

Literatur:

1. E. KÖHLER: Angew. Bot. 1943. **25**, 13. — 2. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst 1942. **22**, 77. — 3. Zentralbl. f. Bakt. (II) 1939. **101**, 29. — 4. Mitt. Biol. Reichsanst., Heft **61**. 1940. — 5. Angew. Bot. 1940. **12**, 385. — 6. Ber. Dtsch. Bot. Ges., im Druck.

(Aus dem Institut für Gemüsebau, Großbeeren, der Versuchs- und Forschungsanstalt für Gartenbau, Berlin-Dahlem.)

Über die Beziehungen zwischen Färbung, Carotingehalt und Geschmack bei Gartenmöhren¹.

Von W. Schuphan und E. Euen.

Die Bedeutung der Gartenmöhre als wertvolles Wurzelgemüse, das praktisch das ganze Jahr über zur Verfügung steht, ist seit langem bekannt. Durch ihre sehr hohen Carotingehalte ist sie das provitamin-A-reichste Gemüse von allen bisher bekannten und bei uns genutzten Arten (1). Dieser Umstand führt die Möhre, namentlich in letzter Zeit, einer auch industriellen Nutzung zu, nämlich als Rohstoff zur Gewinnung von Provitamin-A-Konzentraten. Fette z. B. Margarine und Winterbutter, versetzt man mit einer bestimmten Menge von Carotin aus Möhren, erreicht einerseits einen höheren biologischen Wert der Fette, andererseits aber auch eine viel höhere physiologische Ausnutzung des Möhrencarotins durch den menschlichen Organismus. Nach neueren Untersuchungen ist das Carotin dann biologisch wirksamer, wenn es gleichzeitig mit Fettsäuren verabfolgt wird (2) (vgl. auch 3 und 4).

Für die praktische Züchtung gilt somit als Zuchtziel, eine Gartenmöhre mit möglichst hohem prozentualen Carotingehalt zu finden, die aber auch ertragsmäßig sehr leistungsfähig sein muß, um die industrielle Nutzung wirtschaftlich zu gestalten. Praktisch bestehen derartige zugleich ertrag- und carotinreiche Sorten bereits, wie dies in einer früheren Arbeit (5) von uns an Hand dreijähriger Untersuchungen dargelegt wurde. Als wertvollste Sorte konnte die Wintermöhre „Lange rote stumpfe ohne Herz“ mit 10,09 mg% Carotin und einem Carotinertrag von 7,063 kg/ha herausgestellt werden. Eine Mischprobe aus 10 der vom Reichsnährstand (Sortenregister) als beste deutsche Herkünfte bezeichneten Proben wurden den dreijährigen Bestimmungen zugrundegelegt. Dadurch wurde die Sicherheit der Ergebnisse gefördert und die Allgemeingültigkeit unterstrichen.

Da die chromatographische Carotinbestimmung für die praktische Züchtung zu kompli-

ziert, zu arbeitsraubend und auch zu teuer ist, einfache und zuverlässige Methoden für Massenbestimmungen noch fehlen, lag die Frage nahe, ob die Möhrenfarbe als Maßstab für die Höhe des Carotingehaltes herangezogen werden könnte. Dies wurde von J. REINHOLD (7) auf Grund experimenteller Belege² bejaht. Wir selbst konnten in dreijährigen Befunden (5) bei Prüfung von 12 Sorten keine Bestätigung dieser Ansicht finden. N. NICOLAISEN (8) hat unlängst diesbezügliche Untersuchungsergebnisse veröffentlicht, ohne allerdings Angaben über die Methodik zu machen. Er kommt zu dem Schluß, daß „die Farbe, ein sinnlich wahrnehmbarer Faktor, als Qualitätsmerkmal für den Carotingehalt von Möhrensorten bzw. Zuchtstämmen herangezogen werden“ kann. Weiterhin meint N. NICOLAISEN, daß nach seinen Feststellungen „für die Züchtung auf hohen Carotingehalt“ u. a. „eine möglichst dunkle Färbung, besonders des Rindenteils, dann aber auch des Holzteils anzustreben“ sei.

Diese Widersprüche können u. E. nur auf die jeweils angewandte Methode zurückgeführt werden. Obwohl wir s. Z. mit einem sehr großen Untersuchungsmaterial mehrjährig arbeiteten, war kritisch in Betracht zu ziehen, ob nicht doch in unserer Arbeit beispielsweise durch die der Analyse zugrundegelegte Mischprobe von mindestens 20 Exemplaren, eine Fehlermöglichkeit gegeben sei. Daran war infolge der genetischen Streuung bei dem Fremdbefruchter Möhre ernstlich zu denken, zumal, da auch N. NICOLAISEN (8) hierfür beweiskräftige Zahlen anführt. Deshalb war dieser Frage in genauen Untersuchungen nachzugehen. Vor allem mußte auch der Arbeitsgang so eingehalten und beschrieben werden, daß durch eine jederzeitige Reproduzierbarkeit an anderen Orten die Richtigkeit der erhaltenen Ergebnisse bestätigt werden konnte. Nach den bisher aufgetretenen, sich stark widersprechenden Meinungen ist es Pflicht der angewand-

¹ Aus den Arbeitskreisen II/5c und V/9b des Forschungsdienstes.

² Mündliche Mitteilung [vgl. auch Literatur (6)].

ten Wissenschaft, dem praktischen Züchter einen möglichst von Problematik freien, klaren Weg zu weisen. Dieses Ziel setzten wir uns bei den Untersuchungen. Neben der Hauptversuchsfrage, der Beziehung zwischen Färbung und Carotingehalt, wollten wir im erweiterten Versuch der von R. v. SENGBUSCH (9) aufgeworfenen, recht interessanten Frage der Beziehung von Färbung und Geschmack der Möhren im rohen und gekochten Zustand experimentell nachgehen. Nachstehend sei der Arbeitsgang beschrieben:

5 mal 100 aus Handelssaatgut gezogene und im Ernährungsversuch Diedersdorf angebaute Gartenmöhren der Sorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“ wurden am 6. Mai 1943 aus der Miete genommen, sorgfältig gewaschen, abgetrocknet und der Länge nach halbiert. Die extremen Farbtypen legten wir zahlenmäßig fest (vgl. Tabelle 1). Aus dem Gesamtmaterial entnahmen wir sodann 10 Einzelmöhren, die alle extrem vorkommenden Farbvariationen umfaßten. Gegensätzliche Farbtypen wurden zu Paaren möglichst gleicher Stärke und Größe sowie gleichen Aufbaues (Holz: Rindenverhältnis) zusammengestellt (vgl. Darst. 1 und Tab. 2), um Fehldeutungen, die durch die verschiedenen Größen- und Dickenverhältnisse bedingt waren (10), auszuschalten. Um ganz sicher zu gehen, nahmen wir die analytischen Untersuchungen nur an Einzelmöhren vor und zwar getrennt nach Holz- und Rindenteil, nachdem beide Wurzelabschnitte zur Farbfeststellung aquarelliert worden waren. Prüfung auf absolute Farbtreue erfolgte durch die an der Untersuchung beteiligten Institutsangestellten, die an-

gehalten waren, auch kleinste Farbabweichungen vom Original zu beanstanden und sich von der einwandfreien Farbberichtigung zu überzeugen. Außerdem boten Umrißzeichnungen mit eingezeichneten Cambialzonen die Möglichkeit, sich genau über den Typ der untersuchten Einzelmöhre zu orientieren (Darst. 1). Gewichtsprüfung der untersuchten ganzen Möhre, sowie ihrer Abschnitte (Holz- und Rindenteile) ergänzten die übrigen Feststellungen (Tabelle 2).

Die analytischen Untersuchungen am gleichen Objekt konnten sich nicht nur auf den biologisch wichtigen Farbstoff Carotin beschränken, sondern mußten auch auf die insgesamt vorhandenen Farbstoffmengen ausgedehnt werden, um objektiv erfaßbare Werte der Farbtiefe zu erhalten. Wie in unserer früheren Arbeit (5) ausgeführt wurde, ist Carotin keinesfalls der alleinige farbbestimmende Stoff der Möhre. Nach sehr genauen russischen Untersuchungen (11) bedingen Carotinoide, Anthochlor, Anthocyan und Chlorophyll im wechselnden Mengenverhältnis neben dem Carotin die verschiedene Färbung unserer Kulturmöhrensorten. Daß die typische Möhrenfarbe nicht mit der Färbung des Carotins übereinstimmt, läßt sich schon beim Chromatographieren des Möhrencarotins erkennen. Selbst reinstes, synthetisch hergestelltes β -Carotin zeigt deutliche Farbabweichungen, obwohl zudem bedacht werden muß, daß das Carotin in Möhren in einer relativ starken „Verdünnung“ (rund 10 mg%), das synthetische jedoch in reinster, also konzentrischer Form vorliegt. Diesen Überlegungen soll im folgenden durch analytische Untersuchungen Beweiskraft gegeben werden.

