

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Kleinwanzleben der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

## Beiträge zur Züchtung von 3x-Zuckerfutterrüben<sup>1</sup>

Von KURT BARTL

Mit 8 Abbildungen

### A. Einleitung und Problemstellung

Im Verlauf der einhundertfünfzigjährigen Geschichte der Zuckerrübe (*Beta vulgaris* provar. *altissima* Döll)<sup>2</sup> sind durch züchterische Arbeit bedeutende Leistungssteigerungen erreicht worden. Dabei fiel der größte Züchtungsfortschritt in den Zeitraum von 1890 bis 1910, in welchem sich der Übergang von der Massenauslese zur Individualauslese mit Nachkommenschaftsprüfung vollzog und die Selektionstechnik einen hohen Stand erreichte.

In den nachfolgenden Jahrzehnten wurden trotz Anwendung neuer Zuchtverfahren, darunter auch der Heterosiszüchtung, keine wesentlichen Erfolge erreicht.

Erst durch die Einführung der Polyploidiezüchtung gelang es bei Zuckerrüben erneut, eine Steigerung im Zuckerertrag je ha zu erzielen. 1940 hatten PETO and BOYES über Kreuzungen zwischen 2x-<sup>3</sup> und 4x-Zuckerrüben berichtet und auf Grund guter Leistungen der in hoher Zahl erhaltenen 3x-Bastarde erstmalig auf eine mögliche Ergänzung von Heterosis und Polyploidie in derartigen Pflanzen hingewiesen.

Die nachfolgenden Arbeiten bestätigen bei *Beta*-Rüben, im Gegensatz zu anderen Kulturarten, ein häufiges Vorkommen von 3x-Pflanzen nach Kreuzung zwischen 2x- und 4x-Formen, auch wenn die Bastardierung in Form von Bestandeskreuzungen vorgenommen wurde (MÜNTZING 1957, KNAPP 1958). Nun sind es aber gerade die aus den genannten Kreuzungen hervorgehenden 3x-Rüben, die bislang die höchsten Leistungen zeigen, wodurch bestätigt wird, daß nicht die mit Hilfe von Colchicin- oder Acenaphthenbehandlung gebildeten 4x-Pflanzen einen Fortschritt bedeuten, sondern 3x-Formen, die einen durch Kreuzbefruchtung erreichten Kombinationseffekt aufweisen. Die Zuckerrübenzüchtung ahmt also die Entstehung natürlicher Polyploider, die Bastardnatur besitzen, gewissermaßen über den Umweg der Bildung von 3x-Formen nach und gibt somit ein Beispiel dafür, wie Besonderheiten in der Befruchtungsbiologie ausschlaggebend für eine erfolgreiche Züchtungsarbeit werden können (BECKER 1954, 1960).

Bei der Züchtung der Futterrübe (*Beta vulgaris* provar. *crassa*) waren ähnliche Fortschritte wie in der Zuckerrübenzüchtung um die Jahrhundertwende bis etwa 1930 nicht festzustellen. Dann zeichneten sich jedoch die Ergebnisse der zielbewußten Kreuzungen zwischen Zuckerrüben und Futterrüben ab, die zu sogenannten Zuckerfutterrüben mit hohen Trockensubstanzerträgen führten (FRANDSEN 1951). Der-

artige Kreuzungen zwischen den 2x-Provarietäten Zuckerrübe und Futterrübe waren wiederholt durchgeführt worden (v. VOGELSANG 1907, TRITSCHLER 1915, ZIMMERMANN 1955), jedoch blieb es der beharrlichen Arbeit der dänischen Pflanzenzüchter vorbehalten, einen wesentlichen Leistungsanstieg im Futterrübenanbau zu ermöglichen. Nach FRANDSEN (1951) lagen die Trockensubstanzerträge je ha, die den wichtigsten Bewertungsmaßstab für Futterrüben darstellen, in Dänemark um die Jahrhundertwende bei 70 bis 80 dt/ha, und es ist vor allem auf den immer stärker werdenden Anbau der gehaltreichen Zuckerfutterrüben zurückzuführen, daß gegenwärtig die Ernten etwa 100 dt/ha betragen.

Hieraus geht hervor, daß wesentliche Erfolge in der Futterrübenzüchtung durch Provarietätskreuzung erzielt wurden, während die Fortschritte der Zuckerrübenzüchtung in letzter Zeit auf der Erzeugung von 3x-Pflanzen innerhalb der Provarietät beruhen.

Weitere Steigerungen des Zuckerertrages je ha bei Zuckerrüben und des Trockensubstanzertrages je ha bei Futterrüben müßten nun durch eine günstige Kombination von Polyploidie und Provarietätsbastardierung zu erreichen sein, wie sie vor allem mit der Kreuzung zwischen 2x- und 4x-Pflanzen verschiedener Provarietäten möglich wird.

Für diese Überlegungen sprechen die Arbeiten von einigen Forschern, die mit teilweise ganz anderer Fragestellung derartige Kreuzungen ausführten. So konnten SCHLÖSSER (1949) sowie MATSUMURA, MOCHIZUKI und SUZUKA (1950) nach Kreuzungen zwischen 2x- und 4x-Pflanzen von Zuckerrüben und Futterrüben hohe Erträge der erhaltenen 3x-Provarietätsbastarde wahrscheinlich machen.

FRANDSEN (1947, 1948) erhielt aus der Kreuzung von sehr gehaltreichen 4x-Zuckerfutterrüben mit sehr massenwüchsigen, aber gehaltsarmen 2x-Futterrüben 3x-Bastarde, die in ihrem Trockensubstanzertrag jeha beide Eltern in einem beachtlichen Ausmaß übertrafen; jedoch wurde von ihm ebenso wie von SCHLÖSSER und MATSUMURA, MOCHIZUKI und SUZUKA kein Weg aufgezeigt, um die Möglichkeiten züchterisch und damit für die landwirtschaftliche Praxis zu nutzen.

Da von den genannten Autoren genauere Angaben darüber fehlen, wie die Prüfung der 3x-Bastarde erfolgte, sind in dem ersten Abschnitt der vorliegenden Arbeit Angaben über die eigenen Leistungsprüfungen der von uns hergestellten Provarietätsbastarde eingefügt worden. Bei diesen war versucht worden, durch anbautechnische Maßnahmen in den Feldversuchen Bestände mit einem vollkommenen Besatz an 3x-Bastarden zu schaffen, unabhängig davon, ob es später gelingt, derartige Bestände auch im Großanbau zu erhalten.

Die Leistungsprüfungen mit ausschließlich 3x-Provarietätsbastarden sollten klären, inwieweit sich

<sup>1</sup> Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. HANS STUBBE zum 60. Geburtstag gewidmet.

<sup>2</sup> Bemerkungen zur Systematik vgl. Material und Methode.

<sup>3</sup> Bezeichnung nach DARLINGTON and MATHER (1950)

x = Chromosomengrundzahl (in der Gattung Beta = 9)

n = gametische Chromosomenzahl

2n = zygotische Chromosomenzahl.

diese für die Zuckererzeugung bzw. für die Futtergewinnung verwenden lassen.

So mußte auf Grund der Hinweise von SCHLÖSSER (1949) vor einer Nutzung der Bastarde für die Zuckererzeugung geprüft werden, ob durch die Kreuzung zwischen 4x-Zuckerrüben und 2x-Futterrüben 3x-Formen zu erhalten sind, die auf Grund eines sehr hohen Wurzelgewichtes die reinen Zuckerrüben im Zuckerertrag je Flächeneinheit übertreffen, auch wenn sie im Zuckergehalt geringfügig unter diesen liegen.

Dementsprechend war bei der Zielsetzung, die Bastarde für die Futtergewinnung zu verwenden, zu klären, ob aus der Kreuzung zwischen 4x-Futterrüben und 2x-Zuckerrüben 3x-Bastarde gewonnen werden können, die den ausgesprochenen Futterrüben infolge eines wesentlich höheren Trockensubstanzgehaltes im Trockensubstanzertrag je ha überlegen sind, auch wenn sie im Wurzelgewicht eine geringere Leistung zeigen.

Nach Bestandeskreuzungen von zwittrigblütigen, in großem Maßstab nicht kastrierbaren 2x- und 4x-Zucker- und Futterrüben und bei gemeinsamer Saatguternte werden in der Nachkommenschaft neben den erwünschten 3x-Provarietätsbastarden stets auch 2x- und 4x-Pflanzen aus der Selbstung bzw. aus der Bestäubung der jeweiligen Eltern untereinander entstehen. Es ist offensichtlich, daß derartige Bestände, die außer den 3x-Provarietätsbastarden noch reine Zuckerrüben und reine Futterrüben enthalten, nicht nur die rationelle Ernte und Verarbeitung in Frage stellen, sondern auch die Erträge herabsetzen würden.

Diese Schwierigkeiten könnten durch die getrennte Saatguternte nach nur einem Elter — wie sie von MATSUMURA und MOCHIZUKI (1953) in kleinem Rahmen erprobt und von SEDLMAYR (1956) in die Rübensaatguterzeugung eingeführt wurde — zwar verringert, aber nicht völlig beseitigt werden (vgl. Abb. 1).

Das Problem, die Leistungsfähigkeit der 3x-Bastarde für wesentliche Ertragssteigerung in der Praxis zu nutzen, besteht also darin, relativ ausgeglichene Feldbestände mit einem sehr hohen Anteil an Bastardpflanzen zu schaffen.

Da es im Großanbau nicht möglich ist, derartige Bestände durch anbautechnische Maßnahmen zu erzielen, war es die Hauptaufgabe der eigenen Arbeiten, zu versuchen, dieses Problem auf züchterischem Wege zu lösen.

Über ein hierzu entwickeltes Verfahren und mehrjährige Ergebnisse wird im zweiten Abschnitt der vorliegenden Arbeit berichtet.

## B. Experimenteller Teil

### I. Untersuchungen an 3x-Zucker-Futterrüben-Bastarden

#### a) Material und Methoden

In der neuesten morphologisch-systematischen Gliederung der Art *Beta vulgaris* L. faßt HELM (1957) die Kulturformen in der subsp. *vulgaris* zusammen. Diese Subspecies teilt er nach Kulturformen mit vorwiegender Blattnutzung in die convar. *vulgaris* und nach Kulturformen mit vorwiegender Nutzung der Rübenkörper in die convar. *crassa* Alef. s. lat.

ein. Die letztgenannte Convarietät enthält als Provarietäten folgende Kulturformen: 1. provar. *conditiva* Alef. s. lat. = Rote Bete; 2. provar. *lutea* DC. = Gelbe Bete; 3. provar. *crassa* = Runkel- oder Futterrübe; 4. provar. *altissima* Döll = Zuckerübe.

In der vorliegenden Arbeit wird ausschließlich über Kreuzungen mit den Provarietäten Zuckerrüben und Futterrüben berichtet.

Als Ausgangsmaterial für die Kreuzungen fanden 2x-Zuckerrüben ( $2n = 18$ ) der Zuchtrichtung E, 4x-Zuckerrüben ( $2n = 36$ ) im E-Typ sowie 2x-Futterrüben ( $2n = 18$ ) der Sorten Rote Walze und Dilana (gelbe Walzenrübe) und 4x-Futterrüben ( $2n = 36$ ) im Typ der Sorte Rote Walze Verwendung.

Mit Ausnahme der 2x-Futterrüben, die Hochzuchtbeständen entnommen wurden, entstammen die zu den Kreuzungen benutzten Rüben dem Zuchtmaterial des Instituts für Pflanzenzüchtung Kleinwanzleben<sup>1</sup>.

Die für Kreuzungszwecke ausgewählten Einzelpflanzen wurden bei Zuckerrüben in 8 bis 12, bei Futterrüben stets in 6 Teile verklont, um genügend Saatgut für Leistungsprüfungen zu erhalten.

Da die in der Rübenzüchtung übliche Isolierung in Hanfstreifen keine genügende Sicherheit gegen unerwünschte Fremdbestäubung bietet, sind sämtliche Kreuzungen in weiträumlicher Isolierung durchgeführt worden.

Mit den 2x- und 4x-Zuckerrüben (ZZ bzw. ZZZZ<sup>2</sup>) sowie den 2x- und 4x-Futterrüben (FF bzw. FFFF) wurden 1955 und 1956 folgende Kreuzungen durchgeführt und 3x-Bastarde mit der nachstehend genannten Genom-Konstitution erhalten:

Kreuzungsmodus	Genom-kurzbezeichnung der 3x-Bastarde
1. 4x-Zuckerrübe (E-Typ) · 2x-Futterrübe (Rote Walze)	ZZF
2. 2x-Futterrübe (Rote Walze) · 4x-Zuckerrübe (E-Typ)	FZZ
3. 4x-Futterrübe (Rote Walze) · 2x-Zuckerrübe (E-Typ)	FFZ
4. 2x-Zuckerrübe (E-Typ) · 4x-Futterrübe (Rote Walze)	ZFF
5. 4x-Zuckerrübe (E-Typ) · 2x-Futterrübe (Dilana)	ZZF
6. 2x-Futterrübe (Dilana) · 4x-Zuckerrübe (E-Typ)	FZZ

Die Kreuzungstechnik bestand darin, die Klonindividuen von jeweils einer 4x- oder 2x-Zuckerrübe mit denen von jeweils einer 2x- oder 4x-Futterrübe zusammenzupflanzen und durch mehrmaliges Geizen in ihrem Blühablauf aufeinander abzustimmen.

