

minanz der Knäuelfrüchtigkeit schließen. In unserer Kreuzung monokarp  $\times$  dikarp sind 59% der  $F_1$ -Pflanzen dikarp mit 90 bis 99% dikarpen Anteilen, 14% fast dikarp und 27% intermediär mit gestaffelt abnehmender Dikarpie. Als Umweltfaktor hat sich in der  $F_1$  die einjährige Anzucht ausgewirkt. Sie erhöht die Einfrüchtigkeit nach den Erfahrungen der Abteilung Züchtung, und zwar um etwa 10%, so daß wir diesen Wert den dikarpen 59% zuzählen und 69% dikarpe  $F_1$ -Pflanzen zugrunde legen können. Dieser Wert zeigt ebenfalls unvollständige Dominanz der Dikarpie an.

Hinsichtlich der Anzahl der beteiligten  $m$ -Gene schließt KNAPP bei dem Schreiberschen deutschen und dem sowjetischen monokarpen Material auf Polygenie. Diese Herkünfte verhalten sich demnach genetisch ähnlich wie unsere Kleinwanzlebener Rüben. BORDONOS (1939, 1941) fand in ihrer ersten Arbeit bei den Nachkommen von sechs  $F_1$ -Hybriden der Kreuzung polykarp  $\times$  monokarp 2,9% monokarpe Abspaltungen, außerdem bei den Nachkommen von 14  $F_1$ -Hybriden 21 bis 26% monokarpe Samenträger. In dem zweiten Versuch spalteten 23% Monokarpe heraus. Alle übrigen Früchtigkeitsstufen faßt BORDONOS als polykarp zusammen. BREWBAKER, WOOD und BUSH (1946) vermuteten trigen bedingte Rezessivität der Monokarpie auf Grund der Kreuzung einer Pflanze, die 70% monokarpe, 29,9% dikarpe und 0,1% trikarpe Anteile hatte. Sie war im Feldbestand frei bestäubt worden, und ihr Saatgut ergab 2 mono-, 130 di-, 171 tri- und 23 tetrakarpe Samenträger.

Alle Autoren unterscheiden in der  $F_2$  nur zwischen polykarp und monokarp, d. h. die monokarpen Samenträger sind ausgezählt und alle übrigen Pflanzen werden als polykarp bezeichnet, die also auch die intermediären Formen enthalten.

Die beiden Früchtigkeitsstufen dikarp und polykarp ergeben in SAVITSKY'S Material nach Kreuzun-

gen mit der monokarpen SLC 101 in gleicher Weise etwa 25% Monokarpe und sind offenbar Allele. Unter dieser Annahme mag es erlaubt sein, auch unsere Ergebnisse aus einer Kreuzung mono-  $\times$  dikarp mit denjenigen anderer Autoren zu vergleichen, die mono-  $\times$  polykarpe Kreuzungen durchgeführt haben.

### Zusammenfassung

Eine Kreuzung zwischen diploiden monokarpen und dikarpen Zuckerrüben ergab eine  $F_1$ -Generation mit unvollständig dominanter Dikarpie. In der  $F_2$ -Generation spalteten 1,6% Monokarpe heraus. Ihnen stehen 80,2% Dikarpe, 16,8% + 0,9% „Intermediäre“ und 0,5% Polykarpe gegenüber. Die Monokarpie vererbt sich gegenüber der Dikarpie in dem Kleinwanzlebener Material polygen, wahrscheinlich trigen rezessiv.

### Literatur

1. BORDONOS, M. G.: Studien zur Vererbung der Monokarpie bei Zuckerrüben (russ.). Trudy VNIS 24, 357 bis 359 (1939). — 2. BORDONOS, M. G.: Monogene monogerm Typen von Zuckerrüben (russ.). Proc. Lenin All Union Acad. Agric. Sci. Nr. 11, 3–4 (1941); zit. nach BREWBAKER, WOOD und BUSH (1946). — 3. BREWBAKER, H. E., R. R. WOOD and H. L. BUSH: Single-Germ Seed. Proc. 4th gen. Meet. Amer. Soc. Sugar Beet Technol. 259–262 (1946). — 4. KNAPP, E.: Genetical experiences with single-germ sugar beet. 25th winter congress Tirlmont (1962). — 5. KNAPP, E.: Die genetischen Grundlagen der Einzelfrüchtigkeit (Monokarpie) bei *Beta vulgaris*. Internat. Symposium Leipzig (1966). — 6. RÖSTEL, H.-J.: Entwicklung, Ergebnisse und Ziele der Züchtung monokarper Zuckerrüben verschiedener Genomstufen in der Deutschen Demokratischen Republik. Bernburg, Hochsch. f. Landwirtsch., Habil.-Schr. 1964. — 7. SAVITSKY, V. F.: A genetic study of monogerm and multi-germ characters in beets. Proc. Amer. Soc. of Sugar Beet Techn. 331–338 (1952). — 8. SAVITSKY, V. F.: Inheritance of the number of flowers in flower clusters of *Beta vulgaris* L. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Techn. 8, II, 3 (1954).

## Untersuchungen über Ertrags- und Selektionsmerkmale bei Futterkohl (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* D.C.)\*

W. SCHWEIGER

Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

### Investigations on yield and selection characteristics of kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* D.C.)

**Summary.** The yield characteristics of large quantities of *Brassica oleracea* L. convar. *acephala* D. C. were analyzed. Phenotypic variations as well as the correlations between them were determined and their suitability for selection and its direction were derived. Dry matter and crude protein yield were found to be based mainly on green matter yield. 30% of crude protein was found to be synthesized from crude protein content and only 5% of dry matter built up by dry matter content. About 90% of green matter was determined by the characteristics like thickness of stem, length of leaf stalk and leaf surface. Winterhardiness was highly correlated with dry matter content. Because of negative correlation between green matter and dry matter content, high yield and winterhardiness can hardly be expected to occur together.

\* Herrn Prof. Dr. HANS STUBBE zum 65. Geburtstag gewidmet.

In order to increase the performance and yield ability, selection should be based on characteristics like fast early development, large and widely separated leaves, large leaf area, high assimilation performance and thick stems. Through selection of dry matter content there was improvement in winterhardiness but wood and crude fibre content also increased. It is therefore necessary to keep in mind some limits for quality determining content when selecting for winterhardiness.

Die Bemühungen der Pflanzenzüchtung sind in zunehmendem Maße auf das Auffinden von Selektionsmerkmalen gerichtet, die bereits am Samen, in der frühesten Jugend oder während des Wachstums und der Entwicklung eine Auslese auf die Höhe des Endertrages oder andere, dem Zuchtziel entsprechende Merkmale ermöglichen. Neben diesen Bemühun-

gen bleiben der Endertrag und seine Komponenten als wesentliche Größen für die Selektion und als Maßstab für den erreichten Zuchtfortschritt von Bedeutung. Der Züchter muß deshalb über detaillierte Kenntnisse der Zusammensetzung des Endertrages, der Variabilität seiner Komponenten und Merkmale sowie der Beziehungen zwischen diesen verfügen. Zur Beurteilung der Selektionschancen sind weiter Kenntnisse über deren Heritabilität und über genetische Korrelationen notwendig.

Obwohl bei den meisten Futterpflanzen auch heute noch der Ertrag an vegetativer Masse als hauptsächlichstes Selektionsmerkmal herangezogen wird, liegen doch nur unzureichende Kenntnisse über die Ertragskomponenten und ihre wechselseitigen Beziehungen vor. Beim Futterkohl (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* D.C.), dessen Bedeutung für Anbau und Züchtung in jüngster Zeit ständig zunimmt, fehlten solche Angaben fast völlig. Wir führten deshalb an dieser Pflanze Untersuchungen zur Massenzunahme und zur Stoffproduktion sowie über einige qualitätsbestimmende Inhaltsstoffe durch, aus deren Ergebnissen Hinweise für die Selektion abgeleitet wurden (SCHWEIGER und MEINL, 1965, 1967). In vorliegender Arbeit sollen die quantitative und z. T. qualitative Zusammensetzung des Endertrages analysiert sowie die phänotypische Variabilität der Merkmale und ihre wechselseitigen Beziehungen an einem größeren Zuchtmaterial ermittelt werden, um daraus geeignete Selektionsmerkmale und diesbezügliche Möglichkeiten der Futterkohlzüchtung abzuleiten. Über die Heritabilität der erfaßten Merkmale soll in einer späteren Arbeit berichtet werden.

### Material und Methode

Die Untersuchungen wurden in den Jahren 1962 bis 1964 an dem Groß-Lüsewitzer Zuchtmaterial durchgeführt. Dieses wird entsprechend seiner Abstammung in zwei getrennten Gruppen bearbeitet: Einmal wurden 1954 und 1955 verschiedene medullosa- und halbmedullosa-Formen untereinander gekreuzt. Die daraus und aus späteren Rück- und Dreifachkreuzungen hervorgegangenen Populationen werden im folgenden als „Markstammkohl“ bezeichnet. Zum anderen wurden 1956 bis 1958 zwischen sieben Convarietäten bzw. Varietäten von *Brassica oleracea* wiederholt Kreuzungen und ebenfalls später Rück- und Dreifachkreuzungen durchgeführt. Die verwendeten Kultursippen und ihre F<sub>1</sub>-Populationen wurden von v. DOBSCHÜTZ, STEGER und RASCH (1960) beschrieben. Das aus diesen Kreuzungen hervorgegangene Zuchtmaterial wird als „Futterkohl“ bezeichnet. Unabhängig von dieser Definition wird der Begriff „Futterkohl“ sinngemäß als Sammelbegriff für alle ausschließlich Futterzwecken dienenden Kohle verwendet.