Der Arbeitsgang ist nachfolgend beschrieben:

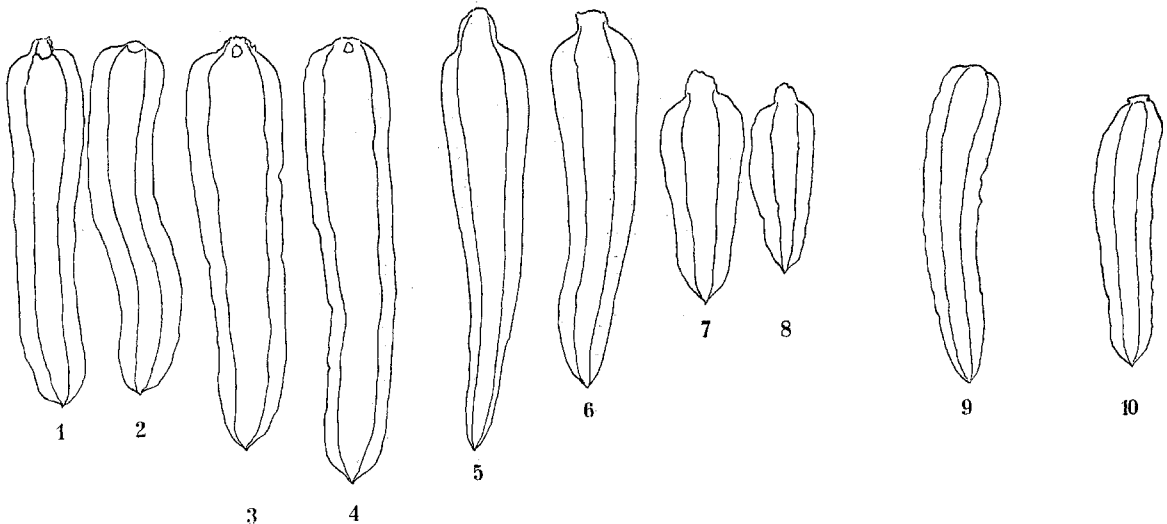


Abb. 1. Umrißzeichnung der zur Untersuchung bestimmten Möhren (Lange rote stumpfe ohne Herz) mit Cambialzone (3/10 der natürlichen Größe).

Nach erfolgter Farbfestlegung in Aquarellen und nach der Gewichtsermittlung wurde jede der 9 Versuchsmöhren in schmale Längssektoren geschnitten. Durch vorsichtige Hebelbewegung des Messers entlang des Cambiums konnten Rinden- und Holzteile sauber getrennt werden. Beide Teile wurden sofort gewogen und getrennt zerkleinert. Zur analytischen Bestimmung wandten wir 2,5 g Frischsubstanz an. Proben zur Trockensubstanzbestimmung wurden ebenfalls entnommen. Die Carotinbestimmung führten wir in bekannter und schon früher beschriebener (12) Weise durch. Da wir im gleichen Arbeitsgang auch alle Nichtcarotin-Farbstoffe photometrisch miterfassen wollten, war eine Abwandlung der Methode in folgender Weise notwendig: Nach erschöpfender Extraktion mit Methanol und Normalbenzin wurde die farbstoffführende Methanolphase nach Abtrennung im Scheidetrichter nicht wie üblich verworfen, sondern in 50 ccm-Meßkölbchen gebracht und bis zur Marke aufgefüllt. Einen aliquoten Teil brachten wir in eine Küvette von 3 cm Schichtdicke und nahmen die Messung im Zeißschen Pulfrich Photometer unter Verwendung des Spektralfilters S 47 vor. Die Kompensationsküvette gleicher Schichtdicke enthielt das Lösungsmittel. Die Messung auf Farbgleichheit erfolgte in vierfacher, unter Berücksichtigung von 2 Paralleleinwagen in achtfacher Wiederholung. Der abgelesene Wert gibt unter Berücksichtigung der Verdünnung (50 ccm Meßkolben) und der Schichtdicke (3 cm) den direkten Ablesungswert der Lichtdurchlässigkeit in % (D%) an und wurde von uns mit dem Symbol M_1 belegt. Ein hoher Prozentwert für M_1 bedeutet folglich geringe, ein niedriger Ablesungswert hohe Farbstoffkonzentration.

Danach wurde die Benzinphase in üblicher Weise (12) chromatographiert (Aluminiumoxyd, standardisiert nach BROCKMANN), das zurückgehaltene Carotin mit Benzin: Benzol (1:1) eluiert und ebenfalls auf 50 ccm gebracht. Die Messung erfolgt aus Zweckmäßigkeitsgründen in 1 ccm Schichtdicke. Wie oben wurde Verdünnung und Schichtdicke bei der Berechnung des Ablesungswerts berücksichtigt. Hier wurde jedoch nicht nur der Trommelwert für D%, sondern auch der für die Extinktion zur Berechnung des Extinktionskoeffizienten k und des Carotinhalt herangezogen. Der hier erhaltene D%-Wert wurde mit B bezeichnet, der Carotingehalt in üblicher Weise als Carotin in mg% angegeben.

Die übrigen in der Benzinphase gelöst und im Chromatogramm festgehaltenen Farbstoffe wurden mit Methanol sehr leicht in Lösung ge-

bracht und in gleicher Weise wie bei M_1 aufgearbeitet und bestimmt. Da hier ebenfalls Methanol als Lösungsmittel Verwendung fand, bezeichneten wir die 3. Phase mit M_2 .

Die Auswertung der Zahlen kann in 2 Richtungen erfolgen, durch Mittelungen aller Prozentwerte oder durch Addition von $M_1 + M_2 + B$. Beim 2. Verfahren erhält man einen absoluten Konventionalwert, den wir als Gesamtdurchlässigkeitzahl zum Vergleich mit den Carotinhalt benutzten. Bei den graphischen Auswertungen setzten wir z. T. auch die einzeln erhaltenen Prozentwerte von M_1 und M_2 in Vergleich zu B , benutzten aber, um eine bessere Vergleichbarkeit zu haben, nicht die Lichtdurchlässigkeit $D\%$, sondern die Differenz zu 100, also die Lichtabsorption, die wir mit $A\%$ bezeichnen.

Die Geschmacksproben führten wir mit 9¹ der in Darstellung 1 angeführten 10 Möhreotypen, getrennt nach Rinde und Holz, im rohen und gekochten Zustand durch. Als wünschenswert galt bei ungekochten Möhren ein nicht zu aufdringlicher Möhrengeschmack bei hoher Süße, gekocht ein ausgewogener, möglichst nußartiger und süßer Geschmack. Bei dem 20 Minuten dauernden Kochprozeß wurde selbstverständlich auf gleichartige Gefäße, anteilmäßige gleiche Wassermengen, aber auch auf Gleichheit der Kochzeit sowie gleichbleibende Druckregulierung am Reduzierventil der Leuchtgasflasche geachtet. Alle Möhren wurden einzeln gekocht, um gegenseitige Beeinflussung auszuschalten. Neben dem Geschmack der Möhre und des Kochwassers wurde die Farberhaltung und die Konsistenz der Wurzel als Beurteilungsmoment herangezogen. Insgesamt gelangten etwa 60 Einzelmöhren der 9 Möhreotypen (Sorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“) zur Geschmacksprüfung.

Tabell 1. Prozentanteil verschiedener extremer Farbtypen bei der Spätmöhrensorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“.

Bezeichnung	Von 100 wahllos herausgegriffenen Möhren waren:			
	ausgesprochen dunkelherzig	ausgesprochen blaßherzig [davon auch gleichzeitig blaßrindig = ()]	Gelbherzige [davon auch gleichzeitig gelbrindig = ()]	Übrige
Probe A	46	18 (11)	10 (1)	26
„ B	49	17 (9)	6 (—)	28
„ C	45	10 (5)	8 (—)	37
Mittel	47	15 (8)	8 (1)	30

Die Untersuchungsergebnisse der Arbeit sind im folgenden angeführt: Bei Prüfung auf Farbextreme (s. Tabelle 1) konnten im Mittel von

¹ Von Probe 9 hatten wir nur ein kleines Exemplar, das der analytischen Untersuchung vorbehalten bleiben mußte.

300 Möhren der Sorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“ 47% ausgesprochen dunkelherzige, 15% typisch blaßherzige (davon 8% auch blaßbrindige) sowie 8% gelbherzige Möhren gewonnen werden. Von den gelbherzigen wurde in einem Fall eine auch gelbrindige Wurzel gefunden, die in ihrer Morphologie vom erwünschten Sortentyp nicht einmal stark abwich (vgl. Darst. 1, Typ 9). Die genannten Prozentwerte besagen keinesfalls, daß beispielsweise alle ausgesprochen dunkelherzigen Typen (47%) zu einer Farbeinheit zählten. Sie variierten ziemlich stark von dunkelbraun bis dunkelziegelrot. Entsprechendes war für die anderen Farbstufen zu sagen, was auf die Uneinheitlichkeit des aus Handelssaatgut gezogenen Möhrenbestandes schließen läßt.

Aus dem gesamten Material von 500 Möhren sortierten wir die 10 extremsten Farb- und Formvarianten heraus, die in Darstellung 1 aufgezichnet sind. Nach Tabelle 2 ist ein sehr wechselndes Holz : Rindenverhältnis, nämlich von 1 : 2,6 bis 1 : 9,0 bei den 10 Vergleichsmöhren zu beobachten. Als Idealtyp im Sinne des Zuchtziels bei „Lange rote stumpfe ohne Herz“ müßte in bezug auf Wurzelform und Holz : Rindenverhältnis Nr. 1 und 2 angesehen werden (vgl. Darst. 1). Das Holz : Rindenverhältnis ist hier 1 : 6,0 bzw. 1 : 7,4, weist also eine erwünschte Weite auf (vgl. Literatur 5). Die anderen Typen weichen mehr oder minder stark vom Sortentyp ab und sind z. T. für andere Reichssorten typisch.

Tabelle 2. Einzelgewicht und Verhältniszahl Holz: Rinde bei verschiedenen Typen der Gartenmöhrensorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“.

Bezeichnung des Möhrentyps	Gewicht der Möhre in g	Verhältnis Holz:Rinde
1	84,0	1 : 6,0
2	80,0	1 : 7,4
3	136,5	1 : 2,6
4	121,0	1 : 2,7
5	91,0	1 : 4,3
6	89,0	1 : 4,6
7	46,5	1 : 5,6
8	25,0	1 : 9,0
9	48,0	1 : 5,0
10	54,5	1 : 6,8

Der Hauptzweck unserer Arbeit war darauf ausgerichtet, Beziehungen zwischen Farbtiefe und Carotingehalt bei Möhren zu ermitteln, um dem praktischen Züchter beim Bestehen einer positiven Korrelation eine sichere und zugleich einfache Möglichkeit zur Selektion auf Carotingehalt zu geben. In den Tabellen 3 und 4 sind

den Farbquadraten der Holz- und Rindenteile die analytischen Werte der Trockensubstanz, des Carotingehalts sowie der Lichtdurchlässigkeit in % (D%) von M_1 , M_2 und B gegenübergestellt.