Die Kreuzungen lassen sich ebenso wie die zwischen 2x- und 4x-Zuckerrüben (Literatur bei KNAPP 1958)

<sup>1</sup> Für die Überlassung von einigen Pflanzen der 1954 in Friedrichswerth angebauten 4x-Futterrüben (Rote Walze) sei Herrn Saatzuchtleiter LEHMANN auch an dieser Stelle gedankt.

<sup>2</sup> Zur Kennzeichnung der Genome verschiedener Eltern und deren Bastarden wird in Anlehnung an MATSUMURA, MOCHIZUKI und SUZUKI (1950) in der vorliegenden Arbeit eine Genomkurzbezeichnung benutzt. Diese soll nur die Zahl und Herkunft der Genome in den Provarietäten bzw. Bastarden verdeutlichen. Hierbei kennzeichnet Z ein Zuckerrübengenom und F ein Futterübengenom. Da es sich um keine artverschiedenen Genome handelt, ist diese Kurzbezeichnung nicht mit den zytogenetischen Genomformeln von Arten bzw. Artbastarden identisch.

in beiden Richtungen gut durchführen, jedoch ist der Bastardanteil ebenso wie bei diesen stets höher, wenn eine 4x-Rübe als Mutter verwendet wird. MOCHIZUKI (1953) hat dies in umfangreichen Versuchen nachweisen können und auf langsameres Keimen des Pollens der 4x-Pflanzen gegenüber dem der 2x-Pflanzen zurückgeführt.

In einem Schema (Abb. 1) ist nun dargestellt, wie durch getrennte Saatguternte der Eltern (Abb. 1, Strichlinie) in der  $F_1$  stets nur 3x-Bastarde und Selbstungspflanzen des jeweiligen Elters auftreten

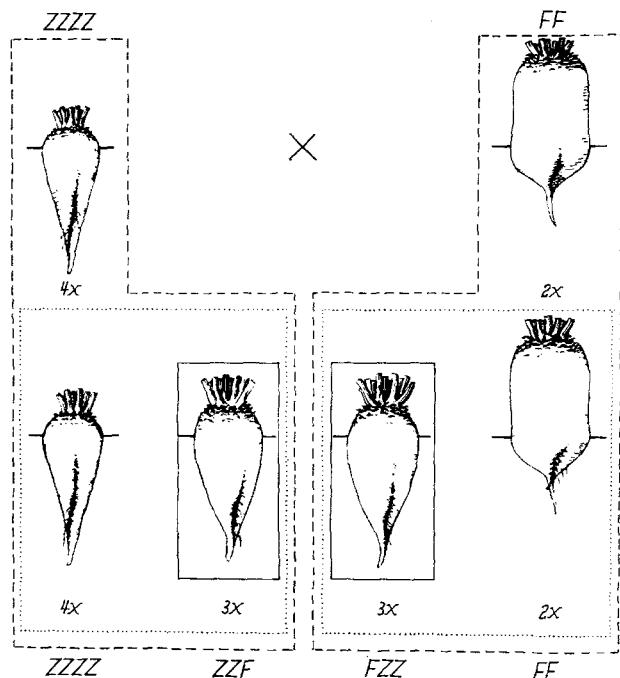


Abb. 1. Schematische Darstellung der Kreuzung von 4x-Zuckerrüben (ZZZZ)  $\times$  2x-Futterrüben (FF) und der Zusammensetzung der  $F_1$ -Generation nach getrennter Saatguternte sowie nach anbautechnischen Maßnahmen.

$x$  = Valenz,  $Z$  = Zuckerrüben-Genom,  $F$  = Futterrüben-Genom  
 (---) Saatguternte getrennt nach dem jeweiligen Elter  
 (---) ergibt 3x-Bastarde und Selbstungsrüben  
 (—) ergibt nach sehr sorgfältigem Vereinzeln ausschließlich 3x-Bastarde.

(Abb. 1, Punktlinie). Durch eine reichlich bemessene Aussaat des derartig gewonnenen Saatguts und durch mehrfaches sehr sorgfältiges Vereinzeln konnten wir dann in den Leistungsprüfungen geschlossene Bestände mit ausschließlich 3x-Provarietätsbastarden erhalten (Abb. 1, ausgezogene Linie). Damit war die Voraussetzung geschaffen, exakte Gewichts- und Gehaltsbestimmungen an den 3x-Provarietätsbastarden auf der Grundlage von Feldversuchen vornehmen zu können.

Angaben über die Durchführung der Leistungsprüfungen werden den jeweils zu besprechenden Ergebnissen vorangestellt.

In dem stationären Rübenzuchtlaboratorium von Kleinwanzleben, über das BRANDT (1942) und WÖHLERT (1957) berichtet haben, sind sämtliche Gewichts- und Gehaltsbestimmungen vorgenommen worden.<sup>1</sup>

### b) Ergebnisse

#### 1. Morphologische Merkmale

Nachdem sich bei dem Anbau 1956 gezeigt hatte, daß infolge relativ großer Variabilität vor allem in der Ausbildung des Rübenkörpers sehr viele Rüben jeder Kom-

bination für die Beurteilung auch der morphologischen Merkmale erforderlich sind, bonitierten wir 1957, 1958 und 1959 alle Pflanzen in den Leistungsprüfungen laufend, so daß die Beobachtungen über die Entwicklung der Pflanzen, die Ausbildung der Blätter und die Gestalt und Farbe der Rübenkörper an hunderten von Bastarden vorgenommen werden konnten.

Für alle geprüften 3x-F<sub>1</sub>-Bastarde ist ein relativ rascher Aufgang der Keimpflanzen sowohl im Laborversuch als auch im Feldversuch kennzeichnend. Durch eine von uns angewandte Aussaat in kurzen Reihen statt der sonst bei Rübenversuchen üblichen Häufchensaat von etwa 15 Knäueln je Pflanzloch konnten sich die Keim- und Jungpflanzen sehr gut entwickeln. In allen Untersuchungsjahren zeigte sich eine raschere Jugendentwicklung der 3x-Bastarde gegenüber 2x- und 4x-Rüben. Die Unterschiede zu den 2x-Pflanzen treten dabei nicht so deutlich in Erscheinung wie die zu den 4x-Pflanzen, gleichgültig, ob es sich dabei um 4x-Zuckerrüben oder -Futterrüben handelt.

Die 3x-Bastarde sind bereits im frühesten Jugendstadium durch ein üppiges Blattwachstum von den Vergleichsformen unterscheidbar. In der Ausbildung des Wurzelkörpers macht sich der Einfluß des höherchromosomigen Elters, der jeweils zwei Genome in die Bastarde einbringt, ebenfalls frühzeitig bemerkbar.

So sind die Rübenkörper aller 3x-Bastarde, die im somatischen Gewebe 18 Chromosomen von der Zuckerrübe und 9 von der Futterrübe besitzen, vom Jungpflanzenalter bis zur Rodereife Rübe sehr zuckerrübenähnlich, während die Bastarde mit 18 Chromosomen von der Futterrübe und 9 von der Zuckerrübe mehr futterrübenähnlich wachsen.

Im folgenden sollen einige morphologische Merkmale der sechs in den Feldversuchen geprüften Bastarde beschrieben werden. Die Angaben beziehen sich dabei auf voll ausgewachsene Rüben, die zur September-/Oktoberwende eingehend boniert wurden.

In allen Fällen werden reziproke 3x-Provarietätsbastarde stets gemeinsam beschrieben, da wir zwischen ihnen keine morphologischen Unterschiede fanden.

SCHLÖSSER (1949) hat im Gegensatz hierzu über erhebliche morphologische Unterschiede zwischen reziproken 3x-Bastarden berichtet und diese sowohl auf die verschiedenen Plasmone als auch auf unterschiedliche Genwirkung zurückgeführt.

Die reziproken 3x-Bastarde aus der Kreuzung 4x-Zuckerrübe (E-Typ)  $\cdot$  2x-Futterrübe (Rote Walze) weisen Rübenkörper auf, die zuckerrübenähnlich gestaltet sind. Im Gegensatz zu reinen Zuckerrüben (vgl. SCHNEIDER 1939) verjüngen sich jedoch die Rübenkörper der Bastarde nicht gleichmäßig vom Kopfteil der Rübe zur Wurzelspitze, sondern weisen in der großen Mehrzahl eine mehr oder weniger ausgeprägte konvexe Umrißform auf. Die seit ACHARD (1803) als Wurzelrinde oder als Schale (URBAN 1958) bezeichneten äußersten Zellschichten des Rübenkörpers sind bei den Bastarden im Mittel schwach rosa gefärbt, jedoch ist die Variabilität hier ebenso wie bei der Form verhältnismäßig groß. Die Wurzelrinne ist bei den Bastarden schwächer ausgeprägt als bei Zuckerrüben und zumeist auch nicht bis in den Kopfteil der Rüben verlaufend. Zu etwa einem Viertel ihrer Gesamtlänge wachsen die Rübenkörper oberirdisch, wobei sich extreme Typen einerseits bis zu einem Drittel über die Erde erheben bzw. andererseits ebenso tief wie Zuckerrüben sitzen können.

Die entsprechenden reziproken 3x-Bastarde sind bei BARTL (1961) in Farbbildern dargestellt. Aus diesen geht hervor, daß nicht nur in der Form, sondern auch in der Farbe des Rübenkörpers sowie in den Blättern keine Unterschiede bestehen.

Die reziproken 3x-Bastarde aus der Kreuzung 4x-Futterrübe (Rote Walze)  $\cdot$  2x-Zuckerrübe (E-Typ) sind futterrübenähnlich und weisen scheinbar eine stärkere Variabilität als die beiden erstgenannten Bastardformen auf. Dies ist jedoch dadurch bedingt, daß die Variabilität der walzenförmigen Futterrübe in der Form etwas größer ist als die bei Zuckerrüben. Infolge der größeren Mannigfaltigkeit in der Rübenform ist dann auch das oberirdische Wachstum der Bastarde unterschiedlich, so daß sich neben der Mehrzahl der Rüben, die etwa zu einem Drittel der Gesamtlänge des Rübenkörpers aus dem Bo-

<sup>1</sup> Herrn Dipl.-Chem. W. WÖHLERT, unter dessen Leitung alle Laboruntersuchungen durchgeführt wurden, sei an dieser Stelle vielmals gedankt.

den herausragen, extreme Typen finden, die nur zu einem Viertel bzw. zur Hälfte oberirdisch wachsen. Eine größere Variabilität ist auch in der Farbe der Rübenkörper zu finden. Während die Mehrzahl der Rüben ebenso wie die schon beschriebenen Bastarde schwach rosafarbig ist, finden sich auch Formen, die in ihrer Farbe dem Futterrübeneltern gleichen bzw. solche, bei denen nur Spuren der roten Farbe zu beobachten sind.

Die Blattstiele der 3x-Futter-Zuckerrüben-Bastarde mit den Genomen FFZ erscheinen länger als bei den vorher beschriebenen Bastarden. Dieser Eindruck entsteht durch die kürzeren Blattspreiten der ersteren. Insgesamt betrachtet ist das Blattwerk dieser Bastarde futterrübenähnlich, was besonders durch die hellere Farbe der Blätter, ihre glattere Oberfläche und die stärker abgerundeten Blattspitzen in Erscheinung tritt.

Die 3x-Bastarde aus der reziproken Kreuzung 4x-Zuckerrübe (E-Typ) · 2x-Futterrübe (Dilana) gleichen trotz der Verwendung einer anderen Futterrübensorte als Elter den zuerst beschriebenen 3x-Bastarden morphologisch sehr, so daß auf die eingehende Beschreibung dieser Rüben verzichtet werden ist. Unterschiede ergeben sich nur insoweit, als die Farbe des Rübenkörpers blaßgelb bis zitronengelb ausgeprägt ist und die Rübenform im allgemeinen noch mehr zuckerrübenähnlich erscheint als bei den Reziproken aus der Kreuzung 4x-Zuckerrübe × 2x-Futterrübe (Rote Walze).

Aus den Beobachtungen über den Wachstumsverlauf und über die morphologischen Merkmale der 3x-Provarietätsbastarde im ersten Vegetationsjahr können drei wesentliche Schlußfolgerungen gezogen werden.

1. 3x-Bastarde, die im somatischen Gewebe 2 Genome von der Zuckerrübe und 1 Genom von der Futterrübe enthalten, ähneln Zuckerrüben, während die 3x-Bastarde mit 2 Genomen von der Futterrübe und einem Genom von der Zuckerrübe futterrübenähnlich sind.

2. Alle 3x-Zucker-Futterrüben-Bastarde wurzeln im Gegensatz zu den walzenförmigen Futterrüben Rote Walze und Dilana so fest im Boden, daß sie sich gut für eine vollmechanisierte Ernte mit den für Zuckerrüben konstruierten Maschinen eignen.

3. Die Beobachtungen ergaben ferner, daß zwischen reziproken 3x-Zucker-Futterrüben-Bastarden keine Unterschiede in den morphologischen Merkmalen bestehen, so daß es bei deren alleiniger Berücksichtigung gleich wäre, welche Form bei den Kreuzungen als Mutter verwendet wird.

## 2. Leistungsprüfungen

Im Jahre 1957 wurden zunächst die vier zuerst beschriebenen 3x-Zucker-Futterrüben-Bastarde mit ihren Eltern Leistungsprüfungen unterzogen. Außerdem prüften wir noch die beiden zuletzt genannten Bastarde, welche als Futterrübeneltern die Sorte Dilana besitzen.