Zur Ermittlung der Komponenten und Merkmale des Endertrages wurden die Populationen verschiedener Abstammung als Einzelpflanzennachkommenschaften (A-Stämme) Mitte Juni 62,5 × 40,0 cm gepflanzt. Von jeder Population wurden in der Regel aus drei A-Stämmen je fünf Durchschnittspflanzen bei der Ernte Ende Oktober bis Anfang November verarbeitet und dabei die in Abbildung 1 dargestellten Merkmale erfaßt\*. Durch die Mittelbildung aus den fünf Einzelpflanzenwerten jedes Merkmales wurden die repräsentativen Werte für jeden A-Stamm erhalten. Mit diesen erfolgte die Streuungsrechnung über alle Populationen und es wurde jedes

Merkmal mit jedem einfach korreliert. Bei einigen wesentlich erscheinenden Merkmalen wurden multiple Korrelationen berechnet. Da in keinem Fall Nichtlinearität nachgewiesen werden konnte, war die Berechnung linearer Korrelationen gerechtfertigt. Die statistische Auswertung erfolgte für die Jahre und für Markstamm- und Futterkohl getrennt. Insgesamt wurde folgende Anzahl von Kreuzungspopulationen und A-Stämmen analysiert:

Jahr	Markstammkohl		Futterkohl	
	Popula- tionen	A-Stämme	Popula- tionen	A-Stämme
1962	35	101	46	132
1963	37	78	32	102
1964	25	81	20	59

Die Anzahl der A-Stämme entspricht dem jeweiligen n bei der Streuungs- und Korrelationsberechnung.

## Ergebnisse

### 1. Struktur und Merkmale des Endertrages

Frischmasse (FM), Trockenmasse (TM) und Rohproteinmasse (RM) sind Ausdruck des Endertrages und damit die entscheidenden Merkmale zur Beurteilung der Ertragsfähigkeit. Die jeweiligen Gesamtmassen werden beim Futterkohl ausschließlich aus der Summe der Massen der Organe (oder Fraktionen) Sproßachse (Stamm), Blattspreite (Blatt) und Blattstiel (Stiel) gebildet, da generative Organe im Jahr der Futternutzung fehlen. Die Trennung in Blattspreite und Blattstiel erweist sich im Hinblick auf die Zuchtziele und die großen qualitativen Unterschiede zwischen beiden Teilen als notwendig, obwohl beide Fraktionen botanisch-morphologisch zum Blatt gehören. Die rechnerische Ermittlung des Anteils der Organe an der jeweiligen Gesamtmasse liefert eine weitere Größe zur Beurteilung des Ertrages.

Auf die Frischmasse von Stamm, Blattspreite und Blattstiel wirken eine Reihe weiterer Merkmale unmittelbar ein. Analytisch leicht erfaßbar sind hier Länge und Durchmesser des Stammes, Anzahl der Blätter, Länge und Breite der Blattspreite und Länge und Dicke der Blattstiele.

Die Komponenten des Ertrages und deren bestimmende Größen sind mit den jeweiligen Endmassen direkt oder indirekt verbunden. Ihre mögliche Einwirkung auf diese ist in Abbildung 1 in Form eines Pfaddiagrammes dargestellt. Danach sind alle leicht und an umfangreichem Material meß- und wägbaren Merkmale in logischer Folge an der Ausbildung der Rohproteinmasse beteiligt. Da die Frischmasse Ausgangspunkt für die Trocken- und Rohproteinmasse ist, wird die große Bedeutung der die Frischmasse direkt beeinflussenden Merkmale für die Ausbildung aller Endmassen deutlich.

Als Ausdruck für die Qualität der Trockenmasse wäre die Kenntnis des Rohfasergehaltes nützlich. Dieser ist jedoch analytisch nur mit großem Aufwand zu bestimmen und deshalb durch den Züchter an umfangreichem Zuchtmaterial kaum zu erfassen. Beim Futterkohl gibt jedoch die als Massentest an-

\* Für die Durchführung der Rohproteinbestimmungen sei Herrn Dr. B. EFFMERT, dem Leiter unseres chemischen Laboratoriums, herzlich gedankt. Ebenso herzlich danke ich auch den landw. techn. Assistenten Fräulein CH. KUJEHL und Frau M. GALL für ihre langjährige Mitarbeit bei diesen Untersuchungen.

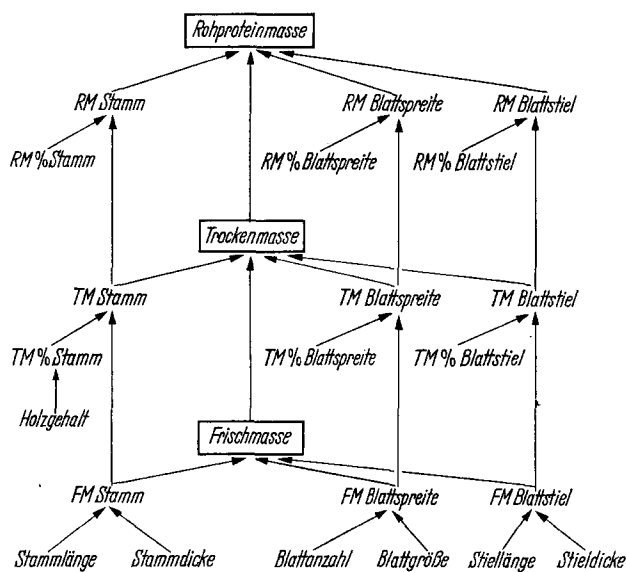


Abb. 1. Struktur und Merkmale des Ertrages bei Futterkohl (FM = Frischmasse, TM = Trockenmasse, RM = Rohproteinmasse, TM% = Trockenmassengehalt, RM% = Rohproteingehalt).

wendbare Bestimmung des Holzgehaltes in der Sproßachse Möglichkeiten zur qualitativen Beurteilung (SCHWEIGER, LAMPRECHT und RAEUBER, 1963, WATTS, 1966). Weitere qualitätsbestimmende Inhaltsstoffe sind in großen Serien nur schwer bestimmbar und stehen deshalb dem Züchter für die Selektion noch nicht zur Verfügung.

## 2. Mittlere Werte der Endmassen und ihrer Merkmale

Um eine Vorstellung über die beim Futterkohl auftretenden Größenordnungen bei den verschiedenen

Merkmale zu vermitteln, sind in Tab. 1 die entsprechenden Werte im Mittel der als A-Stämme geprüften Kreuzungspopulationen zusammengefaßt. Hierbei treten zwischen den Markstamm- und Futterkohlen z. T. beachtliche Unterschiede auf.

Die Markstammkohle verfügen über eine höhere Ertragsfähigkeit hinsichtlich Frisch-, Trocken- und Rohproteinmasse, wobei diese Endmassen mit einem höheren Stamm- und Blattstiellanteil bei entsprechend geringerem Blattspreitenanteil verbunden sind. Die Mittelwerte liegen bei den Merkmalen Blattspreiten- und Blattstielllänge, Stammlänge und Stammdurchmesser deutlich höher als bei den Futterkohlen. Diese hingegen zeigen höhere Mittelwerte bei den Merkmalen Blattspreitenanteil, Trockenmassengehalt der Gesamtpflanze, bedingt durch die um etwa 2% höheren Gehalte im Stamm, bei der Blattanzahl und geringfügig höhere beim Holzgehalt im Stamm. Die Rohproteingehalte und der Trockenmassengehalt in der Blattspreite unterscheiden sich zwischen beiden Gruppen praktisch nicht.

Die Werte demonstrieren weiterhin sehr eindeutig die beachtlichen Unterschiede zwischen Stamm, Blattspreite und Blattstiel hinsichtlich ihrer Gehalte an Trockenmasse und Rohprotein. Die hohen Trockenmassengehalte im Stamm, die sehr hohen Rohproteingehalte in der Blattspreite und die für beide Gehalte zutreffenden sehr geringen Werte im Blattstiel sind für die Markstamm- und Futterkohle typisch.

Gemessen an den Mittelwerten stellen die Markstammkohle das günstigere Ausgangsmaterial zur Verbesserung der Ertragsfähigkeit dar. Die Futterkohle bieten auf Grund ihrer höheren Trockenmassengehalte zunächst gute Voraussetzungen zur Erhöhung der Winterfestigkeit und wegen ihrer kürzeren Blattstiele Hoffnung zur Verringerung des Standraumanspruches.

Tabelle 1. Erträge, Ertragskomponenten und Ertragsmerkmale im Mittel der untersuchten Populationen.

Merkmale	Markstammkohle				Futterkohl			
	1962	1963	1964	$\bar{x}$ 1962 bis 1964	1962	1963	1964	$\bar{x}$ 1962 bis 1964
Frischmasse dt/ha	518	593	602	571	432	511	496	480
% Anteil Stamm	43,2	57,3	48,8	49,8	36,5	50,3	42,1	43,0
% Anteil Blatt	34,6	25,3	29,6	29,8	43,6	33,0	37,1	37,9
% Anteil Stiel	22,2	17,4	21,6	20,4	19,8	16,6	20,8	19,1
Trockenmasse dt/ha	81,4	90,0	92,9	88,1	73,3	84,8	79,9	79,3
% Anteil Stamm	49,7	63,4	53,7	55,6	43,6	59,5	49,6	50,9
% Anteil Blatt	32,9	23,8	29,1	28,6	40,8	28,3	34,7	34,6
% Anteil Stiel	17,3	12,8	17,2	15,8	15,9	12,3	15,7	14,6
Rohproteinmasse dt/ha	10,98	12,06	10,29	11,11	9,96	11,64	9,95	10,52
% Anteil Stamm	40,6	53,6	43,2	45,8	34,6	49,4	38,0	40,7
% Anteil Blatt	48,4	37,3	46,3	44,0	55,7	42,4	52,4	50,2
% Anteil Stiel	11,0	9,0	10,4	10,1	9,8	8,3	9,6	9,2
TM-Gehalt Gesamtpfl. %	15,87	15,31	15,55	15,58	17,09	16,60	16,26	16,65
Stamm %	18,35	17,02	17,43	17,60	20,62	19,73	19,20	19,85
Blatt %	15,09	14,35	15,29	14,91	15,97	14,34	15,16	15,16
Stiel %	12,38	11,32	12,12	11,94	13,72	12,27	12,29	12,76
Rpr.-Geh. Gesamtpfl. %	13,59	13,49	11,07	12,72	13,66	13,77	12,51	13,31
(i. d. TM) Stamm %	11,14	11,47	8,86	10,49	10,91	11,53	9,62	10,69
Blatt %	19,90	21,15	17,66	19,57	18,75	20,90	19,01	19,55
Stiel %	8,60	9,36	6,88	8,28	8,39	9,35	7,67	8,47
Blattanzahl	22,0	19,3	22,2	21,2	29,3	22,6	26,8	26,3
Blattlänge cm	29,4	32,0	29,4	30,3	26,6	25,5	24,8	25,6
Stiellänge cm	26,3	26,1	26,7	26,4	19,1	20,5	20,5	20,0
Stammlänge cm	68,4	102,5	80,5	83,8	58,3	87,6	74,0	73,3
Stammdurchmesser mm	32,6	38,8	37,6	36,3	29,1	33,8	32,7	31,9
Holzgehalt (Stamm) %	36,8	34,9	33,5	35,1	39,4	35,0	35,4	36,6

## 3. Phänotypische Variabilität der Merkmale

Wesentlicher als die Merkmalsmittelwerte ist für den Züchter deren Variabilität. Aus verständlichen Gründen konnte bei den im Rahmen unseres praktischen Zuchtprogrammes durchgeführten Untersuchungen nur die phänotypische Variabilität der Merkmale ermittelt werden. Diese allein ermöglicht keine absolute Einschätzung der Selektionschancen bei den verschiedenen Merkmalen. Sie liefert jedoch insofern Hinweise für züchterische Möglichkeiten, als die genotypische Streuung nicht größer als die phänotypische sein kann. Deshalb muß mit einer geringen phänotypischen Streuung auch eine geringe genotypische verbunden sein, während letztere bei einer großen phänotypischen Streuung auch groß sein kann.