Eine Korrelation zwischen Trockensubstanz und Carotingehalt ist ebensowenig zu erkennen, wie in unserer früheren Sortenarbeit (Literatur 5, Abb. 1 u. 2), da beispielsweise in der Rinde von Nr. 1 und Nr. 5 praktisch gleiche Carotingehalte (13,4 bzw. 13,5 mg%) gefunden werden, obwohl im einen Fall ein sehr niedriger (8,73%), im anderen ein sehr hoher Trockensubstanzwert (11,60%) gefunden wird. Für praktisch gleiche Trockensubstanzgehalte aber verschieden hohe Carotinwerte können die Rindenanteile der Typen 4 und 5, ferner 6 und 7 oder 1 und 3 als Beweis herangezogen werden. Auch für den Holzteil lassen sich zahlreiche Beispiele anführen (5 und 9, 1 und 3 oder 1 und 6). In einem Fall (Typ 8, Holzteil) ist bei extrem niedrigem Carotin (3,6 mg%) höchster Trockensubstanzgehalt (12,46%), in einem anderen Fall (Typ 4, Rindenteil) bei höchstem Carotingehalt (15,9 mg%) ein sehr hoher Trockensubstanzwert (11,59%) festzustellen.

Unabhängig von uns stellte ein maßgebender Vertreter der Sortenregisterstelle des Reichsnährstandes die Reihenfolge der Farbtiefen bei Holz- und Rindenteilen auf und kam bei den 10 Sorten zu dem gleichen Ergebnis wie wir. Folgende Reihenfolge wurde erhalten, denen wir vergleichsweise die dazugehörigen, analytisch ermittelten Carotin- und Lichtabsorptionswerte $A\%$ (berechnet aus $100 - \left(\frac{M_1 + M_2 + B}{3}\right)$) gegenüberstellten (s. Tabelle 5).

Die Gegenüberstellung in den Tabellen 3, 4 und 5 zeigt, daß Beziehungen zwischen augenscheinlicher Farbtiefe und den analytischen Werten für Carotin kaum ermittelt werden können. Zwar fällt bei den Rindenabschnitten höchster Carotingehalt (Typ 4 = 15,9 mg%) mit größter Farbtiefe zusammen. Ferner steht die Probe mit geringstem Carotingehalt, der gelbrindige Typ 9, an vorletzter Stelle. Dennoch nehmen die Typen mit zweit- oder dritthöchstem Carotingehalt dem Farbeindruck nach erst den 5. bzw. den 7. Platz ein. Nach der Farbbewertung an 2. Stelle liegt Typ 3, der mit einem recht mäßigen Carotingehalt von 7,2 mg% nur die vorletzte Rangstufe besitzt. — Entsprechendes gilt vom Holzteil der 10 Möhrentypen. Den weitaus höchsten Carotingehalt (15 mg%) hat Typ 7, dem Farbeindruck nach erst an 4. Stelle stehend. Der geringste Carotingehalt wird schon

Tabelle 3. Beziehungen zwischen Trockensubstanz, Carotingehalt und photometrisch bestimmbarer Farbtiefe (Lichtdurchlässigkeit) bei verschiedenen Möhrentypen der Sorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“.

Möhrenteil	1		2		3		4		5	
	Rinde	Holz	Rinde	Holz	Rinde	Holz	Rinde	Holz	Rinde	Holz
Färbung der Rinde bzw. des Holzteils										
Bezeichnung der Möhrentypen	1		2		3		4		5	
Trockensubstanz %	8,73	8,78	6,97	7,26	0,98	8,42	11,59	11,12	11,60	10,45
Carotin in mg %	13,4	8,1	7,5	1,7	7,2	4,2	15,9	7,6	13,5	6,9
a) des Frischgewichtes	153,5	92,3	107,6	23,4	79,3	49,9	137,2	68,3	116,4	66,0
b) des Trockengewichtes	80,1	83,1	84,0	85,0	85,0	86,4	77,0	78,5	76,5	77,0
Lichtdurchlässigkeit in % M ₁ (I)	86,4	87,0	84,0	87,0	82,0	79,5	72,0	76,0	74,8	76,0
M ₂ (II)	21,4	39,5	42,0	82,1	43,9	62,0	15,9	41,8	21,0	45,8
B (III)	187,9	209,6	210,0	254,1	210,9	227,9	164,9	196,3	172,3	198,8
Gesamtdurchlässigkeitszahl (IV)										

(I) M₁ = Methanolphase. (II) M₂ = Methanolelierung aller mit Normalbenzin extrahierten Farbstoffe außer Carotin.
 (III) B = Benzin-Benzolphase (enthält nur Carotin).
 (IV) Gesamtdurchlässigkeitszahl = Prozentzahlen von M₁, M₂, B als absolute Zahlen behandelt und addiert.

Tabelle 4. Beziehungen zwischen Trockensubstanz, Carotingehalt und photometrisch bestimmbarer Farbtiefe (Lichtdurchlässigkeit) bei verschiedenen Möhrentypen der Sorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“.

Möhrenteil	6		7		8		9		10	
	Rinde	Holz	Rinde	Holz	Rinde	Holz	Rinde	Holz	Rinde	Holz
Färbung der Rinde bzw. des Holzteils										
Bezeichnung der Möhrentypen	6		7		8		9		10	
Trockensubstanz %	10,83	10,90	10,28	11,53	11,87	12,46	9,50	10,38	10,79	9,64
Carotin in mg %	10,6	8,4	15,2	15,0	14,3	3,6	4,9	1,8	10,4	5,2
a) des Frischgewichtes	97,9	77,1	147,9	130,1	120,5	28,9	51,6	17,3	96,4	53,9
b) des Trockengewichtes	84,5	82,1	76,3	86,9	72,5	62,0	72,5	69,5	87,0	86,4
Lichtdurchlässigkeit in % M ₁ (I)	95,0	79,5	75,5	72,0	79,0	67,2	80,3	74,0	82,0	85,0
M ₂ (II)	29,4	38,0	18,7	18,0	19,3	65,9	55,5	81,0	30,2	55,0
B (III)	208,9	199,6	170,5	176,9	170,8	195,1	208,3	224,5	199,2	226,4
Gesamtdurchlässigkeitszahl (IV)										

(I) M₁ = Methanolphase. (II) M₂ = Methanolelierung aller mit Normalbenzin extrahierten Farbstoffe außer Carotin.
 (III) B = Benzin-Benzolphase (enthält nur Carotin).
 (IV) Gesamtdurchlässigkeitszahl = Prozentzahlen von M₁, M₂, B als absolute Zahlen behandelt und addiert.

Tabelle 5. Reihenfolge der Farbtiefen im Vergleich zum Carotingehalt und zur photometrisch bestimmten Lichtabsorption (A%) bei Gartemöhren (Lange rote stumpfe ohne Herz).

Reihenfolge der Farbtiefen nach Aquarellen	Rindenteil				Reihenfolge der Farbtiefen nach Aquarellen	Holzteil			
	Carotin		Lichtabsorption			Carotin		Lichtabsorption	
	in mg %	Reihenfolge	in %	Reihenfolge		in mg %	Reihenfolge	in %	Reihenfolge
1. Typ 4 . . .	15,9	1	45,0	1	1. Typ 6 . .	8,4	2	33,5	5
2. „ 3 . . .	7,2	9	29,7	10	2. „ 4 . .	7,6	4	34,6	3
3. „ 10 . . .	10,4	7	33,6	6	3. „ 1 . .	8,1	3	30,1	6
4. „ 5 . . .	13,5	4	42,6	4	4. „ 7 . .	15,0	1	41,0	1
5. „ 7 . . .	15,2	2	43,2	2	5. „ 3 . .	4,2	7	24,0	9
6. „ 1 . . .	13,4	5	37,4	5	6. „ 2 . .	1,7	10	15,3	10
7. „ 8 . . .	14,3	3	43,1	3	7. „ 10 . .	5,2	6	24,5	8
8. „ 6 . . .	10,6	6	30,4	8	8. „ 5 . .	6,9	5	33,7	4
9. „ 9 . . .	4,9	10	30,6	7	9. „ 9 . .	1,8	9	25,2	7
10. „ 2 . . .	7,5	8	30,0	9	10. „ 8 . .	3,6	8	35,0	2

bei der 6. Farbstufe und nicht, wie bei einer Korrelation zu erwarten gewesen wäre, bei der 10. gefunden. Überraschend ist, daß die gelben Farben des Holzteils im Carotingehalt z. T. erheblich variieren. So hat Typ 3 mit bräunlich-roter Zeichnung des schmutzigen Gelbs 4,2 mg%, Typ 5 mit zart orangeroter Tuschung den hohen Wert von 6,9 mg% Carotin zu verzeichnen. Hingegen zeigt der Typ 8, obwohl er mit Typ 9 fast gleich gefärbt ist, 100% mehr Carotin (3,6 gegenüber 1,8 mg%) als Nr. 9. Man könnte hier einwenden, daß die Typen 8 und 9 verschiedenen Größenklassen angehören und daß deshalb ein direkter Vergleich nicht statthaft sei. Wählen wir gleiche Größen, z. B. die Typen 3 und 5 mit gelber Herzfärbung, so finden wir auch hier fast 100%ige Unterschiede im Carotingehalt, und zwar zugunsten des dem Augenschein nach helleren Typs 5. Der Carotingehalt von Typ 5 (Holzteil) zeigt jedenfalls ganz klar, daß keines-

falls Typen mit gelbherziger Grundfärbung carotinarm sein müssen. In der Bewertungsfolge des Carotins hält Typ 5 den 5. Platz.

Um den subjektiven Eindruck der Farbtiefe in objektiven Werten ausdrücken zu können, führten wir, wie oben beschrieben, photometrische Absorptionsmessungen durch. Dabei zeigte es sich, daß auch hier eine nur ungenügende Übereinstimmung zu den Carotingehalten erzielt wurde. Zwar sind in den meisten Fällen im Rindenteil Korrelationen zu ermitteln (Tab. 3 u. 4), doch zeigen beispielsweise die Rindenzonen der Typen 1 und 5 praktisch gleiche Carotingehalte (13,4 bzw. 13,5 mg%), jedoch abweichende Zahlen der Lichtabsorption (A% = 37,4 bzw. 42,6%). Im geringeren Maß ist dies bei 6 und 10 (10,6 bzw. 10,4 mg% Carotin und 30,4 bzw. 33,6% Lichtabsorption) zu beobachten (vgl. Tabelle 5). Stärker sind die Differenzen jedoch im Holzteil bei den Typen 2 und 9. Die Möhrentypen 6 und 5, ferner 3 und 10, sowie 4 und 8 stimmen im A%-Wert gut überein, unterscheiden sich jedoch im Carotingehalt mitunter um über 100%. Hierdurch kann auch experimentell der Befund russischer Forscher (11) bestätigt werden, daß die Möhrenfärbung nicht allein durch Carotin, sondern durch eine Reihe weiterer Farbstoffe wesentlich mitbestimmt sein muß.

Setzt man nun aber die prozentualen Lichtabsorptionswerte (A%) in Relation zur subjektiv ermittelten Farbtiefe (Tabelle 5), so macht man die bewerkenswerte Feststellung, daß hier kaum eine Beziehung zu bestehen scheint. Der dem Farbeindruck nach an 2. Stelle stehende Typ 3 (Rinde) weist fast den gleichen A%-Wert auf wie der blasser, an letzter Stelle stehende Typ 2. Zahlreiche andere Beispiele ließen sich für die Rinden- und Holzteile anführen (vgl. auch Abb. 2 und 3).

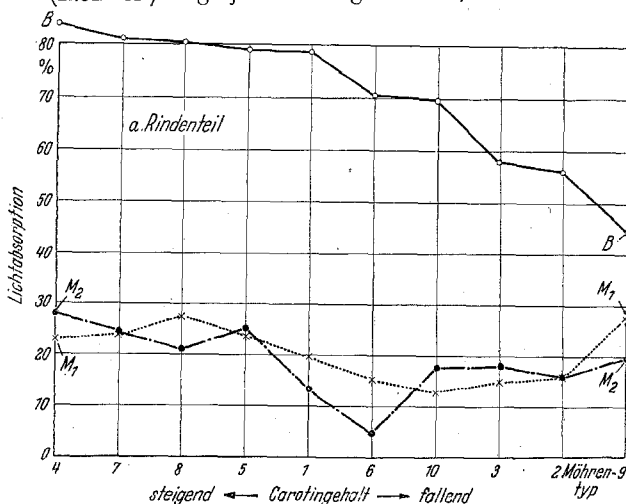


Abb. 2. Beziehungen zwischen den photometrisch gewonnenen Farbtiefen (A%) der Fraktionen M₁, M₂ und B (Carotin) bei verschiedenen Möhrentypen der Sorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“.

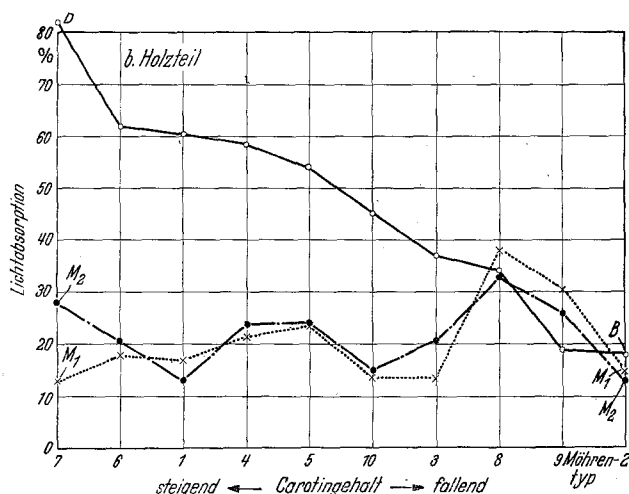


Abb. 3. Beziehungen zwischen den photometrisch gewonnenen Farbtiefen (A%) der Fraktionen M₁, M₂ und B (Carotin) bei verschiedenen Möhrentypen der Sorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“.

Daß der augenscheinliche Farbeindruck an aufgeschnittenen Wurzeln keine Übereinstimmung mit den chemischen Farbstoffauszügen und zwar ganz einerlei, ob Farbstoffgesamt- oder -teilauszug (Carotin), zeigen kann, muß schon durch folgende theoretische Überlegung angezweifelt werden:

Dem menschlichen Auge wird bei einer aufgeschnittenen Möhre keinesfalls der Eindruck einer mit homogenem Farbstoff gleichmäßig durchtränkten Fläche geboten. Vielmehr häufen sich auf relativ kleinem Raum Zell- und Gefäßkörper mit einer optisch sehr verschiedenen Dichte und damit auch mannigfachen Lichtbrechung, die Farbstoffe in wechselnder Menge und Zusammensetzung führen kann. Nach WOLFGANG OSTWALD¹ ist der Farbeindruck zudem weitgehend

¹ Briefliche Mitteilung, für die ich Herrn Prof. Dr. Ostwald auch hier bestens danke.

von der Teilchengröße der Farbstoffe abhängig. Dies wurde an weißen organischen Farbstoffen ermittelt. Die Deckkraft und somit die Farbintensität war bei gleicher Farbstoffkonzentration größer, wenn Gemische verschiedener und nicht gleicher Teilchengröße vorlagen. Die Raumerfüllung kann somit in einem Gemisch verschiedener Teilchengrößen vollständiger sein als in monodispersen Systemen. Infolgedessen muß der Farbeindruck nicht allein aus der mitorganischen Lösungsmitteln extrahierbaren Farbstoffmenge, sondern gleichzeitig auch aus allen optischen Eigenschaften der farbstoffführenden Gewebe, wie Zellgröße, Zellwandstärke, Anteil verholzter und teilverholzter Elemente mit besonderer Dichte (Ligninkörper usw.) sowie aus dem Charakter der farbgebenden dispersen Phasen resultieren. Es ist ferner zu bedenken, daß die dem Auge als hell erscheinende Gelbfärbung photometrisch nicht immer niedrige Lichtabsorptionswerte (A%), die rötlichen, rotbraunen und bräunlichen Färbungen andererseits nicht immer hohe A%-Werte im pflanzlichen Gewebe liefern müssen. Daß diese Ansicht auch experimentell belegt werden kann, mögen folgende Versuchsergebnisse zeigen:

Wir wählen zwei extreme Farbtypen, nämlich je eine Möhre des dunkelbraunherzigen Typs 6 und des gelbherzigen Typs 8 gleicher Größe, schneiden beide der Länge nach durch und entnehmen genau in der Mitte je ein Vertikalstück von 1 cm Länge und von 2 mm Stärke und messen in einer Küvette von 2 cm Schichtdicke die Lichtabsorption. Überraschenderweise zeigt sich unter Verwendung des Filters S 47, daß der dunkelbraunherzige Typ eine größere Lichtdurchlässigkeit (D = 0,500%), der gelbherzige eine um 75% geringere mit D = 0,125% besitzt. Somit müßte die Farbtiefe (Lichtabsorption A%)

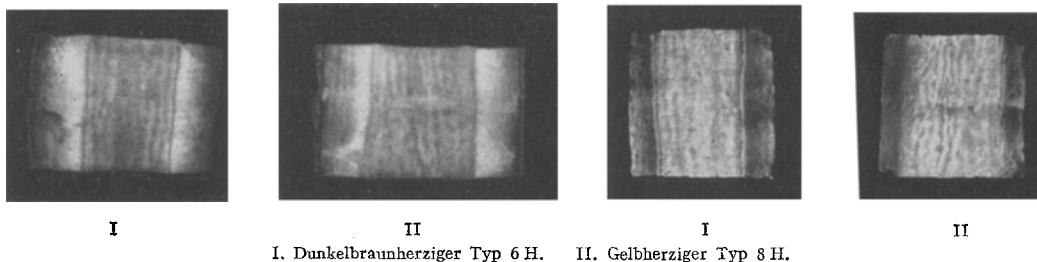
Tabelle 6. Reihenfolge der Farbtiefen im Vergleich zum Carotingehalt und zur photometrisch bestimmten Lichtabsorption der Methanolfraction M₁ bei Gartenmöhren (Lange rote stumpfe ohne Herz).

Reihenfolge der Farbtiefen nach Aquarellen	Rindenteil				Holzteil				
	Carotin		Lichtabsorption von M ₁		Carotin		Lichtabsorption von M ₁		
	in mg %	Reihenfolge	in %	Reihenfolge	in mg %	Reihenfolge	in %	Reihenfolge	
1. Typ 4 . .	15,9	1	23,0	5	1. Typ 6 . .	8,4	2	17,9	5
2. „ 3 . .	7,2	9	15,0	9	2. „ 4 . .	7,6	4	21,5	4
3. „ 10 . .	10,4	7	13,0	10	3. „ 1 . .	8,1	3	16,9	6
4. „ 5 . .	13,5	4	23,5	4	4. „ 7 . .	15,0	1	13,1	10
5. „ 7 . .	15,2	2	23,7	3	5. „ 3 . .	4,2	7	13,6	8(I)
6. „ 1 . .	13,4	5	19,9	6	6. „ 2 . .	1,7	10	15,0	7
7. „ 8 . .	14,3	3	27,5	1(I)	7. „ 10 . .	5,2	6	13,6	8(II)
8. „ 6 . .	10,6	6	15,5	8	8. „ 5 . .	6,9	5	23,0	3
9. „ 9 . .	4,9	10	27,5	1(II)	9. „ 9 . .	1,8	9	30,5	1
10. „ 2 . .	7,5	8	16,0	7	10. „ 8 . .	3,6	8	27,5	2

des gesamten Farbstoffauszugs bei Gelb auch viel höher sein als bei Dunkelbraun, oder aber die optischen Eigenschaften sind bei Gelb infolge dichter Zellstruktur ungünstiger als bei Dunkelbraun.

renabschnitte von 1 mm Stärke unter verschiedenen optischen Eindrücken photographisch festgehalten. Einerseits erfolgte die Aufnahme bei durchfallendem Licht (Nitraphotlampe¹), andererseits bei Verwendung auffallenden Lichts

Abb. 4. Wechsel des Farbeindrucks bei auffallendem und durchfallendem Licht.
A. Auffallendes Licht bei dunkler Auflage. B. Durchfallendes Licht (Nitraphotlampe).



I. Dunkelbraunherziger Typ 6 H. II. Gelbherziger Typ 8 H.

Nur die letztgenannte Annahme hatte Anspruch auf Wahrscheinlichkeit, da die gelbherzigen Typen, z. B. 8 und 9 zwar hohe Lichtabsorptionswerte der nichtcarotinführenden Farbstoffauszüge M_1 und M_2 aufwiesen (vgl. Tabellen 6 und 8 sowie Darstellungen 2 und 3), jedoch nur relativ geringe A%-Werte der gesamten Farbstoffextrakte zeigten (vgl. Tab. 5)

und einer schwarzen Unterlage. Leider zeigt die Aufnahme die tatsächlichen, recht eindeutigen Unterschiede weniger prägnant. Immerhin ist ersichtlich, daß der dunkelherzige Typ (6 H) bei auffallendem Licht und schwarzer Unterlage dunkler erscheint als der gelbherzige. Bei durchfallendem Licht ist es infolge der dichteren Struktur des gelben Innenteils von Typ 8 umgekehrt.

I. Dunkelherziger Typ.

II. Gelbherziger Typ.

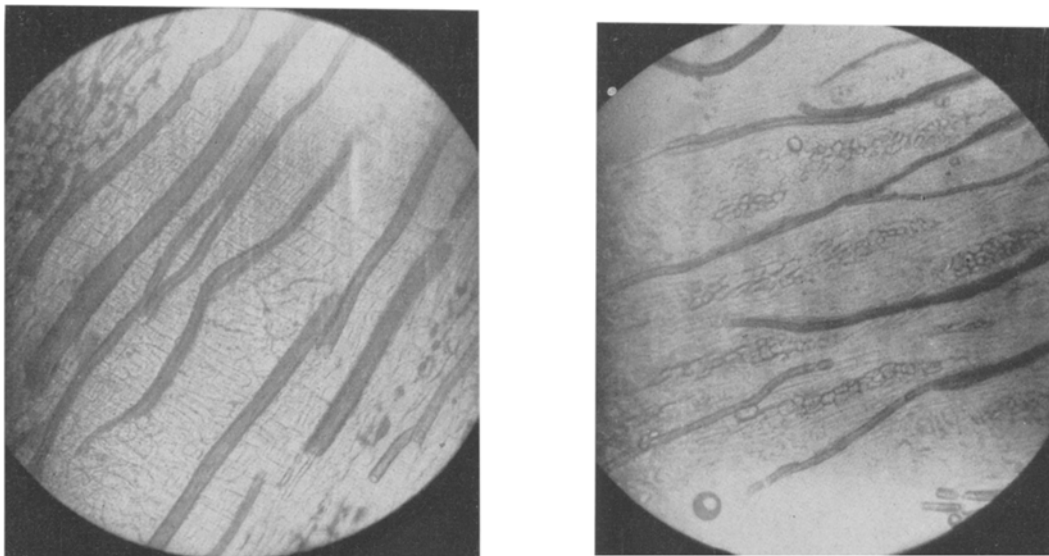


Abb. 5. Mikroskopische Darstellung der Gewebestruktur dunkel- und gelbherziger Möhreotypen der Sorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“. Mit Phloroglucin und HCl ausgefärbt. Vergr. 40 ×.

Daß der gelbherzige Teil eine dichtere Struktur haben müßte, konnten wir außer an den angegebenen photometrischen Werten durch makro- und mikroskopische Lichtbildaufnahmen belegen. In Darst. 4 sind vertikale, genau wie bei der Messung im Photometer vorbereitete Möh-

Eine Bestätigung dafür, daß der gelbherzige Typ eine dichtere Zellstruktur haben müßte als

¹ Ein allseits geschlossener Kasten, in dessen Innerem eine Nitraphotlampe angebracht war, hatte eine kleine paßrecht geschnittene Öffnung zur Aufnahme des vertikalen Mährenabschnitts.

der dunkelherzige, ist durch Mikrophotos (Darstellung 5) eindeutig zu belegen. U. a. sind Holzgefäße (Xylem) beim dunkelherzigen Typ viel weiltümiger als beim gelben.

Auch diese Befunde ergänzen und bestätigen die aufgestellte und bereits früher belegte These (5), daß zwischen augenscheinlichem Farbeindruck und Carotingehalt keine Korrelationen bestehen können. Dies wird auch dann besonders deutlich, wenn nicht die nach Rinde und Holzteil getrennten Carotingehalte der 10 Typen, sondern die prozentualen Gehaltszahlen der ganzen Möhren¹ zugrunde gelegt werden (Tabelle 7).

Tabelle 7. Der Carotingehalt von ganzen Möhren der untersuchten zehn Typen.

Reihenfolge im Carotingehalt	Möhrentyp Nr.	Rangordnung in der Färbung		Carotingehalt der ganzen Möhre in mg %	
		Rinde	Holz	des Frischgewichtes	des Trockengewichtes
1.	7	5	4	15,2	145,2
2.	4	1	2	13,7	118,7
3.	8	7	10	12,8	110,0
4.	1	6	3	12,6	144,8
5.	5	4	8	12,3	106,9
6.	6	8	1	10,1	94,2
7.	10	3	7	9,7	91,0
8.	2	10	6	6,9	97,6
9.	3	2	5	6,3	65,1
10.	9	9	9	4,8	48,8

Die der Tabelle 7 beigelegte Rangordnung der Rinden- und Holzfarbung zeigte eindeutig die Divergenz zum Carotingehalt. Welcher Züchter wollte es wagen, auf Grund des Farbeindruckes (vgl. Tabellen 3 und 4) bei Typ 1 fast den doppelten Carotingehalt vorauszusagen wie bei Typ 2 oder gar bei Typ 3? Würde er andererseits die einheitliche Höhe der Carotingehalte der Typen 5, 1 und 8 durch Farbvergleiche erkennen? Könnte er ohne weiteres glauben, daß die etwa gleichartig dunkelherzigen und dunkelrindigen Typen 1, 4, 6 und 7 nicht entsprechende, sondern unterschiedliche Carotingehalte besitzen? Sicherlich nicht. Gerade die zuletzt genannten Fälle zwingen zu der Auffassung, daß nicht nur zwischen extremen Farbtypen, sondern auch innerhalb der dunkelherzigen Formen bis zu 50%ige Unterschiede im Carotingehalt (Typen 6 und 7) bestehen können. Interessant ist übrigens, daß der gelbherzige Typ 8 dem Carotingehalt nach schon an 3. Stelle steht, obwohl er dem Farbeindruck nach an die 7. bzw. letzte (10.) Stelle gehört. Für die Variabilität des aus Handelssaatgut gezogenen Möhrenbestandes der Sorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“ spricht

¹ Errechnet auf Grund der Gewichte von Holz- und Rindenteilen sowie deren Gehalt an Carotin.

auch die bezeichnende Tatsache, daß die Unterschiede beim Carotin im Extremfall 215% (Typ 9 zu Typ 7) betragen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen veranlassen zu folgenden Fragen: Wodurch wird der Farbeindruck mitbedingt bzw. welche Farbstoffe sind es, die den Carotinstoff teilweise überlagern können? Diesen Fragen gingen wir nach. Die chromatographische Adsorptionsanalyse — von M. TSWETT (13) erstmals angewandt und von R. KUHN u. Mitarbeitern (14) zu einer einwandfreien analytischen Methode ausgebaut — gab uns hierzu die Möglichkeit. Mikro- und histochemische Teste ergänzten die Befunde.

Daß mehrere ganz verschiedene Farbstoffgruppen die Möhrenfärbung bedingen (11), lassen bereits die bei der Carotinbestimmung zurückbleibenden Farbextrakte erkennen. Die Darstellungen 2 und 3 zeigen ein dem jeweiligen Möhrentyp entsprechendes, recht wechselvolles Verhältnis der drei Fraktionen M₁, M₂ und B. Charakteristisch für den Rindenteil ist das weite, für den Holzteil das enge Verhältnis zwischen Carotinfraction einerseits und den M₁- und M₂-Fraktionen andererseits. U. a. ist die starke Verengung dieses Verhältnisses bei gelbherzigen und gelbrindigen Typen als besonders bemerkenswert hervorzuheben. Was besagen jedoch die einzelnen Fraktionen?

Dem einschlägigen Schrifttum (14) zufolge könnten bei Pflanzen mit der Methanolfraction (M₁) die Carotinoide Xanthophyll, Violaxanthin, Zeaxanthin, Lutein, Taraxanthin u. a., ferner Carotinoidcarbonsäure (Bixin, Crocetin und Azafurin), aber auch Anthocyane und Flavone sowie gewisse Abbauprodukte des Chlorophylls erfaßt werden. Die M₂-Fraktion enthält gegebenenfalls die Carotionide Lycopin, Xanthophyllester (Farbwachse) sowie das Chlorophyll. Die B-Fraktion weist ausschließlich Carotin auf.

Welche dieser Stoffe in den von uns untersuchten Möhren vorlagen, war nur über eine weitere analytische Abtrennung innerhalb der gesamten Methanol- und Benzolphase sowie durch anschließende qualitative Teste möglich. Dabei gingen wir in folgender Weise vor:

Vier Farbextreme, und zwar je 2 des Holz- und des Rindenteils, wurden ausgewählt. Beim Holzteil stand dem gelbherzigen Typ (Tabelle 3, Typ 3 H) ein sehr dunkelherziger (Tabelle 4, Typ 10 R) gegenüber. Bei den Rindenabschnitten war ein blaßroter Vertreter (Tabelle 3, Typ 2 R) und ein lebhaft rot-rindiger (Tabelle 4, Typ 8 R) gewählt. Die analytische Aufarbeitung erfolgte zunächst genau wie oben beschrieben, d. h. die Methanolphase trennten wir von der Benzol-

phase ab und arbeiteten sie nach Bestimmung der A%-Werte (s. oben) gesondert auf. Die Methanolphase wurde mit 2 n NaOH verseift und nach Zusatz von Wasser (doppeltes Volumen der Methanolphase) mit Benzin portionsweise solange ausgeschüttelt, bis das Benzin farblos blieb. Die erhaltene benzinlösliche Fraktion der Methanolphase enthielt eine gelbgefärbte Substanz, die sich nach qualitativer Prüfung mit geschmolzener Trichloressigsäure (Blaufärbung) als *Xanthophyll*¹ erwies. Der nicht benzinlösliche, ebenfalls gelbe Farbstoffanteil der verseiften Methanolphase ließ sich als nicht äther-, benzol- oder chloroformlöslich nachweisen. Dieses Verhalten ließ die Gegenwart von Flavonen vermuten, die bekanntlich nur alkohol- und schwach wasserlöslich sind. Durch Ausfällung mit konzentriertem H₂SO₄ und HCl aus der alkalischen Lösung (farblose Flocken) sowie durch Auskristallisieren aus alkoholischer Lösung (kugelförmige Gebilde) konnte sogar der spezifische Nachweis erbracht werden, daß ein Trioxyflavon, nämlich Apigenin, vorlag. Schon LJUBIMENKO und Mitarbeiterinnen (11) haben in Möhren Apigenin (Anthochlor) nachweisen können.

Nach neueren Untersuchungen dürften die Flavone besonders aber die Oxyflavone, eine überaus wichtige physiologische Funktion besitzen. SÜSSENGUTH (16) gibt über diese Frage eine recht interessante Zusammenstellung. Er beruft sich u. a. auf Forschungsbefunde von SZENT-GYÖRGYI, ST. RUZNYAK und BENKÖ, A. VON JENEY sowie auf eigene experimentelle Feststellungen. Danach sollen Flavone die bei Skorbut auftretende, verstärkte Gefäßdurchlässigkeit verhindern und die Ausscheidungsschwelle der Niere für Vitamin C heraufsetzen. Durch diese Funktion trügen die Flavone effektiv zum Skorbutschutz bei und die Hypothese von K. WACHHOLDER (Vitamin C-Umsatz im Körper durch oxydationsfördernde Substanzen) gewinne, nach der Ansicht von SÜSSENGUTH, dann eine neue Bedeutung, wenn die Flavone als oxydative Funktionsträger berücksichtigt werden. Damit sei aber der physiologische Wert dieser Farbstoffe keinesfalls erschöpft. Es wurde nämlich, wie SÜSSENGUTH mitteilt, bewiesen, daß Flavone die Kraft der ermüdeten oder hypodynamischen Herzen wiederherstellen, aber auch direkt die Arbeit des Herzmuskels fördern, da Flavone die Rückverwandlung der Ermüdungsstoffe (Milchsäure) in Glycogen bewirken. Auf

¹ Xanthophyll wird hier mit R. KUHN (15) als Gruppenbezeichnung für hydroxylhaltige Carotinoide mit 40 Kohlenstoffatomen (Xanthophyll, Lutein, Zeaxanthin, Taraxanthin und Violaxanthin) gebraucht.

die milde und für eine Dauerzuführung besonders geeignete Form per os wird hingewiesen. In der Zusammenstellung wird von SÜSSENGUTH auch das Apigenin angeführt, ohne daß spezifische Versuchsergebnisse mit diesem Flavon verzeichnet werden. Nach dem Gesagten dürften die Flavone oder vielleicht nur bestimmte Vertreter dieser Farbstoffgruppe, als wichtige Wertstoffe der Gemüse bisher kaum beachtet worden sein. Für die Möhre würde dieser Wertstoff aber ein ganz besonderes Interesse gewinnen, wenn auch für das Apigenin die oben angeführten günstigen Wirkungen auf den Organismus zu verzeichnen wären, was durchaus möglich sein könnte.

Die 2. Hauptphase des Möhrenextraktes, die Benzinphase, prüften wir, genau wie die Methanolphase photometrisch auf A%-Werte vor der weiteren Aufarbeitung. Dann erfolgte die Verseifung mit 5%iger äthylalkoholischer KOH, die 4% Wasser enthielt. Dadurch konnten die vorhandenen Xanthophyllester (Farbwachse) zu Xanthophyllen (s. oben) verseift werden. Zur Entmischung wurde eine Wassermenge, die 20% der alkoholischen Kalilauge ausmacht, zugesetzt. Die Benzinschicht schüttelten wir mit 90%igem Methanol so lange aus, bis letzteres farblos blieb. Dadurch konnte aus der primären Benzinphase eine sekundäre, verseifte Xanthophyllesterführende Methanolphase und eine sekundäre Benzinphase (Carotin + Carotinoide) gewonnen werden, die beide ebenfalls photometrisch festgelegt wurden. Zur Entfernung störender Methanolspuren bedienten wir uns eines geringen Wasserzusatzes zur Benzinphase und schieden in bekannter Weise¹ das Carotin von den Carotinoiden. Die Carotinphase wurde photometrisch gemessen. Aus den im Chromatogramm zurückgehaltenen benzinlöslichen Farbstoffen versuchten wir Lycopin zu eluieren. Falls solches anwesend sein sollte, mußte ein spezifisches Lösungsmittel (Benzin + 1% Äthylalkohol) Lycopin aus dem Chromatogramm zu lösen imstande sein.

Wir konnten tatsächlich einen lebhaftroten Ring mit dieser Lösung eluieren. Auch der typische Test für Lycopin mit CS₂ und einem Filterpapierstreifen (fleischrote, dann schokoladenbraune Färbung) gelang². Die Lycopinwerte wurden photometrisch bestimmt.

Durch diese Untersuchung konnte somit der Nachweis erbracht werden, daß in Möhren (Sorte: „Lange rote stumpfe ohne Herz“) neben

¹ Chromatographisch mittels standardisiertem Aluminiumoxyd.

² Der spektroskopische Nachweis soll noch außerdem erfolgen.

Carotin, Xanthophylle, Xanthophyllester, das Flavon Apigenin und Lycopin vorkommen¹.

Für unsere Fragestellung interessierte jedoch nicht allein der Nachweis für das Vorkommen von einzelnen Möhrenfarbstoffen überhaupt. Unser Ziel war auf die Ermittlung der anteiligen Höhe der jeweiligen Farbstoffgruppen gerichtet. Zur Klärung glaubten wir extreme Farbtypen, nämlich gelb- und dunkelherzige, blaß- und lebhaft rottrindige Möhren heranziehen zu müssen. Die bei dieser Untersuchung erhaltenen Ergebnisse sind sehr aufschlußreich. Sie sind in der Tabelle 8 sowie anschaulicher in den Darstellungen 6, 7 und 8 wiedergegeben:

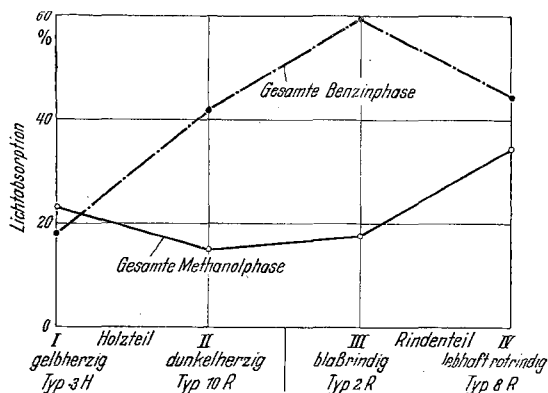


Abb. 6. Lichtabsorptionswerte der gesamten Methanol- und Benzolphase bei je 2 extremen Farbtypen der Rinden- und Holzteile von Möhren (Sorte: „Lange rote stumpfe ohne Herz“).

übertragt. Er besitzt 126% mehr Lycopin, 78% mehr verseifte Xanthophyllester² und 115% mehr Carotin. — Aus diesen Befunden kann zusammenfassend geschlossen werden, daß die gelbe Farbe des Holzteils von Möhrenwurzeln vornehmlich durch hohe Anteile des gelben Farbstoffes Apigenin und im geringeren Maße durch ebenfalls gelbfarbige Xanthophylle bedingt wird. Aber auch die Abwesenheit größerer Mengen an Lycopin, Carotin und verseiften Xanthophyllestern dürfte den Farbeindruck im geringeren Maße mitbedingen. Für die dunkelbraunrote Färbung des Holzteiles (Typ II) muß in erster Linie die intensiv rote Farbe des Lycopins gemeinsam mit Xanthophyllestern (Farbwachsen) und Carotin verant-

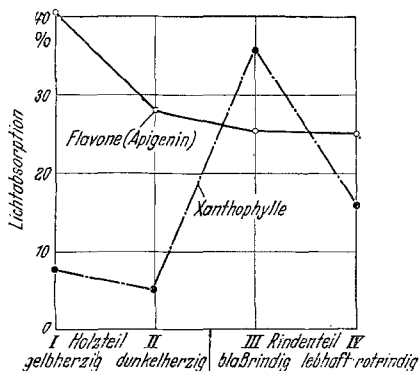


Abb. 7. Lichtabsorptionswerte der verseiften Methanolphase (Xanthophylle und Apigenin).

Wie Darstellung 6 erkennen läßt, überwiegen im Holzteil des gelbherzigen Typs die alkohol-löslichen Farbstoffe gegenüber den benzinlöslichen. Die alkohollöslichen enthalten Xanthophylle und das Flavon Apigenin. Im Vergleich zum dunkelherzigen Typ besitzt der gelbherzige über 45% mehr Flavone und um 36% mehr Xanthophyllfarbstoffe (Darst. 7 und Tab. 8). Im Rindenteil sind ebenfalls größere Unterschiede, nämlich zwischen dem blaßrindigen und dem lebhaft rottrindigen Typ zu verzeichnen. Letzterer hat bedeutend weniger Xanthophylle, aber praktisch gleiche Flavongehalte. Darst. 8 zeigt andererseits, daß beim benzinlöslichen Anteil der dunkelherzige Typ den gelbherzigen weit

¹ Anthocyane vermochten wir nicht nachzuweisen, obwohl wir glauben, daß solche Farbstoffe zumindestens zeitweise vorkommen. Gerade bei der Sorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“ beobachteten wir im Spätherbst nach Frosteinwirkung rotviolette, offenbar von Anthocyanen herrührende Verfärbungen an den Köpfen der auf dem Feld herumliegenden Möhren. — Erst jetzt bei Lesung der Korrektur (Oktober 1943) gelang uns der eindeutige Nachweis von Anthocyanen in den cutikularen Schichten frostgetroffener, rotviolett verfärbter Möhren.

wortlich gemacht werden. In geringerem Maße mitbestimmend ist die geringe Höhe der Flavon- und Xanthophyllgehalte. — Die blasse Farbe des Rindenteils wird hauptsächlich durch geringe Gehalte an Carotin und Farbwachsen bei hohem Gehalt an Xanthophyllen hervorgerufen. Lycopin und Apigenin spielen hierbei keine Rolle, da diese Farbstoffe sowohl in blaßrindigen als auch in lebhaft rottrindigen Möhren praktisch in gleichen Mengen vertreten sind (Darst. 7 und 8).

Auf Grund dieser Befunde kann mit einiger Berechtigung angenommen werden, daß die verschiedenartigen Farbeindrücke (vgl. Tab. 3 u. 4) tatsächlich aus den wechselnden Anteilen der Möhrenfarbstoffe, Carotin, Lycopin, Xanthophyllester, Apigenin und Xanthophylle resultieren. Daneben spielen, wie wir sahen u. a. die optischen Verhältnisse der Pflanzenzellen eine mitentscheidende Rolle. Wenn wir uns rückläufig die Darstellungen 2 und 3 in Verbindung mit den Tabellen 3 und 4 betrachten, so können wir jetzt gewisse mutmaßliche Erklärungen abgeben. Aus den M₁- bzw. M₂-Werten kann jedoch die für eine Farbbeurteilung wichtige Fragestellung, ob

² Als Xanthophylle gemessen.

etwa jeweils Flavone oder Xanthophylle bzw. Lycopin oder Farbwachse die spezifische Farbwirkung bedingen, nicht beantwortet werden. Trotzdem sind doch recht aufschlußreiche Folgerungen allgemeiner Art möglich. Beim Rindenteil der Möhreotypen 8, 1 und 6 kann ein mehr oder minder starker Farbeinschlag nach orange-rot verzeichnet werden. Ihnen allen ist in gradueller Abstufung obiger Reihenfolge ein Überwiegen der M_1 - gegenüber der M_2 -Fraktion gemeinsam (vgl. Darst. 2). Hieraus ist auf einen höheren Gehalt an gelbfärbenden Flavonen oder Xanthophyllen, dagegen auf einen geringeren an roten Lycopin bzw. an Farbwachsen oder an beiden zu schließen. Wenn wir einen hohen physiologischen Wert des Flavonfarbstoffes Apigenin als zutreffend annehmen, so dürften zugleich carotin- und apigeninreiche Typen besonders wertvoll sein. Typ 8 wäre sehr wahrscheinlich ein solcher.

zwischen Färbung und Geschmack der Möhren. Sie prüften die Möhren in rohem und gekochtem Zustand. Wir stellten mit den Typen 1 bis 8 (vgl. Darst. 1 und Tab. 3 u. 4) ganz entsprechende Versuche an. Dabei zeigten die Typen 4 u. 6 die beste Farberhaltung nach dem Kochen. Beide Typen differierten sowohl im Carotiningehalt als auch in den Werten der M_1 - und M_2 -Phasen, so daß für das gemeinsame günstige Bild der Farberhaltung keine Erklärung gegeben werden kann. Die Typen 3 und 5 zeigten gute, die Typen 1, 2, 7 und 8 schlechte Farberhaltung nach dem Kochen. Auch hier fehlt für dieses Verhalten eine kausale Begründung. Nach Tabelle 7 war jedoch Typ 3 ein unbedeutender, Typ 6 ein mittlerer, Typ 5 ein guter, Typ 4 ein sehr guter und die Typen 7, 8 und 1 sehr gute bis gute Carotinträger. *Beziehungen zwischen dem Carotiningehalt und der Farberhaltung fehlen somit.* Ebenso verhält es sich mit den übrigen Möhrenfarbstoffen, soweit wir es beurteilen konnten.

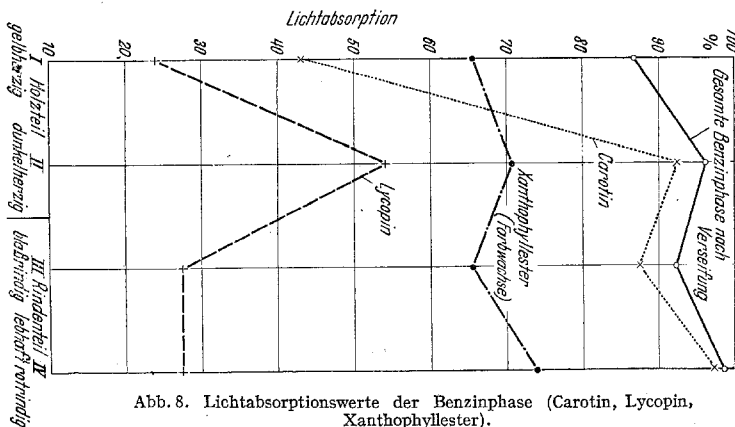


Abb. 8. Lichtabsorptionswerte der Benzinzphase (Carotin, Lycopin, Xanthophyllester).

Bei Geschmacksproben im gekochten Zustand ergab der Typ 4 den besten Geschmack, der als ausgewogen bezeichnet wurde. Nummer 6, 1 und mit Einschränkungen 3 erzielten die Note „gut“. Die Typen 2, 5 und 7 bezeichnen wir als ziemlich fade, Typ 8 als fade. Eine Beziehung von Geschmacksurteil zum Carotiningehalt und den M_1 - und M_2 -Werten ist wiederum nicht zu finden. Wenn wir die Reihenfolge der subjektiv ermittelten Farbtiefen (Tab. 5) in Vergleich setzen zu dem Ausgang der Geschmacksprüfung, so können wir G. KLAWITTER u. R. v. SENGBUSCH (9) wohl beipflichten; denn die dunkle Färbung deutet in den meisten Fällen eine Korrelation zu gutem Geschmack an. Die gelbherzigen Typen 5 und 8, jedoch mit Ausnahme von 3, fallen geschmacklich ab. Wenn eine Bewertung aller hier erörterten Punkte für die 8 vorgenannten Typen erfolgen sollte, so würde folgendes gelten:

Die ausgesprochen roten bis rotbraunen Rindenteile bei 4, 7, 5, 10 und 3 sind durch hohe M_2 - (Lycopin und Farbwachse) und geringere M_1 -Werte gekennzeichnet. Interessant ist, daß die sich farbähnlichen Typen 7 und 5 zwar im Carotiningehalt differieren (15,2 bzw. 13,5 mg%), sich aber in den M_1 - und M_2 -Werten weitgehend entsprechen. Ähnliche Feststellungen könnten für den Holzteil getroffen werden.

Es ist aus Vorstehendem ebenfalls zu folgern, daß der Farbeindruck auf die Höhe des Carotiningehaltes keinen Rückschluß erlaubt. Dies gilt besonders für die roten, rotbraunen, braunen und orangeroten Farbtöne. Dies schließt allerdings nicht aus, daß bei ganz extremen Farben, beispielsweise einem dunkelbraunherzigen und einem fahlgelben mit ziemlicher Sicherheit auf höhere Carotiningehalte bei ersterem geschlossen werden kann.

Wie eingangs erwähnt wurde, fanden F. KLAWITTER u. R. v. SENGBUSCH (9) eine Beziehung

zwischen Farberhaltung und Geschmack der Möhren. Sie prüften die Möhren in rohem und gekochtem Zustand. Wir stellten mit den Typen 1 bis 8 (vgl. Darst. 1 und Tab. 3 u. 4) ganz entsprechende Versuche an. Dabei zeigten die Typen 4 u. 6 die beste Farberhaltung nach dem Kochen. Beide Typen differierten sowohl im Carotiningehalt als auch in den Werten der M_1 - und M_2 -Phasen, so daß für das gemeinsame günstige Bild der Farberhaltung keine Erklärung gegeben werden kann. Die Typen 3 und 5 zeigten gute, die Typen 1, 2, 7 und 8 schlechte Farberhaltung nach dem Kochen. Auch hier fehlt für dieses Verhalten eine kausale Begründung. Nach Tabelle 7 war jedoch Typ 3 ein unbedeutender, Typ 6 ein mittlerer, Typ 5 ein guter, Typ 4 ein sehr guter und die Typen 7, 8 und 1 sehr gute bis gute Carotinträger. *Beziehungen zwischen dem Carotiningehalt und der Farberhaltung fehlen somit.* Ebenso verhält es sich mit den übrigen Möhrenfarbstoffen, soweit wir es beurteilen konnten.

	An erster Stelle Typ	An letzter Stelle Typ
1. Form	1	1
2. Holz: Rindenverhältnis	8	3
3. Farberhaltung nach dem Kochen	4 u. 6	8
4. Geschmack	4	8
5. Carotin: a) Rinde	(4)	(3)
b) Holz	(7)	(2)
c) Gesamt	7	3

Tabelle 8. Lichtdurchlässigkeits- und Lichtabsorptionswerte der weiter fraktionierten Methanol- und Benzolphasen.

Methanolphase		
A. Unverseift		
Bezeichnung der Proben	D%	A%
I Gelbherzig (Typ 3 H)	76,9	23,1
II Dunkelherzig (Typ 10 R)	84,9	15,1
III Blaßbrindig (Typ 2 R)	82,2	17,8
IV Lebhaft rotbrindig (Typ 8 R)	65,1	34,9
B. Nach der Verseifung		
a) Benzinlösliche Fraktion: <i>Xanthophylle</i> im Sinne R. KUHN'S (Xanthophyll, Lutein usw.)		
I Gelbherzig (Typ 3 H)	93,2	6,8
II Dunkelherzig (Typ 10 R)	95,0	5,0
III Blaßbrindig (Typ 2 R)	64,1	35,9
IV Lebhaft rotbrindig (Typ 8 R)	84,0	16,0
b) Nichtbenzinlösliche Fraktion: <i>Trioxylflavon</i> (<i>Apigenin</i>)		
I Gelbherzig (Typ 3 H)	59,5	40,5
II Dunkelherzig (Typ 10 R)	72,0	28,0
III Blaßbrindig (Typ 2 R)	74,7	25,3
IV Lebhaft rotbrindig (Typ 8 R)	75,0	25,0
Benzolphase		
A. Unverseift		
Bezeichnung der Proben	D%	A%
I Gelbherzig (Typ 3 H)	81,9	18,1
II Dunkelherzig (Typ 10 R)	58,0	42,0
III Blaßbrindig (Typ 2 R)	40,5	59,5
IV Lebhaft rotbrindig (Typ 8 R)	55,5	44,5
B. Nach der Verseifung		
a) Sofort gemessen (verseifte Xanthophyllester (<i>Xanthophylle</i>) und andere Carotinoide)		
I Gelbherzig (Typ 3 H)	13,1	86,9
II Dunkelherzig (Typ 10 R)	3,6	96,4
III Blaßbrindig (Typ 2 R)	6,7	93,3
IV Lebhaft rotbrindig (Typ 8 R)	1,1	98,9
b) Nach Entmischung und Methanolausschüttelung (verseifte Xanthophyllester: <i>Xanthophylle</i>)		
I Gelbherzig (Typ 3 H)	34,3	65,7
II Dunkelherzig (Typ 10 R)	29,2	70,8
III Blaßbrindig (Typ 2 R)	34,3	65,7
IV Lebhaft rotbrindig (Typ 8 R)	26,0	74,0
c) Aus dem Chromatogramm mit Benzin : Benzol (1 : 1) eluiert (<i>Carotin</i>)		
I Gelbherzig (Typ 3 H)	57,0(1,24) ¹	43,0
II Dunkelherzig (Typ 10 R)	7,7(5,68)	92,3
III Blaßbrindig (Typ 2 R)	12,5(4,61)	87,5
IV Lebhaft rotbrindig (Typ 8 R)	2,7(7,90)	97,3
d) Rückstand mit 1% äthylalkoholischem Benzin ausgewaschen (<i>Lycopin</i>)		
I Gelbherzig (Typ 3 H)	76,0	24,0
II Dunkelherzig (Typ 10 R)	45,8	54,2
III Blaßbrindig (Typ 2 R)	72,5	27,5
IV Lebhaft rotbrindig (Typ 8 R)	72,5	27,5

¹ mg % Carotin in Frischsubstanz.

Danach dürfte der von Sortentyp „Lange rote stumpfe ohne Herz“ abweichende sehr große Möhrentyp 4 ein recht gutes, die gelbherzigen Typen 8 und 3 ein schlechtes Ergebnis gebracht haben.

Für die praktische Züchtung von Speisemöhren könnte deshalb folgender Weg in Vorschlag gebracht werden: Auslese auf formtreue, zugleich rotbrindige und rotherzige Möhrentypen. Innerhalb dieses Materials Selektion auf Farberhaltung und Geschmack nach dem Kochen. Die erhaltenen Ausgangstypen werden sodann auf Carotingehalt geprüft. Alle Typen mit geringerem Gehalt scheiden aus. Falls dem Apigeningehalt die erwartete hohe physiologische Bedeutung zukommen sollte, müßte auch den gelbherzigen Typen nach Auslese auf Geschmack und Carotingehalt Beachtung geschenkt werden. Dies würde in besonderem Maße, doch ohne Berücksichtigung des Geschmacks, auch auf die industrielle Verwertung der Möhren zur Herstellung von Carotinkonzentraten zutreffen. Die kürzlich von KLAWITTER und von v. SENGBUSCH vorgeschlagene Querschneidemethode (Züchter, 15, 1943, S. 91) dürfte einen praktischen Weg zur Verwirklichung oben genannter Zuchtziele darstellen.

Zusammenfassung.

In neuester Zeit gewinnt der bekannte Möhrenfarbstoff, Carotin, ein Provitamin A, eine größere Bedeutung für die Vitaminisierung von Margarine und Winterbutter. Synthetische Farbzusätze werden dadurch überflüssig. Für die Züchtungspraxis ergibt sich daraus das wichtige Zuchtziel, eine Gartenmöhre mit möglichst hohem prozentualen Carotingehalt und großer ertragsmäßiger Leistung zu finden. Solche Sorten bestehen bereits, z. B. die „Lange rote stumpfe ohne Herz“. Darauf wurde schon in einer früheren Arbeit eingehend hingewiesen (5). Da sich die chromatographische Carotinanalyse jedoch nicht für Serienbestimmungen im praktischen Züchtungsbetrieb eignet, — sie ist zu zeitraubend und zu teuer — glaubten einige Autoren, die Möhrenfarbe als direkten Maßstab für die Höhe des Carotingehalts heranziehen zu können. Auf Grund früherer mehrjähriger Untersuchungen (5) kamen wir jedoch zu einer gegenteiligen Auffassung. Da eine einwandfreie Klarstellung, besonders im Interesse des Züchters, notwendig war, leiteten wir weitere, umfangreiche Untersuchungen ein, die praktisch jede Fehlermöglichkeit ausschalteten. Aus 500 Möhren der Sorte „Lange rote stumpfe ohne Herz“ wählten wir 10 extreme Farb- und Form-

varianten aus, deren Holz- und Rindenzonen Färbungen von gelb bis dunkelbraunrot aufwiesen. Die 10 Einzelmöhren wurden aquarelliert, typenmäßig festgelegt, zu Paaren möglichst gleicher Stärke und Größe, aber verschiedener Färbung zusammengestellt und analysiert. Wir bestimmten nicht nur, wie in früheren Untersuchungen, den Farbstoff Carotin allein, sondern auch alle anderen in Möhren vorkommenden Farbstoffe. Außerdem sollte ermittelt werden, ob eine Beziehung zwischen der Färbung und dem Geschmack der Möhre besteht.

Die Ergebnisse der Untersuchungen seien nachstehend kurz zusammengefaßt:

1. Die frühere Feststellung (5), daß keine Korrelation zwischen dem Trockensubstanz- und dem Carotingehalt besteht, wurde vollauf bestätigt.

2. *Beziehungen zwischen augenscheinlicher Farb- tiefe und den analytischen Werten für Carotin können kaum ermittelt werden.* Für die praktische Züchtung bietet somit die Selektion auf möglichst intensiv rot gefärbte Möhren keine Garantie für möglichst hohe Carotinprozentage. Auch innerhalb der verschiedenen Rotstufen vom Orangerot bis Dunkelbraunrot lassen sich Korrelationen zur Höhe des Carotingehalts nicht bestimmen. Züchtung auf Dunkelherzigkeit gewährt noch keinen überragenden Carotingehalt. Nur bei großen Extremen, beispielsweise einer gelbherzigen und einer dunkelbraunherzigen Möhre kann ziemlich sicher auf geringere Gehalte des ersteren geschlossen werden.

3. Bei weiteren Untersuchungen, welche Farbstoffe die Möhrenfärbung neben dem Carotin wesentlich mitbestimmen, stellten wir hydroxylhaltige Carotinoide (Xanthophylle), das Flavon Apigenin, Farbwachse (Xanthophyllester) und den Tomatenfarbstoff Lycopin fest. Außerdem gelang uns der Nachweis, daß intensiv rotviolette Anthocyane in den cuticularen Schichten frostgetroffener Möhren auftreten. Inwieweit sie bei normalen Möhren eine Färbung mitbedingen, konnte noch nicht ermittelt werden.

4. Besondere Untersuchungen bei 4 Farbextremen (gelbherzig und dunkelherzig, lebhaft rot-rindig und blaßrindig) ergaben, daß bei gelbherzigen Typen die alkohollöslichen Farbstoffe gegenüber den benzinlöslichen überwiegen. Weitere Bestimmungen zeigten, 45% höhere Flavon- und 36% höhere Xanthophyllgehalte bei gelbherzigen Möhren. Die Flavone sollen nach Angaben einiger Forscher wichtige physiologische Funktionen im menschlichen Körper auslösen. Falls dies auch auf das Möhrenflavon Apigenin zutreffen würde, müßte diesem Farbstoff auch

züchterisch Beachtung geschenkt werden. