

unterschiede zwischen den einzelnen Stämmen geben zu der Erwartung Anlaß, daß durch weitere züchterische Bearbeitung der selbstfertilen Weißkleeformen auf der Grundlage der Kombinationskreuzung eine Steigerung und Festigung der Selbstfertilität durchaus möglich ist.

### Zusammenfassung

Es wurden aus einer lettischen Weißkleepopulation selbstfertile Formen ausgelesen und im Verlaufe von 7 Jahren geprüft. Dabei wurde festgestellt, daß die bei den fremdbestäubten Weißkleeformen in der Praxis beobachteten Schwankungen im Samenertrag auch bei den selbstfertilen Formen zu beobachten sind, obwohl diese vom Bienenflug nicht mehr unbedingt abhängig sind. Als Ursache dieser Schwankungen konnte die Witterungsgestaltung während der Vor- und Hochsommermonate ermittelt werden. Allerdings scheinen die Witterungsbedingungen nicht unmittelbar, sondern mittelbar über die negative Korrelation zwischen der Ausbildung vegetativer und generativer Pflanzenmasse auf die Selbstfertilität einzuwirken. Neben der starken Variabilität der Selbstfertilität traten aber auch erblich bedingte Selbstfertilitäts-

unterschiede auf, die sich von den Umweltbedingungen nicht verwischen ließen. Daraus wird die Möglichkeit abgeleitet, durch weitere züchterische Bearbeitung die noch sehr labil ausgebildete Selbstfertilität bei den ausgelesenen Pflanzen zu verbessern und zu festigen.

### Literatur

1. EAST, E. M.: Self-Sterility. *Bibliographia genetica* V (1929). — 2. HAGERUP, O.: On pollination in the extremely hot air at Timbuctu. *Dansk. bot. Arch.* 8 (1932).
- 3. KUCKUCK, H. u. A. MUDRA: Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenzüchtung. Stuttgart 1950. — 4. KUGLER, H.: Einführung in die Blütenökologie. Jena 1955. — 5. PAUSCHEWA, S. P.: Zur Biologie der Befruchtung und Bestäubung beim Buchweizen. *Agrobiologia* Nr. 4 (1956). — 6. SAIKOWSKAJA: Die Bestäubungs- und Befruchtungsvariabilität bei Zuckerrüben in Abhängigkeit von den Außenbedingungen. *Doklady Akad. nauk SSSR*, 102, 177—79 (1955). — 7. SCHROCK, O.: Stimulierende Wirkung des Colchicins bei der Keimung und dem Wachstum der Sämlinge. *Der Züchter* 21, 142—49 (1951). — 8. THOMAS, H. L.: Inbreeding and selection of self-fertilized lines of red clover, *Trifolium pratense*. *Agronomy J.* 47, 487—89 (1955). — 9. ZWINGLI, W.: Untersuchungen über die Fertilitätsverhältnisse in schweizerischen Weißkleeformen mit ergänzenden zytologischen Studien. *Z. Pflanzenzüchtung* 36, 237—88 (1956).

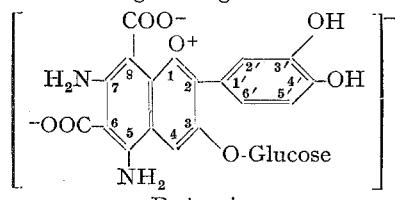
Aus der Zweigstelle Rosenhof des Max-Planck-Institutes für Züchtungsforschung (Erwin-Baur-Institut), Ladenburg b. Heidelberg (Leiter: Prof. Dr. E. KNAPP)

## Analyse der Färbungen der Beta-Rüben, insbesondere der Futterrüben

Von ROSMARIE URBAN

Mit 12 Textabbildungen

Den Beta-Rüben sind chymochrome d. h. im Zellsaft gelöste Farbstoffe eigen, die sich von den normalen Anthocyanaen und Flavonoiden dadurch unterscheiden, daß sie Stickstoff in ihrem Molekül enthalten (SCHUDEL 1918; ROBINSON und Mitarbeiter 1932, 1939; SCHMIDT 1937, 1956; SCHÖNLEBEN 1957). REZNIK konnte jüngst (1955, 1957) in zahlreichen pigmentanalytischen Testen nachweisen, daß die Fähigkeit zur Ausbildung dieser stickstoff-haltigen Pigmente ein für alle Familien der Centrospermen charakteristisches biochemisches Ordnungsmerkmal darstellt. Bislang hatte man über die chemische Struktur der N-haltigen Pigmente nur Vermutungen äußern können und sah sie als den normalen Anthocyanaen im Grundbau recht nah verwandte Stoffe an (PUCHER, CURTIS und VICKEY 1938; SCHMIDT und SCHÖNLEBEN 1956; WYLER und DREIDING 1957). Durch die vorläufige Strukturaufklärung des Betanins der Roten Rübe (SCHÖNLEBEN 1957) wissen wir nun aber, daß diesem Pigment wirklich das Flavan-Skelett  $C_6C_3C_6$  zu Grunde liegt und neben Hydroxyl- und Zuckerresten nur als Besonderheiten zwei Carboxyl- und zwei Aminogruppen auftreten. SCHÖNLEBEN gibt folgende Strukturformel an:



3,3',4'-Trioxy-5,7-diamino-6,8-dicarboxyflavylium-3-monoglucosid

Die Aminogruppen lassen sich sehr leicht aus dem Molekül herausspalten, was sich in der bemerkenswerten Instabilität des Pigmentes bzw. aller N-haltigen Pigmente dieser Gruppe äußert.

Das Betanin, das Hauptpigment der Roten Speiserübe, ist das bisher am besten bekannte der N-haltigen Anthocyane. Während frühere Untersucher aus dem Rohextrakt einer Roten Rübe nur diesen einen Farbstoff isolieren konnten, vermögen wir heute mit Hilfe wirksamerer Analysenmethoden — Papierchromatographie (ARONOFF und ARONOFF 1948) und besonders Ionophorese (LINDSTEDT 1956, REZNIK 1957) — den Extrakt in verschiedene Zonen aufzutrennen. Mittels der Hochspannungselektrophorese können bei der Roten Rübe nicht weniger als 4 violette und 10 gelbe bis orangefarbene Zonen nachgewiesen werden (Abb. 1).

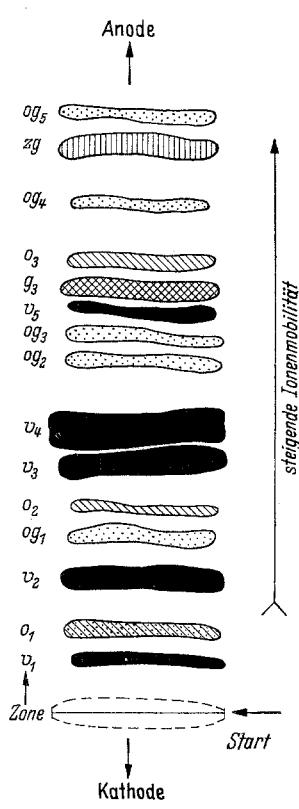


Abb. 1. Die Pigmentausstattung der Roten Rübe „Rote Kugel“. Pherographische Trennung bei pH 6,64 (Phosphatpuffer nach SÖRENSEN), 1600 V und 60 mA.

Ziel unserer Untersuchung war nun, als Vorarbeit für genetische Studien zunächst rein deskriptiv die Farbmerkmale der *Beta*-Rüben zu analysieren. Es galt zu prüfen, auf welchen Unterschieden in der Beteiligung einzelner Pigmente die verschiedenen Farbtypen der *Beta*-Rüben beruhen.

### 1. Material

Zu den Untersuchungen standen uns gefärbte Futterrüben aus folgenden deutschen und ausländischen Sorten zur Verfügung: Criewener Gelb, Eckendorfer Gelb, Eckendorfer Rot, Peragis Rot, Friedrichswerther Rot, Friedrichswerther Gelb, Kirsches Ideal, Oberndorfer, Umständter, Altenburger Tonnen, Kirsches Koloß, Deutsche Barres (Dippe), Deutsche Barres (Terra), Kolds Barres Strynö, Teutonia, Lischower, Müllers Georgenhäuser, Breustedts Rubin, Remlinger und Frankes Rekord; ferner Rosa Beta (Sedlmayr), Gelbe Babolnag, Regia 79, Barres CB 82 und Barres II. Für die Überlassung von Saatgut der fünf letztgenannten Sorten danken wir Herrn Ing. A. GRAF von der Bundesanstalt für Pflanzenbau und Samenprüfung Wien, Versuchsstelle Fuchsenbigl.

Die Pflanzen wurden auf dem Versuchsfeld des Rosenhofes angezogen. Bereits während der Vegetationszeit (Sommer 1957) wurden aus diesem Sortiment Rüben entnommen und die Schale<sup>1</sup> des Rübenkörpers, Blätter, Stengel und Blütenprosse auf ihre N-haltigen Pigmente getestet. Die Serien-Untersuchungen nahmen wir zur Zeit der Rübenernte oder an eingemieteten Futterrüben vor.

