                | St. 6<br>$n = 269$ | St. 36<br>$n = 449$ | St. (6 + 36)<br>$n = 718$ |                                | St. 6<br>$n = 271$ | St. 36<br>$n = 430$ | St. (6 + 36)<br>$n = 701$ |
| Durchschnitt          | 40,0                           | 37,7               | 38,7                | 38,3                      | 1,4817                         | 1,4821             | 1,4816              | 1,4818                    |
| Variationsbreite      | 7,2                            | 7,9                | 8,8                 | 8,8                       | 0,0019                         | 0,0020             | 0,0023              | 0,0024                    |
| Variationskoeff. (s%) | 4,1                            | 3,3                | 2,5                 | 3,1                       | 0,025                          | 0,021              | 0,025               | 0,028                     |

Tabelle 5. Signifikanz der Unterschiede der 3- bzw. 4jährigen Durchschnittswerte zwischen den Mutanten sowie innerhalb der Ausgangsformen

| Sortiment                                   | F-Werte  |          |                |          |
|---|----------|----------|----------------|----------|
|   | Ölgehalt |          | Brechungsindex |          |
|   | 3jähr. Ø | 4jähr. Ø | 3jähr. Ø       | 4jähr. Ø |
| St. 6 Standard (Ausgangsform) ( $n = 21$ )  | 1,94+    | —        | 0,98           | —        |
| St. 6 Mutanten ( $n = 269$ )                | 11,44+++ | 12,29+++ | 5,84+++        | 8,40++   |
| St. 36 Standard (Ausgangsform) ( $n = 33$ ) | 1,14     | —        | 0,67           | —        |
| St. 36 Mutanten ( $n = 449$ )               | 2,08++   | 5,68+++  | 7,41++         | 9,60++   |

Signifikanzzeichen  $^+ = P < 5\%$   $^{++} = P < 1\%$   $^{+++} = P < 0,1\%$ .

#### 4. Korrelative Beziehungen

SCHILLING (1944) und HOFFMANN (1961) betonen, daß die wichtigsten Werteigenschaften des Leins komplexen Charakter haben und darum nur schwer erfassbar sind; außerdem sind diese Werteigenschaften durch Umweltbedingungen variierbar. Aufgefundene Korrelationen können je nach der genotypischen Herkunft des Materials verschieden sein. Nach v. MENGERSEN (1939) haben großsamige Leinformen (Ölleine, Ölfaserleine) einen höheren Ölgehalt und ihre Öle einen höheren Sättigungsgrad (= niedrigere Jodzahl, niedrigerer Brechungsindex) als kleinsamige Faserleine. Gelbsamige Linien und Sor-

ten haben, gegenüber braunsamigen Formen, nach den Untersuchungen vieler Autoren eine höhere Tausendkornmasse, einen höheren Ölgehalt und einen geringeren Sättigungsgrad des Öles, erreichen jedoch nicht die höheren Samenerträge der braunsamigen Formen (CULBERTSON u. KOMMEDAHL, 1956). Die Kombination der Merkmale Ölgehalt und niedriger Sättigungsgrad mit hohem Samenertrag erscheint nach HOFFMANN (1961) wegen der vermuteten Koppelung mit dem Merkmal Samenfarbe „schwierig oder vielleicht sogar unmöglich“. Wie sich hellkörnige Mutanten in dieser Beziehung verhalten, wurde bisher noch nicht geprüft (vgl. HOFFMANN, 1961). Die

Tabelle 6. Jahresskorrelationen (lineare Korrelationskoeffizienten  $r$ ) der Merkmale Ölgehalt und Brechungsindex in den Mutantensortimenten aus St. 6 und St. 36

|                     |      | Ölgehalt |      |      |                  | Brechungsindex |      |        |                  |
|---------------------|------|----------|------|------|------------------|----------------|------|--------|------------------|
|                     |      | 1962     | 1963 | 1964 | 4jähr. $\bar{x}$ | 1962           | 1963 | 1964   | 4jähr. $\bar{x}$ |
| St. 6<br>(n = 259)  | 1961 | 0,73     | 0,79 | 0,71 | 0,89             | 0,70           | 0,70 | 0,68   | 0,89             |
|                     | 1962 | —        | 0,84 | 0,70 | 0,90             | —              | 0,64 | 0,61   | 0,83             |
|                     | 1963 | —        | —    | 0,80 | 0,95             | —              | —    | 0,67   | 0,87             |
|                     | 1964 | —        | —    | —    | 0,90             | —              | —    | —      | 0,87             |
| St. 36<br>(n = 427) | 1961 | 0,57     | 0,54 | 0,48 | 0,81             | 0,69           | 0,70 | (0,07) | 0,89             |
|                     | 1962 | —        | 0,68 | 0,63 | 0,85             | —              | 0,67 | (0,13) | 0,84             |
|                     | 1963 | —        | —    | 0,71 | 0,86             | —              | —    | (0,12) | 0,90             |
|                     | 1964 | —        | —    | —    | 0,81             | —              | —    | —      | (0,14)           |

1. (Werte in Klammer) = nicht signifikant bei  $P = < 0,1\%$ .

$n = 200$   $n = 400$

2. Signifikanzschwellen (Tab.):  $P (0,1\%)$ : 0,23 0,16  
(1 %): 0,18 0,13  
(5 %): 0,14 0,10

vorliegende Arbeit kann über die Kopplung der Merkmale Ölgehalt, Ölqualität und Samenertrag in zwei Mutantensortimenten nur Hinweise geben, da Ertragsprüfungen nur mit wenigen Mutanten durchgeführt wurden.

#### 4.1. Korrelationen zwischen Ölgehalt und Brechungsindex

In Tab. 6 sind die Korrelationen zwischen den einzelnen Anbaujahren sowie zwischen den Anbaujahren und den mehrjährigen Durchschnittswerten bei den Merkmalen Ölgehalt und Brechungsindex angegeben.

Die Beziehungen (Tab. 6) sind beim Ölgehalt enger als beim Brechungsindex und bei den Mutanten aus St. 6 enger als bei den Mutanten aus St. 36; zum Vergleich ist darauf hinzuweisen, daß die Variabilität (s%-Werte) nur beim Ölgehalt im Mutantensortiment aus St. 6 größer ist als bei den Mutanten aus St. 36 (vgl. Tab. 3). Zwischen dem Anbaujahr 1964 und den übrigen Anbaujahren liegen im Mutantensortiment aus St. 36 keine signifikanten Korrelationen vor. Trotz durchweg enger Beziehungen lassen die Korrelationskoeffizienten erkennen, daß die relativen Unterschiede im Ölgehalt und im Brechungsindex zwischen den einzelnen Mutanten durch Umweltbedingungen stark beeinflußt werden.

Tabelle 7. Lineare Korrelationskoeffizienten  $r$  und Regressionskoeffizienten  $b$  zwischen  $y = \text{Ölgehalt} (\%)$  und  $X = \text{Brechungsindex} (n_D^{20})$  in den Versuchsjahren 1961–1964

| Jahr             | St. 6-Mutanten<br>(n = 259) |         | St. 36-Mutanten<br>(n = 427) |         |
|------------------|-----------------------------|---------|------------------------------|---------|
|                  | $r$                         | $b_y^1$ | $r$                          | $b_y^1$ |
| 1961             | -0,32 <sup>+++</sup>        | -985    | +0,08                        | —       |
| 1962             | -0,25 <sup>+++</sup>        | -1014   | -0,10                        | —       |
| 1963             | -0,34 <sup>+++</sup>        | -1224   | +0,01                        | —       |
| 1964             | -0,52 <sup>+++</sup>        | -1605   | -0,01                        | —       |
| 4jähr. $\bar{x}$ | -0,52 <sup>+++</sup>        | -1850   | -0,09                        | -189    |

<sup>1</sup>  $b$  = Regressionskoeffizient der Gleichung  $y = a + bx$

An den Mutanten aus St. 36 (Ölfaserlein) sind keine eindeutigen Beziehungen zwischen dem Ölgehalt und dem Brechungsindex nachweisbar (Tab. 7). Der Korrelationskoeffizient -0,09 zwischen den 4jährigen Durchschnittswerten beim St. 36 ist nicht signifi-

kant; der Regressionskoeffizient  $b_y = -189$  wird überkompensiert durch den methodischen Fehler der Ölgehaltsbestimmung (vgl. Abschn. 4). Der methodische Fehler der Ölgehaltsbestimmung entspricht einem Regressionskoeffizienten von  $b_y = -290$ .

Bei den Mutanten des St. 6 (Faserlein) sind alle Korrelationen zwischen dem Ölgehalt und dem Brechungsindex negativ und hoch signifikant. Es ist aber zu berücksichtigen, daß die Korrelationskoeffizienten einem Bestimmtheitsmaß  $B$  ( $B = r^2$ ) von 0,06 bis 0,27 entsprechen; es sind also nur 6–27% der Streuung des einen Merkmals auf die Korrelation mit dem anderen Merkmal zurückführbar. Die Regressionskoeffizienten (Tab. 7) werden beim St. 6 nur wenig durch den methodisch bedingten Fehler der Ölgehaltsbestimmung beeinflußt.

#### 4.2. Korrelationen zwischen dem Ölgehalt bzw. Brechungsindex und anderen Merkmalen

Es wurden weiterhin die Beziehungen zwischen Ölgehalt, Brechungsindex, Tausendkornmasse (TKM) Gesamtlänge (GL) und Verzweigungsanteil (VA) an einem Teil der Mutanten in beiden Sortimenten ermittelt (siehe Tab. 8). Bei den hierfür untersuchten 107 Mutanten aus St. 6 ist der Korrelationskoeffizient zwischen den Merkmalen Ölgehalt/Brechungsindex niedriger als im Gesamtortiment (siehe Tab. 7).

In beiden Mutantensortimenten sind Tausendkornmasse und Ölgehalt positiv korreliert ( $r = +0,58$ ) (siehe auch IVANOV, 1926; COLEMAN u. FELLOWS, 1927; JOHNSON, 1932; JOSHI u. a., 1960; HOFFMANN, 1961). Zwischen Brechungsindex und Tausendkornmasse liegt eine negative (St. 6) oder keine (St. 36) Beziehung vor. Dieses Ergebnis stimmt nur beim St. 6 mit dem Befund von v. MENGERSEN (1939) überein, danach besitzen großsamige Leinformen einen höheren Ölgehalt und einen höheren Sättigungsgrad der Öle. Bei den Mutanten des St. 36 ist die erwartete negative Beziehung zwischen Ölgehalt und Brechungsindex nicht vorhanden. Die Gesamtlänge ist mit dem Verzweigungsanteil in beiden Stämmen positiv korreliert, eine Beziehung zwischen Gesamtlänge und Ölgehalt ist nicht vorhanden. Weiterhin ist die Gesamtlänge beim St. 36 negativ mit dem Brechungsindex und schwach negativ mit der Tausendkornmasse korreliert; diese beiden Korrelationen