Tabelle 2. *Variationskoeffizienten (s %) bei Markstamm- und Futterkohl.*

Merkmale	Marktstammkohl			Futterkohl		
	1962	1963	1964	1962	1963	1964
Frischmasse	16,4	15,9	16,1	18,4	16,5	20,8
% Anteil Stamm	13,2	9,7	14,7	22,9	16,1	15,8
% Anteil Blatt	12,3	14,9	15,0	18,5	22,6	15,4
% Anteil Stiel	19,3	16,7	18,1	19,6	18,0	13,1
Trockenmasse	14,3	12,6	13,2	17,0	14,2	18,4
% Anteil Stamm	11,2	7,2	10,0	22,1	13,0	14,2
% Anteil Blatt	11,8	12,7	15,0	18,0	22,2	17,0
% Anteil Stiel	20,5	17,7	24,3	20,3	22,4	15,8
Rohproteinmasse	16,2	14,9	17,0	18,4	14,1	18,6
% Anteil Stamm	13,7	9,0	14,0	21,7	14,3	15,1
% Anteil Blatt	10,7	11,6	11,6	13,2	15,5	10,5
% Anteil Stiel	21,7	18,7	19,6	25,0	23,1	16,3
TM-Gehalt Gesamt	11,2	11,2	9,1	10,3	9,9	7,6
Stamm	13,3	14,3	11,8	13,2	13,2	9,5
Blatt	8,5	6,6	7,0	7,4	7,5	6,3
Stiel	13,8	11,3	9,2	12,8	15,4	9,7
Rpr.-Gehalt Gesamt	11,2	11,3	10,2	13,0	10,4	10,5
(i. d. TM) Stamm	17,9	13,8	14,1	15,4	12,0	12,6
Blatt	9,5	10,1	9,2	12,2	9,5	9,5
Stiel	16,3	15,5	11,0	23,5	15,9	12,4
Blattanzahl	16,0	15,4	16,0	20,5	21,5	20,1
Blattlänge	12,8	9,9	9,2	12,5	13,7	13,1
Stiellänge	18,9	16,0	16,0	22,0	21,6	19,7
Stamm länge	17,6	11,0	11,9	27,1	17,7	19,2
Stamm d m e s s e r	15,6	10,9	14,6	13,2	14,0	10,6
Holzgehalt (Stamm)	17,6	18,3	20,0	15,8	16,2	13,4

In Tab. 2 sind die Variationskoeffizienten ( $s\%$ ) für die untersuchten Merkmale zusammengefaßt. Die Koeffizienten bringen die varietale und intervarietale Variabilität der Kreuzungspopulationen zum Ausdruck. Die Streuung hängt naturgemäß von der Zusammensetzung der hier geprüften Populationen ab und gilt streng genommen nur für diese. Die weitgehende Übereinstimmung in den Jahren trotz unterschiedlicher Populationszusammensetzung deutet jedoch eine gewisse Allgemeingültigkeit für die zu erwartende Größenordnung bei Futterkohl an.

Auf Grund der Zugehörigkeit der Eltern der Futterkohlpopulationen zu verschiedenen Subspecies von *Brassica oleracea* wäre hier eine größere Variabilität gegenüber den Kreuzungsnachkommen aus halbmedullosa-Typen zu erwarten. Dies ist jedoch nur bei den Merkmalen Blattanzahl, Blattstiellänge, Stammlänge und den Stamm- und Blattspreitenanteilen an den Endmassen ausgeprägt sowie bei einigen anderen angedeutet. Trotz der z. T. extremen Populationen innerhalb der Futterkohle sind die Variationskoeffizienten bei den Trockenmassen- und Rohproteingehalten nur gleich denen beim Markstammkohl oder gar deutlich niedriger. Somit dürften unter dem alleinigen Gesichtspunkt der phänotypischen Variabilität die Selektionschancen beim Futterkohl nicht wesentlich größer als bei den als Zuchtmaterial vorliegenden halbmedullosa-Typen sein.

Zwischen den Merkmalen treten weitgehend übereinstimmend in allen Jahren z. T. beachtliche Streuungsunterschiede auf. Besonders auffallend ist die geringe Variabilität der Trockenmassen- und Rohproteingehalte, jedoch deutlich unterschiedlich in den Organen Stamm, Blattspreite und Blattstiel. Die

Tabelle 3. Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) für Markstamm- und Futterkohl im Mittel der Jahre 1962—1964.

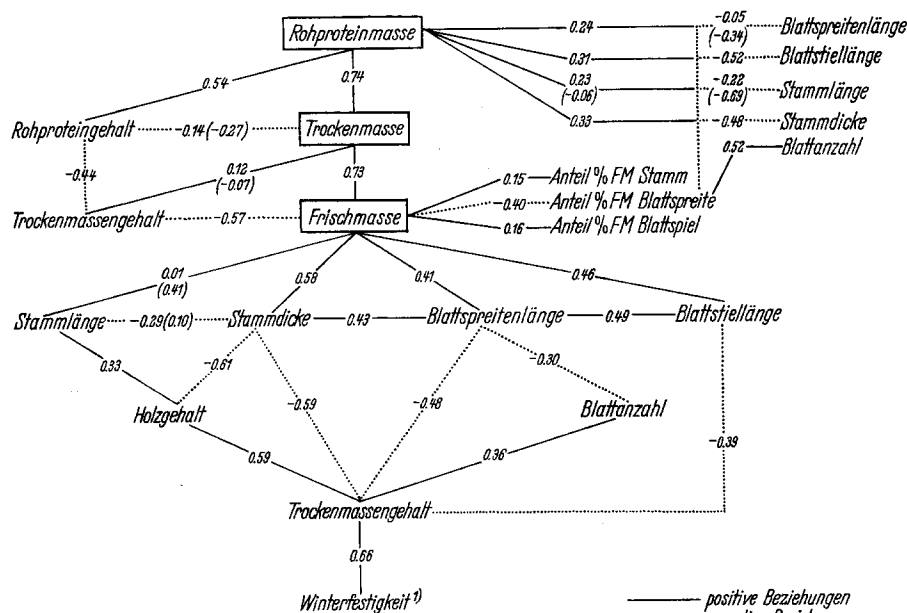
[illegible]

Variabilität der Gehalte in der Blattspreite ist so gering, daß hier kaum eine wesentliche züchterische Veränderung möglich sein dürfte. Im Stamm und Blattstiel liegt dagegen eine größere Variabilität dieser Inhaltsstoffe vor. Hieraus wird deutlich, daß die Blattspreite als das für die Assimilation entscheidende Organ eine artspezifische stoffliche Zusammensetzung aufweist, die nur auf ihre stoffwechselphysiologische Funktion ausgerichtet und gegenüber Veränderungen weitgehend abgesichert ist. Bei dem Blattstiel ergibt sich aus seiner vorwiegenden Leitfunktion und bei der Sproßachse aus ihrer teilweisen Speicherfunktion eine größere Variabilität. Wesentliche züchterische Veränderungen hinsichtlich der Trockenmassen- und Rohproteingehalte sind allgemein nur bei Pflanzen mit Speicherorganen möglich. Deshalb sind auch beim Futterkohl Veränderungen in der Gesamtpflanze nur über Veränderungen der Stammgehalte erreichbar. Der Blattstiel sollte ohnedies bei den gegebenen Zuchtzielen nur noch mit sehr geringen Anteilen an der Gesamtpflanze vorhanden sein. Die hier bestätigten Verhältnisse hatten sich bereits bei den Untersuchungen über die Stoffproduktion angedeutet (SCHWEIGER und MEINL, 1967).

#### 4. Beziehungen zwischen den Merkmalen

##### Einfache Korrelationen und Regressionen

Die ermittelten Korrelations- und Regressionskoeffizienten waren in den verschiedenen Jahren der Größenordnung nach gleich. Für die Darlegung der Zusammenhänge erscheint es daher im Interesse der Übersichtlichkeit gerechtfertigt, die mittleren Koeffizienten zu verwenden. Eine gemeinsame Verrechnung der Versuchsjahre war infolge z. T. unterschiedlicher absoluter Variablenbereiche nicht zulässig. Für die Markstamm- und Futterkohle werden getrennte Werte beibehalten. Obwohl in der Regel der Trend der ermittelten Beziehungen bei beiden Gruppen gleich ist, sind diese doch verschieden eng, und bei einigen Merkmalen treten auch unterschiedliche Beziehungen auf.



<sup>1)</sup> an anderen Populationen ermittelt

Abb. 2. Korrelationskoeffizienten zwischen den wesentlichsten Merkmalen des Ertrages.

In Tab. 3 sind die mittleren Korrelationskoeffizienten für die wesentlichsten Beziehungen zusammengestellt. In den einzelnen, den Mittelwerten zugrunde liegenden Verrechnungsgruppen (Jahre und Markstamm- bzw. Futterkohl) sind Korrelationskoeffizienten entsprechend der Anzahl der Wertepaare zwischen 0,18 und 0,25 mit  $P = 5\%$ , zwischen 0,23 und 0,33 mit  $P = 1\%$  und zwischen 0,30 und 0,41 mit  $P = 0,1\%$  signifikant.