Die Anlage der Feldversuche erfolgte bei den Prüfungen mit „Rote-Walze-Bastarden“ im 8 mal 8 Lateinischen Quadrat, bei denen mit „Dilana-Bastarden“ im 4 mal 4 Lateinischen Quadrat. Die Parzellengröße betrug in allen Versuchen 18,5 m<sup>2</sup>; die Reihenweite sowie der Abstand in der Reihe 40 cm. Nach Abzug der Stirnreihen vor der Ernte stand eine Sollpflanzenzahl von 112 für die Laboruntersuchung zur Verfügung. Sämtliche Meßwerte wurden an gereinigten Rüben im Zuchtlaboratorium ermittelt. Es sei darauf hingewiesen, daß 1957 Gewichtsbestimmungen des Rübenkrautes (Blatt und Rübenköpfe) nicht möglich waren. Die Auswertung aller, auch später noch zu beschreibender Versuche erfolgte nach der Varianzanalyse auf der Basis der Parzellenwerte.

Als Bezugssgröße wählten wir in fast allen Fällen die 2x-Zuckerrübe. Da diese bei dem Kleinwanzlebener Versuch im Trockensubstanzertrag je ha von der 2x-Futter-

rübe Rote Walze übertroffen wurde, sind die Trockensubstanzerträge aller Versuchsglieder hier ausnahmsweise auf die 2x-Futterrübe bezogen.

Die Gesamtergebnisse der Leistungsprüfungen von 3x-Bastarden und ihren Kreuzungseltern im Jahre 1957 sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt.

Aus Tabelle 1 ist zu entnehmen, daß alle 3x-Bastarde hohe Wurzelgewichte aufweisen. Dabei übertreffen die Formen mit zwei Futterrüben-Genomen (FFZ und ZFF) die Bastarde mit zwei Zuckerrüben-Genomen (ZZF und FZZ) beträchtlich. Im refraktometrisch ermittelten Trockensubstanzgehalt zeigt sich erwartungsgemäß eine entgegengesetzte Abstufung der Werte. Die Bastarde mit zwei Zuckerrüben-Genomen und einem Futterrüben-Genom sind in ihrem Trockensubstanzgehalt mehr den Zuckerrüben ähnlich, während die 3x-Formen mit zwei Futterrüben-Genomen und einem Zuckerrüben-Genom den reinen Futterrüben näher stehen. In dem aus Wurzelgewicht und Trockensubstanzgehalt errechneten Trockensubstanzertrag je Flächeneinheit übertreffen alle 3x-Bastarde sowohl die 2x- und 4x-Zuckerrüben als auch die 2x- und 4x-Futterrüben wesentlich. Der Zuckergehalt wurde polarimetrisch ermittelt und hat an sich für die Zuckerrüben und die Bastarde mit den Genomen ZZF und FZZ Bedeutung, da nur derartige Formen für die Zuckererzeugung Wert besitzen. Bei diesen liegt der aus Wurzelgewicht und Zuckergehalt errechnete Zuckerertrag je Flächeneinheit beachtlich höher als bei 2x- und 4x-Zuckerrüben.

Um die genombedingten Unterschiede aufzuzeigen zu können, sind aber auch bei den Bastarden der Konstitution FFZ und ZFF sowie bei den Futterrüben Polarisationswerte angegeben.

Im Gehalt an löslicher Asche, einem zuckertechnologisch wichtigen Wert, sind ganz klare Genomwirkungen zu erkennen, während dies bei dem Gehalt an sogenanntem schädlichen Stickstoff nicht zu deutlich wird.

Obwohl zwischen reziproken 3x-Bastarden im Wurzelgewicht und im Gehalt keine signifikanten Unterschiede bestehen, lassen sich solche bei den aus beiden Faktoren gebildeten Zucker- bzw. Trockensubstanzerträgen errechnen. Daß es sich hierbei um einen einmalig gefundenen Unterschied handelt, bestätigen die Ergebnisse eines Versuchs, der mit dem gleichen Zuchtmaterial im gleichen Jahr und unter ähnlichen Bodenverhältnissen durchgeführt worden war. Hier waren ebenso wie bei den noch zu beschreibenden Leistungsprüfungen auch bei den Trockensubstanz- und Zuckererträgen keine signifikanten Unterschiede zwischen reziproken 3x-Bastarden festzustellen.

Da die 3x-Bastarde aus der Kreuzung zwischen der 4x-Zuckerrübe (E-Typ) und der 2x-Futterrübe (Dilana) auf dem gleichen Versuchsfeld wie die in Tab. 1 beschriebenen „Rote-Walze-Bastarde“ angebaut und auch nur wenige Tage danach geerntet wurden, ist ein allgemeiner Vergleich dieser Formen bei den absoluten Gewichts- und Gehaltswerten berechtigt. Dabei wird in Tab. 2 deutlich, wie eine ertragsärmere Futterrübe (Dilana) auch geringere Wurzelgewichte bei 3x-Bastarden bewirkt. Es ist aber auffallend, daß sich die 3x-Rüben mit der Genomkonstitution ZZF (♂ Dilana) und ZZF (♂ Rote Walze) im Trockensubstanzgehalt und in der Polarisierung annähernd gleichen, obwohl die Futterrübe

Dilana einen um 2,5% höheren Gehalt (absolute Werte) gegenüber der Futterrübe Rote Walze aufweist. Im Trockensubstanzertrag und im Zuckerertrag je ha sind die „Dilana-Bastarde“ den „Rote-Walze-Bastarden“ unterlegen.

Den exakten Vergleich von 3x-Provarietätsbastarden, welche als Futterrübenelter die Sorte Rote Walze besitzen, und solchen mit der Sorte Dilana als Elter ermöglicht ein Versuch, der 1958 mit verschiedenen — teilweise später noch zu beschreibenden — Zucker-Futterrüben-Bastarden durchgeführt worden war.

Dieser Versuch enthielt 3x-Bastarde aus der Kreuzung 4x-Zuckerrübe (E-Typ) ♂ · 2x-Futterrübe (Rote Walze) ♀ (vgl. Tab. 1, Versuchsglied 2) und 3x-Bastarde aus der Kreuzung 4x-Zuckerrübe (E-Typ) × 2x-Futterrübe (Dilana) (vgl. Tab. 2, Versuchsglied 3 und 4). Da es zur Zielsetzung des Versuches gehört, die Leistungen von Provarietätsbastarden auch im Krautgewicht je ha mit denen einer Zuckerrüben-Handelssorte zu vergleichen, diente als Bezugsgröße die bekannte 2x-Sorte Media.

Der Versuch war als 6 mal 6 Lateinisches Quadrat mit 37 m<sup>2</sup> großen Parzellen angelegt worden. Die Reihenentfernung sowie der Abstand in der Reihe betrug 40 cm, so daß nach der Entfernung von zwei Stirnreihen vor der Ernte 216 Bastarde je Parzelle und damit 1296 je Kreuzungskombination für die Gewichts- und Gehaltsbestimmung anfielen.

Die Leistungen der 3x-Provarietätsbastarde sind als Auszug aus dem Gesamtversuch in Tab. 3 wiedergegeben.

Aus den Werten der 2x-Zuckerrübensorte gehen die günstigen Versuchsbedingungen im Prüfungsjahr 1958 hervor. Mit 479 dt/ha Wurzelgewicht und 17,18% Zuckergehalt sowie einem errechneten Zuckerertrag je ha von 82,4 dt/ha dürfte die Leistungsfähigkeit der 2x-Sorte unter den gegebenen Standortbedingungen und vor allem bei Normaldüngung fast erreicht sein. Dementsprechend sind auch die Ergebnisse der Zucker-Futterrüben-Bastarde zu werten.

Die höchsten Leistungen erreichen die 3x-Bastarde aus der Kreuzung 4x-Zuckerrübe (E-Typ) · 2x-Futterrübe (Rote Walze). Durch ihr gegenüber 2x-Zuckerrüben um 35% höheres Wurzelgewicht und den nur um 14% niedrigeren Zuckergehalt (rel.) erreichen diese Provarietätsbastarde mit 95,9 dt einen sehr hohen errechneten Zuckerertrag je ha. Dieser Wert liegt 16,4% und der Trockensubstanzertrag je ha 15,9% über den entsprechenden Werten der 2x-Zuckerrüben. Damit werden die bereits 1957 ermittelten Mehrerträge dieser 3x-Formen auch 1958 bestätigt.

Die reziproken Bastarde aus der Kreuzung 4x-Zuckerrübe · 2x-Futterrübe (Dilana) lassen auch 1958 erkennen, daß eine im Wurzelgewicht weniger leistungsfähige Futterrübensorte zu 3x-Formen mit geringeren Wurzelgewichten führt, jedoch übertreffen auch diese 3x-Provarietätsbastarde die 2x-Zuckerrüben in beachtlichem Ausmaß. Die Tatsache, daß sich die reziproken Bastarde dieser Kombination in zweijährigen Prüfungen weder im Wurzelgewicht noch im Gehalt und auch nicht im Trockensubstanz- bzw. Zuckerertrag signifikant unterscheiden, kann als Beitrag dafür gewertet werden, wie wenig es berechtigt ist, bei den 3x-Provarietätsbastarden ganz allgemein eine besondere Wirkung der Plasmone auf die Leistungen anzunehmen (vgl. SCHLÖSSER 1949).

Wenn man beachtet, daß alle 3x-Formen etwa das gleiche Krautgewicht je ha wie die Zuckerrübe, aber einen um 6 bis 16% höheren Trockensubstanzertrag (Rüben) erbringen, so wird damit einmal die große Bedeutung dieser Provarietätsbastarde für die Futtergewinnung deutlich.

Zum anderen zeigt es sich, daß die 3x-Bastarde die Zuckerrübe im errechneten Zuckerertrag je Flächeneinheit teilweise um 16% übertreffen. Vor einer Verwendung von 3x-Provarietätsbastarden mit sehr hohem Wurzelgewicht, aber einem relativ niedrigen Zuckergehalt von etwa 15% (Polarisation) wäre nun zu fragen, ob die Zuckerrüben auch in der Zuckerausbeute/ha wesentlich übertroffen werden. Trotz vieler Ansätze gibt es jedoch keine exakten Untersuchungen darüber, welche Zuckerausbeute von gesunden Rüben mit genau analysiertem Gehalt an Zucker- und Nichtzuckerstoffen zu erzielen ist. Einen Weg hierzu weisen die Verarbeitungsversuche von SPENGLER, BÖTTGER und LINDNER (1933 und 1934), zu denen Sorten mit bekannter Leistungsfähigkeit von Versuchsfeldern mit bestimmter Düngung herangezogen worden waren. Nach einer genauen Analyse des Rübenbreies wurden stets gleiche Mengen der verschiedenen Sorten in einer „Kleinstzuckerfabrik“ verarbeitet.

Auf diesem direkten Wege war es bisher noch nicht möglich, die Verarbeitungsfähigkeit bzw. die Zuckerausbeute von 3x-Zucker-Futterrüben-Bastarden zu prüfen. Es erscheint deshalb auch nicht als sinnvoll, zu einer Beurteilung der genannten Bastarde Verfahren heranzuziehen, wie sie mit Hilfe indirekter Methoden in neuerer Zeit von verschiedenen Autoren (LÜDECKE 1954, DRACHOWSKA und SANDERA 1958, SOMMER 1958) zur Schätzung der Ausbeute von reinen Zuckerrüben entwickelt wurden.

Als völlig unzulänglich sehen wir jedoch die von ASCHE (1950) mitgeteilten und vielfach zitierten Ausbeutewerte für eine allgemeine Beurteilung von Zuckerrüben und damit auch der Zucker-Futterrüben-Bastarde an, da in diesen Berechnungen unberücksichtigt blieb, ob einseitige Düngung, schlechte Ernte-technik, falsche Lagerung, Frosteinwirkung oder ungünstige Jahreswitterung einen niedrigen Zuckergehalt bewirkt hatten. Offensichtlich ist doch ein wesentlicher Unterschied in der Ausbeute von gesunden Zuckerrüben mit einem Zuckergehalt von etwa 15% und solchen zu erwarten, die auf Grund der obengenannten falschen Behandlung bzw. Frosteinwirkung den gleichen Zuckergehalt aufweisen.

Da in Jahren mit ungünstiger Witterung auch reine Zuckerrüben mit einem Zuckergehalt von 15% wirtschaftlich tragbar zur Zuckererzeugung herangezogen wurden, halten wir die Verwendung von 3x-Zucker-Futterrüben-Bastarden, die unter günstigen Bedingungen bei Normaldüngung etwa 600 bis 650 dt Wurzelertrag mit etwa 15% Zuckergehalt vereinen, vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus für möglich.

Damit ist die große Bedeutung der 3x-Provarietätsbastarde sowohl für die Zuckererzeugung als auch für die Futtergewinnung nachgewiesen.

Nun scheitert aber die Verwendung der hochertragreichen 3x-Formen im Großanbau, weil es arbeitswirtschaftlich nicht möglich ist, Reinbestände von Provarietätsbastarden durch mehrmaliges Ver-

Tabelle 1. Ergebnisse der Leistungsprüfung von 3x-Zucker-Futterrüben (E-Typ) und Futterrüben (Rote Walze). Versuchsfeld Kleinwanzleben 1957.

Nr.	Versuchsglied	Genom-kurzbezeichnung	Wurzelgewicht dt/ha	Signifikanz rel.	Trockensubstanzgehalt Refr. %	Signifikanz rel.	Trockensubstanzgehalt Refr. %	Signifikanz rel.	Trockensubstanzgehalt Refr. %	Signifikanz rel.	Zuckerertrag dt/ha	Signifikanz rel.	Lösl. Asche %	rel.	Schädl. Stoffstoff %	rel.
1	2x-Zuckerrübe ZZ	414,9	100,0	21,23	87,6	0	87,6	16,74	100,0	69,3	100,0	0,479	100,0	0,031	100,0	0,031
2	4x-Zuckerrübe ZZZZ	376,3	90,7	21,96	82,7	0	103,4	17,75	106,0	66,7	96,3	0,474	99,0	0,025	80,3	0,025
3	3x-F <sub>1</sub> -Bastard ZZF	570,1	137,4	19,02	89,6	0	108,1	15,25	0	89,9	85,7	123,7	0,726	151,6	0,041	134,3
4	3x-F <sub>1</sub> -Bastard FZZ	621,0	149,7	18,76	88,4	0	116,1	14,80	0	88,4	91,4	131,9	0,770	160,8	0,040	127,4
5	3x-F <sub>1</sub> -Bastard ZFP	776,3	187,1	13,84	65,2	0	107,2	10,72*	0	64,0	(83,0)	119,9	0,935	195,2	0,042	135,5
6	3x-F <sub>1</sub> -Bastard FFZ	838,4	202,1	13,85	65,2	0	116,3	10,47*	0	62,5	(87,5)	126,4	0,932	192,5	0,040	129,0
7	4x-Futterrübe FFFF	852,1	205,4	10,48	49,4	0	90,0	89,7	0	45,6	(64,9)	93,7	1,026	214,2	0,036	114,5
8	2x-Futterrübe FF	958,5	321,0	10,63	0	50,7	100,3	—	100,0	7,63*	0	45,6	(72,5)	104,7	1,134	236,7
	GD bei P 5% =	74,7	19,6	3,13	19,3	7,3	—	7,2	0,54	—	—	4,3	3,6	—	4,6	4,6

\* Rüben mit einer derart niedrigen Polarisation sind für die Zuckerverarbeitung ungeeignet; der mit diesen Werten errechnete Zuckervertrag je ha wurde deshalb eingeklammert.

Tabelle 2. Ergebnisse der Leistungsprüfung von reziproken 3x-Zucker-Futterrüben-Bastarden sowie von 4x-Zuckerüben (E-Typ) und 2x-Futterrüben (Dilana). Versuchsfeld Kleinwanzleben 1957.

Nr.	Versuchsglied	Genom-kurzbezeichnung	Wurzelgewicht dt/ha	Signifikanz rel.	Trockensubstanzgehalt Refr. %	Signifikanz rel.	Trockensubstanzgehalt Refr. %	Signifikanz rel.	Trockensubstanzgehalt Refr. %	Signifikanz rel.	Zuckerertrag dt/ha	Signifikanz rel.	Lösl. Asche %	rel.	Schädl. Stoffstoff %	rel.	
1	2x-Zuckerübe ZZ	384	100,0	22,38	100,0	85,8	—	100,0	17,57	0	100,0	67,4	—	100,0	0,020	100,0	
2	4x-Zuckerübe ZZZZ	530	138,0	19,44	0	86,6	103,1	+	120,2	15,09	0	85,9	80,5	+	118,7	0,676	148,9
3	3x-F <sub>1</sub> -Bastard ZZF	522	135,9	18,77	0	83,8	98,0	+	114,2	14,38	0	81,8	75,1	+	111,3	0,728	160,4
4	3x-F <sub>1</sub> -Bastard FZZ	696	181,3	12,92	0	57,7	89,8	—	104,7	9,45*	0	53,8	(65,6)	—	97,3	0,968	213,2
	GD bei P 5% =	44,3	11,5	0,47	—	2,1	6,24	—	7,27	0,61	—	3,4	3,6	—	5,3	5,3	

\* Rüben mit einer derart niedrigen Polarisation sind für die Zuckerverarbeitung ungeeignet; der mit diesen Werten errechnete Zuckervertrag je ha wurde deshalb eingeklammert.

Tabelle 3. Ergebnisse der Leistungsprüfung von verschiedenen Zucker-Futterrüben-Bastarden sowie von 2x-Zuckerüben. Versuchsfeld Kleinwanzleben 1958.

Nr.	Versuchsglied	Genom-bezeichnung	Wurzelgewicht dt/ha	Signifikanz rel.	Refr. %	Signifikanz rel.	Trockensubstanzgehalt Refr. %	Signifikanz rel.	Trockensubstanzgehalt Refr. %	Signifikanz rel.	Trockensubstanzgehalt Refr. %	Signifikanz rel.	Zuckerertrag dt/ha	Signifikanz rel.	Zuckerertrag errechnet dt/ha	Signifikanz rel.	Krautgewicht dt/ha	Signifikanz rel.
1	2x-Zuckerübe (Media) ZZ	479	100,0	21,33	100,0	—	102,2	—	100,0	17,18	—	100,0	82,4	—	100,0	428	—	100,0
2	3x-F <sub>1</sub> -Bastarde (4x-E · 2x-R, W.) ZZZF	649	135,5	18,26	0	85,6	118,5	+	115,9	14,78	0	86,6	95,9	+	116,4	411	—	96,0
3	3x-F <sub>1</sub> -Bastarde (4x-E · 2x-Dilana) ZZF	602	125,7	18,61	0	87,3	112,1	+	109,6	15,30	0	89,1	92,1	+	111,8	451	—	105,4
4	3x-F <sub>1</sub> -Bastarde (2x-Dilana · 4x-E) FZZ	596	124,4	18,15	0	85,1	107,9	+	105,5	14,83	0	86,3	88,5	+	107,4	432	—	100,9
	GD bei P 5% =	34	7,0	0,54	—	2,5	4,3	—	4,2	0,52	—	3,0	3,7	—	4,5	41	—	9,6

einzelnen zu erhalten, und Mischbestände, wie sie nach einfachem Verziehen beobachtet werden, die Ernte und Verwertung in einem nicht tragbaren Ausmaß erschweren.

Hieraus geht hervor, daß mit den bisher beschriebenen Einfachkreuzungen die wertvollen 3x-Provarietätsbastarde nicht für den Anbau in der Praxis genutzt werden können.

## II. Züchtung von 3x-Doppelbastarden

### a) Material und Methoden

Wenn die hohe Leistungsfähigkeit der 3x-Provarietätsbastarde nicht nur von theoretischem Interesse bleiben sollte, mußte ein züchterisch gangbarer Weg gefunden werden, der es ermöglicht, zu weitgehend einheitlichen Nachkommenschaften zu kommen. Diese Überlegungen führten zur Entwicklung eines Verfahrens, bei dem das Gebrauchssaatgut nicht durch Einfachkreuzungen, sondern durch aufeinanderfolgende Kreuzungen erhalten wird.

Eine Anregung hierzu gaben die in der Maiszüchtung mit Erfolg angewandten Doppelkreuzungen.

Dieses Verfahren konnte sich jedoch bei Mais nur deshalb so durchsetzen, weil die besonderen blütenbiologischen Verhältnisse dieser diklinen Kulturpflanze dafür günstig waren.

Für die monoklinen *Beta*-Rüben war es im gleichen Maß nicht anwendbar, da bei diesen nach Bestandeskreuzungen — auch bei getrennter Saatguternte — stets Bastarde, Selbstungen und Pflanzen aus der Bestäubung innerhalb der Elterngruppen in der Nachkommenschaft auftreten.

Doppelkreuzungen bei Rüben setzen somit voraus, daß in der Nachkommenschaft von Einfachkreuzungen die „Bastarde“ vor der Blütenbildung erkannt und ausgelesen werden können.

Diese Forderung ist bei Rüben insofern zu erfüllen, als wesentliche Merkmale bereits vor der Blütenbildung ausgeprägt und für eine Selektion geeignet sind.

Bei den eigenen Arbeiten wurde die Forderung erfüllt, indem für Einfachkreuzungen Provarietäten mit derart unterschiedlicher Form und Farbe des Rübenkörpers Verwendung fanden, daß eine Bastardauslese auf Grund dieser Merkmale erfolgen konnte (vgl. Abb. 5).

Da die Zielsetzung in der Gewinnung von 3x-Doppelbastarden bestand, mußten zunächst Einfachkreuzungen zwischen Provarietäten mit gleicher Chromosomenzahl und dann Doppelkreuzungen zwischen 4x- und 2x-Einfachbastarden erfolgen.

Das Ausgangsmaterial für die Kreuzungen war dabei, mit Ausnahme der 2x-Zuckerrüben, das gleiche, wie es bereits für die zuerst beschriebenen Kreuzungen von Zuckerrüben (E-Typ) mit Futterrüben (Rote Walze) benutzt worden war.

Als 2x-Zuckerrüben fanden sogenannte Rotblattrüben aus dem Kleinwanzlebener Zuchtmaterial Verwendung. Diese Rüben weisen eine von OWEN und RYSER (1942) genetisch untersuchte rote Pigmentierung der Blattunterseite auf. Neben Formen mit fleckenweiser Pigmentierung werden ebenfalls schon seit Jahrzehnten auch solche Formen züchterisch weitererhalten, die forellenartig gefleckte Blätter zeigen (SCHNEIDER 1939). OWEN und RYSER, die

beide Formen von SCHNEIDER aus Kleinwanzleben erhalten haben, führen die Blattfärbung im ersten Fall auf das dominante Gen Cl (Colored leaf) und im zweiten auf das dominante Gen Tr (Trout or spotted leaf) zurück. Beide Faktoren sind eng gekoppelt und in der von OWEN und RYSER (1942) als Y-R-B bezeichneten Koppelungsgruppe lokalisiert.

Das in Kleinwanzleben bis 1945 getrennt geführte Material beider Farbtypen war später vermischt worden, so daß für die eigenen Arbeiten nicht ausschließlich Rüben der einen oder anderen Gruppe, sondern Pflanzen aus einer Population zur Verfügung standen, in der überwiegend Rotblattrüben und vereinzelt Forellenblattrüben enthalten waren.

Da rotblättrige Futterrüben nicht vorhanden waren — sie sind auch aus der Literatur nicht bekannt —, konnte das Merkmal Rotblatt stets nur durch den 2x-Zuckerrübenelter in die Kreuzungen eingebracht werden.

Mit den 2x- und 4x-Ausgangsformen wurden nun folgende Kreuzungen durchgeführt und Einfachbastarde mit der nachstehend genannten Genomkonstitution erhalten:

Kreuzungsmodus	Genom-kurz-bezeichnung der 2x- und 4x-Bastarde
1. 4x-Futterrübe (Rote Walze) · 4x-Zuckerrübe (E-Typ)	FFZZ
2. 4x-Zuckerrübe (E-Typ) · 4x-Futterrübe (Rote Walze)	ZZFF
3. 2x-Futterrübe (Rote Walze) · 2x-Zuckerrübe (Rotblatt)	FZ
4. 2x-Zuckerrübe (Rotblatt) · 2x-Futterrübe (Rote Walze)	ZF

Die morphologischen Merkmale der 2x- und 4x-Einfachbastarde werden nicht eingehend beschrieben, weil sie nur als Kreuzungseltern für die Gewinnung von 3x-Doppelbastarden bestimmt sind. Da die Form des Rübenkörpers bei den Bastarden aber als Unterscheidungsmerkmal für ihre Trennung von Rüben aus der Selbstung bzw. aus der Kreuzbestäubung der Eltern untereinander benutzt wird, sind in den Abb. 2 und 3 ausgereifte und kurz vor der Ernte aus sogenannten Stammzuchtparzellen gerodete 4x- und 2x-Bastarde wiedergegeben.

Abb. 2 stellt 4x-Einfachbastarde (FFZZ), Abb. 3 2x-Einfachbastarde (FZ) dar. Wie aus den Abbildungen hervorgeht, sind die Einfachbastarde in der Form der Wurzelkörper deutlich von dem Futterrüben- bzw. Zuckerrübenelter zu unterscheiden.

Die Abbildungen zeigen ferner, daß die 4x- und 2x-Einfachbastarde morphologisch annähernd übereinstimmen.

In ihren Leistungen, z. B. im Trockensubstanzertrag (Rüben) je Flächeneinheit, erreichen 2x- und 4x-Einfachbastarde die 3x-Einfachbastarde nicht, sondern sind etwa den 2x-Zuckerrüben gleichwertig. Im Krautgewicht je ha übertreffen allerdings die 4x-Einfachbastarde die 2x-Zuckerrübe wesentlich.

Die 2x- und 4x-Einfachbastarde wurden zu folgenden Doppelkreuzungen herangezogen:

1. (FFFF · ZZZZ) · (FF · ZZ) = Stamm 6822
2. (ZZZZ · FFFF) · (ZZ · FF) = Stamm 6824



Abb. 2. 4x-Einfachbastarde (PFZZ) aus der Kreuzung 4x-Futterrübe (Rote Walze)♀ · 4x-Zuckerrübe (E-Typ)♂.

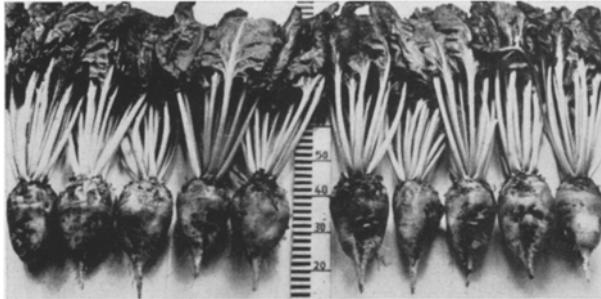


Abb. 3. 2x-Einfachbastarde (FZ) aus der Kreuzung 2x-Futterrübe (Rote Walze)♀ · 2x-Zuckerrübe (Rotblatt)♂.

Nun ist es in der Nachkommenschaft aus derartigen Kreuzungen nicht möglich, die 3x-Doppelbastarde an der Form und Farbe des Rübenkörpers von Selbstungsrüben bzw. Rüben aus der Kreuzbestäubung der Eltern zu unterscheiden, so daß nach Testkreuzungen stets zytologische Untersuchungen in großem Maßstab notwendig wären, um den Anteil an Doppelbastarden zu ermitteln. Der dazu erforderliche hohe technische Aufwand kann aber vermieden werden, wenn es gelingt, die Doppelbastarde durch ein anderes Merkmal zu kennzeichnen.

Diesem Zweck dienen die 2x-Rotblattzuckerrüben. Sie wurden für die Kreuzungen verwendet, obwohl sie gegenüber den grünblättrigen Zuckerrüben eine leichte

Entwicklungsbehinderung und damit verbunden etwas geringere Erträge aufweisen (SCHNEIDER 1939).

Das Merkmal Rotblatt wird im ersten Kreuzungsschritt auf die 2x-Einfachbastarde und durch die zweite Kreuzung auf die 3x-Doppelbastarde übertragen, wobei als Mutterpflanzen in beiden Fällen die grünblättrigen Rüben dienen. Aus der Doppelkreuzung zwischen den homozygot grünblättrigen 4x-Einfachbastarden und den für das Merkmal Rotblatt heterozygoten 2x-Einfachbastarden (vgl. Abb. 4) entstehen 3x-Doppelbastarde, von denen etwa 50% durch das Merkmal Rotblatt markiert sind.

Dieses relative Maß an erkennbaren Doppelbastarden genügt aber für die Auswertung von Testkreuzungen vollständig, da es hierbei nur darauf ankommt die Stämme mit dem höchsten Anteil an 3x-Doppelbastarden zu ermitteln.

Mit einer Dreiegekreuzung, z. B. (FFFF · ZZZZ) · ZZ, bei der 4x-Einfachbastarde mit homozygot rotblättrigen Zuckerrüben gekreuzt werden, wäre es zwar möglich, alle Bastarde durch das Rotblattmerkmal zu kennzeichnen, die Kombinationsmöglichkeiten jedoch, welche gerade die Doppelkreuzung bietet, würden hiermit wesentlich eingeschränkt werden.

Eine Markierung der Doppelbastarde durch das Rotblattmerkmal wird aber nur dann ihren Zweck erfüllen, wenn bei den Doppelkreuzungen eine nach 4x-Einfachbastarden getrennte Saatguternte erfolgt. Diese Maßnahme erscheint zunächst aufwendig, sie erweist sich jedoch auch aus einem anderen Grunde als zweckmäßig. So war es MOCHIZUKI (1953, S. 22) bei Bestandeskreuzungen zwischen 4x- und 2x-Zuckerrüben gelungen, durch den Anbau der Samenträger im Verhältnis 3:1 (4x- : 2x-Pflanzen) und die nach 4x-Rüben getrennte Saatguternte eine Nachkommenschaft mit sehr hohem Bastardanteil zu erhalten. Dieser betrug im Durchschnitt von mehreren Kreuzungen 95%, während bei der nach 2x-Pflanzen getrennten Saatguternte im Mittel nur 11% 3x-Pflanzen erhalten wurden.

In eigenen Untersuchungen (unveröffentlicht) konnte 1957 und 1958 bei Bestandeskreuzungen zwischen 4x- und 2x-Zuckerrüben eine gleiche Tendenz gefunden werden. In diesen Versuchen schwankte der Anteil an 3x-Pflanzen zwischen 59 und 90%, wenn die Saatguternte nach 4x-Rüben getrennt erfolgte, und zwischen 23 und 35%, wenn wir das Saatgut nach den 2x-Rüben getrennt ernteten.

Wenn also bei den Bestandeskreuzungen zwischen 4x-Einfachbastarden und 2x-Einfachbastarden (Rotblatt) das Saatgut nach den ersten getrennt geerntet wird, so sind damit zwei Vorteile verbunden. Zunächst wird der Bastardanteil und damit die Leistung der Nachkommenschaft erhöht und außerdem ist nun die Bastardierungsneigung ohne zytologische Kontrolle allein durch das Rotblattmerkmal erkennbar.

In Abb. 5 wird die geschilderte Methode zur Züchtung von 3x-Doppelbastarden schematisch dargestellt.

### b) Ergebnisse

#### 1. Morphologische Merkmale

Die Beobachtungen über den Wachstumsverlauf und die Ausprägung der morphologischen Merkmale von 3x-Doppelbastarden sind von 1959 bis 1961 in Kleinvanzleben durchgeführt worden. Da stets etwa nur die



Abb. 4. 2x-Einfachbastard (FZ) aus der Kreuzung 2x-Futterrübe (Rote Walze)♀ · 2x-Zuckerrübe (Rotblatt)♂. Links ist ein Rotblattsektor zu erkennen.

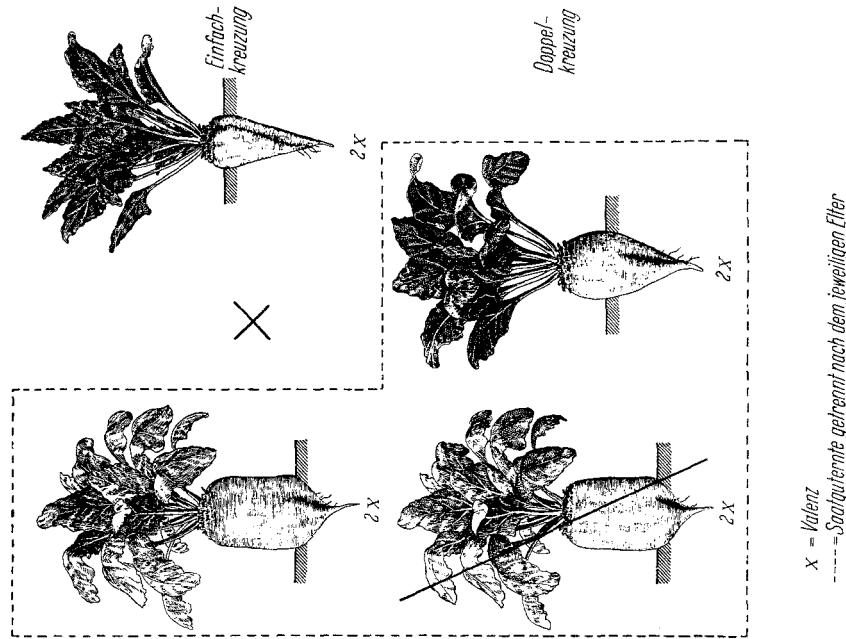
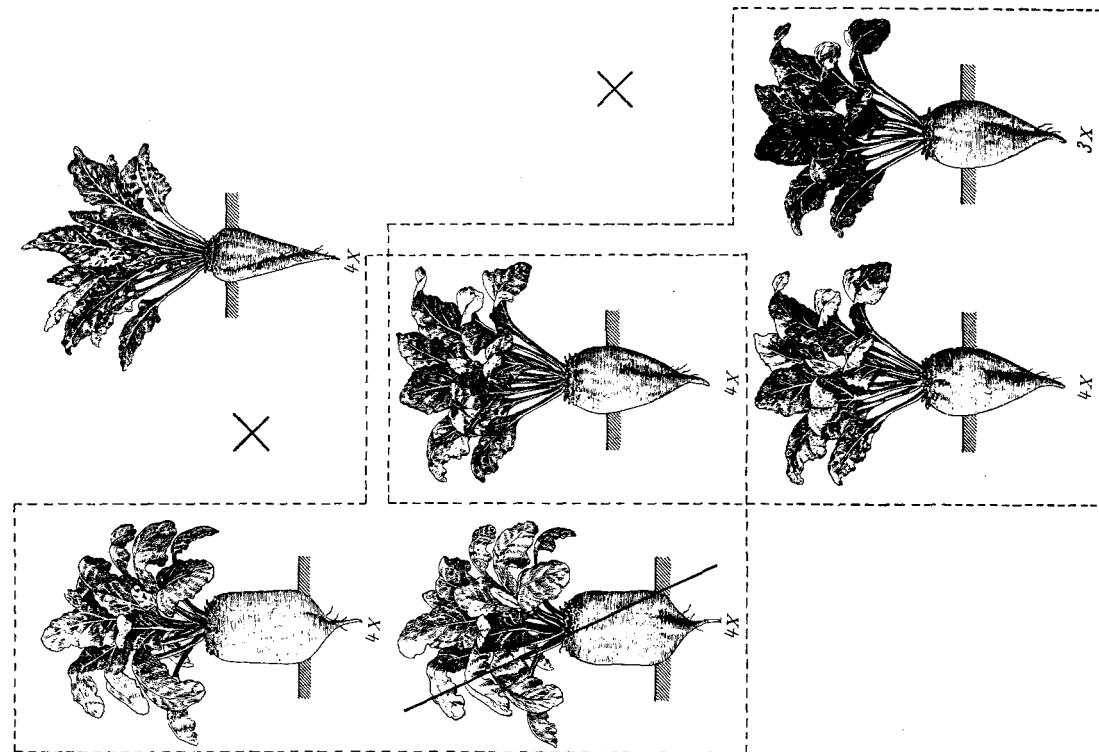


Abb. 5. Schematische Darstellung der Doppelkreuzung (FFFF · ZZZZ) · (FF · ZZ)



Hälfte der im Feldbestand enthaltenen Doppelbastarde das Rotblattmerkmal aufwies, mußten für die Bonituren in den genannten Jahren alle Pflanzen in den Parzellen zytologisch untersucht und gekennzeichnet werden. Hierdurch war dann möglich, auch die grünblättrigen 3x-Doppelbastarde in die Beobachtungen einzubeziehen.

Die 3x-Doppelbastarde unterscheiden sich von den 3x-Einfachbastarden im Feldaufgang nicht, doch zeigen die Jungpflanzen dann ein abweichendes Verhalten. Während die 3x-Einfachbastarde relativ lange Blattstiele ausbilden und eine straffe, aufrechte Blattstellung aufweisen, entwickeln die Doppelbastarde, jedoch vom Jungpflanzenalter an, auf kurzen, aber kräftigen Blattstielchen breite Blätter, wie sie in ähnlicher Form bei den 4x-Einfachbastarden zu finden sind.

Von diesen unterscheiden sich die 3x-Doppelbastarde an Standorten mit optimaler Pflanzenentwicklung aber durch die Ausbildung eines Merkmals, das schwächer

ausgeprägt auch bei 3x-Einfachbastarden zu beobachten ist. Die Blattränder sind bei ersteren teilweise so stark nach der Blattunterseite gewölbt, daß auch die grünblättrigen Bastarde ohne zytologische Kontrolle mit großer Wahrscheinlichkeit als Doppelbastarde angesehen und von den 4x-Einfachbastarden getrennt beurteilt werden können.

Die Doppelbastarde zeigen bereits als Jungpflanzen deutlich den oberirdisch wachsenden Anteil des Rübenkörpers, der bei den rodereifen Rüben etwa ein Fünftel bis höchstens ein Drittel der Gesamtlänge beträgt (vgl. Abb. 6).

Damit bieten auch die Doppelbastarde sehr gute Voraussetzungen für den Einsatz von Maschinen zur Vollmechanisierung der Ernte.

Hinsichtlich der Farbe des Rübenkörpers ist keine Übereinstimmung zu den Einfachbastarden festzustellen. Die Mehrzahl der Rüben besitzt eine intensive rotfarbene

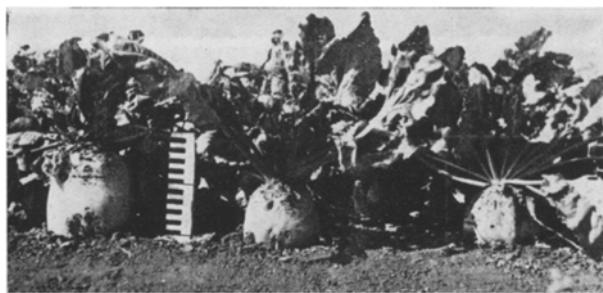


Abb. 6. Zwei 3x-Doppelbastarde (rechts) und eine 4x-Futterrübe im Typ der Sorte Rote Walze (links) an der Grenze zwischen zwei Versuchsfeldparzellen (Maßstab).

Schale, jedoch besteht hierin noch ein Unterschied zu den Futterrüben der Sorte Rote Walze. Während bei diesen in der Schale des Rübenkörpers ein kräftiges Ziegelrot vorherrscht, findet man bei den 3x-Doppelbastarden vorwiegend karminrosa bis karminrote Typen.

Ein Gesamtbild von der Nachkommenschaft aus den Doppelkreuzungen (FFFF · ZZZZ) · (FF · ZZ) vermittelt die Abb. 7, auf der gerodete und in zwei Reihen abgelegte Rüben aus der Hälfte einer achtreihigen Versuchsfeldparzelle zu sehen sind.

Diese Nachkommenschaft war auf dem im Schema (Abb. 5) dargestellten Weg erhalten worden und wies nach zytologischer Kontrolluntersuchung 80% 3x-Doppelbastarde und 20% 4x-Einfachbastarde auf.

Auf Grund dieses Ergebnisses der zytologischen Untersuchung hätten nun theoretisch 40% der Rüben aus der gesamten Nachkommenschaft und damit die Hälfte aus der tatsächlichen Bastardierung der homozygot grünblättrigen 4x-Bastarde mit dem heterozygot rotblättrigen 2x-Einfachbastard das Rotblattmerkmal tragen müssen.

Bei den Auszählungen in den Leistungsprüfungen ergab sich ein durchschnittlicher Rotblattrübenanteil von 38% des Gesamtpflanzenbestandes, womit eine gute Brauchbarkeit des geschilderten Verfahrens nachgewiesen ist.

## 2. Leistungsprüfungen

Während bei den Untersuchungen an 3x-Einfachbastarden in den Feldversuchen Bestände mit vollkommenem Besatz an 3x-Bastarden geschaffen wurden, um deren alleinige Leistung zu ermitteln, lag das Schwergewicht bei den nun zu beschreibenden Leistungsprüfungen darauf, Nachkommenschaften aus Doppelkreuzungen zu prüfen, wie sie durch das in Abb. 5 dargestellte Verfahren erhalten werden und außer einem hohen Anteil an 3x-Doppelbastarden noch einen geringen Anteil an 4x-Einfachbastarden aufweisen. Da diese Nachkommenschaften ausschließlich polyploide Pflanzen enthalten, werden sie im folgenden stets als polyploide Stämme (aus Doppelkreuzungen) bezeichnet.

In den Jahren von 1959—1961 wurden sowohl in eigenen Versuchen als auch in amtlichen Wertprüfungen der Zentralstelle für Sortenwesen der DDR polyploide Stämme geprüft, die aus den obengenannten Doppelkreuzungen hervorgegangen waren.

Da die polyploiden Stämme in den Versuchen der Zentralstelle für Sortenwesen 1959 und 1960 nur mit Futterrüben verglichen wurden, nahmen wir 1959 in einem Kleinwanzlebener Versuch auch den Vergleich eines polyploiden Stammes mit 2x-Zuckerrüben vor. Diese Gegenüberstellung erschien als zweckmäßig, weil die Zuckerrüben auf sehr guten Böden teilweise höhere Trockensubstanzerträge je ha erbringen als reine Futterrüben.

Von der Doppelkreuzung (FFFF · ZZZZ) · (FF · ZZ) prüften wir nicht nur die Nachkommenschaft,

die durch eine nach 4x-Einfachbastarden getrennte Saatguternte gewonnen wurde (Stamm 6822), sondern auch die Nachkommenschaft, die sich aus der gleichen Doppelkreuzung, aber einer nach 2x-Einfachbastarden getrennten Saatguternte herleitet. Dabei kennzeichneten wir die erste Nachkommenschaft, die nur 3x- und 4x-Pflanzen enthielt, als Nachkommenschaft A und die zweite, die nur 2x- und 3x-Pflanzen umfaßt, als Nachkommenschaft B.

Auf die Leistungsprüfung der Nachkommenschaft B sollte als Kontrollmaßnahme nicht verzichtet werden, obwohl von den Bestandeskreuzungen zwischen 4x- und 2x-Zuckerrüben bekannt war, daß der angestrebte hohe Anteil an 3x-Bastarden nur bei einer nach 4x-Pflanzen getrennten Saatguternte erhalten wird.

Der Versuch war als  $6 \times 2$  Lateinisches Quadrat mit  $37 \text{ m}^2$  großen Parzellen und gleichem Standraum wie bei allen bisher beschriebenen Feldversuchen angelegt und varianzanalytisch ausgewertet worden.

Da wir bei allen Versuchsgliedern auch den Trockensubstanzeinhalt des Rübenkrautes bestimmten, war es möglich, einen Vergleich im Gesamtertrag an Trockensubstanz je ha vorzunehmen.

Die in Tab. 4 zusammengefaßten Werte der genannten Versuchsglieder zeigen, daß zwar auch die Nachkommenschaft B, die nach zytologischen Kontrolluntersuchungen 79% 2x-Pflanzen und 21% 3x-Doppelbastarde enthielt, gute Erträge bringt, jedoch ist ihre Überlegenheit gegenüber der 2x-Zuckerrübensorte nicht signifikant. Dagegen übertrifft die Nachkommenschaft A, die 80% 3x-Doppelbastarde enthielt, die Vergleichssorte in signifikanter Weise.

Ihre große Leistungsfähigkeit wird zunächst im Trockensubstanzertrag (Rüben)/ha deutlich, wo die 2x-Zuckerrüben um fast 19% übertroffen werden. Im Gesamtertrag an Trockensubstanz erreicht dann aber die Nachkommenschaft A trotz der sehr ungünstigen Jahreswitterung einen Wert von 132,5 dt



Abb. 7. Nachkommenschaft aus der Doppelkreuzung (FFFF · ZZZZ) · (FF · ZZ) Versuchsfeld Kleinwanzleben 1959.

Tabelle 4. Ergebnisse der Leistungsprüfung von verschiedenen Nachkommenrasen aus Doppelkreuzungen sowie von 2x-Zuckerrüben. Versuchsfeld Kleinwanzleben 1959.

\* gravimetrisch ermittelter Trockensubstanzzehalt

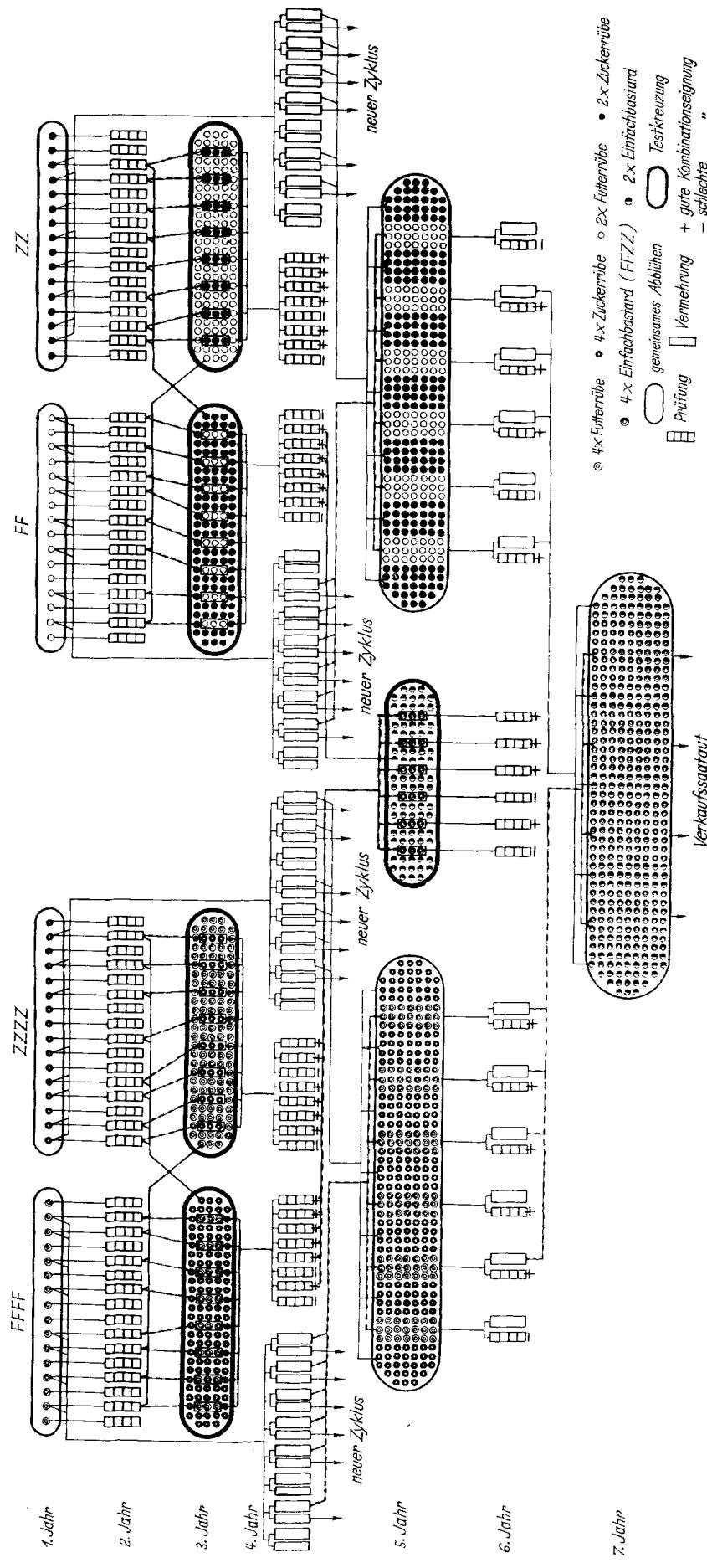


Abb. 8. Schema der Züchtung und Vermehrung von 3x-Doppelbastarden auf der Basis reziproker wiederkehrender Selektionen.

Tabelle 5. Auszug aus den Ergebnissen der Hauptprüfung mit Runkelrüben (Futterrüben) der Zentralstelle für Sortenwesen der DDR 1959 und 1960.

Prüfjahr		Kreuzungs- eltern	Saat- guterne nach	Wurzelgewicht		Trockensubstan- zgehalt		Trockensubstan- zertrag		Krautgewicht	
				dt/ha	rel.	Refr. %	rel.	dt/ha	rel.	dt/ha	rel.
1959*	Bezugsbasis = Mittel der zugelassenen Sorten Stamm 6822 Stamm 6824	FFZZ · FZ ZZFF · ZF	FFZZ ♀ ZZFF ♀	520	100,0	13,5	100,0	66,0	100,0	188	100,0
				399	76,7	18,9	140,0	75,3	114,1	257	136,7
				384	73,8	18,6	137,8	71,3	108,0	259	137,8
1960**	Bezugsbasis = Mittel der zugelassenen Sorten Stamm 6822 Stamm 6824	FFZZ · FZ ZZFF · ZF	FFZZ ♀ ZZFF ♀	872	100,0	11,9	100,0	103,9	100,0	356	100,0
				744	85,3	14,4	121,0	107,1	103,1	393	110,4
				761	87,3	14,7	123,5	111,8	107,6	414	116,3

\* 6 Versuchsorte; \*\* 11 Versuchsorte.

pro ha und zeigt sich damit der 2x-Zuckerrübe um nahezu 12% überlegen.

Derartige Mehrerträge konnten auch in den Jahren 1960 und 1961 beobachtet werden, jedoch zeigt es sich, daß die Überlegenheit der polyploiden Stämme in einem Trockenjahr größer ist als in Jahren mit hohen Sommerniederschlägen.

Hierfür sind auch die Versuche der Zentralstelle für Sortenwesen ein Beweis.<sup>1</sup> So wird in einer Gegenüberstellung der wichtigsten Ergebnisse aus den Jahren 1959 und 1960 deutlich, daß die gehaltreichen polyploiden Stämme (6822 und 6824) den 2x-Sorten in einem trockenen Jahr, vor allem im Krautgewicht je ha, stärker überlegen sind als in einem Jahr mit reichlicher Wasserversorgung der Pflanzen.

BEYSEL (1957) konnte nachweisen, daß 3x-Zuckerrüben unter Trockenbedingungen größere Assimilationsleistungen vollbringen als 2x- und 4x-Rüben. Dieser Befund scheint nach den vorliegenden Beobachtungen für 3x-Doppelbastarde ebenfalls zuzutreffen.

1961 wurde von der Zentralstelle für Sortenwesen in die amtlichen Wertprüfungen mit Futterrüben auch eine sehr ertragreiche 2x-Zuckerrübensorte aufgenommen. Obwohl die Auswertung dieser Versuche noch nicht abgeschlossen ist, kann gesagt werden, daß die polyploiden Stämme der 2x-Zuckerrübe an fast allen Versuchsorten überlegen sind.

Hieraus sowie aus der in Tab. 4 ersichtlichen Mehrleistung der polyploiden Zuckerfutterrüben gegenüber Zuckerrüben und der in Tab. 5 deutlich werdenen Überlegenheit gegenüber Futterrüben ist nachgewiesen, daß es das geschilderte Verfahren der Doppelkreuzungen ermöglicht, die hohe Leistungsfähigkeit der 3x-Provarietätsbastarde für den Großanbau zu nutzen.

Es erscheint jedoch möglich, durch Verwendung anderer Sorten bzw. Populationen, als sie unseren Kreuzungen dienten, Stämme bzw. Sorten mit noch höheren Leistungen zu züchten. Zweifellos wird aber auch bei Verwendung unseres Zuchtmaterials eine Steigerung der Erträge erzielt werden können, wenn innerhalb der 4 Ausgangspopulationen auf Formen mit guter Kombinationseignung selektiert wird.

Dabei erscheint es zunächst wichtig, die Kombinationseignung der besten Sorten innerhalb der

Provarietäten zu ermitteln. Wie aus den vorliegenden Untersuchungen hervorgeht, zeigen beispielsweise 3x-Bastarde aus der Kreuzung von Zuckerrüben (E-Typ) mit Futterrüben der Sorte Rote Walze höhere Erträge als 3x-Bastarde aus der Kreuzung von Zuckerrüben (E-Typ) mit Futterrüben der Sorte Diana (Tab. 3).

Es kommt dann ferner darauf an, auch innerhalb der besten Sorten die Formen mit der günstigsten Kombinationseignung festzustellen und für die Vermehrung heranzuziehen.

Die Erzeugung des Verkaufssaatgutes muß aus diesem Grund auf einem Züchtungsverfahren aufbauen, welches die genannten Forderungen erfüllt.

Nach Anregung von BECKER (1960) wird deshalb auf der Basis der reziproken wiederkehrenden Selektion (COMSTOCK, ROBINSON and HARVEY 1949) ein Verfahren für die Züchtung von 3x-Doppelbastarden entwickelt. Die Methode der reziproken wiederkehrenden Selektion besitzt nach BECKER (1960) insofern eine große Bedeutung für die Züchtung von allen Fremdbefruchtern, als mit ihr zu kreuzende Populationen ständig auf ihre Kombinationseignung getestet werden können.

Bei dem vorgeschlagenen und in Abb. 8 schematisch dargestellten Züchtungsverfahren müßte eine reziproke wiederkehrende Selektion sowohl auf 2x- als auch auf 4x-Basis betrieben werden. In dem Schema (Abb. 8) wird außerdem gezeigt, in welcher Form die Testkreuzungen durchgeführt werden können. Schließlich wird in der Darstellung noch der Vermehrungsgang berücksichtigt.

Die aus den vier Grundpopulationen ausgelesenen Einzelpflanzen blühen innerhalb jeder Gruppe gemeinsam ab (1. Jahr) und werden getrennt geprüft (2. Jahr). Danach findet mit Pollenübergewicht des jeweiligen Testelterns die reziproke Testkreuzung der besten Familien<sup>2</sup> statt (3. Jahr), der die Prüfung auf Kombinationseignung folgt (4. Jahr).

Im vierten Jahr des skizzierten Züchtungsverfahrens findet außerdem mit Hilfe von überlagertem Saatgut der besten Einzelpflanzen aus den vier Ausgangspopulationen auch der Anbau von Stecklingen für den Vermehrungsgang statt. Im gleichen Jahr wird schließlich noch mit der Anzucht von sogenannten Stammzuchtrüben ein neuer Zyklus begonnen. Im fünften Jahr sind Doppelkreuzungen zur Testung der besten Einfachbastarde vorgesehen und außerdem Einfachkreuzungen in dem Vermehrungsgang.

<sup>1</sup> Für die freundliche Genehmigung, die Zahlen auszugweise veröffentlicht zu dürfen, sei dem Leiter der Zentralstelle für Sortenwesen, Herrn Dipl.-Gärtner P. HAHN, auch an dieser Stelle gedankt.

<sup>2</sup> Als Familie wird hier — wie in der Zuckerrüben- und Futterrübenzüchtung üblich — die Nachkommenschaft einer Einzelpflanze bezeichnet.

Da aus den Leistungen der Einfachbastarde nicht auf ihre Kombinationseignung in Doppelkreuzungen geschlossen werden kann, muß eine Testung erfolgen. Dies ist um so notwendiger, als wir die vier Ausgangspopulationen gerade auf Grund ihrer verschiedenen Chromosomenzahl nicht mit gleichem Erfolg diallel testen können, wie dies in der Maiszüchtung bei dem Double-cross-Verfahren möglich ist.

Im sechsten Jahr werden sowohl die Leistungsprüfungen von Doppelbastarden aus den Testkreuzungen wie auch von Einfachbastarden aus dem Vermehrungsgang durchgeführt. Die Prüfung dieser Einfachbastarde stellt eine zusätzliche Kontrollmaßnahme dar, die erforderlich scheint, weil durch das Ausscheiden einiger Familien nach den Testkreuzungen (3. Jahr) die Bestandeskreuzungen (5. Jahr) mit einer verringerten Familienzahl erfolgen, wodurch Veränderungen in den Bestäubungsverhältnissen zu erwarten sind.

Neben den Leistungsprüfungen findet im sechsten Jahr dann auch eine Anzucht von 2x- und 4x-Bastarden in größerem Rahmen statt. Diese Einfachbastarde werden dann im nächsten Jahr zu Bestandeskreuzungen benutzt, aus denen das Verkaufssaatgut hervorgeht. Die Bestandeskreuzungen basieren auf den bei der Erzeugung von polyploidem Zuckerrüben-saatgut gewonnenen Erfahrungen, nach denen man einen hohen Bastardanteil durch den Anbau der 4x- und 2x-Samenträger im Verhältnis 3:1 und eine nach 4x-Pflanzen getrennte Saatguternte erhält.

Das geschilderte Verfahren zur Züchtung von 3x-Doppelbastarden ist für die Gewinnung von Rüben beschrieben worden, die auf Grund ihrer Gewichts-/Gehalts-Relation für die Futtererzeugung bestimmt sind.

Durch die Verwendung gehaltsreicherer Ausgangsformen ist es aber auf dem prinzipiell gleichen Wege möglich, auch für die Zuckererzeugung geeignete Rüben zu züchten, die ebenso wie die 3x-Einfachbastarde (ZZF) den ausgesprochenen Zuckerrüben infolge größerer Wurzelgewichte im Zuckerertrag/ha überlegen sind.

In beiden Fällen erfordert das Verfahren zweifellos einen höheren technischen Aufwand in der Züchtung und Vermehrung als ein solches beispielsweise auf der Grundlage der Familienzüchtung. Es stellt aber letzten Endes ein Verfahren dar, mit dem die von der Natur bei *Beta*-Rüben gegebenen großen Kombinationsmöglichkeiten in Form der Provarietätskreuzung ausgenutzt und in Verbindung mit der induzierten Polyploidie zur Züchtung von weitgehend heterozygoten, ertragreichen Pflanzen und damit zu wesentlichen Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft herangezogen werden können.

### C. Diskussion

Die Untersuchungen an 3x-Einfach- und 3x-Doppelbastarden haben deren Überlegenheit gegenüber Zuckerrüben und Futterrüben deutlich gemacht. So konnten in bezug auf die 3x-Einfachbastarde die Angaben von SCHLÖSSER (1949) insofern bestätigt werden, als alle untersuchten 3x-Provarietätsbastarde im Vergleich zu ihren Elternformen höhere Trockensubstanz- bzw. Zuckererträge aufweisen. Dagegen fanden wir die von SCHLÖSSER (1949) mitgeteilte sehr starke Blattentwicklung mit einem Hetero-

siseffekt von 80—100% bei den 3x-Bastarden der Genomkonstitution ZZF bzw. FZZ gegenüber Zuckerrüben nicht, sondern Krauterträge, die etwa in der Höhe des Zuckerrübenelterns liegen (vgl. Tab. 3).

Obwohl MATSUMURA, MOCHIZUKI und SUZUKA (1950) sowie auch FRANDSEN (1947, 1948, 1959) für ihre Kreuzungen ein wesentlich anderes Zuchtmaterial verwandt hatten, als es von SCHLÖSSER und in den eigenen Arbeiten benutzt worden war, ergibt sich auch hier eine Übereinstimmung in bezug auf die Mehrerträge, die 3x-Provarietätsbastarde gegenüber den Kreuzungseltern bzw. gegenüber bekannten Handelssorten erreichen.

Wir haben die hohen Leistungen in den eigenen Versuchen auf Grund der Annahme erwartet, daß bei dem gegenwärtig erreichten Züchtungsstand wesentliche Ertragssteigerungen bei *Beta*-Rüben, vor allem durch die sich ergänzende Wirkung von Provarietätskreuzung und Polyploidie möglich sind. Deshalb soll versucht werden, die Bedeutung der beiden Faktoren auf die Ertragsbildung bei den 3x-Provarietätsbastarden näher zu betrachten.

Aus Gründen der Anschaulichkeit soll der Trockensubstanzertrag (Rüben) je Flächeneinheit betrachtet werden. Er ist als Produkt aus Wurzelgewicht und Trockensubstanzgehalt bei Zuckerrüben und leistungsfähigen Futterrüben im allgemeinen annähernd gleich (SCHNEIDER 1939).

Die Leistungen von 4x-Rüben liegen zwar etwas unter denen der 2x-Rüben (KNAPP 1958), im Durchschnitt ergeben aber auch 4x-Zuckerrüben und 4x-Futterrüben etwa gleich hohe Trockensubstanzerträge je ha.

Wie sind jedoch die hohen Erträge der 3x-Provarietätsbastarde zu erklären?

Die Hinweise verschiedener Autoren (vgl. MÜNTZING 1957), daß ein sogenanntes Vitalitätsoptimum der *Beta*-Rüben allgemein bei Triploidie läge, erscheinen als Deutung für die hohen Leistungen nicht ausreichend, da sie nur die Zahl, nicht aber die Kombination der Genome berücksichtigen und damit weniger aussagen als die ersten Vermutungen von PETO und BOYES (1940) über eine mögliche Ergänzung von Polyploidie und Heterosis bei 3x-Zuckerrüben (vgl. auch BECKER 1960). Nun unterscheiden sich aber auch die extremsten 2x- und 4x-Zuckerrüben in ihren Genomen noch nicht so stark, daß bei den 3x-Pflanzen aus der Kreuzung zwischen ihnen eine Wirkung der Kombination verschiedener Genome auf den Ertrag mit Sicherheit feststellbar wäre.

Dagegen sind 2x- und 4x-Zuckerrüben und -Futterrüben in ihren Genomen so weitgehend verschieden, daß an 2x-, 3x- und 4x-Bastarden aus der Kreuzung zwischen ihnen in günstiger Weise die Abhängigkeit des Ertrages (Trockensubstanzertrag je ha) von der Art, Zahl und Kombination der Genome geprüft werden kann.

Eine derartige Prüfung fand 1958 im Rahmen eines in seinen Ergebnissen schon in Tab. 3 auszugsweise wiedergegebenen Feldversuches statt, bei dem als Bezugsgröße eine bekannte Zuckerrübensorte diente. Diese Bezugsgröße war gewählt worden, um die verschiedenen Provarietätsbastarde nicht nur untereinander, sondern auch mit einer Handelssorte vergleichen zu können, womit ein Rückschluß auf den gegenwärtig erreichten Züchtungsstand und damit

auf den wirtschaftlichen Wert der Bastarde möglich ist.

In Tab. 6 werden nun die Ergebnisse im Wurzelgewicht, Trockensubstanzgehalt und Trockensubstanzertrag von 2x-, 3x- und 4x-Provarietätsbastarden aus der Kreuzung zwischen Zuckerrüben (E-Typ) und Futterrüben (Rote Walze) mit denen der Standard-Zuckerrübensorte Media verglichen. Aus Gründen der besseren Übersicht werden die Grenzdifferenzen ( $P = 5\%$ ) in Tab. 6 nicht angegeben, sie sind aber aus Tab. 3 ersichtlich.

Tabelle 6. Die Ertragsbildung bei Provarietätsbastarden in Abhängigkeit von der Art, Zahl und Kombination der Genome.

Genom-kurzbezeichnung	Wurzelgewicht		Trockensubstanzgehalt		Trockensubstanzertrag	
	dt/ha	rel.	Refr. %	rel.	dt/ha	rel.
ZZ	479	100,0	21,33	100,0	102,2	100,0
ZF	645	134,6	15,47	72,5	99,8	97,6
ZZF	649	135,5	18,26	85,6	118,5	115,9
ZZFF	637	133,0	16,22	76,0	103,2	100,1

Bei einer Betrachtung der Werte im Wurzelgewicht je ha fällt auf, daß die verschiedenen Bastarde sich nicht wesentlich unterscheiden. Die 3x-Provarietätsbastarde sind zwar gegenüber den 2x- und 4x-Bastarden geringfügig besser, ihre entscheidende Überlegenheit im Trockensubstanzertrag je ha wird jedoch erst durch den wesentlich höheren Trockensubstanzgehalt erreicht.

Dieser relativ hohe Trockensubstanzgehalt ist zweifellos auf die Wirkung der beiden Zuckerrüben-genome zurückzuführen, während ein Futterrüben-genom in Kombination mit diesen bereits ein gleich hohes Wurzelgewicht bedingt, wie es von Provarietätsbastarden mit je einem bzw. zwei Zucker- und Futterrüben-genomen erhalten wird.

Die 2x- und 4x-Zucker-Futterrüben-Bastarde weisen zwar jeweils in gleicher Zahl unterschiedliche Genome auf, jedoch führen diese Genomkombinationen nicht zu den großen Leistungen, wie sie bei 3x-Bastarden zu beobachten sind.

Hiermit wird ein Beispiel für die Ertragsbildung (Trockensubstanzertrag je ha) bei Provarietätsbastarden in Abhängigkeit von der Art, Zahl und Kombination der Genome gegeben und gleichzeitig der hohe Ertrag der 3x-Provarietätsbastarde mit einem besonderen, nur bei diesen Formen möglichen Kombinationseffekt erklärt.

#### D. Zusammenfassung

1. Aus der Kreuzung zwischen 2x- und 4x-Pflanzen der Provarietäten Zuckerrübe (*Beta vulgaris* provar. *altissima* Döll) und Futterrübe (*Beta vulgaris* provar. *crassa*) wurden 3x-Einfachbastarde erhalten.

2. 3x-Bastarde aus der Kreuzung 4x-Zuckerrübe mal 2x-Futterrübe übertrafen im Zuckerertrag je Flächeneinheit die 2x-Zuckerrübensorte Media bedeutend.

3. 3x-Bastarde aus der Kreuzung 4x-Futterrübe mal 2x-Zuckerrübe wiesen einen wesentlich höheren Trockensubstanzertrag je Flächeneinheit auf als 2x- und 4x-Futterrüben der Vergleichssorte Rote Walze.

4. Alle 3x-Zucker-Futterrüben-Bastarde eignen sich auf Grund der tief wurzelnden Rübenkörper sehr gut für die Ernte mit Zuckerrübenvollerntemaschinen.

5. Für die Erzeugung von Gebrauchssaatgut mit vorwiegendem Anteil an 3x-Bastarden wurde ein spezielles Züchtungsverfahren entwickelt, welches auf Einfachkreuzungen zwischen Provarietäten gleicher Chromosomenzahl und auf Doppelkreuzungen zwischen 4x- und 2x-Einfachbastarden basiert.

6. Die auf diesem Wege gewonnenen polyploiden Stämme mit einem hohen Anteil an 3x-Doppelbastarden übertrafen in mehrjährigen Prüfungen sowohl 2x-Futterrüben als auch 2x-Zuckerrüben im Trockensubstanzertrag je ha wesentlich.

7. Mit dem Verfahren der Doppelkreuzung ist es möglich, die große Leistungsfähigkeit der 3x-Provarietätsbastarde durch den Anbau polyploider Sorten in der landwirtschaftlichen Praxis zu nutzen.

8. Es wird ein Zuchtschema vorgeschlagen, das die Möglichkeit eröffnet, auf der Basis der reziproken wiederkehrenden Selektion eine ständige Prüfung auf Kombinationseignung durchzuführen und auszuwerten.

9. Nach einem Vergleich der erhaltenen Ergebnisse mit den Befunden anderer Autoren wird die Leistungsfähigkeit von Provarietätsbastarden in ihrer Abhängigkeit von der Art, Zahl und Kombination der Genome diskutiert.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. G. BECKER, danke ich sehr für viele Anregungen und den fördernden Rat, den er mir stets zuteil werden ließ. — Herrn Dr. K. SKIBBE bin ich für wertvolle Hinweise und Diskussionen bei der Niederschrift der Arbeit sehr zu Dank verpflichtet. — Für seine selbstlose Unterstützung, vor allem in der Gewährung von Arbeitsmöglichkeiten, danke ich Herrn Saatzuchtleiter H. Mews bestens. — Bei vielen technischen Arbeiten haben mich die Herren HERMANN SCHNEIDER, EDGAR BETTAC, DIETRICH BAUMANN und KARL-HEINZ FOLKERS tatkräftig unterstützt. Ihnen möchte ich auch an dieser Stelle danken.

#### Literatur

1. ACHARD, F. C.: Anleitung zum Anbau der zur Zuckerraffinerie anwendbaren Runkelrüben und zur vorteilhaften Gewinnung des Zuckers aus denselben. Korn, Breslau 1803.
2. ASCHE, Th.: Einfluß des Zuckergehaltes in den Rüben bei der Verarbeitung auf Zucker. Zucker 3, 238—240 (1950).
3. BARTL, K.: Die züchterische Bedeutung von 3x-Bastarden aus Kreuzungen zwischen 2x- und 4x-Provarietäten der Art *Beta vulgaris* L. Diss. Halle (1961).
4. BECKER, G.: Problematik der Pflanzenzüchtung. Ber. u. Vortr. Dtsch. Akad. Landw. Wiss. Berlin 1, 37—59 (1954).
5. BECKER, G.: Rettich und Radies. In: Kappert-Rudorf, Handbuch d. Pflanzenzüchtung. Ber. u. Vortr. Dtsch. Akad. Landw. Wiss. Berlin 4, 99—114 (1960).
6. BECKER, G.: Darwin und die Pflanzenzüchtung. Ber. u. Vortr. Dtsch. Akad. Landw. Wiss. Berlin 4, 261—272 (1957).
7. BEYSEL, D.: Assimilations- und Atmungsmessungen an diploiden und polyploiden Zuckerrüben. Züchter 27, 1—17 (1942).
8. BRANDT, F. O.: Laboratoriumseinrichtung zur Untersuchung von Zuckerrüben. Z. Wirtschaftsgr. Zuckerind. 92, 1—17 (1949).
9. COMSTOCK, R. E., H. F. ROBINSON and P. H. HARVEY: (1949)
10. DARLINGTON, C. D., and K. MATHER: The elements of genetics. Allen and Unwin, London 1950.
11. DRACHOWSKA, M., and K. SANDERA: Prognose bei der Zuckererzeugung. Zuckererzeugung 2, 129 u. 156 (1958).
12. FRANDSEN, K. J.: Nye lagttagelser over tetraploid og triploid Foderbede. Foreløbig Meddelelse fra D. L. F. s. og F. D. B. s Forædlingsvirksomhed paa Østoftegaard (1947).
13. FRANDSEN, K. J.: Lagttagelser over polyploide Former af Kulturplanter. T. Planteavl 51, 640—668 (1948).
14. FRANDSEN, K. J.: Methodiske Fragter der dänischen Futterpflanzenzüchtung. Land- u. Forstwirtschaftl. Forschungsrat e. V., Bonn. Vorträge über Pflanzenz. 1—14 (1951).
15. FRANDSEN, K. J.: Some aspects of the breeding of polyploid forage plants. Genetica Agraria XI, 149—159 (1959).
16. HELM, J.: Versuch einer morphologisch-systemati-

schen Gliederung der Art *Beta vulgaris* L. Züchter 27, 203—222 (1957). — 17. KNAPP, E.: Beta-Rüben. Bes. Zuckerrüben. In: Kappert-Rudorf, Handb. d. Pflanzenz. 3, 196—284 (1958). — 18. JOHANNSEN, W.: Elemente der exakten Erblichkeitslehre. Fischer, Jena 1926. — 19. LÜDECKE, H.: Fragen der Zuckerrübenzüchtung und des Anbaues in bezug auf die Verarbeitbarkeit der Rüben. Zucker 7, 325—330 (1954). — 20. MATSUMURA, S., A. Mochizuki und O. SUZUKI: Genetische und zytologische Untersuchungen bei *Beta*-Arten. III. Über den Zuckergehalt bei den Varietätsbastarden und polyploiden Pflanzen (Jap. mit dtscz. Zsfsg.). Rep. Kihara Inst. Biol. Res. 4, 1—11 (1950). — 21. MATSUMURA, S., and A. Mochizuki: Improvement of sugar beet by means of induced triploidy. Jap. J. Genet. 28, 47—56 (1953). — 22. Mochizuki, A.: Genetic and cytological studies on the genus *Beta*. V. Production of triploid seeds (Jap. mit engl. Zsfsg.). In: Improvement of sugar beets by means of triploidy 14—39 (1953). — 23. MÜNTZING, A.: Polyploidiezüchtung. In: Kappert-Rudorf, Handb. d. Pflanzenz. 1, 700—731 (1957). — 24. OWEN, F. V., and G. K. RYSER: Some mendelian characters in *Beta vulgaris* and linkages observed in the Y-R-B group. J. Agric. Res. 65, 155—171 (1942). — 25. PETO, F. H., and J. W. BOYES: Comparison of diploid and triploid sugar beets. Canad. J. Res. 18, 273—282 (1940). — 26. SCHLÖSSER, L. A.: Über plasmatische Vererbung auf polyploiden Stufen. Planta 37, 535—564 (1940). — 27. SCHNEIDER, F.: Züchtung der Beta-Rüben. In: Roemer-Rudorf, Handb. d. Pflanzenz. 4, 1—95 (1939). — 28. SEDLMAYR, K.: Persönliche Mitteilung (1956). — 29. SOMMER, E.: Der MW-Faktor als Maßstab für die Verarbeitungsfähigkeit der Rübe. Z. Zuckerindustrie 8, 323 (1958). — 30. SPENGLER, O., St. BÖRTGER u. G. LINDNER: Untersuchungen über die Verarbeitungsfähigkeit verschiedener Zuckerrübensorten. Z. Ver. Dt. Zuckerind. 83, 895—931, Techn. T., 1. Mitt. (1933). — 31. SPENGLER, O., St. BÖRTGER u. G. LINDNER: Untersuchungen über die Verarbeitungsfähigkeit verschiedener Zuckerrübensorten. Z. Ver. Dt. Zuckerind. 84, 365—399 — Techn. T., 2. Mitt. (1934). — 32. TRITSCHLER, W.: Aus der Praxis der Futterrübenzüchtung. Z. Pflanzenz. 3, 19—25 (1915). — 33. URBAN, R.: Analyse der Färbung der Beta-Rüben, insbes. der Futterrüben. Züchter 28, 275—283 (1958). — 34. VOGELSANG, H. v.: Futterrübenzüchtung. Jb. Dt. Landwirtsch.-Ges. 22, 309 bis 325 (1907). — 35. WÖHLERT, W.: Differenzierte Bezahlung der Zuckerrüben nach ihrem Zuckergehalt. In: Abh. Konferenz für Zucker und Rübe in Prag II, 711—723 (1957). — 36. ZIMMERMANN, K. F.: Methodisches zur Züchtung von Futterrüben. Züchter 25, 169—176 (1955).

Aus dem Institut für Phytopathologie Aschersleben der Biologischen Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin  
und

aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Quedlinburg, Zweigstelle Amt Hadmersleben der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

## Über das Verhalten des Erbsenwicklers gegenüber Erbsensorten und Erbsen-Neuzuchtstämmen \*

Von H.-W. NOLTE und H. ADAM

Mit 3 Abbildungen

Unter den Erbsenschädlingen kommt zweifellos dem Erbsenwickler (*Laspeyresia nigricana* Steph.) die größte Bedeutung zu. Im Jugendstadium ist zwar die Erbsenpflanze durch die Blattrandkäfer (Arten der Gattung *Sitona*, in erster Linie *S. lineata* L.) sehr gefährdet, aber bei rechtzeitiger Behandlung mit Kontaktinsektiziden kann dieser Schädling mit gutem Erfolg bekämpft werden. In manchen Jahren kann die Erbsenblattlaus (*Acyrthosiphon onobrychidis* B. d. Fornse [*pisi* Kalt.]) Ertragsverluste verursachen und ebenso tritt in gewissen Jahren die Erbsengallmücke (*Contarinia pisi* Winn.) so stark auf, daß der Hülsenansatz gering bleibt.

Für die chemische Bekämpfung des Erbsenwicklers haben sich nach unseren Erfahrungen (NOLTE, 1959) Parathion-Präparate gut bewährt. Die Behandlung mit bodengebundenen Geräten stößt jedoch auf gewisse technische Schwierigkeiten. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß wahrscheinlich schon bald mit gutem Erfolg Flugzeuge zur chemischen Erbsenwicklerbekämpfung eingesetzt werden können.

Die chemische Bekämpfung des Erbsenwicklers setzt eine genaue Überwachung des Schädlingsauftretens sowie des Entwicklungsverlaufes voraus. Nach den bisherigen Erfahrungen werden die Stäube- und Spritzmittel gegen die Jungraupen eingesetzt, bevor sich diese in die Hülsen einbohren. Da sich Falterflug und damit die Eiablage über einen längeren Zeitraum erstrecken, zieht sich auch das Rau-

penschlüpfen längere Zeit hin. Daher kann mit einer einmaligen Behandlung kein ausreichender Erfolg erzielt werden. Die ersten Versuche mit Flugzeug-einsatz sprechen dafür, daß vielleicht in Zukunft die Bekämpfung gegen die Falter gerichtet werden kann und daß damit eine größere Erfolgssicherheit gegeben ist.

Da die chemische Bekämpfung noch nicht voll befriedigt, müssen zur Minderung des Erbsenwicklerbefalls nach wie vor vorbeugende Maßnahmen beachtet werden. Dazu gehören: frühe Aussaat, Förderung des Jugendwachstums (u. a. auch rechtzeitige Bekämpfung der Blattrandkäfer), Anbau auf dem Wind ausgesetzten Flächen sowie auf solchen, die von den vorjährigen Erbsenflächen möglichst weit entfernt sind u. a. Besondere Bedeutung kommt auch der Sortenwahl zu.

Der Erbsenwickler fliegt nur blühende Pflanzen an und legt nur an solchen Eier ab (NICOLAISEN, 1928; LANGENBUCH, 1941; FRANSSEN, 1954, 1959). Wenn bei Beginn des Falterfluges die Blütezeit bereits beendet ist, besteht für solche Bestände keine Gefährdung mehr.

Nach LANGENBUCH (1941) ist in dem Raum zwischen Halle und Magdeburg etwa in der Zeit zwischen dem 20. Mai und Mitte Juli mit dem Zuflug des Erbsenwicklers zu rechnen. Der Höhepunkt liegt um Mitte Juni. Das heißt also, diejenigen Erbsensorten sind besonders gefährdet, die mit ihrer Vollblüte in den Falterflug fallen.

Welche Bedeutung dem Blühtermin und der Blühdauer zukommen kann, geht aus der Auswertung

\* Dem Präsidenten der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. STÜBKE zum 60. Geburtstag gewidmet.