Tabelle 8. Lineare Korrelationskoeffizienten  $r$  zwischen Ölgehalt, Brechungsindex, Tausendkornmasse, Gesamtlänge und Verzweigungsanteil im Jahre 1961

| Merkmalsgruppe                         | Mutanten aus St. 6 ( $n = 107$ ) |                     |      |                     | Mutanten aus St. 36 ( $n = 281$ ) |                     |                      |                     |
|--|----------------------------------|---------------------|------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|  | $n_D^{20}$                       | TKM                 | GL   | VA <sup>2</sup>     | $n_D^{20}$                        | TKM                 | GL                   | VA <sup>2</sup>     |
| Ölgehalt (%)                           | -0,10                            | 0,58 <sup>+++</sup> | 0,02 | -0,18               | 0,12 <sup>+</sup>                 | 0,58 <sup>+++</sup> | -0,08                | 0,03                |
| Brechungsindex ( $n_D^{20}$ )          | --                               | -0,25 <sup>++</sup> | 0,06 | 0,19 <sup>+</sup>   | --                                | 0,04                | -0,49 <sup>+++</sup> | -0,16 <sup>++</sup> |
| Tausendkornmasse<br>(TKM)              | --                               | --                  | 0,10 | -0,17               | --                                | --                  | -0,18 <sup>++</sup>  | -0,04               |
| Gesamtlänge <sup>1</sup><br>(GL) in cm | --                               | --                  | --   | 0,32 <sup>+++</sup> | --                                | --                  | --                   | 0,32 <sup>+++</sup> |

<sup>1</sup> Gesamtlänge der Pflanzen ohne Wurzel (siehe HOFFMANN, 1961, S. 267).<sup>2</sup> VA = Verzweigungsanteil = % Anteil der Verzweigung, gemessen an der Gesamtlänge.  
Signifikanzzeichen, vgl. Tab. 5.

fehlen beim St. 6. Der Verzweigungsanteil ist mit dem Brechungsindex beim St. 6 schwach positiv und beim St. 36 schwach negativ korreliert.

Der Faserlein (St. 6) und der Öl faserlein (St. 36) reagieren zum Teil gegensätzlich. Dies bestätigt den nur relativen Wert von Korrelationsberechnungen sowie die Abhängigkeit der Ergebnisse von der genotypischen Beschaffenheit des Ausgangsmaterials (SCHILLING, 1944; HOFFMANN, 1961). Betrachtet man eine Zunahme des Verzweigungsanteils als Annäherung an den Ölleintyp, so wäre eine gleichzeitige Erhöhung der Tausendkornmasse und des Ölgehaltes zu erwarten; in beiden Mutantensortimenten fehlen die entsprechenden Beziehungen. Da die aus dem umfangreichen Untersuchungsmaterial errechneten Korrelationskoeffizienten niedrig sind, ist es aussichtsreich, nach erwünschten Merkmalskombinationen in den Sortimenten zu suchen.

Darum wurden Mutanten mit gleichen morphologischen mutierten Hauptmerkmalen zu Gruppen zusammengefaßt (vgl. hierzu HOFFMANN und ZOSCHKE, 1955). Diese Gruppen sind in Tab. 9 verzeichnet. Mutanten, die in mehreren Merkmalen (Blütenfarbe, Blütenform, Antherenfarbe, Samenfarbe u. a. m.) verändert sind, wurden in Tab. 9 als „Übrige“ zu einer Gruppe vereinigt.

Tabelle 9. Einteilung der Mutanten nach ihren Hauptmerkmalen in Merkmalsgruppen

| Hauptmerkmal der Mutanten<br>(Merkmalsgruppe) | Kurzbezeichnung   |
|---|-------------------|
| Größere Gesamtlänge der Pflanzen              | Lg <sup>+</sup> * |
| Verringerte Gesamtlänge der Pflanzen          | Lg <sup>-</sup>   |
| Erhöhter Verzweigungsanteil                   | st. verzw.        |
| Erhöhter Bastanteil                           | Bast <sup>+</sup> |
| Verringelter Bastanteil                       | Bast <sup>-</sup> |
| Kleine Blüte <sup>1</sup>                     | kl. Blüte         |
| Kleine Blüte, Halbstern                       | kl. Hbst.         |
| Weiße Blüte <sup>1</sup>                      | w. Blüte          |
| Gelbe Samen <sup>2</sup>                      | gelbe S.          |
| Erhöhte Tausendkornmasse                      | TKM <sup>+</sup>  |
| Verringerte Tausendkornmasse                  | TKM <sup>-</sup>  |
| Besonders große Samen                         | TKM <sup>++</sup> |
| Besonders kleine Samen                        | TKM <sup>--</sup> |
| Übrige  | übrige            |

<sup>1</sup> Blüte der Ausgangsformen: glockenförmig, blau.<sup>2</sup> Samenfarbe der Ausgangsformen: braun.

\* lang (bei nicht sicher bestätigten Mutanten)

Die Durchschnittswerte und die Variationsbreiten der Mutantengruppen für die beiden Merkmale Ölgehalt und Brechungsindex sind in Abb. 1–4 ein-

gezeichnet. Die Häufigkeitszahlen (n) sind in Klammern eingeschrieben, die Mittelwerte durch verdickte senkrechte Striche gekennzeichnet. Die Kurzbezeichnungen der Merkmalsgruppen wurden aus Tab. 9 übernommen.

Die Durchschnittswerte sind beim Ölgehalt in den Mutantensortimenten um ca. 1% niedriger als in den Ausgangsformen (Abb. 1 u. 2), der durchschnittliche Brechungsindex ist im Mutantensortiment aus dem St. 6 (Abb. 3) etwas erhöht, im Mutantensortiment aus dem St. 36 (Abb. 4) etwas verringert. Obwohl zu den vorliegenden Untersuchungen keine Leinmutanten mit morphologischen Mißbildungen herangezogen wurden, haben die meisten Mutanten hinsichtlich der Merkmale Ölgehalt und (außer bei den Mutanten aus St. 6) Ungesättigtheit der Öle keine züchterische Bedeutung.

Durch den unterschiedlichen Umfang ( $n$  = Anzahl der Mutanten) der verschiedenen Merkmalsgruppen mit voneinander abweichenden durchschnittlichen Ölgehalten und Brechungsindizes sind die vier Verteilungskurven (Abb. 1–4) asymmetrisch. Die Mutanten in den Merkmalsgruppen verteilen sich meist symmetrisch um den zugehörigen Mittelwert. Bei denen aus St. 6 sind in einigen Fällen die Mittelwerte im Vergleich zu den Extremwerten nach niedrigeren Ölgehalten und höheren Brechungsindizes verschoben (analog zur Verschiebung der Mittelwerte aller Mutanten gegenüber der Ausgangsform).

Hinsichtlich der Lage der Mittelwerte der Merkmalsgruppen besteht zwischen beiden Mutantensortimenten wenig Übereinstimmung. Dies bestätigt wiederum die Abhängigkeit korrelativer Beziehungen vom Genotyp des Ausgangsmaterials (vgl. Tab. 8 und SCHILLING, 1944; HOFFMANN, 1961). Die höchsten und niedrigsten Ölgehalte und Brechungsindizes wurden jedoch vorwiegend an Mutantengruppen ermittelt, deren Hauptmerkmal auf der Veränderung generativer Organe beruht. In beiden Sortimenten haben Mutanten mit besonders großen Samen („TKM<sup>++</sup>“) einen hohen Ölgehalt bei niedrigem Brechungsindex des Öles. Mutanten mit besonders kleinen Samen („TKM<sup>--</sup>“) reagieren umgekehrt. Mutanten mit kleinen halbsternförmigen Blüten („kl. Hbst.“) weisen einen niedrigen Ölgehalt und einen hohen Brechungsindex des Öles auf. Ebenso wie die natürlichen gelbsamigen Leinformen (siehe Abschn. 4.) sind auch bei den gelbsamigen Mutanten in beiden Sortimenten der Ölgehalt und der Brechungsindex (= Ungesättigtheit) des Öles erhöht.

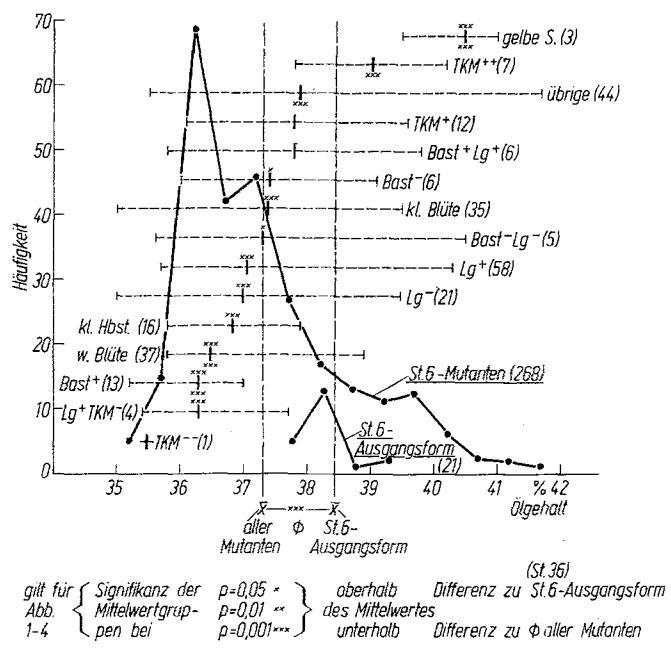


Abb. 1. Variationsbreiten und Mittelwerte der Mutantengruppen (St. 6-Mutanten, Ölgehalt im Ø der Jahre 1962–1964)

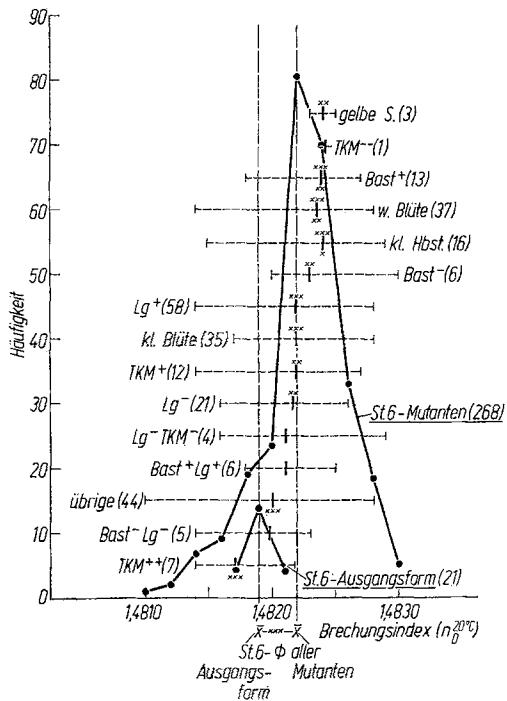


Abb. 3. Variationsbreiten und Mittelwerte der Mutantengruppen (St. 6-Mutanten, Brechungsindex der Öle im Ø der Jahre 1962–1964)

#### 4.3 Hinweise auf die Möglichkeit des Auffindens von Korrelationsbrechern

Leinmutanten mit erhöhtem Ölgehalt haben nur dann eine züchterische Bedeutung, wenn sie gleichzeitig auch den Ölertrag der Ausgangsformen oder leistungsstärksten Sorten übertreffen. Hierüber liegen von dem beschriebenen Material nur wenige Untersuchungen vor, weil für Ertragsprüfungen vorwiegend Mutanten ausgewählt wurden, bei denen

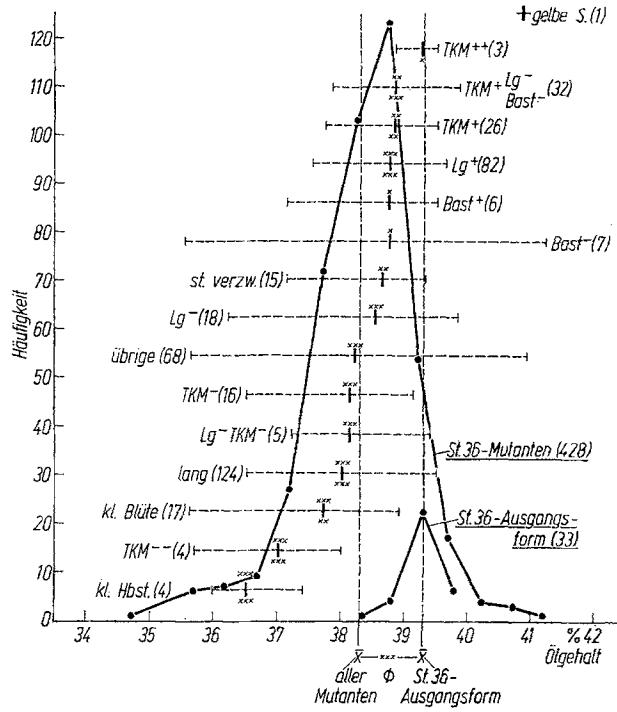


Abb. 2. Variationsbreiten und Mittelwerte der Mutantengruppen (St. 36-Mutanten, Ölgehalt im Ø der Jahre 1962–1964)

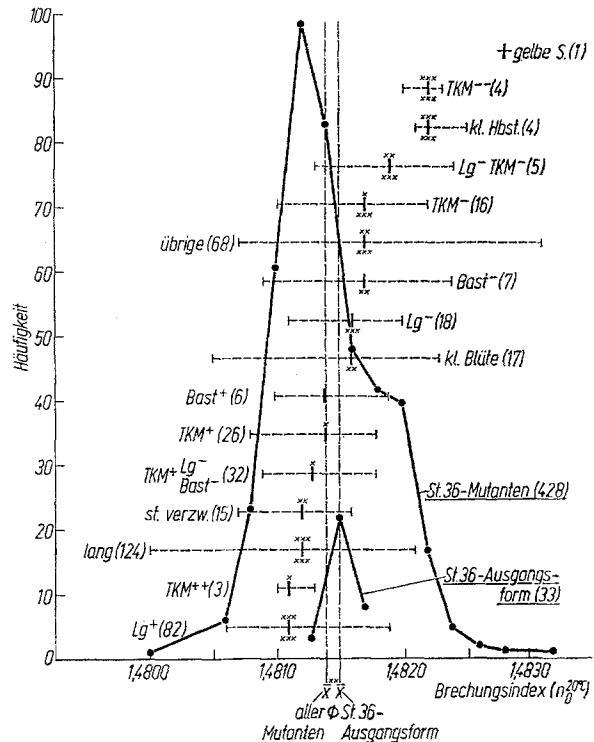


Abb. 4. Variationsbreiten und Mittelwerte der Mutantengruppen (St. 36-Mutanten, Brechungsindex der Öle im Ø der Jahre 1962–1964)

ein hoher Strohertrag, kombiniert mit günstigen Fasereigenschaften, vermutet wurde. Von den insgesamt 52 mehrjährig geprüften Mutanten aus beiden Sortimenten wurden bisher drei gefunden, die bei verbessertem Ölgehalt oder Brechungsindex die Ausgangsform auch im Samenertrag übertreffen bzw. erreichen.

Die Mutante Nr. 478 (Tab. 10) aus dem St. 36 mit dem Hauptmerkmal „hellblaue Blüte“, eingeordnet in die

Tabelle 10. Mutanten, die im Ölgehalt und Brechungsindex ihre Ausgangsform übertreffen

| Ausgangsform     | Mutanten-Nr. | Hauptmerkmal<br>(vgl. Tab. 9)      | Ölgehalt %<br>höher als Ausgangsform |      |      |          |         | Brechungsindex $n_D^{20}$<br>höher als Ausgangsform |         |        |          |  |
|------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------------|------|------|----------|---------|---|---------|--------|----------|--|
|                  |              |                                    | 1962                                 | 1963 | 1964 | 3jähr. Ø |         | 1962  | 1963    | 1964   | 3jähr. Ø |  |
| St. 6            | 28           | Lg <sup>+</sup>                    | 0,5                                  | 0,5  | 1,3  | 0,7      | 0,0002  | 0,0003  | 0,0004  | 0,0003 |          |  |
|                  | 29           | Lg <sup>+</sup>                    | 1,7                                  | 0,6  | 1,1  | 1,1      | 0.—     | 0,0004  | 0,0003  | 0,0002 |          |  |
|                  | 44           | Lg <sup>+</sup> TKM <sup>+</sup>   | 1,7                                  | 0,7  | 0,9  | 1,1      | 0,0001  | 0,0001  | 0,0007  | 0,0003 |          |  |
|                  | 45           | Lg <sup>+</sup> Bast <sup>-</sup>  | 1,7                                  | 0,6  | 0,8  | 1,0      | 0,0001  | 0.—   | 0,0004  | 0,0002 |          |  |
|                  | 51           | TKM <sup>+</sup>                   | 1,2                                  | 0,4  | 0,1  | 0,5      | 0,0002  | 0,0004  | 0,0003  | 0,0003 |          |  |
|                  | 52           | TKM <sup>+</sup>                   | 1,1                                  | 0,9  | 0.—  | 0,6      | 0,0009  | 0,0008  | 0,0008  | 0,0008 |          |  |
|                  | 53           | TKM <sup>+</sup>                   | 0,5                                  | 0,5  | 0.—  | 0,3      | 0.—     | 0,0002  | 0,0001  | 0,0001 |          |  |
|                  | 54           | TKM <sup>+</sup>                   | 1,7                                  | 1,4  | 0,7  | 1,2      | 0,0003  | 0,0004  | 0,0005  | 0,0004 |          |  |
|                  | 61           | TKM <sup>+</sup> Bast <sup>-</sup> | 1,7                                  | 0,6  | -0,1 | 0,7      | 0.—     | 0,0002  | 0,0003  | 0,0002 |          |  |
|                  | 116          | Bast <sup>-</sup>                  | 1,7                                  | 0,7  | -0,1 | 0,7      | 0,0001  | 0,0003  | -0,0001 | 0,0001 |          |  |
|                  | 247          | lang                               | 0,9                                  | 0,6  | 1,1  | 0,8      | 0,0002  | 0,0003  | 0,0002  | 0,0002 |          |  |
|                  | 730          | braunbunte Samen                   | 1,2                                  | 0,5  | 0.—  | 0,5      | 0.—     | 0,0007  | -0,0001 | 0,0002 |          |  |
|                  | 737          | gelbe Samen                        | 4,2                                  | 3,2  | 0,5  | 2,6      | 0,0005  | 0,0008  | 0,0006  | 0,0006 |          |  |
|                  | 739          | gelbe Samen                        | 4,1                                  | 4,0  | -0,1 | 2,6      | 0,0003  | 0,0006  | 0,0002  | 0,0004 |          |  |
|                  | 744          | gelbe Samen                        | 2,4                                  | 1,8  | -0,9 | 1,1      | 0,0009  | 0,0005  | 0,0002  | 0,0005 |          |  |
| GD ( $P = 5\%$ ) |              |                                    | —                                    | —    | —    | 0,9      | —       | —   | —       | —      | 0,0002   |  |
| ( $P = 1\%$ )    |              |                                    | —                                    | —    | —    | 1,1      | —       | —   | —       | —      | 0,0003   |  |
| ( $P = 0,1\%$ )  |              |                                    | —                                    | —    | —    | 1,5      | —       | —   | —       | —      | 0,0004   |  |
| St. 36           | 373          | TKM <sup>+</sup>                   | 0,4                                  | 0,4  | 0,3  | 0,2      | -0,0003 | 0,0003  | 0,0003  | 0,0001 |          |  |
|                  | 389          | Lg <sup>-</sup>                    | 0,5                                  | 1,0  | 0.—  | 0,5      | 0,0003  | 0,0008  | -0,0006 | 0,0002 |          |  |
|                  | 420          | TKM <sup>+</sup> Bast <sup>-</sup> | 0,2                                  | 0,6  | -0,5 | 0,1      | 0,0001  | 0,0003  | 0,0002  | 0,0002 |          |  |
|                  | 444          | Lg <sup>-</sup>                    | -0,2                                 | 0,1  | 0,3  | 0,1      | 0,0003  | 0,0006  | -0,0002 | 0,0002 |          |  |
|                  | 445          | Lg <sup>-</sup>                    | 0,4                                  | 0,5  | 0,6  | 0,5      | 0,0002  | 0,0008  | 0,0004  | 0,0005 |          |  |
|                  | 478          | hellblaue Blüte                    | 1,8                                  | 1,7  | 2,3  | 1,9      | 0,0001  | 0,0007  | 0,0005  | 0,0004 |          |  |
|                  | 479          | Bast <sup>-</sup>                  | 1,6                                  | 1,0  | 1,3  | 1,3      | 0.—     | 0,0002  | 0,0006  | 0,0003 |          |  |
|                  | 718          | Halbstern                          | 0,4                                  | 0,8  | 2,1  | 1,1      | 0,0001  | 0,0004  | 0,0004  | 0,0003 |          |  |
|                  | 719          | Halbstern                          | 0,5                                  | 0,8  | 1,5  | 0,9      | 0,0002  | 0,0003  | 0,0004  | 0,0003 |          |  |
|                  | 723          | hellblaue Blüte                    | 0,2                                  | 0,6  | 1,3  | 0,7      | 0,0002  | 0,0005  | 0,0004  | 0,0004 |          |  |
|                  | 756          | gelbe Samen                        | 3,3                                  | 1,3  | 0.—  | 1,5      | 0,0011  | 0,0014  | 0,0013  | 0,0013 |          |  |
|                  | 772          | kleine hellviolette Blüte          | 1,7                                  | 1,6  | 1,5  | 1,6      | 0,0002  | 0,0009  | 0,0005  | 0,0005 |          |  |
| GD ( $P = 5\%$ ) |              |                                    | —                                    | —    | —    | 0,6      | —       | —   | —       | —      | 0,0002   |  |
| ( $P = 1\%$ )    |              |                                    | —                                    | —    | —    | 0,8      | —       | —   | —       | —      | 0,0003   |  |
| ( $P = 0,1\%$ )  |              |                                    | —                                    | —    | —    | 1,0      | —       | —   | —       | —      | 0,0004   |  |

Merkmalgruppe „übige“, erbrachte im Durchschnitt von sechs Jahren eine relative Samenleistung von 98,6 und eine relative Strohleistung von 89,5 (Ausgangsform = 100). Die um 1,4% geringere Samenleistung wird ausgeglichen durch einen höheren Ölgehalt (1,9% über der Ausgangsform im Durchschnitt der Jahre 1962–1964). Gleichzeitig ist der Brechungsindex des Öles erhöht (Tab. 10).

Die Mutante Nr. 47 aus St. 6 und der Merkmalgruppe TKM<sup>+</sup> hatte einen durchschnittlichen Ölgehalt von 38,8% (Ausgangsform 38,4%) und einen Brechungsindex des Öles von 1,4814 (Ausgangsform 1,4819). Der relative Stroh- bzw. Samenertrag dieser Mutante betrug im Durchschnitt von drei Jahren 112 bzw. 105 (Ausgangsform = 100).

Eine weitere Mutante, Nr. 610, aus St. 36 und der Merkmalgruppe „lang“ erreichte im Durchschnitt von sechs Prüfjahren einen um 11% höheren Strohertrag als die Ausgangsform. Im Samenertrag war diese Mutante der Ausgangsform gleichwertig, im Ölgehalt um 0,9% unter- und im Brechungsindex um 0,0006 Einheiten überlegen.

Vierzehn Mutanten aus St. 6, die Veränderungen der Samengröße oder -farbe aufweisen, wurden im Jahre 1966 in einem Versuch in vierfacher Wiederholung mit der Ausgangsform verglichen. Alle Mutanten übertrafen, ebenso wie in den vorausgegangenen Untersuchungsjahren 1962–1964, die Ausgangsform im Ölgehalt, wobei die drei Mutanten mit dem Hauptmerkmal „gelbe Samen“ gleichzeitig einen erhöhten Brechungsindex (= geringeren Sättigungsgrad) des Öles besitzen (vgl. Abb. 1 u. 3). Vier Mutanten übertrafen die Ausgangsform in der Samenleistung, darunter auch die gelbsamige Mutante Nr. 744 (vgl. Tab. 10). Eine weitere Mutante aus dieser Prüfung (Nr. 742) mit goldgelber Samenfarbe (Merkmalgruppe „übige“) brachte eine signifikante

Samenmehrleistung und einen um etwa 1% höheren Ölgehalt; der Brechungsindex ist, gegenüber der Ausgangsform, verringert.

### 5. Zusammenfassung

In etwa 700 durch Röntgenbestrahlung erzeugten Leinmutanten wurden in den Jahren 1961–1964 der Ölgehalt der Samen und der Brechungsindex der Öle (als Ersatz für die Jodzahl) bestimmt. Einem hohen Brechungsindex entspricht hierbei eine hohe Un gesättigtheit des Öles (= hohe Jodzahl). Die beiden untersuchten Mutantensortimente entstammen dem Faserleinstamm „St. 6“ bzw. dem Ölfaserleinstamm „St. 36“. Eine Beschreibung der Mutanten geben bereits HOFFMANN und ZOSCHKE (1955).

Die Durchschnittswerte in beiden Mutantensortimenten lassen bei den Merkmalen Ölgehalt und Brechungsindex signifikante Jahresunterschiede erkennen. Der Brechungsindex der Öle war im feuchtkühlen Anbaujahr 1961 am höchsten und im warmen Anbaujahr 1963 am niedrigsten; die maximalen Jahresunterschiede im Ø Brechungsindex der Mutantensortimente entsprechen einer Jodzahl 6 (St. 6) bzw. 5 (St. 36).

In beiden Mutantensortimenten ist die Variabilität in den Merkmalen Ölgehalt und Brechungsindex gegenüber den Ausgangsformen signifikant vergrößert. Die durchschnittlichen Ölgehalte der Mutantensortimente liegen um ca. 1% unter denen der

Ausgangsformen. Die durchschnittlichen Brechungswerte sind, gegenüber den Ausgangsformen, bei den Mutanten aus dem St. 6 stets erhöht und bei den Mutanten aus dem St. 36 geringfügig verringert. Zwischen den Merkmalen Ölgehalt und Brechungsindex besteht bei den Mutanten aus St. 6 eine negative und bei den Mutanten aus St. 36 keine Korrelation. Es werden die Korrelationskoeffizienten zwischen Ölgehalt bzw. Brechungsindex und einigen weiteren Merkmalen mitgeteilt. Ölgehalt und Brechungsindex sind in den einzelnen Merkmalsgruppen (Stengellänge, Samenfarbe, Blütenfarbe usw.) verschieden hoch. Hinweise auf das Vorhandensein von Brechern der Korrelation zwischen den Merkmalen gelbe Samenfarbe/hohes Ölgehalt/höhe Ungesättigtheit der Öle und — gegenüber braunsamigen Formen — verringerter Samenertrag bedürfen der Bestätigung durch weitere Versuche.

Für zuverlässige Hilfe bei der Ausführung der Untersuchungen danken wir herzlich Frau CHR. HEINKE, Frau R. TREBST, Frl. U. KLEIN und Frau A. WESTPHAL.

#### Literatur

1. BÖMER, A., und J. GROSSFELD: Allgemeine Untersuchungsmethoden für Speisefette. In: A. BÖMER, A. JUCKENACK und J. TILLMANS, Hdb. d. Lebensmittelchemie. Bd. IV, „Fette und Öle“, S. 1—326. Berlin: Springer-Verlag 1939. — 2. COLEMAN, D. A., and H. C. FELLOWS: Oil content of flaxseed, with comparisons of tests for determining oil content. U.S.D.A. Bull. **1471**, 1—34 (1927). — 3. COMSTOCK, V. E., and J. O. CULBERTSON: A rapid method of determining the oil content of the seed and iodine values of the oil from small samples of flaxseed. Agr. J. **50**, 113—114 (1958). — 4. CULBERTSON, J. O., and T. KOMMEDAHL: The effect of seed coat color upon agronomic and chemical characters and seed injury in flax. Agr. J. **48**, 25—28 (1956). — 5. DILLMANN, A. C.: Daily growth and oil content of flaxseed. J. Agr. Research **37**, 357—377 (1928). — 6. DYBING, C. D., and R. A. CARSRUD: Artificial environments to study yield, maturity, oil quality. South Dakota Farm Home Research **17**, 8—11 (1966). — 7. FORD, J. H., and D. C. ZIMMERMANN: Influence of time of flowering on oil content and oil quality of flaxseed. Crop Sci. **4**, 653—656 (1964). — 8. HOFFMANN, W.: Lein, *Linum usitatissimum* L. In: Th. ROEMER und W. RUDORF, Hdb. d. Pflanzenzüchtung. Bd. 5, 2. Aufl. S. 264—366. Berlin-Hamburg 1961. — 9. HOFFMANN, W., und U. ZOSCHKE: Röntgenmutationen beim Flachs (*Linum usitatissimum* L.). Züchter **25**, 199—206 (1955). — 10. IVANOV, N. N.: Variation in the chemical composition of the seed of oleiferous plants related to geographic factors. Bull. Appl. Bot. and Pl. Breed. **16**, 1—88 (1926). — 11. JOHNSON, J. J.: Correlation studies with strains of flax with particular reference to the quantity and quality of oil. J. Amer. Soc. Agron. **24**, 537—544 (1932). — 12. JOSHI, A. B., S. KEDHARNATH und M. G. B. R. BATCHA: Correlation studies in *Linum usitatissimum*. II. Effect of morphological grouping of types on the correlation coefficients relating to yield and some of the components of yield. Indian J. Genetics Pl. Breed **20**, 58—68 (1960). — 13. LEHBERG, F. H., and W. F. GEDDES: Flax studies. III. A refractometric method for the estimation of the iodine value of raw linseed oil. Canad. J. of Research Abt. C, **15**, 349—361 (1937). — 14. MEARA, M. L.: Fats and other lipids. In: K. PAECH und M. V. TRACEY, Moderne Methoden der Pflanzenanalyse. Bd. IV, S. 317—402. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer-Verlag 1955. — 15. MENGERSEN, F. v.: Untersuchungen über den Einfluß der Aussaatzeit auf den Ertrag und die wertbestimmenden Eigenschaften des Flachs. Landw. Jahrbücher **87**, 1—111 (1939). — 16. SCHARF, H.: Zur refraktometrischen Fettgehaltsbestimmung in kleinkörnigen Ölsaaten. Z. Landw. Versuchs- und Untersuchungswesen **9**, 399—403 (1963). — 17. SCHILLING, E.: Lein, *Linum usitatissimum* L. In: Th. ROEMER und W. RUDORF, Hdb. d. Pflanzenzüchtung. Bd. 4, 341—405. Berlin 1944. — 18. SCHMALFUSS, K.: Über Fettbildung in Pflanzensamen. Sitz.-Ber. Dt. Akad. Landwirtsch.-Wiss. Berlin **3**, Heft 15, 21 S. (1954). — 19. SCHWARZE, P.: Stoffproduktion und Pflanzenzüchtung. In: Th. ROEMER und W. RUDORF, Hdb. d. Pflanzenzüchtung. Bd. 1, 2. Aufl. 307—365. Berlin-Hamburg 1958.