### 2. Methodisches

Die Ionophorese, vor allem die Hochspannung-ionophorese, ist vorzüglich geeignet, die N-haltigen Pigmente von den normalen Anthocyancen und Flavonoiden zu trennen (REZNIK 1957) und darüber hinaus bei den einzelnen Farbstoffen charakteristische Unterschiede hinsichtlich Ionenmobilität, sowie geringfügige Differenzen in der Lage des IEP deutlich zu machen. So wendeten wir ausschließlich diese Methode als die für unsere Untersuchungen geeignete an.

a) **Extraktion:** Die pigmentierten Pflanzenteile wurden homogenisiert und mit reinem Methanol bei Zimmertemperatur extrahiert. Um der Gefahr einer möglichen Zersetzung bei Licht und Sauerstoffanwesenheit zu begegnen, wurden die Farbstofflösungen unmittelbar nach der Extraktion weiterverarbeitet oder für die Dauer von höchstens fünf Stunden bei +3°C gut verschlossen im Dunkeln aufbewahrt. Die Ausgangsmenge an pflanzlichem Material — Teile der Rübenhülle, Blattpartien etc. — richtete sich nach der Menge des im Gewebe enthaltenen Pigmentes, so daß der Rohextrakt jeweils in etwa der gleichen Konzentration vorlag und einen ungefähren Vergleich des Mengenverhältnisses der Farbstoffkomponenten ermöglichte. Für den Vergleich der Pigmentmengen verschiedener Rüben oder Sorten miteinander verwendeten wir flächengleiches Ausgangsmaterial, das jeweils an sich entsprechenden Stellen der Rübe bzw. Teilen der Blattspreite entnommen wurde.

b) **Ionophoretische Aufarbeitung:** Zu den Pigmentanalysen stand uns ein Hochspannungs-Elektropho-

rese-Gerät nach WIELAND-PFLEIDERER („Pherograph“, Modell 1957, der Fa. Hormuth & Vetter, Heidelberg-Wiesloch) zur Verfügung<sup>1</sup>. Als Träger diente Spezialpapier der Fa. Machery & Nagel MN 214, das ein Arbeiten im halb-präparativen Maßstab ermöglichte. Die Trennung wurde mit dem Phosphatpuffer nach SÖRENSEN, pH 6,64, Ionenstärke 0,066 vorgenommen. Auf dem Papierbogen vom Format 33×40 cm war 10 cm von einer Schmalkante entfernt die Auftragelinie (Start-Linie) markiert. Der Bogen wurde zunächst in dem Puffergemisch gebadet und darauf ein bestimmter Teil des Puffers mit Hilfe einer Mangel gleichmäßig wieder aus dem Papier herausgepreßt. Bei Frontenpherogrammen konnten bis zu 0,5 cm<sup>3</sup> Rohextrakt auf die Start-Linie eines Bogens aufgetragen werden. Die Trennung erfolgte bei -2°C, 1600 V und 60 mA und dauerte bei günstigen Bedingungen etwa 2 Stunden. Die scharf begrenzten Pigmentzonen wurden zum Teil unmittelbar nach Beendigung der pherographischen Trennung mit Methanol p. a. aus dem noch feuchten Papierbogen eluiert. Von diesen Eluaten ermittelten wir mit Hilfe des UNICAM-Spektrophotometers SP 500 mit Sekundär-Elektronenvervielfacher IP28 (SZG500) die Transmissions- bzw. Extinktionsspektren der einzelnen Pigmente. Auf Grund der Ionenmobilität (Wanderungsstrecke der Substanz pro Sekunde pro Spannungsabfall, Dimension:  $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{V}^{-1} \cdot 10^{-5}$ ) und spektroskopischer Daten (über den Bereich von 6000 bis 2000 Å ermittelte Maxima und Minima), sowie der Färbung im sichtbaren und der Fluoreszenz im UV-Licht konnten die jeweiligen Pigmente von uns eindeutig charakterisiert und ihre Identität bewiesen werden.

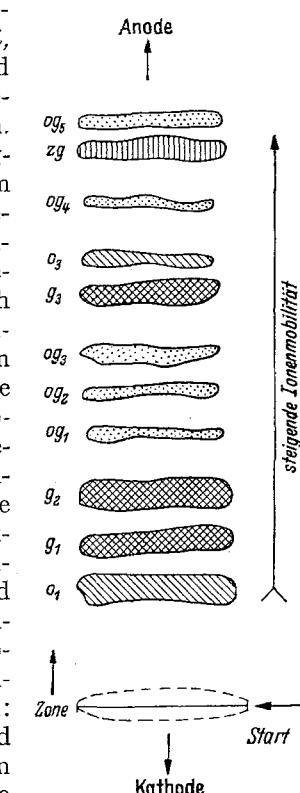


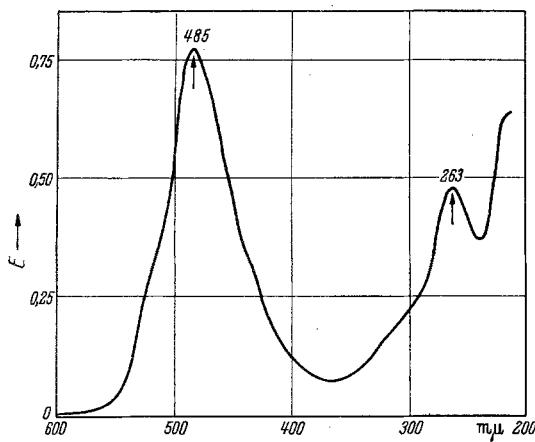
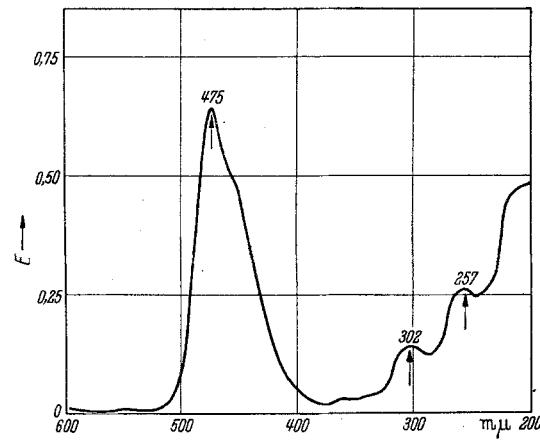
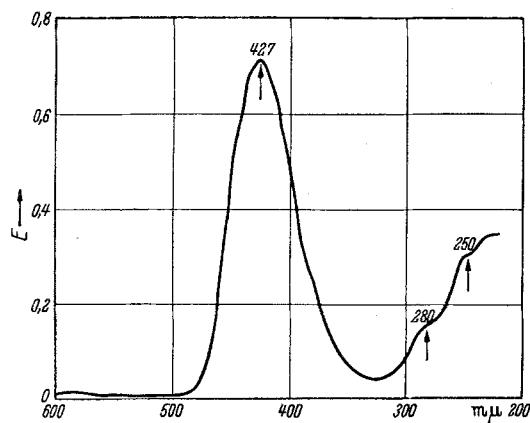
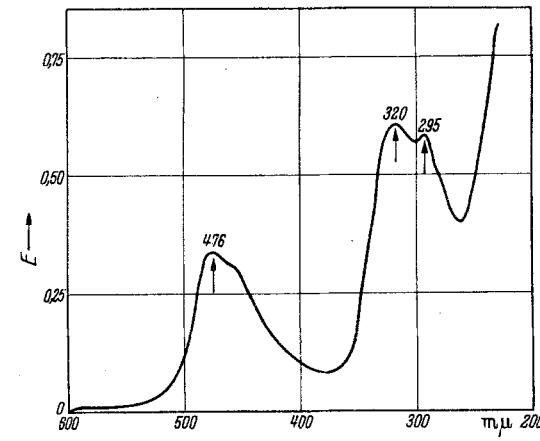
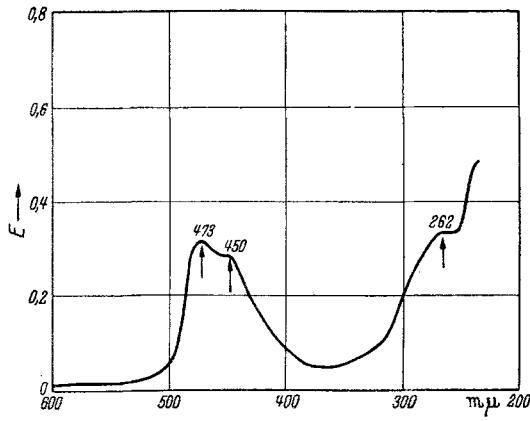
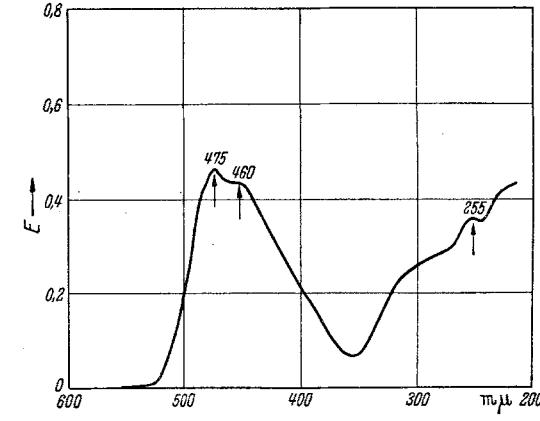
Abb. 2. Die Pigmentausstattung der gelbschaligen Futterrübe „Oberndorfer“. Pherographische Trennung eines Rindenextraktes bei pH 6,64, 1550 V und 65 mA

### 3. Ergebnisse

Entsprechend der ionophoretischen Aufspaltung des Farbstoffextraktes einer Roten Rübe in eine Anzahl von violetten und gelben bis orange-farbenen N-haltigen Pigmenten erfolgt auch eine Auftrennung der Pigmentfraktion gelber und roter Futterrüben in eine Vielzahl von sogenannten Flavocyaninen und Betaninen (REZNIK 1957).

<sup>1</sup> Diese Untersuchungen, sowie die Aufnahme der Extinktionskurven mit dem UNICAM wurden im Botanischen Institut der Universität Heidelberg durchgeführt. Die beiden Apparate waren dem Bot. Inst. von der deutschen Forschungsgemeinschaft bereitgestellt worden. Herrn Prof. Dr. A. SEYBOLD danken wir bestens dafür, daß er uns einen Arbeitsplatz und diese beiden Geräte für unsere Untersuchungen zur Verfügung stellte.

<sup>1</sup> Mit „Schale“ wollen wir hier die äußeren Gewebearten des Rübenkörpers bezeichnen, die wir dem „Fleisch“, d. h. den inneren Xylem- (Holz-) und Phloem- (Rinden-) Teilen gegenüberstellen.

Abb. 3. Flavocyanin  $g_2$ , Im +  $3,21 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{V}^{-1} \cdot 10^{-5}$ .Abb. 4. Flavocyanin  $g_3$ , Im +  $6,3 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{V}^{-1} \cdot 10^{-5}$ .Abb. 5. Flavocyanin zg, Im +  $8,0 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{V}^{-1} \cdot 10^{-5}$ .Abb. 6. Flavocyanin  $og_2$ , Im +  $4,9 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{V}^{-1} \cdot 10^{-5}$ .Abb. 7. Flavocyanin  $og_3$ , Im +  $8,5 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{V}^{-1} \cdot 10^{-5}$ .Abb. 8. Flavocyanin  $og_4$ , Im +  $6,5 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{V}^{-1} \cdot 10^{-5}$ .Abb. 3—8. Extinktionspektren verschiedener Flavocyanine aus der Schale der Futterrübe „Frankes Rekord“. Aufgenommen mit dem Unicam-Spektralphotometer; gemessen in Methanol p. a.; Abstand je zweier Meßpunkte voneinander  $2 \text{ m}\mu$ ; Ordinate: Extinktion E =  $\log I_0/I$ ; Abszisse: Wellenlänge in  $\text{m}\mu$ .

Bekanntlich können bei den gefärbten Futterrüben deutlich zwei Farbklassen, gelbe bis orange-farbene und rote Futterrüben unterschieden werden.

a) Gelbe bis orange-farbene Futterrüben: In allen von uns untersuchten Farbtypen dieser Klasse finden wir pigmentanalytisch eine Reihe von zitronengelb bis tief orange-farbenen Flavocyaninen (Abb. 2), während violette Betanine völlig fehlen. Die verschiedenen Flavocyanine sind alle durch ein typisches Extinktionspektrum (Abb. 3 bis 8) und eine unterschiedliche Ionenmobilität charakterisiert. In Tab. 1 haben wir die erfaßten Einzelpigmente mit ihren Charakteristika zusammengestellt. Diese Kriterien bewiesen uns bei Pigmentvergleichen die Identität einzelner Farbstoffzonen.

Als Beispiel sei in Abb. 9 schematisch das Ergebnis eines pherographischen Serientestes wiedergegeben, zu dem wir aus der Futterrübensorte Deutsche Barres (Terra) fünf Rüben entnahmen, die in der Färbung ihrer Schale von goldgelb bis zu tief orange differierten (Ostwald-Farbmeßtafel [1] X la 3, XIV pa 2, XII na 2, XIV pa 4, XIV pa 4). Wir sehen, daß in allen fünf hier getesteten Rüben die Färbung der Schale durch das Zusammenwirken von jeweils 11 von Rübe zu Rübe identischen Einzelpigmenten hervorgebracht wird. Unterschiede in der Gesamtausfärbung können also nur auf verschiedenem mengenmäßigen Vorhandensein dieser Einzelpigmente beruhen. Wir haben versucht, die Stärke der Pigmente durch die Bonitierungsstufen

Tabelle 1. Die Pigmentausstattung der gelb bis orange-schaligen Futterrüben.  
Charakteristika der einzelnen Flavocyaninkomponenten.

Bezeichnung der Flavocyanin-Zonen	Färbung im Tageslicht	Fluoreszenz im Ultra-Violett (Quarzlampe)	Ionenmobilität bei pH 6,64 ( $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot 10^{-5}$ )	Spektroskopische Eigenschaften ( $\lambda_{\max}$ in $\mu\text{m}$ )
$o_1$	orange	orange	+ $1,6 \pm 0,1$	483 260
$g_1$	gelb	gold-gelb	+ $2,6 \pm 0,1$	478 260
$g_2$	gelb <sup>1</sup>	orange-rot	+ $3,2 \pm 0,1$	485 263
$og_1$	orange-gelb	gold-gelb	+ $4,4 \pm 0,1$	477/450 288
$o_2$	orange	schmutzig gelb	+ $4,6 \pm 0,1$	— <sup>2</sup>
$og_2$	orange-gelb	gold-gelb <sup>3</sup>	+ $4,9 \pm 0,1$	476 320/295
$og_3$	orange-gelb	gold-gelb <sup>3</sup>	+ $5,5 \pm 0,1$	475 285/255
$g_3$	gelb	zitronen-gelb	+ $6,2 \pm 0,1$	475 300/257
$o_3$	orange	orange	+ $6,5 \pm 0,1$	475/460 255
$og_4$	orange-gelb	gold-gelb	+ $7,4 \pm 0,1$	432 260
$zg$	zitronen-gelb	leuchtend gelb	+ $7,9 \pm 0,1$	427 280/250
$o_4$	orange	bräunlich	+ $8,2 \pm 0,1$	— <sup>2</sup>
$og_5$	orange-gelb	fahl gelb	+ $8,5 \pm 0,1$	472/450 262

<sup>1</sup> Färbung der Zone auf dem feuchten Pherogramm gelb, auf dem getrockneten jedoch orange.

<sup>2</sup> Wegen zu geringer Konzentration Extinktionspektrum nicht meßbar.

<sup>3</sup> Zonen umrandet von leuchtend blau fluoreszierenden Zonen; wahrscheinlich Zimtsäurederivate.

1—5 anzugeben (1 = schwach, 5 = sehr stark vorhanden).

In Tab. 2 ist für die Futterrübensorte Teutonia ein entsprechender Serientest aufgezeigt. Auch hier sind die gleichen 11 Einzelpigmente vorhanden. In einigen wenigen Rüben dieser Sorte sowie der Sorte Lischower treten jedoch zu diesen Pigmenten noch zwei weitere orangefarbene durch  $o_2$  und  $o_4$  gekennzeichnete Zonen hinzu, so daß hier an der Ausfärbung der Einzelrübe zum Teil 13 Flavocyanine beteiligt sind. Von diesen Ausnahmen abgesehen, die eine besondere noch nicht geklärte Situation darstellen, beruhen die Unterschiede in der Färbung der 15 getesteten Rüben auch hier auf

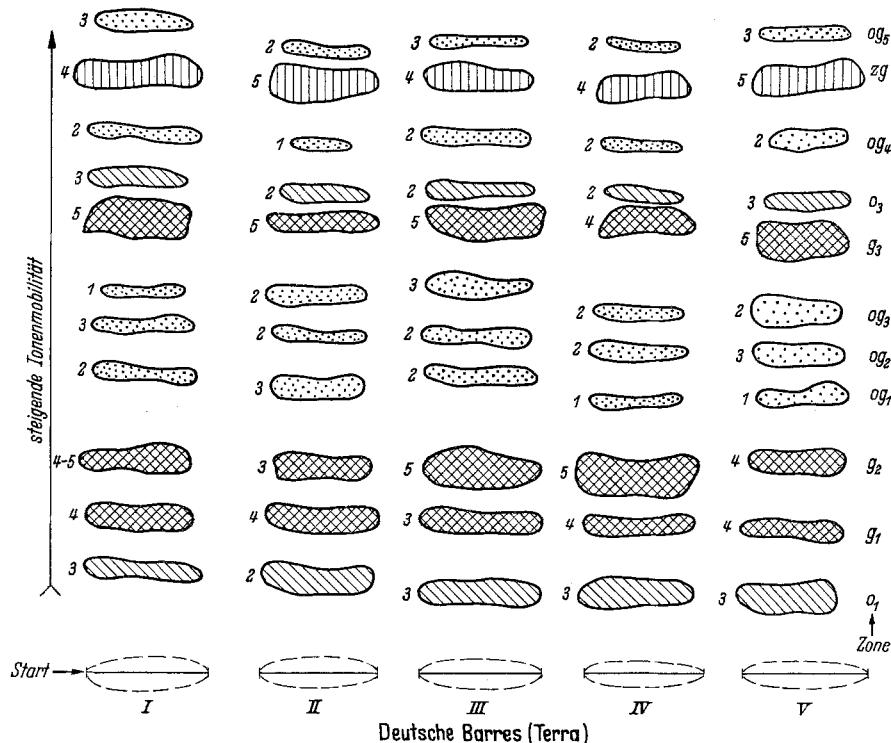


Abb. 9. Vergleichsphrogramm von 5 Rüben (I—V) der Sorte „Deutsche Barres (Terra)“. Die Extrakte sind aus jeweils flächengleichen Teilen der Schale des Rübenkörpers hergestellt. Es wurden auf die Startlinie gleiche Mengen an Extraktlösung aufgetragen. Die Zahlen geben den Grad der Pigmentanhäufung an (1 = schwach, 5 = sehr stark).

Tabelle 2. Auswertung eines Serientestes von 15 ausgewachsenen Rüben der Sorte Teutonia.  
(Abkürzungen s. Tab. 1)

Bezeichnung der Einzelpigmente	Stärke der Einzelpigmente (Bonitierungsstufen 1—5: 1 = schwach, 5 = sehr stark)	$\bar{m}$
$o_1$	3, 4, 2, 4, 4, 3, 3, 4, 3, 4, 4, 4, 3, 4, 3,	3,5
$g_1$	4, 5, 3, 3, 5, 4, 4, 5, 3, 5, 5, 5, 5, 5, 5,	4,4
$g_2$	4, 5, 3, 4, 5, 4, 4, 5, 3, 5, 4, 3, 3, 4, 2,	3,9
$og_1$	2, 3, 2, 2, 3, 2, 3, 2, 1, 2, 3, 2, 3, 1,	2,2
$o_2$	0, 4, 0, 0, 4, 0, 0, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2,	0,8
$og_2$	2, 3, 1, 2, 2, 0, 2, 3, 2, 3, 2, 4, 2, 2, 2,	2,1
$og_3$	2, 3, 2, 2, 3, 2, 3, 3, 2, 2, 1, 3, 1, 2, 1,	2,1
$g_3$	4, 5, 5, 5, 5, 4, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 4, 5, 5,	4,8
$o_3$	3, 4, 2, 2, 4, 2, 3, 4, 2, 3, 3, 2, 2, 2, 2,	2,7
$og_4$	1, 1, 2, 1, 1, 0, 2, 2, 2, 1, 1, 0, 1, 3, 0,	1,2
$zg$	4, 5, 4, 4, 5, 3, 4, 4, 4, 4, 5, 4, 5, 5, 5,	4,3
$o_4$	0, 3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 3, 3, 0, 0, 0, 0,	0,6
$og_5$	3, 4, 3, 3, 4, 2, 3, 3, 3, 4, 3, 4, 2, 2,	3,0

einem verschiedenen relativen Mengenverhältnis der 11 Einzelpigmente.

Als Ergebnis unserer zahlreichen Einzeluntersuchungen sind in Tab. 3 alle uns zur Verfügung stehenden gelb bis orange-schaligen Futterrübensorrenten in ihrer qualitativ übereinstimmenden Pigmentausstattung zusammengestellt. Für die Einzelpigmente ist die visuell ermittelte Farbstärke (Bonitierungsstufen 1—5) als Mittelwert aus Untersuchungen von 15 Rüben je Sorte dargestellt (fettgedruckte Zahlen). Um einen Einblick in die Variationsbreite innerhalb jeder Sorte zu vermitteln und um außerdem zu prüfen, ob und wie weit die Sorten klar gegeneinander abgegrenzt werden können, sind gleichzeitig auch noch die Extremwerte aus den 15 Rüben-Testen aufgeführt.

Tabelle 3. Vergleichende Zusammenstellung der in der Schale gelb bis orange-gelber Futterrübensorten auftretenden Pigmente. Stärke der Einzelpigmente in den Bonitierungsstufen 1—5 entspr. Tab. 2. Mittelwert und Extremwerte von 15 getesteten Rüben je Sorte (Mittelwerte fettgedruckt).

Bezeichnung der Pigment-Zonen	Criewener Gelb	Eckendorfer Gelb	Friedrichs-werther Gelb	Kirsches Ideal	Oberndorfer	Umständler	Altenburger Tonnen	Kirsches Koloß	Teutonia	Lischower
$o_1$	$0-1,1-2$	$0-1,0-2$	$0-1,0-3$	$0-1,3-3$	$2-2,7-4$	$1-2,0-3$	$1-1,2-2$	$0-1,5-3$	$2-3,5-4$	$3-3,4-4$
$g_1$	$1-2,7-3$	$2-2,5-3$	$1-2,3-4$	$1-2,5-4$	$2-3,9-4$	$2-3,1-4$	$2-2,0-4$	$2-2,7-4$	$3-4,4-5$	$3-4,0-5$
$g_2$	$0-1,8-3$	$1-1,9-3$	$0-1,7-2$	$1-2,3-3$	$3-4,5-5$	$3-3,7-4$	$3-3,5-4$	$2-2,8-4$	$3-3,2-5$	$3-4,1-5$
$og_1$	$0-0,9-2$	$0-1,0-2$	— o —	$0-1,5-2$	$2-2,4-3$	$0-1,5-3$	$0-1,3-3$	— o —	$1-2,2-3$	$1-2,1-3$
$o_2$	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	$0-0,8-4$	$0-0,6-4$
$og_2$	$1-1,4-2$	$0-1,1-2$	$0-1,3-3$	$0-1,0-3$	$1-2,2-3$	$1-2,1-3$	$1-1,5-2$	$0-1,1-2$	$0-2,1-4$	$1-2,3-3$
$og_3$	— o —	— o —	— o —	$0-0,9-2$	$1-1,8-3$	$1-1,8-2$	$0-1,3-2$	$0-1,6-3$	$1-2,1-3$	$2-2,5-3$
$g_3$	$3-4,4-5$	$3-4,5-5$	$3-4,2-5$	$3-3,9-5$	$3-4,7-5$	$3-4,2-5$	$2-4,0-5$	$2-3,9-4$	$4-4,8-5$	$3-4,6-5$
$o_3$	$1-1,3-3$	$0-1,6-3$	— o —	$0-1,4-3$	$2-2,6-4$	$2-2,5-3$	$0-0,5-1$	$0-1,6-3$	$2-2,7-4$	$1-2,6-4$
$og_4$	— o —	— o —	— o —	— o —	$0-0,6-1$	— o —	— o —	$0-0,3-1$	$0-1,2-3$	$0-1,2-2$
$zg$	$4-4,5-5$	$3-3,8-5$	$2-3,1-5$	$2-2,9-4$	$3-3,8-4$	$3-4,5-5$	$3-3,5-4$	$3-4,7-5$	$3-4,3-5$	$3-4,7-5$
$o_4$	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	$0-0,6-3$	$0-0,7-3$
$og_5$	$1-2,3-3$	$1-1,7-3$	$0-1,5-2$	$1-2,0-3$	$1-2,9-3$	$1-2,3-3$	$1-1,5-2$	$1-2,0-3$	$2-3,0-4$	$1-3,2-4$

Bezeichnung der Pigment-Zonen	Müllers Georgenhäuser	Remlinger	Frankes Rekord	Gelbe Babolnag	Regia 79	Deutsche Barres (Dippe)	Deutsche Barres (Terra)	Kolds Barres Strynø X	Barres CB 82	Barres II
$o_1$	$3-3,6-4$	$1-2,3-3$	$3-3,7-4$	$1-2,5-4$	$1-2,0-4$	$2-3,2-3$	$1-2,4-3$	$2-2,8-4$	$2-3,0-4$	$2-3,4-4$
$g_1$	$3-4,3-5$	$2-3,5-4$	$3-4,5-5$	$1-3,1-4$	$2-3,2-4$	$3-3,9-5$	$1-3,8-4$	$3-3,7-5$	$2-3,7-5$	$2-4,2-5$
$g_2$	$3-4,0-5$	$3-3,2-4$	$3-4,1-5$	$1-2,7-4$	$2-2,7-4$	$3-4,0-5$	$3-4,3-5$	$2-3,6-5$	$3-4,0-5$	
$og_1$	$1-1,9-3$	$1-2,0-3$	$1-2,5-3$	$0-1,7-2$	$0-1,5-3$	$2-2,1-3$	$0-1,6-3$	$1-1,9-3$	$1-2,1-3$	$1-2,1-3$
$o_2$	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —
$og_2$	$1-2,1-3$	$0-1,0-2$	$1-2,2-3$	$0-1,8-2$	$0-1,5-2$	$2-2,5-3$	$1-2,4-3$	$1-1,6-3$	$0-1,5-2$	$1-2,0-3$
$og_3$	$1-2,1-3$	$1-2,5-3$	$1-2,1-3$	$1-2,3-3$	$1-1,1-2$	$0-1,2-2$	$0-2,0-3$	$1-2,1-3$	$1-2,0-3$	$0-1,3-3$
$g_3$	$4-4,8-5$	$4-4,7-5$	$4-4,9-5$	$3-4,4-5$	$3-4,6-5$	$4-4,7-5$	$3-4,6-5$	$4-4,7-5$	$4-4,5-5$	$5-5,0-5$
$o_3$	$2-2,9-4$	$1-2,2-3$	$2-3,0-4$	$1-1,6-2$	$1-2,5-3$	$1-3,4-4$	$1-2,4-3$	$2-2,8-4$	$1-2,3-3$	$2-2,9-4$
$og_4$	$0-0,8-1$	— o —	$0-1,9-3$	$0-0,2-1$	$0-1,0-2$	$0-0,6-2$	$1-1,3-3$	$0-1,1-3$	$0-0,9-2$	$0-1,6-2$
$zg$	$3-4,2-5$	$4-4,5-5$	$2-4,4-5$	$3-4,5-5$	$2-3,5-5$	$4-4,8-5$	$3-4,3-5$	$3-4,6-5$	$4-4,3-5$	$3-4,3-5$
$o_4$	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —	— o —
$og_5$	$3-3,5-4$	$2-3,6-4$	$1-2,7-4$	$1-2,5-3$	$1-2,0-3$	$2-2,9-4$	$1-2,5-3$	$2-2,6-3$	$2-2,8-4$	$2-3,3-4$

Der pigmentanalytische Vergleich der gelb bis orange-schaligen Futterrüben zeigt, daß ihre Färbung auf bis zu 13 verschiedenen Flavocyaninen beruht.

Bei den zwei Sorten Teutonia und Lischower sind bei einzelnen Rüben alle 13 Farbstoffkomponenten nachzuweisen. Im übrigen treten nur 7 bis 11 dieser Pigmente auf. Ob die in diesen Fällen im Pherogramm nicht auffindbaren Farbzonen aber wirklich vollständig fehlen oder nur in so geringer Menge vorhanden sind, daß sie auf dem Papier bei großer Oberflächenverteilung nicht mehr wahrzunehmen sind, muß offenbleiben.

Die vorhandenen Pigmente kommen bei den Einzelrüben bzw. den Sorten in sehr verschiedenen Mengen vor. In allen untersuchten Sorten sind am stärksten die Zonen  $g_3$  und  $zg$  vorhanden, denen in manchen Sorten auch die Pigmente  $g_1$  und  $g_2$  nahe- oder gleichkommen. Fast in allen Sorten am schwächsten ausgeprägt ist das Flavocyanin  $og_4$ , wenn man von den Zonen  $o_2$  und  $o_4$  absieht, die ja nur in den zwei Sorten Teutonia und Lischower und hier auch nur bei einzelnen Rüben gefunden wurden und, wie bereits erwähnt, als Sonderfall betrachtet werden müssen. Die verschiedenen Farbtönungen beruhen also auf einem mengenmäßig unterschiedlichen Anteil der 13 Flavocyanine. Die fahlgelbe Eckendorfer zum Beispiel enthält die Zone  $g_3$  und  $zg$  in der gleichen Stärke wie orange-gelbe Rüben der Barres-Gruppe, nur sind bei letzteren die Pigmente  $g_1$ ,  $g_2$ ,  $o_1$  und  $og_{1-3}$  in färberisch wirksamer Konzentrationen vorhanden. Die Sorte Criewener Gelb zeichnet sich im allgemeinen durch eine reine Gelbfärbung, die Sorte Lischower durch eine ins Orange gehende Tönung aus. Doch gibt es auch Fälle,

in denen eine Rübe aus der erstenen Sorte bis zu goldgelb und eine aus der letztgenannten Sorte nur blaß orange-gelb gefärbt ist. Bei diesen Extrempartien zeigt sich das Verhältnis der Einzelpigmente und der Grad ihrer Anhäufung so weit verschoben, daß wir in diesem Fall die Extrakte aus ihren Schalen pigmentanalytisch nicht mehr unterscheiden können.

Die genetische Uneinheitlichkeit unserer Rübensorten, hier speziell der Futterrübensorten, äußert sich demnach auch in Unterschieden der Färbung innerhalb der Sorten. Jede Sorte hat sozusagen ihre farbliche Variationsbreite. Da sich nun aber die Variationsbreiten der einzelnen Sorten berühren und überschneiden, sind wir nicht in der Lage, die Sorten eindeutig pigmentanalytisch zu charakterisieren, d. h. die verschiedenen Sorten klar gegeneinander durch ihre Pigmentausstattung abzugrenzen.

b) Rote Futterrüben: Bei den rot-schaligen Futterrübensorten wurden die entsprechenden Untersuchungen und Teste wie bei den gelb bis orange-schaligen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abb. 10 und Tab. 4 zusammengefaßt. Die Betanine sind, so klar sie in ihrer Ionenmobilität differieren, in ihrem Absorptionsspektrum (gemessen in Methanol p. a.) kaum zu unterscheiden, zumindest liegt das Hauptmaximum für alle vier violetten N-Pigmente übereinstimmend bei  $537/538 \mu\text{m}$  (Abb. 11). Auch die Färbung im Tageslicht (violett, bei geringerer Konzentration violett-rot) und die Fluoreszenz im UV-Licht (dunkelbraun) ist für alle vier Komponenten gleich.

Die roten Futterrüben unterscheiden sich von den gelb- bis orangefarbenen grundsätzlich dadurch, daß sie violette Betanine besitzen und zwar bemerkens-

Tabelle 4. Vergleichende Zusammenstellung der in der Schale roter Futterrübenarten auftretenden N-haltigen Pigmente. Angaben der Stärke der Einzelkomponenten entspr. Tab. 3 von 15 getesteten Rüben je Sorte.

Bezeichnung der Einzel-Pigmente	Ionenmobilität bei pH 6,64 ( $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{V}^{-1} \cdot 10^{-5}$ )	Ecken-dorfer Rot	Peragis Rot	Friedrichs-werther Rot	Breustedts Rubin	Rosa Beta (Sedlmayr)
V <sub>1</sub>	+0,65-0,7	0-0,9-2	0-0,3-1	-- 0 --	0-0,2-2	2-3,3-5
V <sub>2</sub>	+1,3 -1,5	2-2,9-4	1-2,1-4	1-2,2-3	1-2,5-4	2-3,7-5
g <sub>1</sub>	+2,3 -2,5	1-2,7-4	1-1,9-3	1-2,7-4	1-2,0-4	1-2,1-3
g <sub>2</sub>	+2,9 -3,1	0-1,2-2	0-0,8-1	0-1,4-2	1-3,0-3	0-1,6-3
V <sub>3</sub>	+3,5 -3,6	3-4,8-5	3-4,5-5	2-4,2-5	2-4,2-5	1-2,7-4
OG <sub>2</sub>	+4,2 -4,3	- 0 -	0-1,2-3	0-1,0-2	1-2,0-3	- 0 -
OG <sub>3</sub>	+4,8 -5,0	0-1,7-3	1-1,6-2	0-1,1-2	1-2,0-3	- 0 -
V <sub>4</sub>	+5,5	- 0 -	0-2,0-3	1-1,9-2	- 0 -	1-2,6-3
g <sub>3</sub>	+6,2 -6,3	2-3,9-4	3-4,5-5	3-4,3-5	4-4,4-5	2-3,7-4
OG <sub>4</sub>	+6,7 -6,75	0-1,0-2	0-0,8-2	0-0,6-2	1-2,0-3	- 0 -
ZG	+7,8 -8,0	3-4,1-5	3-4,0-5	4-4,4-5	3-3,4-4	1-2,9-4
OG <sub>5</sub>	+8,3 -8,5	1-1,7-3	1-1,5-2	0-1,6-3	1-2,5-3	0-1,0-2

v<sub>1-4</sub> = violette Pigmentzonen (Betanine), die übrigen Abkürzungen s. Tab. 1

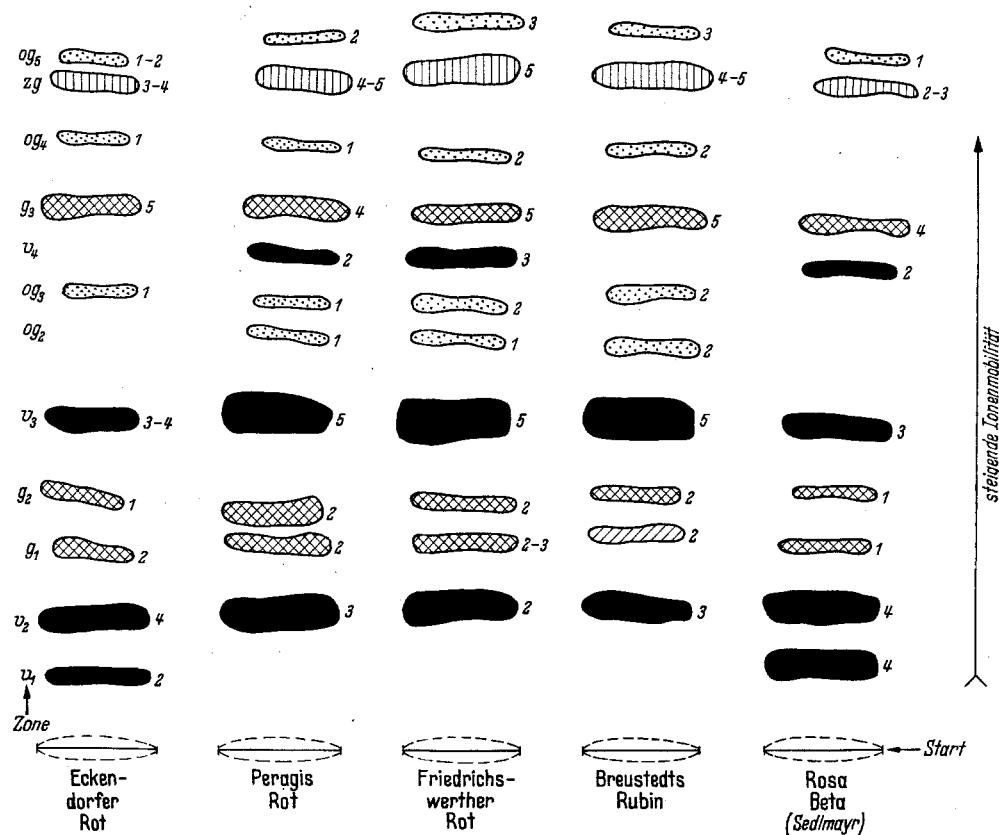


Abb. 10. Vergleichsphrogramm der untersuchten rotschaligen Futterrübensorten. Ausgangsextrakte etwa gleich konzentriert; Zahlen entspr. Abb. 9.

werterweise dieselben Komponenten, die auch bei der Roten Bete gefunden wurden. Nur gliedert sich bei der Roten Bete die weitaus am stärksten vorhandene Betanin-Zone v<sub>3</sub> (Ionenmobilität = 3,59) nicht selten bei günstigen Versuchsbedingungen noch in zwei voneinander abgesetzte Pigmentstreifen auf, so daß wir hier sogar von 5 Einzelkomponenten sprechen können.

Bei den roten Futterrüben sind neben den Betaninen auch noch bis zu 8 Flavocyanine vorhanden, die sich mit den in gelb bis orange-farbenen Futterrüben beschriebenen identisch zeigten. Es ist nicht anzunehmen, daß die 3 bis 5 übrigen Flavocyanine aus den gelb bis orange-farbenen Sorten grundsätzlich nicht auch bei den roten Futterrübensorten vorkommen. Bei der pherographischen Auf trennung von Extraktten aus rot-schaligen Futterrüben könnte vielleicht eine Verdeckung von schwachen gelb oder orange-farbenen

Pigmentzonen durch die violetten Farbzenen mit ihrer wesentlich stärkeren Farbkraft vorliegen. Allerdings hätten sich dann im Absorptionspektrum des einen Stoffes die Absorptionsbanden des anderen zeigen müssen, was in unseren Messungen bis auf Ausnahmefälle, wo die Zonen sich wegen zu kurzer Trenndauer überlappten, nicht der Fall war. Für die Rote Bete „Rote Kugel“ konnten wir neben den 4 bzw. 5 Betaninen jedenfalls eindeutig 10 Flavocyanine unterscheiden (siehe dazu Abb. 1).

Für die Gesamtausfärbung der rot-schaligen Futterrüben sowie der violett gefärbten Roten Bete läßt sich somit das Folgende festhalten:

Bekanntlich sind bei den Zuckerrüben und den meisten Futterrübsorten mit ungefärbter Rübenschale Keimpflänzchen mit rotem und solche mit gelblich-grünem Hypokotyl zu unterscheiden. Die ersten zeigen eine Rotfärbung auch an den jungen Blättchen im Herzen der Blattrosette. Diese Rotfärbung beruht auf Betaninen, die zu dem Flavocyanin, das sowohl in den Keimlingen mit gelblich-grünem als auch in denen mit rotem Hypokotyl gefunden wurde, hinzutreten. In den roten Hypokotylen konnten wir zwei Betanine mit den Ionenmobilitäten +1,5 und +3,5 nachweisen, die mit den Betaninkomponenten  $v_2$  und  $v_3$  aus der Schale roter Futterrüben und der Roten Bete identisch sein dürften. In den jungen Blättchen des Rübenherzens ist pheographisch nur die Betaninkomponente mit der Ionenmobilität +3,5 ( $v_3$ ) zu erfassen. Das in den erwähnten Fällen als sog. Begleit-Pigment auftretende Flavocyanin (Bonitierungsstärke 2—4) hat eine Ionenmobilität von +6,3. Es handelt sich sehr wahrscheinlich um die Pigmentzone  $g_3$ , die wir zusammen mit der Komponente  $zg$  in der Schale der gefärbten Futterrüben in der größten Intensität unter den Flavocyaninen festgestellt haben. Warum die bei diesen Rüben in etwa der gleichen Konzentration vorkommende Komponente  $zg$  nicht auch bei der Hypokotyl- und Herzblattfärbung in entsprechender Stärke beteiligt ist oder zumindest sich in Spuren zu erkennen gibt, muß vorerst fraglich bleiben. Überhaupt sind noch umfangreichere Untersuchungen zur Erhärtung dieser Ergebnisse nötig und erwünscht.

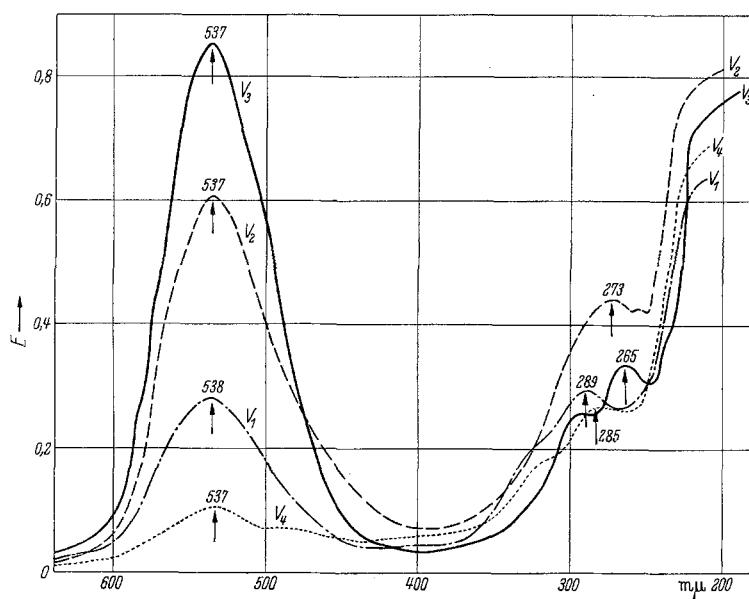


Abb. 11. Extinctionsspektren der Betanine  $v_1$ — $v_4$  aus dem Schalenextrakt der Futterrüben „Peragis Rot“ ( $v_3$  u.  $v_4$ ) und „Rosa Beta“ ( $v_3$  u.  $v_4$ ).  
 Betanin ( $v_1$ ), Im +  $0,65 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot V^{-1} \cdot 10^{-5}$ . Betanin ( $v_3$ ), Im +  $3,5 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot V^{-1} \cdot 10^{-5}$ .  
 Betanin ( $v_2$ ), Im +  $1,4 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot V^{-1} \cdot 10^{-5}$ . Betanin ( $v_4$ ), Im +  $5,5 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot V^{-1} \cdot 10^{-6}$ .

Bei den pigmentierten *Beta*-Rüben, speziell wieder bei Futterrüben, treten Färbungen bekanntlich nicht nur in verschiedener Verteilung in der Schale der Rübe auf, sondern z. T. auch im Fleisch des Rübenkörpers (Frankes Rekord und Rote Bete), in den Blattbasen, Blattstielen und Blattrippen sowie in Blütenprossen (Rosa Beta, Breustedts Rubin, Frankes Rekord, Peragis Rot, Oberndorfer etc.). Unsere Untersuchungen zeigten, daß es sich auch bei den Färbungen in diesen Organen um die entsprechenden N-haltigen Pigmente, also um Flavocyanine und Beta-

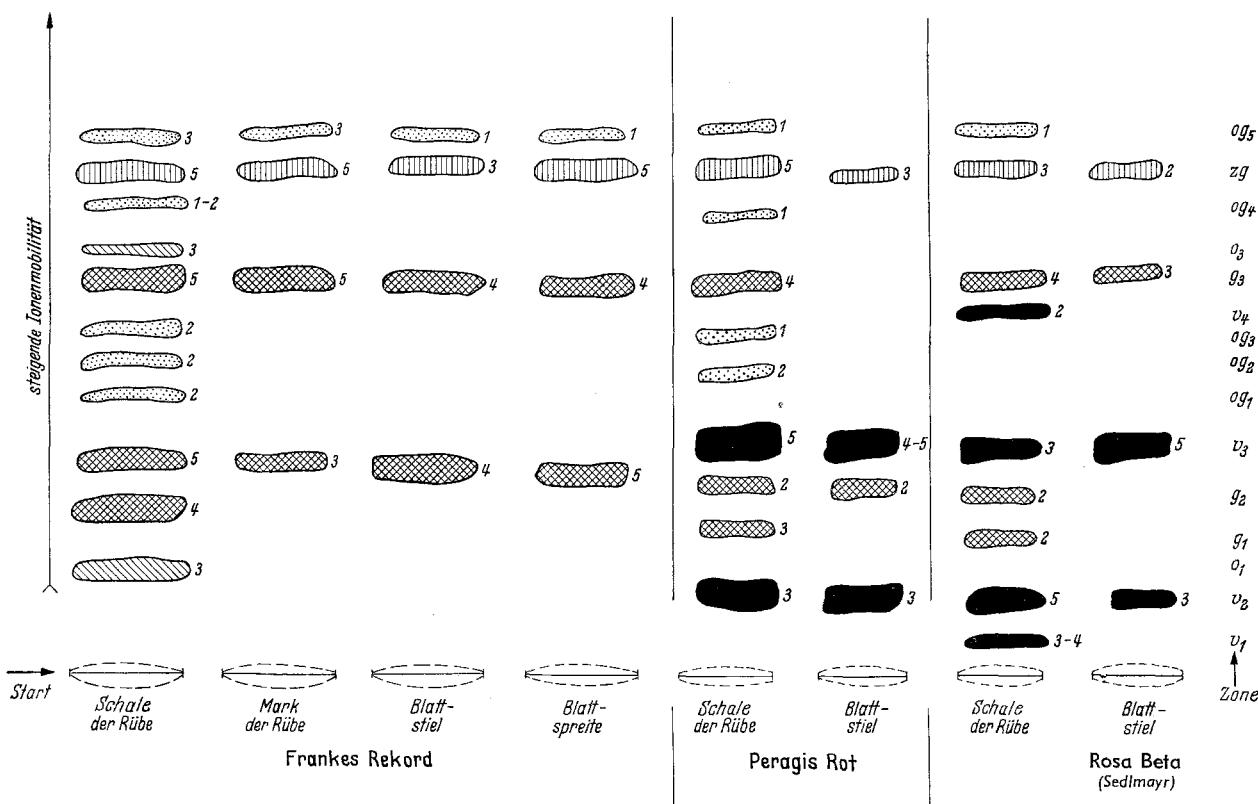


Abb. 12. Vergleichsphrogramme aus Rinden-, Mark- und Blattextrakten der gelbschaligen Futterrübe „Frankes Rekord“ und der rotschaligen Futterrüben „Peragis Rot“ und „Rosa Beta (Sedlmayr)“. Ausgangsextrakte etwa gleich konzentriert; Zahlen entspr. Abb. 9.

nine handelt, die uns aus der Rübenschale bereits bekannt sind. Doch treten auch bei etwa gleicher Konzentration des Rohextraktes an Pigment fast immer in den oberirdischen Organen weniger Einzelkomponenten auf als in den Teilen der Rübenschale (Abb. 12). Es sind dies zumeist die in den entsprechenden Schalenextrakten in der stärksten Konzentration vorkommenden Farbstoffzonen. Die in geringerer Konzentration in der Rübenschale auftretenden Pigmente werden im Blatt, Stiel oder Fleisch der Rübe meist unterdrückt oder nur in unerkennbaren Spuren gebildet. Den nach diesen Befunden vielleicht nahe liegenden Schluß, daß dies auf eine mannigfaltigere Pigmentsynthese infolge eines luxurierenden Stoffwechsels im Rindengewebe zurückzuführen sei, wollen wir jedoch hier nicht erörtern.

#### 4. Besprechung der Ergebnisse

Inwieweit lassen sich die hier aufgezeigten pigmentanalytischen Ergebnisse in Beziehung zur Genetik der Färbungen der *Beta*-Rüben bringen? Seit KAJANUS (1917) und LINDHARD und IVERSEN (1920) wissen wir, daß im wesentlichen zwei Genpaare G—G<sup>+</sup> und R—R<sup>+</sup> dafür verantwortlich sind, ob Rüben, eine weiße, d. h. unpigmentierte, eine gelbe bis orange-farbene oder eine rote Schale ihres Rübenkörpers ausbilden. Nach diesen Autoren muß G vorhanden sein, damit die Rübenschale pigmentiert ist. Individuen ohne G sind weiß-schalig, auch wenn R vorliegt. Pflanzen mit G aber ohne R haben eine gelbschalige Rübe; tritt zu G noch R hinzu, so ist die Schale des Rübenkörpers rot. Rottfärbung von Hypokotyl und Herzknospe liegt bei der genetischen Konstitution G<sup>+</sup> und R vor.

Im Lichte der heutigen Erkenntnisse über das Auftreten der gelben bis orange-farbenen und der verschiedenen violetten N-haltigen Pigmente können wir also sagen, daß Flavocyanine in der Schale des Rübenkörpers bei Anwesenheit von G gebildet werden. Tritt zu G noch R hinzu, so erscheinen neben den Flavocyaninen die Betanine. Die Tatsache, daß Betanine in der Rübenschale nur dann auftreten, wenn neben R auch G vorhanden ist, macht es wahrscheinlich, daß R die Betaninbildung nur aus einer an das Vorhandensein von G gebundenen Vorstufe ermöglicht. Sich näher über die Physiologie dieser gengesteuerten Pigmentbildung auszulassen, erscheint jedoch noch verfrüht.

Auf Grund unserer Ergebnisse an weiß-schaligen Futter- und Zuckerrüben müssen wir schließen, daß eine N-Farbstoffbildung nicht nur bei Anwesenheit von G sondern auch bei G<sup>+</sup> vorkommt, aber hier in viel geringerer Menge und eben nur im Hypokotyl und den Herzblättchen. Wenn zu G<sup>+</sup> noch R hinzukommt, treten zu der schwachen Flavocyaninkomponente ein bis zwei Betanine, aber wegen G<sup>+</sup> ebenfalls nur wenig konzentriert und beschränkt auf Hypokotyl und Herzblätter. R<sup>+</sup> ermöglicht nie eine Betaninbildung.

Auf welche genetischen Unterschiede ist nun die Variabilität im relativen Mengenverhältnis der nachgewiesenen Flavocyanine bzw. Betanine bei den einzelnen Rüben und verschiedenen Rübensorten zurückzuführen? Es kommen zwei Möglichkeiten hierfür in Betracht:

1. Im G- bzw. im G- und R-Locus liegt multiple Allelie vor, wobei jedem Allel die Ausbildung eines bestimmten relativen Mengenverhältnisses der einzelnen

Flavocyanine und Betanine untereinander entsprechen würde.

2. Andere Komponenten der genetischen Konstitution bestimmen bei Anwesenheit von G bzw. R, in welchem relativen Mengenverhältnis die verschiedenen Pigmente auftreten. Der G- und der R-Faktor wären also nur für die Pigmentbildung als solche verantwortlich, während andere noch unbekannte Faktoren die Quantität der bei Gegenwart von G und R gebildeten Farbstoffe verändern würden.

Natürlich kann auch multiple Allelie und Polygenie gleichzeitig vorliegen.

Multiple Allelie im G- und R-Locus gibt KELLER (1936) an, wobei sich aber die zwei von ihm beschriebenen multiplen allelomorphen Serien nur auf die Art der Verteilung der Pigmente beziehen (siehe auch KNAPP, 1958).

Außerdem wäre zunächst noch zu klären, wie weit das relative Mengenverhältnis der Einzelpigmente modifikativ beeinflußbar ist und inwieweit auch die Entwicklung der Pflanze in diesem Sinne eine Rolle spielt.

#### 5. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Mit Hilfe der Hochspannungs-Ionophorese gelingt eine Trennung der Pigment-Fraktion aus verschiedenen Futterrübensorten in eine Anzahl von N-haltigen Pigmenten, deren Charakteristika (Ionenmobilität und spektroskopische Eigenschaften) beschrieben werden. Es sind insgesamt 13 gelb- bis orangefarbene Flavocyanine und 5 viollette Betanine nachweisbar.

2. In der Klasse der gelb bis orange gefärbten Futterrüben kommen ausschließlich Flavocyanine vor, bei den roten Futterrüben, sowie den roten Speiserüben (Rote Bete) außerdem Betanine. Diese für die Rottfärbung maßgebenden Betanine treten in allen untersuchten Fällen nur in Verbindung mit Flavocyaninen, nie für sich allein auf.

3. Unterschiede in der Färbung der Schale des Rübenkörpers zwischen Rüben einer Sorte, sowie zwischen den gelb- bis orangefarbenen bzw. roten Futterrübensorten beruhen auf einem verschiedenen relativen Mengenverhältnis der einzelnen Pigmentkomponenten.

4. Die farblichen Variationsbreiten der verschiedenen Futterrübensorten berühren und überschneiden sich, so daß pigmentanalytisch eine eindeutige Charakterisierung und klare Abgrenzung der Sorten gegenüber nicht möglich ist.

5. An der Färbung von Blattorganen, Blütenprossen und z. T. vom Fleisch der Rübe sind weit weniger Einzel-Komponenten beteiligt als bei der Ausfärbung der Schale der entsprechenden Rübe.

6. Die Ergebnisse der Pigmentanalyse werden im Hinblick auf die seit langem bekannte Tatsache, daß Allelen-Unterschiede in den zwei Loci G und R die wesentlichen Färbungsunterschiede bedingen, besprochen:

Bei Anwesenheit von G werden in der Schale des Rübenkörpers Flavocyanine gebildet; zu diesen gelb- bis orangefarbenen Pigmenten treten viollette hinzu, wenn außer G noch R vorhanden ist. Es ist wahrscheinlich, daß R die Betaninbildung nur aus einer an das Vorhandensein von G gebundenen Vorstufe ermöglicht.

7. Die Unterschiede im relativen Mengenverhältnis der Flavocyanine bzw. Betanine deuten entweder auf multiple allelomorphe Serien von G und R hin, oder setzen die Annahme von weiteren Faktoren voraus, die die Quantität der bei Gegenwart von G bzw. G und R gebildeten Farbstoffe beeinflussen.

#### Literatur

1. ABEGG, F. A.: List of characters and gene symbols reported for the species *Beta vulgaris* L. Amer. Soc. **3**, 109—113 (1940 a). — 2. ARONOFF, S. u. E. M. ARONOFF: Thermal degradation of dehydrated beets. II. Chromatographic separation of red beet-root pigments. Food Res. **13**, 59—65 (1948). — 3. BANDLOW, G.: Die Genetik der *Beta vulgaris*-Rüben. Der Züchter **25**, 104—122 (1955). — 4. KAJANUS, B.: Über die Farbvariation der *Beta*-Rüben. Z. f. Pflanzenzüchtg. **5**, 357—372 (1917). — 5. KELLER, W.: Inheritance of some major color types in beets. J. Agric. Res. **52**, 27—38 (1936). — 6. KNAPP, E.: *Beta*-Rüben bes. Zuckerrüben. Handb. d. Pflanzenzüchtg. Bd. 3 (1958) im Druck. — 7. LINDHARD, E. u. K. IVERSEN: Vererbung von roten und gelben Farbmerkmalen bei *Beta*-Rüben. Z. f. Pflanzenzüchtg. **7**, 1—18 (1919/20). — 8. LINDSTEDT, G.: Electrophoresis of red beet pigments. Acta chem. scand. (Kopenh.) **10**, 698—699 (1956). — 9. OWEN, F. V. u. K. RYSER: Some mendelian characters in *Beta vulgaris* and linkages observed in the Y-R-B-group. J. Agric. Res. **65**, 155—171 (1942). — 10. PUCHER, G. W., L. C. CURTIS u. H. B. VICKERY: The red pigment of the root of the beet (*Beta vulgaris*). I. The preparation of Betanin. II. A method to determine Betanin. J. Biol. Chem. **123**, 61—70 u. 71—75 (1938). — 11. REZNÍK, H.: Die Pigmente der Centrospermen als systematisches Element. Z. f. Bot. **43**, 499—530 (1955). — 12. REZNÍK, H.: Die Pigmente der Centrospermen als systematisches Element. II. Untersuchungen über das ionophoretische Verhalten. Planta Bd. **49**, 406—434 (1957). — 13. ROBINSON, G. M. u. R. ROBINSON: Synthetical experiments on the nature of Betanin and related nitrogenous Anthocyanins. Part I. J. Chem. Soc. **1439** (1932). — 14. SCHMIDT, O. T.: Über den Farbstoff der Roten Rübe. Naturwiss. **25**, 284 (1937). — 15. SCHMIDT, O. T., u. W. SCHÖNLEBEN: Zur Kenntnis des Farbstoffes der Roten Rübe. Naturwiss. **43**, 159 (1956). — 16. SCHÖNLEBEN, W.: Dissertation Heidelberg 1957. — 17. SCHUDEL, G.: Dissertation Zürich 1918. — 18. WIELAND, Th. u. G. PFLEIDERER: Analytische und mikropräparative Trägerelektrophorese mit höheren Spannungen. Angew. Chem. **67**, 257—260 (1955). — 19. WYLER, H. u. A. S. DREIDING: Kristallisiertes Betanin. Helvet. chim. Acta **40**, 191—191 (1957).

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

## Untersuchungen über die Resistenz von Wild- und Primitivkartoffeln gegen den Erreger des Kartoffelschorfes *Streptomyces scabies* WAKSMAN and HENRICI

Von G. M. HOFFMANN

Mit 2 Abbildungen

Die Zahl der bisher gezüchteten schorfresistenten Kartoffelsorten ist gering geblieben und nur wenige haben im praktischen Anbau auf Grund einer hohen Ertragsleistung und guten Qualität verbunden mit einer ausreichenden Schorfresistenz eine stärkere Verbreitung gefunden. BERKNER (1933) hat erstmalig in Deutschland darauf hingewiesen, daß die Sorte Jubel als Ausgangspunkt der Schorfresistenzzüchtung zu betrachten und im Abstammungsnachweis bei den meisten schorfresistenten Sorten zu finden ist. Offensichtlich ist das Resistenzgenmaterial in den Kulturtkartoffelsorten begrenzt und es erschien daher notwendig, das Resistenzverhalten einer größeren Zahl verfügbarer Wild- und Primitivkartoffelherkünfte zu überprüfen, zumal sich unsere bisherigen Kenntnisse über die Schorfresistenz der Wildkartoffelarten lediglich auf eine Beobachtung von REDDICK (1939) stützen.

Die Untersuchungen wurden mit Hilfe einer bereits beschriebenen Infektionsmethode (HOFFMANN 1955) im Gewächshaus an 63 verschiedenen Wild- und Primitivkartoffelarten bzw. -Herkünften durchgeführt<sup>1</sup>, von denen jeweils mindestens 20 Pflanzen auf ihr Resistenzverhalten gegenüber zwei Rassen ( $M_2$  28,  $M_2$  139) von *Streptomyces scabies* geprüft wurden. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Bis auf wenige Ausnahmen erwiesen sich die geprüften Wild- und Primitivkartoffelherkünfte als stark anfällig und zeigten an den Stolonen sehr zahlreiche und meist schwere Läsionen (Abb. 1, Abb. 2a und b).

<sup>1</sup> Für die Überlassung des Samenmaterials bin ich Herrn Dr. Ross (Köln-Vogelsang) und Herrn Dr. ROTACKER (Groß-Lüsewitz) zu Dank verpflichtet.

Bei wenigen Herkünften wurden einzelne Pflanzen mit nur geringen Befallssymptomen beobachtet. Diese Herkünfte sind in Tab. 1 besonders kenntlich gemacht. Auffällig war das Verhalten von *Solanum polyadenium* (27/4). Der überwiegende Teil der Pflanzen zeigte 10 Tage nach der Infektion an den Stolonen keine Erkrankungserscheinungen und nur an wenigen entwickelten sich nach längerer Zeit vereinzelt leichte Verbräunungen (Abb. 2c). Eine Wiederholung des Infektionsversuches an den gleichen Pflanzen führte zu demselben Ergebnis.

In den vorstehenden Untersuchungen konnten die Ergebnisse von REDDICK (1939) nicht bestätigt werden. Alle geprüften Herkünfte der von ihm als resistent befundenen Wildkartoffelarten (*Solanum commersonii*, *S. chacoense*, *S. caldasii* und *S. jamesii*) waren anfällig. Die Resistenz gegen den Erreger des Kartoffelschorfes *Streptomyces scabies* ist demnach auch bei den Wild- und Primitivkartoffeln nur wenig verbreitet.

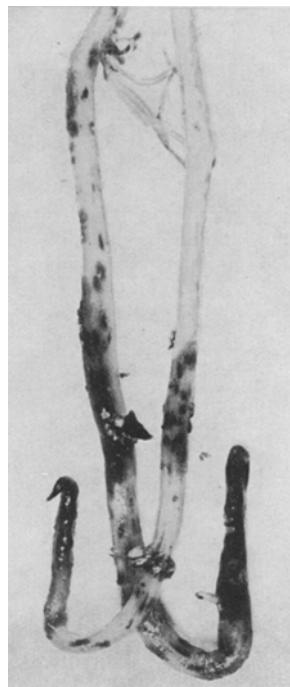


Abb. 1. Starker Stolonenbefall durch *Streptomyces scabies* (*Solanum caldasii*).