Trotz Signifikanz bei der Mehrzahl der Beziehungen fällt auf, daß diese in der Regel sehr locker sind und nur in wenigen Fällen Bestimmtheiten über 50 bis 60% erreicht werden. Nach den Untersuchungen von JOHNSON et al. (1955) an Sojabohnen, BELL-MANN (unveröffentlicht) an Mais und anderen muß jedoch angenommen werden, daß die genetischen Korrelationen im allgemeinen enger als die phänotypischen sind. Die vorliegenden, meist lockeren Zusammenhänge sind deshalb in der Züchtungspraxis wesentlich straffer zu erwarten, wie wir auch im Verlauf unserer durchgeführten Zuchtarbeiten erfahren mußten.

Entsprechend dem in Abbildung 1 dargestellten Pfaddiagramm über den Ertragsaufbau beim Futterkohl sind die für den Züchter wesentlichsten korrelativen Zusammenhänge in Abbildung 2 dargestellt. Dabei sind die Korrelationskoeffizienten für Futterkohl und nur bei bedeutsamen oder stärkeren Abweichungen auch die für Markstammkohl (in Klammern) angegeben. Es ergibt sich zunächst die sehr enge positive Beziehung zwischen den Frisch-, Trocken- und Rohproteinmassen. Bei Markstamm- und Futterkohl ist damit eine hohe Frischmasse die entscheidende Voraussetzung für hohe Trocken- und Rohproteinmassen.

Entgegen den Erwartungen besteht zwischen dem Trockenmassengehalt und der Trockenmasse keine Beziehung (Einzelwerte in den Jahren und bei Markstamm- und Futterkohl  $r = -0,153$  bis  $0,177$ ), so daß die Frischmasse zur wesentlichsten Größe für die Trockenmasse wird. Zuchtfortschritte hinsichtlich der bei Futterpflanzen als Bewertungsmaßstab herangezogenen Trockenmasse sind damit beim Futterkohl wahrscheinlich nur über eine Erhöhung der Frischmasse zu erreichen. Dagegen besteht neben der sehr engen positiven Beziehung der Trockenmasse zur Rohproteinmasse auch eine eindeutige, ebenfalls positive, zwischen Rohproteingehalt und Rohproteinmasse ( $r = 0,280$  bis  $0,607$ ). Hier wird die Bedeutung des Rohproteingehaltes als Selektionsmerkmal für die Ausbildung hoher Rohproteinmassen deutlich.

Die an der Ausbildung der Frischmasse unmittelbar beteiligten Merkmale Stammstärke und -durchmesser sowie Blattspreiten- und Blattstielstärke sind mit dieser und untereinander ziemlich eng posi-

tiv korreliert. Bei der Stammlänge gilt dies nur für die Markstammkohle. Mit Ausnahme der Stammlänge sind alle diese Merkmale mit dem Trockenmassengehalt und dem Holzgehalt deutlich negativ korreliert, woraus letztlich die enge negative und die Futterkohlzüchtung sehr erschwere Korrelation zwischen Trockenmassengehalt und Frischmasse resultiert ( $r = -0,451$  bis  $-0,605$ ).

Obwohl die Blattspalten- und Blattstiellänge und damit die Blattgröße positiv mit der Frischmasse korrelieren, bewirken deren negative Beziehungen zur Blattanzahl auch eine negative Beziehung zwischen Blattspaltenanteil und der Gesamtfrischmasse. Ein hoher Blattspaltenanteil ist seinerseits mit einer geringen Ausbildung von Stammlänge und -durchmesser sowie Blattspalten- und Blattstiellänge verbunden und wirkt damit ertragsdrückend. Daraus folgt, daß der von vielen Autoren aus Gründen der Qualitätsverbesserung gewünschte hohe Blattanteil in der Regel auf Kosten des Gesamtertrages geht, weil damit eine geringe Ausbildung der die Frischmasse im wesentlichen bedingenden Ertragsmerkmale verbunden ist und diese untereinander ziemlich eng positiv korrelieren. Überdies bewirkt auch ein hoher Blattspaltenanteil keine Steigerung der Rohproteinmasse ( $r = -0,207$  bis  $-0,049$ ) und wirkt sich nur in einigen Fällen positiv auf den Rohproteingehalt aus ( $r = -0,161$  bis  $0,445$ ).

Von züchterischer Bedeutung ist noch die ziemlich enge negative Beziehung zwischen dem Trockenmassen- und Rohproteingehalt, die auch in den wechselseitigen negativen Beziehungen zu den entsprechenden Massen zum Ausdruck kommt.

Neben der Korrelation interessiert besonders in der Züchtung die Regression der Beziehung. In Tab. 4 sind die mittleren Regressionskoeffizienten für Markstammkohl und in Tab. 5 die für Futterkohl zusammengefaßt. Da die Richtung der Abhängigkeit bei den hier geprüften Beziehungen nicht in jedem

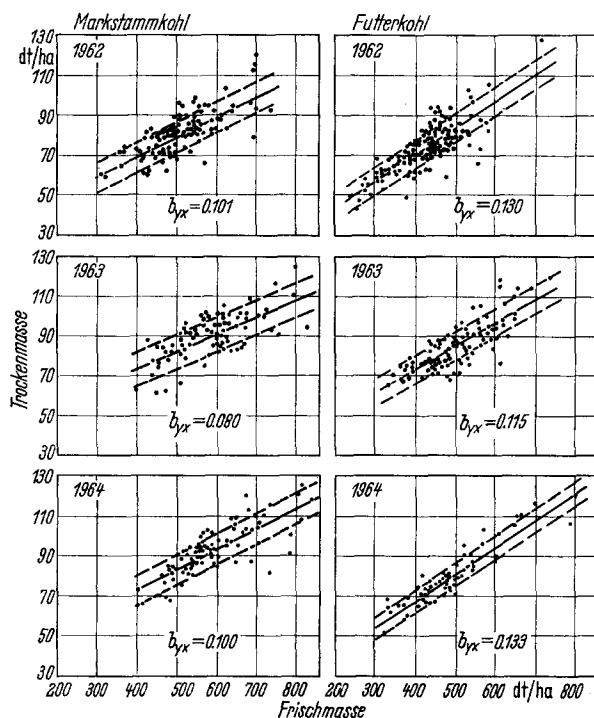


Abb. 3. Regression und Verteilung der Punktwolke bei der Beziehung zwischen Frisch- und Trockenmasse.

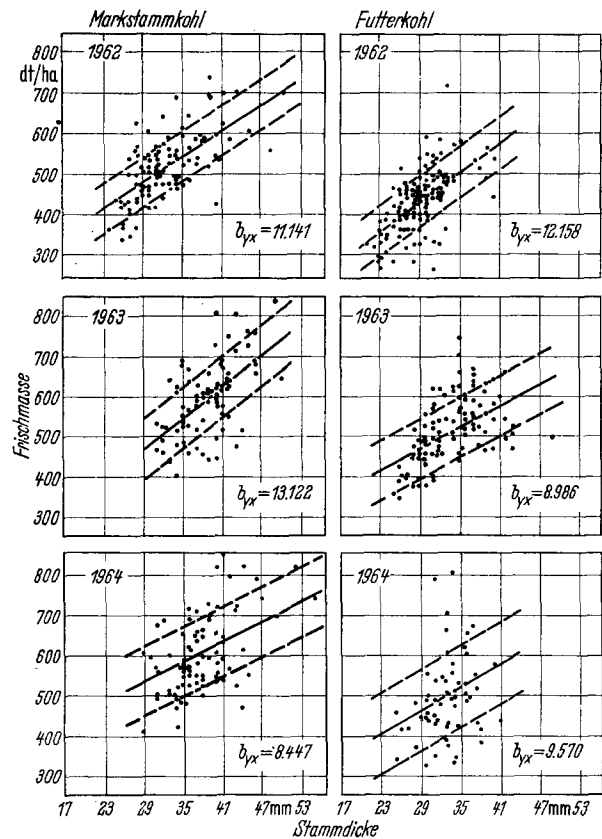


Abb. 4. Regression und Verteilung der Punktwolke bei der Beziehung zwischen Stammdicke und Frischmasse.

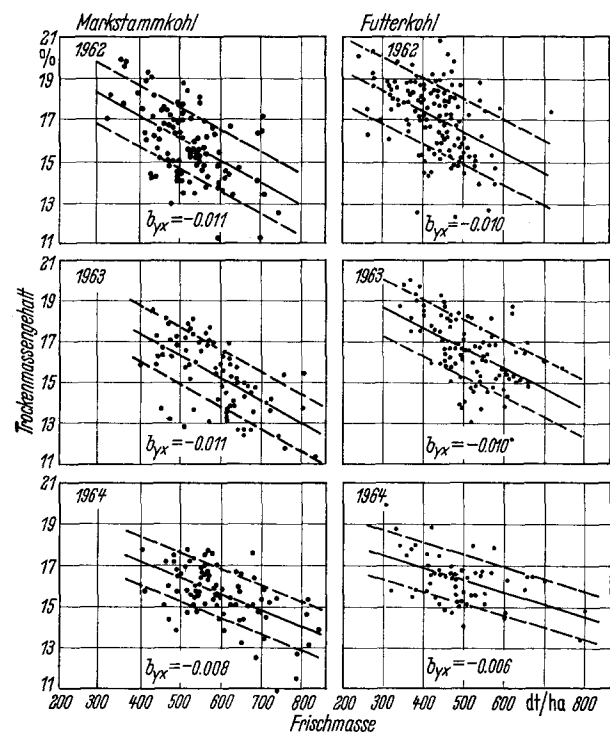


Abb. 5. Regression und Verteilung der Punktwolke bei der Beziehung zwischen Frischmasse und Trockenmassengehalt.

Fall biologisch sinnvoll festgelegt werden kann, wurden die beiden Regressionskoeffizienten berechnet.

Für den Einzelfall sind die Regressionskoeffizienten den Tabellen zu entnehmen. Als Beispiele für züchterisch besonders interessierende Beziehungen sind drei Regressionsdiagramme mit ihren Punktwolken in den Abbildungen 3 bis 5 dargestellt. Die Darstel-

Tabelle 4. Regressionskoeffizienten (byx) für Markstammkohl im Mittel der Jahre 1962–1964.

X	Y	FM				Anteile in %				TM				Trockenmassegehalt %				KM				Rohproteingehalt %				Blatt- zahl	Blatt- länge cm	Stiel- länge cm	Stamm- länge cm	Stamm- dicke mm	Holz- gehalt %
		dt/ha	Stamm	Blatt	Stiel	dt/ha	Gesamt- pfl.	Stamm	Blatt	Stiel	dt/ha	Gesamt- pfl.	Stamm	Blatt	Stiel	dt/ha	Gesamt- pfl.	Stamm	Blatt	Stiel											
Frischmasse Anteile %	dt/ha Stamm Blatt Stiel	2,29	0,01	-0,02	0,01	0,09	-0,01	-0,01	-0,00	-0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,01	-0,02	0,00	0,01	0,00	-0,00	0,02	0,02	-0,01	0,03	-0,01	0,03	-0,01			
		-8,80	-1,20	-0,54	-0,46	0,06	-0,04	-0,14	-0,01	-0,03	-0,01	-0,02	-0,01	-0,06	-0,02	-0,23	0,09	-0,19	0,83	0,21	0,16	-0,23	-0,09	-0,19	0,83	0,21	0,16	0,21			
		3,47	-1,31	0,30	0,19	0,27	-0,06	0,04	-0,04	-0,07	0,09	0,06	0,06	0,03	0,01	0,33	-0,08	-0,22	-0,63	-0,57	0,44	0,22	0,30	0,78	-0,13	0,08	-0,07	0,44			
Trockenmasse Trockenmassegehalt	dt/ha Gesamt Stamm Blatt Stiel	5,72	0,01	-0,04	0,03	0,83	0,02	0,02	0,02	0,01	0,11	-0,02	-0,02	0,01	-0,02	0,04	0,03	0,09	0,11	0,09	-0,02	0,03	0,09	0,11	0,09	-0,02	0,09	-0,02			
		-32,83	-0,84	1,11	-0,27	0,51	0,67	1,34	0,30	0,44	-0,24	-0,37	-0,37	-0,57	-0,17	0,76	-0,06	-0,06	1,67	-1,78	2,34	0,76	-0,96	-1,06	1,67	-1,78	2,34	0,76			
		-30,20	-0,38	0,82	-0,45	2,24	1,19	1,34	0,64	0,95	-0,13	-0,22	-0,23	-0,34	-0,17	0,68	-0,65	-0,58	0,87	-1,31	1,68	0,54	-0,91	-1,14	1,82	-1,70	2,44	0,54			
Rohproteinmasse Rohproteingehalt	dt/ha Gesamt Stamm Blatt Stiel	39,54	-0,20	-0,19	0,38	4,93	-0,18	-0,21	-0,06	-0,15	0,71	0,42	0,44	0,54	0,23	0,19	0,43	0,78	-0,32	0,91	-0,95	0,19	0,43	0,78	-0,32	0,91	-0,95	0,19			
		14,97	-0,50	0,16	0,33	-0,98	-0,52	-0,62	-0,31	-0,36	0,71	0,94	1,03	0,94	0,62	-0,04	0,51	0,43	-1,62	0,71	-1,48	-0,09	0,46	0,37	-1,50	0,84	-1,28	-0,09			
		18,59	0,58	-0,65	0,11	0,32	-0,42	-0,51	-0,28	-0,38	0,37	0,50	0,35	0,54	0,36	-0,06	0,46	0,37	-1,50	0,84	-1,28	-0,09	0,46	0,37	-1,50	0,84	-1,28	-0,09			
Blattzahl Blattlänge Stamm- länge Stamm- dicke Holzgehalt	dt/ha Stamm Blatt Stiel	10,98	0,57	-0,61	0,05	-1,96	-0,56	-0,72	-0,38	-0,46	0,48	0,84	0,83	0,90	-0,28	0,26	0,62	-0,18	0,53	-1,07	-0,29	-0,17	0,28	-0,40	0,47	-0,40	0,47	-0,40			
		-4,08	-0,77	0,51	0,26	0,41	0,17	0,31	0,06	0,10	0,05	-0,01	-0,01	-0,04	-0,03	-0,33	-0,29	-0,17	0,28	-0,40	0,47	-0,40	0,47	-0,40	0,47	-0,40	0,47	-0,40			
		11,60	-0,25	-0,12	0,37	0,38	-0,25	-0,33	0,07	-0,16	0,14	0,10	0,11	0,09	0,02	-0,04	0,35	0,69	-0,83	0,63	-0,68	-0,33	-0,29	-0,17	0,28	-0,40	0,47	-0,40	0,47		

Tabelle 5. Regressionskoeffizienten (byx) für Futterkohl im Mittel der Jahre 1962–1964.

X	Y	FM		Anteile in %			TM		Trockenmassegehalt %			RM		Rohproteingehalt %			Blatt- zahl	Blatt- länge cm	Stiel- länge cm	Stamm- länge cm	Stamm- dicke mm	Holz- gehalt %
		dt/ha	Stamm	Blatt	Stiel	dt/ha	Gesamt- pfl.	Stamm	Blatt	Stiel	dt/ha	Gesamt- pfl.	Stamm	Blatt	Stiel							
Frischmasse Anteile %	$\left\{ \begin{array}{l} \text{dt/ha} \\ \text{Stamm} \\ \text{Blatt} \\ \text{Stiel} \end{array} \right\}$	3,00	0,03	-0,03	0,02	0,13	-0,01	-0,01	-0,00	-0,01	0,02	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,01	0,02	0,02	0,07	0,02	-0,01	
		-4,55	-1,00	0,00	-0,17	0,46	-0,02	-0,10	-0,02	-0,06	0,02	-0,06	-0,04	0,07	0,02	-0,36	0,06	0,16	1,44	0,16	0,04	
		4,75	-1,00	0,00	-0,00	0,60	0,60	0,04	0,13	0,02	0,08	-0,03	0,07	0,04	-0,08	0,35	-0,13	-0,32	-1,48	-0,24	0,00	
Trockenmasse Trockenmassegehalt	$\left\{ \begin{array}{l} \text{dt/ha} \\ \text{Gesamt} \\ \text{Stamm} \\ \text{Blatt} \\ \text{Stiel} \end{array} \right\}$	5,80	0,17	-0,18	0,01	-0,15	0,00	-0,01	0,00	-0,00	0,10	-0,03	-0,03	-0,01	-0,01	-0,04	0,07	0,08	0,52	0,09	0,02	
		-29,15	-0,34	0,85	-0,51	-0,54	0,58	0,31	0,46	0,78	-0,32	-0,38	-0,29	-0,57	-0,41	0,76	-0,58	-0,52	-1,02	-1,04	1,46	
		-36,54	-0,83	0,98	-0,15	-0,50	1,17	1,48	0,96	0,96	-0,27	-0,27	-0,19	-0,54	-0,37	1,03	-0,42	-0,56	-3,08	-0,66	0,75	
Rohproteinmasse Rohproteingehalt	$\left\{ \begin{array}{l} \text{dt/ha} \\ \text{Gesamt} \\ \text{Stamm} \\ \text{Blatt} \\ \text{Stiel} \end{array} \right\}$	49,66	0,39	-0,50	0,11	5,68	-0,21	-0,37	-0,13	-0,21	0,45	0,34	0,26	0,47	0,28	-0,34	0,49	0,44	2,06	0,54	-0,45	
		-1,98	-1,57	1,47	0,10	-2,43	-0,39	-0,51	-0,20	-0,29	-0,21	0,37	0,90	0,80	0,91	0,64	0,21	-0,15	-0,26	-2,73	-0,27	-0,94
		-4,53	-1,45	1,08	0,17	-2,44	-0,34	-0,47	-0,16	-0,24	-0,24	0,35	0,50	0,28	0,56	0,44	0,11	-0,15	-0,07	-3,35	-0,15	-1,14
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Stamm} \\ \text{Blatt} \\ \text{Stiel} \end{array} \right\}$	7,99	0,98	-1,04	0,66	-0,26	-0,33	-0,57	-0,20	-0,35	0,42	0,76	0,57	0,92	0,44	-0,91	0,18	0,46	1,98	-0,26	-0,49	
		5,17	0,42	-0,23	-0,20	-1,22	-0,48	-0,70	-0,35	-0,44	-0,44	0,42	0,76	0,57	0,92	0,44	-1,13	-0,07	0,03	0,53	0,11	-1,03
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Blattzahl} \\ \text{Blatlänge} \\ \text{Stellänge} \\ \text{Stammlänge} \\ \text{Stammdicke} \\ \text{Holzgehalt} \end{array} \right\}$	-5,87	-0,75	0,63	0,13	0,23	0,06	0,16	0,04	0,09	-0,04	-0,02	0,01	-0,12	-0,08	-0,08	-0,08	-0,17	-1,14	-0,09	0,04	
		10,01	0,29	-0,55	0,26	1,09	-0,15	-0,25	-0,06	-0,12	0,13	-0,01	-0,01	-0,09	0,06	-0,24	0,40	0,03	0,87	0,61	-0,38	
		6,17	0,42	-0,91	0,39	0,71	-0,08	-0,15	-0,02	-0,10	0,07	-0,03	-0,00	0,11	0,01	-0,28	0,40	0,09	1,18	0,32	-0,16	
	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Stamm} \\ \text{Blatt} \\ \text{Stiel} \end{array} \right\}$	2,31	0,38	-0,33	-0,05	0,36	-0,01	-0,04	-0,01	-0,03	0,12	-0,03	-0,03	0,03	0,00	-0,14	0,04	0,09	0,93	0,03	0,08	
		10,24	0,61	-0,73	0,12	1,02	-0,16	-0,28	-0,09	-0,12	0,12	0,12	-0,02	-0,00	0,06	0,05	-0,22	0,42	0,34	0,38	-0,57	
		-2,86	0,08	0,00	-0,08	0,03	0,12	0,17	0,07	0,06	-0,04	-0,05	-0,07	-0,08	-0,06	-0,00	0,02	0,13	-0,09	0,55	-0,27	

lung der Punktwolken ist insofern von züchterischem Interesse, weil aus der Lage der Einzelwerte auf das Auftreten phänotypischer „Korrelationsbrecher“ geschlossen werden kann.

Bei der Beziehung zwischen Frischmasse und Trockenmasse (Abb. 3) gruppiert sich die Punktwolke sehr eng beiderseits der Regressionsgeraden und nur beim Markstammkohl ist die Streuung der Werte etwas größer. Die Regression  $b_{yx}$  ist bei Futterkohl höher. Die Zusammenhänge zwischen beiden Größen sind so evident, daß eine Brechung dieser Beziehung in Richtung hoher Trockenmassen bei geringeren Frischmassen kaum möglich erscheint.

Die Beziehung zwischen Stammdurchmesser und Frischmasse ist ziemlich locker (Abb. 4). Die Streuung der Punktwolke läßt Möglichkeiten der züchterischen Veränderung in Richtung dünnerer Stämme bei hohen Erträgen erwarten. Die Selektion in dieser Richtung erscheint wegen der negativen Korrelation der Stammdicke zum Trockenmassengehalt und damit zur Winterfestigkeit notwendig. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß die Regression Frischmasse auf Stammdicke mit ca. 10 dt/ha beachtlich ist.

Die Streuung der Punktwolke bei der entscheidenden negativen Beziehung zwischen Frischmasse und Trockenmassengehalt läßt gewisse Möglichkeiten zur Brechung dieser Korrelationen erkennen (Abb. 5). Diese dürfen jedoch nicht überschätzt werden, da im Quadranten der günstigsten Kombinationen außerhalb der Streuungsgrenze nur wenig Werte vorkommen und der Trockenmassengehalt im Interesse der Winterfestigkeit gegenüber der Sorte Gülzower Grüner um ca. 4% erhöht werden müßte. Bei der hohen Regression der Frischmasse auf den Trockenmassengehalt (ca. 30 dt/ha) wird die mit diesen Bemühungen verbundene Gefahr für den Ertrag besonders deutlich.

#### Multiple Korrelationen

Für einige Merkmalskomplexe des Endertrages wurde das Zusammenwirken der wesentlichsten Größen durch die Berechnung multipler Korrelationen erfaßt. Nach dem Pfaddiagramm in Abbildung 1 ergibt sich die Rohproteinmasse ausschließlich durch die Multiplikation der Trockenmasse mit dem Rohproteingehalt, woraus sich zwangsläufig eine Gesamtbestimmtheit von nahe 1 ergibt (Tab. 6). Die für die einzelnen Jahre und über die Werte der Jahre

Tabelle 6. Die Abhängigkeit der Rohproteinmasse ( $y$ ) von der Trockenmasse ( $x_1$ ) und dem Rohproteingehalt ( $x_2$ ). Multiple Bestimmtheit ( $B$ ) und deren Anteile  $B_1$  und  $B_2$ .

	Gesamtbestimmtheit $B$	Teilbestimmtheiten			
		Trockenmasse		Rohproteingehalt	
		$B_1$	%	$B_2$	%
Markstammkohl					
1962	0,9425	0,6413 <sup>+++</sup>	68	0,3012 <sup>+++</sup>	32
1963	0,9665	0,5819 <sup>+++</sup>	60	0,3846 <sup>+++</sup>	40
1964	0,9973	0,6373 <sup>+++</sup>	64	0,3600 <sup>+++</sup>	36
1962 bis 1964	0,8883	0,5227 <sup>+++</sup>	59	0,3656 <sup>+++</sup>	41
Futterkohl					
1962	0,9896	0,6468 <sup>+++</sup>	65	0,3428 <sup>+++</sup>	35
1963	0,9758	0,7105 <sup>+++</sup>	73	0,2653 <sup>+++</sup>	27
1964	0,9897	0,8393 <sup>+++</sup>	85	0,1504 <sup>+++</sup>	15
1962 bis 1964	0,9853	0,7158 <sup>+++</sup>	73	0,2695 <sup>+++</sup>	27

errechneten Teilbestimmtheiten liegen übereinstimmend für die Trockenmasse bei Markstammkohl um 60% und bei Futterkohl um 75%. Damit erklärt die Höhe der Trockenmasse zum überwiegenden Teil die Höhe der Rohproteinmasse und wesentliche Veränderungen letzterer sind damit über eine Veränderung der Trockenmasse zu erreichen. Die Bestimmtheitsanteile des Rohproteingehaltes liegen jedoch so hoch, daß auch über diesen erfolgversprechend auf die Rohproteinmasse Einfluß genommen werden kann.

Auch die Trockenmasse ergibt sich ausschließlich aus der Multiplikation der Frischmasse mit dem Trockenmassengehalt. Hier übernimmt jedoch die Frischmasse mit etwa 95% fast ausschließlich die Gesamtbestimmtheit (Tab. 7). Der Bestimmtheitsanteil des Trockenmassengehaltes von etwa 5% beweist eindeutig, daß über diese Größe eine Erhöhung der Trockenmasse nicht erreicht werden kann. Die durch höhere Trockenmassengehalte rein multiplikativ zu erwartenden höheren Trockenmassen werden durch die negative Beziehung zur Frischmasse praktisch vollständig kompensiert.

Tabelle 7. Die Abhängigkeit der Trockenmasse ( $y$ ) von der Frischmasse ( $x_1$ ) und dem Trockenmassengehalt ( $x_2$ ). Multiple Bestimmtheit ( $B$ ) und deren Anteile  $B_1$  und  $B_2$ .

	Gesamtbestimmtheit $B$	Teilbestimmtheiten			
		Frischmasse		Trockenmassengehalt	
		$B_1$	%	$B_2$	%
Markstammkohl					
1962	0,9747	0,8561 <sup>+++</sup>	88	0,1186 <sup>+++</sup>	12
1963	0,9638	0,8027 <sup>+++</sup>	83	0,1611 <sup>+++</sup>	17
1964	0,9842	0,9582 <sup>+++</sup>	97	0,0260 <sup>+++</sup>	3
1962 bis 1964	0,9699	0,9178	95	0,0521	5
Futterkohl					
1962	0,9816	0,9097 <sup>+++</sup>	93	0,0719 <sup>+++</sup>	7
1963	0,9795	0,9313 <sup>+++</sup>	95	0,0482 <sup>+++</sup>	5
1964	0,9807	1,0389 <sup>+++</sup>	100	0,0582 <sup>+++</sup>	0
1962 bis 1964	0,9904	0,9853 <sup>+++</sup>	99	0,0051 <sup>+++</sup>	1

Die bereits betonte Bedeutung hoher Frischmassen als Voraussetzung für hohe Trocken- und Rohproteinmassen war Anlaß, die morphologisch an der Ausbildung der Frischmasse beteiligten Merkmale hinsichtlich ihrer multiplen Anteiligkeit zu untersuchen. Wie Tabelle 8 zeigt, erklärt die Variabilität der untersuchten Merkmale Blattanzahl, Blattspreiten- und Blattstiellänge sowie Stammlänge und -dicke die Variabilität der Frischmasse zu etwa 50% ( $B = 0,4997$  bzw.  $0,4070$ ). Daran sind die Merkmale mit unterschiedlichen Anteilen beteiligt, die überdies in den einzelnen Jahren ziemlich starken und aus vorliegenden Untersuchungen nicht erklärbaren Schwankungen unterliegen.

Eindeutig ist die hohe Teilbestimmtheit der Stammdicke. Dieses Merkmal erklärt im Mittel der Jahre die Variation der Frischmasse bei Markstammkohl mit 65% und bei Futterkohl mit 43%, womit seine Bedeutung für die Selektion erneut unterstrichen wird. Die Stammlänge verfügt bei Futterkohl über die gleichhohe Teilbestimmtheit wie die Stammdicke, bei Markstammkohl ist sie völlig unbedeutend. Dagegen erklärt die Variabilität des Blattstieles die der Frischmasse bei Markstammkohl mit 23%, verfügt bei Futterkohl aber nur 1963 über einen erwähnenswerten Bestimmtheitsanteil. Sehr unterschiedlich,



Tabelle 8. Die Abhängigkeit der Frischmasse ( $y$ ) von einigen Merkmalen ( $x_1$  bis  $x_5$ ).  
Multiple Bestimmtheit ( $B$ ) und deren Anteile  $B_1$  bis  $B_5$ .

	Gesamtbestimmtheit $B$	Teilbestimmtheiten									
		Blattanzahl		Blattspreitenlänge		Blattstiellänge		Stammlänge		Stammdicke	
		$B_1$	%	$B_2$	%	$B_3$	%	$B_4$	%	$B_5$	%
Markstammkohl											
1962	0,6984	-0,0012°	0	0,0647 <sup>+</sup>	9	0,3509 <sup>+++</sup>	48	-0,0318 <sup>++</sup>	0	0,3158 <sup>+++</sup>	43
1963	0,4822	0,0028°	1	0,1900 <sup>+</sup>	39	0,0446°	9	0,0076 <sup>+</sup>	2	0,2372 <sup>+</sup>	49
1964	0,2609	-0,0097°	0	0,0115°	4	0,0417°	15	0,0079°	3	0,2095 <sup>+</sup>	78
1962 bis 1964	0,4997	-0,0148°	0	0,0363°	7	0,1172 <sup>++</sup>	23	0,0263 <sup>+</sup>	5	0,3347 <sup>+++</sup>	65
Futterkohl											
1962	0,5735	-0,0262 <sup>+</sup>	0	0,1512 <sup>++</sup>	25	0,0076°	1	0,1732 <sup>+++</sup>	29	0,2677 <sup>+++</sup>	45
1963	0,5157	0,0092°	2	0,0950°	18	0,0810°	16	0,2083 <sup>++</sup>	40	0,1240 <sup>+</sup>	24
1964	0,1049	0,0406°	34	-0,0080°	0	-0,0049°	0	0,0207°	18	0,0565°	48
1962 bis 1964	0,4070	0,0250°	6	0,0245°	6	0,0096°	2	0,1756 <sup>++</sup>	43	0,1723 <sup>++</sup>	43

aber in einigen Jahren beachtlich, ist die Blattspreitenlänge an der Ausbildung der Frischmasse beteiligt, während der Bestimmtheitsanteil der Blattanzahl völlig bedeutungslos ist. Damit übernehmen von den untersuchten Merkmalen bei Markstammkohl die Stammdicke und Blattstiellänge sowie 1963 die Blattspreitenlänge fast 90% der erfaßten Gesamtbestimmtheit der Frischmasse und auf diese Merkmale wäre zur Verbesserung der Ertragsfähigkeit vorrangig zu selektieren. Beim kurzstämmigen Futterkohl tritt an Stelle des Blattstieles die Stammlänge als weiteres Selektionsmerkmal. Damit wäre allgemein ein hoher Stammanteil anzustreben.

#### Diskussion und Schlußfolgerungen für die Selektion

Bei der Beurteilung der Möglichkeiten und Konsequenzen, die sich aus den vorliegenden und anderen Untersuchungen für die Futterkohlzüchtung ergeben, muß von den hauptsächlichsten Zuchtzielen ausgegangen werden (SCHWEIGER, 1966). Unter unseren Anbaubedingungen sind dies:

1. Erhöhung der Leistung und der Ertragsfähigkeit bei verkürzter Wachstumszeit. Letztere ergibt sich aus dem aus arbeitswirtschaftlichen Gründen notwendig gewordenen Drillanbau in Zweitfruchtstellung nach spät das Feld räumenden Winterzwischenfrüchten. Damit tritt ein Vegetationszeitverlust von ca. sieben Wochen gegenüber gepflanzten Beständen ein.

2. Erhöhung der Winterfestigkeit für die Feldüberwinterung zum Zwecke der Saatguterzeugung. Eine Frostfestigkeit bis  $-20^\circ\text{C}$  ist anzustreben.

3. Einhaltung bestimmter Qualitätslimite, vor allem hinsichtlich Eiweißgehalt und Verdaulichkeit.

Neben den aus vorliegenden Untersuchungen gewonnenen Erkenntnissen hinsichtlich der Eignung der verschiedenen Merkmale für die Selektion sollen im Interesse der Darlegung des Gesamtproblems die aus den Untersuchungen zur Stoffproduktion bei Futterkohl (SCHWEIGER und MEINL, 1965, 1967) z. T. mit erörtert werden.

Zur Verbesserung der Leistung und der Ertragsfähigkeit ist, wie bei vielen anderen Pflanzenarten, die möglichst schnelle und maximale Ausbildung des Blattapparates notwendig. Dazu ist eine zügige Jugendentwicklung züchterisch anzustreben. Dies gilt für Futterkohl im besonderen, da sein Wachstumsbeginn nach Drillsaat im Juni bereits so spät liegt,

daß die für die Assimilation günstigsten Monate bei langsamer Jugendentwicklung kaum noch zur Stoffproduktion genutzt werden können. Die kurze zur Verfügung stehende Vegetationszeit verlangt eine höhere Leistung, wozu die schnelle Jugendentwicklung Voraussetzung ist. Die notwendige Variabilität dieses Merkmales ist bei einem breiten Ausgangsmaterial gegeben.

Unter genetischem Aspekt ist die Jugendentwicklung als Selektionsmerkmal gut geeignet, weil sie wenig von der hier nur kurzfristig einwirkenden Umwelt modifiziert wird. Noch stärker kommen die genotypisch bedingten Unterschiede bei der Keimpflanze zum Ausdruck.

Beim Futterkohl sind Keimpflanzen aus Samen mit einer hohen TKM in der Keimblattgröße und in der Anfangsentwicklung in der Regel denen aus kleinen Samen hervorgegangenen überlegen. Obwohl die Samengröße auch durch Modifikationen mit bedingt ist, treten doch erbliche Unterschiede in der TKM zwischen den Populationen auf. Es muß deshalb zur Erreichung einer schnellen Jugendentwicklung auf großsamige Populationen selektiert werden. Aus gleichen Gründen fordert SCHWANITZ (1950) bei Gemüse mit kurzer Vegetationsdauer eine Auslese auf große Samen.

Zur Erhöhung der Produktivität sollten die von uns festgestellten signifikanten Differenzen in der berechneten Assimilationsleistung zwischen verschiedenen Idiotypen Anlaß für eine Selektion auf dieses Merkmal sein. Gegenwärtig ist jedoch eine direkte Auslese auf die AL wegen deren aufwendiger Bestimmung an einem umfangreichen Zuchtmaterial noch nicht möglich. Diesbezügliche Merkmale zur indirekten Selektion sind ebenfalls noch nicht bekannt.

Weiter sind in dieser Richtung die gravierenden Unterschiede in der Blattfläche für ein größtmögliches assimilatorisch wirksames Areal auszunutzen. Dabei ist wegen der negativen Beziehung des Blattanteiles zum Ertrag nicht der höchstmögliche Blattanteil anzustreben. Da die Blattanzahl keine bzw. sogar eine schwach negative Beziehung zur Frischmasse zeigt, die Blattgröße dagegen eine eindeutig positive, sind zur Erreichung eines mittleren Blattanteiles weniger, dafür aber große Blätter anzustreben. Diese müßten im Interesse einer ausreichenden Belichtung auch der unteren Blätter möglichst locker an der Kohlpflanze verteilt sein. Mit der vertikalen besseren Ausnutzung des Raumes, der dem Pflanzenbestand

für die Assimilation zur Verfügung steht, ist damit für den Futterkohl gleiches wie von RAEUBER und ENGEL (1963) für die Kartoffel zu fordern. Diese im Blattaufbau lockeren Typen — verbunden mit einer hohen Assimilationsleistung je Einheit Blattfläche — könnten mit reinen medullosa-Formen am ehesten verwirklicht werden.

Aus der allometrischen Auswertung der in den früheren Arbeiten von uns untersuchten Idiotypen ergibt sich als wesentlich für die Züchtung der unterschiedliche Speicherungsbeginn. Wird durch die Blattfläche eine zeitig beginnende hohe Stoffproduktion gewährleistet, so muß zum Erreichen hoher Erträge die Einlagerung der erzeugten Kohlenhydrate ebenfalls früh beginnen, wozu eine entsprechende Speicherkapazität vorhanden sein muß. Hierzu sind frühspeichernde Typen zu selektieren, die durch ein visuell sichtbares, intensives Erstarkungswachstum über ein ausreichendes Speichervermögen in der Sproßachse verfügen. Der korrelationsanalytisch ermittelte hohe Bestimmtheitsanteil des Stammdurchmessers an der Gesamtbestimmtheit des Ertrages charakterisiert den Stammdurchmesser als wesentliches Selektionsmerkmal zur Erhöhung der Speicher- und damit der Ertragsfähigkeit.

Neben den bisher beschriebenen und — mit Ausnahme der Assimilationsleistung — visuell am Samen oder während der Wachstumszeit weitgehend erfassbaren Selektionsmerkmalen bleiben für den Züchter vorerst noch der Endertrag und seine Merkmale als meß- und wägbare Größen von Bedeutung für die Selektion. Unter diesem Aspekt ist zur züchterischen Ertragssteigerung auf Grund der korrelationsanalytischen Untersuchungen eine Erhöhung der Frischmasse notwendig. Die Verwendung der Frischmasse selbst als Selektionsmerkmal ist wegen ihrer starken Umweltabhängigkeit wenig wirkungsvoll. Hier ist es wiederum die Stammdicke und weiter die Blattgröße, welche sich vorrangig als Selektionsmerkmale zur Erhöhung der Frischmasse anbieten. Beide Merkmale sind nach unseren Beobachtungen hoch heritabel. *Damit führt die Korrelationsanalyse des Endertrages zu den gleichen wesentlichen Selektionsmerkmalen zur Verbesserung der Ertragsfähigkeit, wie sie aus den Untersuchungen zur Stoffproduktion abgeleitet wurden.* Ebenfalls positiv korreliert die Blattstiellänge mit der Frischmasse und auch mit der Blattspreitengröße. Damit läuft die Verkürzung der Blattstiele, die im Interesse eines geringeren Standraumanspruches in gedrillten Beständen sowie einer Qualitätsverbesserung der Gesamtpflanze anzustreben wäre, der Frischmassenerhöhung entgegen. Die Selektion kurzer Blattstiele darf deshalb nicht vorrangig erfolgen.

Alle bisher beschriebenen Selektionsmerkmale zur Erhöhung der Leistung und der Ertragsfähigkeit sind in Richtung des gewünschten bei den medullosa- und in schwächerer Form auch bei den halbmedullosa-Typen bereits stärker ausgeprägt als bei den acephala-Typen. Erstere zeigen deshalb auch eine höhere Ertragsfähigkeit und bieten sich vorrangig für die weitere züchterische Bearbeitung an. Als mögliche weitere Ursache dieser höheren Ertragsfähigkeit der Markstammkohle kommt hinzu, daß diese wahrscheinlich über ein niedrigeres Temperatur-Optimum für

das Wachstum verfügen und auch auf vom Optimum abweichende Temperaturen weniger empfindlich reagieren als die Futterkohle (RAEUBER, SCHWEIGER und MEINL, 1965).

Die Selektionsmerkmale zur Erhöhung der Ertragsfähigkeit sind mit dem Trockenmassengehalt mehr oder weniger eng negativ korreliert. Sie eignen sich deshalb nicht zur Auslese auf Frostfestigkeit. Zwischen dieser und dem Trockenmassengehalt besteht eine sehr enge Beziehung, die von v. DOBSCHÜTZ et al. (1960) mit  $r = 0,456$  angegeben wird. Wir ermittelten einen Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,656$ . Die Beziehung zwischen Frostfestigkeit und Trockenmassengehalt im Stamm war mit  $r = 0,933$  noch wesentlich enger. Damit ist die Selektion auf hohe Trockenmassengehalte gleichzeitig auf eine bessere Winterfestigkeit gerichtet. Die ziemlich enge negative Beziehung zwischen Trockenmassengehalt und Frischmasse sowie deren wesentlichsten Komponenten Stammdurchmesser und Blattgröße führt zu der Alternative, entweder sehr ertragreiche oder sehr winterfeste Futterkohle zu selektieren. *Extrem frostfeste Kohle sind nie die ertragreichsten und maximale Ertragsfähigkeit ist nur bei gleichzeitiger Verminderung der Frostfestigkeit zu erreichen.*

Wie gezeigt wurde, bestehen zwischen den Markstamm- und Futterkohlen und ihren unterschiedlichen Idiotypen große Unterschiede im Trockenmassengehalt zugunsten der Futterkohle. Diese bieten sich deshalb zur Selektion winterfester Formen an, wobei ihre große Variabilität im Trockenmassengehalt mit Rücksicht auf die Ertragsfähigkeit kaum voll ausgenutzt werden kann. Durch die Wahl geeigneter Kreuzungspartner ist es möglich, den Trockenmassengehalt soweit zu erhöhen, daß damit eine den Forderungen entsprechende Winterfestigkeit bei einer ebenfalls ansprechenden Ertragsfähigkeit erreicht werden kann, wie unsere vorhandenen Zuchtstämme beweisen.

Die Selektion auf hohen Trockenmassengehalt kann nur unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Futterqualität erfolgen. Die enge positive Beziehung zum Holzgehalt in der Sproßachse deutet an, daß sich mit höherem Trockenmassengehalt die Futterqualität vermindert. Wenn auch, wie in unseren Untersuchungen zur Stoffproduktion gezeigt wurde, der Holzgehalt nicht mit dem Rohfasergehalt gleichzusetzen ist, so nimmt doch mit dem Holzgehalt auch der Rohfasergehalt zu, wodurch sich die Futterqualität vermindert. Nach DENT (1963) besteht bei Markstammkohl zwischen Rohfasergehalt und Verdaulichkeit eine sehr enge negative Beziehung von  $r = -0,979$ . Somit sind der Erhöhung der Frostfestigkeit aus Gründen der Futterqualität Grenzen gesetzt.

Der qualitätsmindernde Einfluß hoher Holzgehalte darf nicht der Anlaß zur Züchtung auf extrem holzarme Sproßachsen sein. Abgesehen von der positiven Beziehung des Holzgehaltes zur Winterfestigkeit ist ein mittlerer Holzgehalt als Voraussetzung einer ausreichenden Standfestigkeit anzusehen. Gerade beim Futterkohl sind hier wegen der hohen Belastung durch die Herbststürme untere Grenzwerte einzuhalten. Diese sollten nach EFFMERT (1962) zwischen 20 und 30% der Trockenmasse liegen und vom Wurzelhals

aufwärts zunächst stark, dann weniger stark abnehmen. Der Holzgehalt und dessen Verlauf in der Sproßachse ist leicht und in großen Serien zu bestimmen (SCHWEIGER, LAMPRECHT und RAEUBER, 1963, WATTS, 1966).

Der weiteren Erhöhung des Rohproteingehaltes, der sich ja mit einem Bestimmtheitsanteil von 40 bzw. 25% auf die Rohproteinmasse auswirkt, läuft ebenfalls eine Selektion auf hohen Trockenmassengehalt entgegen. Den von seiten der Tierernährung gewünschten züchterischen Verbesserungen im Rohproteingehalt sind ohnedies enge Grenzen gesetzt. Die geringe Variabilität im Rohproteingehalt und die von uns ermittelten fehlenden Unterschiede im Reinproteinanteil deuten auf weitgehend artspezifische Konstanz dieser Merkmale hin. Eine Erhöhung des Rohproteingehaltes in der Gesamtpflanze wäre danach nur durch eine Verschiebung der Organanteile zugunsten der Blattspreite möglich. Dann wird jedoch die negative Beziehung zwischen Blattanteil und Frischmasse ertragsvermindernd wirksam. Die Bemühungen um eine völlig neu konstruierte Pflanze mit sitzenden Blattspalten werden hieraus verständlich. Bei diesen Idiotypen könnten dann völlig andere Beziehungen zwischen den Merkmalen auftreten.

Hinsichtlich weiterer, den Futterwert bestimmender Inhaltsstoffe sollten gegenwärtig keine besonderen züchterischen Anstrengungen unternommen werden. Ohne die Bemühungen einzuschränken, über biologische Untersuchungen und züchterische Arbeiten eine diesbezügliche Verbesserung der vorhandenen Formen zu erzielen, muß zunächst durch pflanzenbauliche und verwertungstechnische Maßnahmen erreicht werden, daß die potentiell bereits vorhandenen Möglichkeiten hinsichtlich der Qualität voll ausgeschöpft werden.

Zusammenfassend ergeben sich zur Erhöhung der Ertragsfähigkeit bei Futterkohl unter Berücksichtigung der Futterqualität und zur Sicherung der Saatguterzeugung die in Abbildung 6 dargestellten wesentlichen Selektionsmerkmale und -richtungen. Es wird nochmals deutlich, daß alle dem Ertrag dienenden

den Merkmale eine geringe Frostfestigkeit bedingen und umgekehrt. Die Schwierigkeiten, denen die Züchtung hier gegenübersteht, liegen auf der Hand.

### Zusammenfassung

An einem umfangreichen Zuchtmaterial von *Brassica oleracea* L. convar. *acephala* D.C. wurden Ertragsmerkmale analysiert, deren phänotypische Variabilität sowie wechselseitigen Beziehungen ermittelt und daraus ihre Eignung als Selektionsmerkmale und die Selektionsrichtung abgeleitet. Der Ertrag an Trocken- und Rohproteinmasse wird im wesentlichen durch den Ertrag an Frischmasse bedingt. Bei der Bildung der Rohproteinmasse ist der Rohproteingehalt mit einer Teilbestimmtheit von ca. 30%, bei der Trockenmasse der Trockenmassengehalt nur mit 5% beteiligt. Bei der Frischmasse übernehmen die Merkmale Stammstärke, Blattstielgröße und Blattspaltenbreite ca. 90% der erfaßten Gesamtbestimmtheit. Die Frostfestigkeit des Futterkohles korreliert sehr eng mit dem Trockenmassengehalt. Da Frischmasse und Trockenmassengehalt eng negativ korrelieren, sind hohe Erträge und hohe Frostfestigkeit kaum zu vereinen.

Zur Erhöhung der Leistung und der Ertragsfähigkeit ist auf schnelle Jugendentwicklung, große und locker sitzende Blätter, große Blattfläche, hohe Assimilationsleistung und dicke Sproßachsen zu selektieren. Durch die Selektion auf hohen Trockenmassengehalt wird die Frostfestigkeit verbessert, gleichzeitig aber der Holzgehalt und auch der Rohfasergehalt erhöht. Bei der Züchtung auf Frostfestigkeit müssen deshalb Grenzwerte für die qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffe beachtet werden.

### Literatur

1. DENT, J. W.: Applications of the two-stage in vitro digestibility method to variety testing. J. Brit. Grassl. Soc. 18, 181–189 (1963). — 2. v. DOBSCHÜTZ, B., H. STEGER und D. RASCH: Futterkohl als Winterzwischenfrucht und Weidepflanze. Züchter 30, 168–174 (1960). — 3. EFFMERT, B.: Über den Holzgehalt verschiedener Markstammkohlförmigen. Züchter 32, 335 bis 338 (1962). — 4. JOHNSON, W., H. F. ROBINSON and R. W. COMSTOCK: Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. Agronomy J. 47, 477–483 (1955). — 5. RAEUBER, A., u. K. H. ENGEL: Untersuchungen über den Verlauf der Massenzunahme bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) in Abhängigkeit von Umwelt- und Erbguteinflüssen. Univ. Rostock, Habil.-Schrift, 162 S. (1963). — 6. RAEUBER, A., W. SCHWEIGER u. G. MEINL: Die Abhängigkeit des Wachstums verschiedener Markstamm- und Futterkohle von einigen meteorologischen Faktoren. Züchter 35, 111–117 (1965). — 7. SCHWANITZ, F.: Großsamigkeit als Zuchtziel bei Gemüse mit kurzer Entwicklungsdauer. Züchter 20, 37–38 (1950). — 8. SCHWEIGER, W.: Untersuchungen zum Anbau und zur Züchtung des Futterkohles (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* D.C.). Univ. Rostock, Habil.-Schrift, 181 S. (1966). — 9. SCHWEIGER, W., P. LAMPRECHT u. A. RAEUBER: Eine Massentest-Methode zur Bestimmung des Holzgehaltes in Sproßachsen von Futterkohl. Züchter 33, 259–264 (1963). — 10. SCHWEIGER, W., u. G. MEINL: Untersuchungen zur Stoffproduktion bei Futterkohl. I. Verlauf des Wachstums, der Entwicklung und der Produktivität. Züchter 35, 354 bis 364 (1965). — 11. SCHWEIGER, W., u. G. MEINL: Untersuchungen zur Stoffproduktion bei Futterkohl. II. Quantitative Veränderung einiger qualitätsbestimmender Inhaltsstoffe im Verlauf der Entwicklung. Züchter 37, 1–12 (1967). — 12. WATTS, L. E.: Selection for quality in marrowstem kale. Euphytica 15, 224–228 (1966).

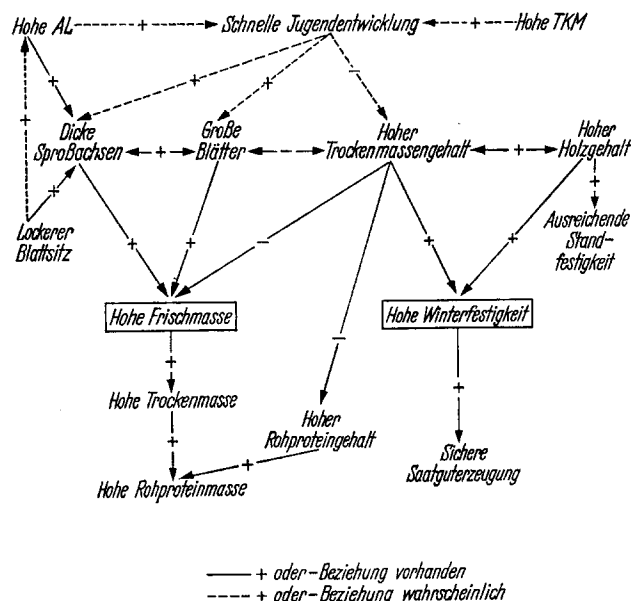


Abb. 6. Wesentlichste Selektionsmerkmale, Selektionsrichtung und die auftretenden Wechselbeziehungen bei der Selektion auf Ertrag und Winterfestigkeit.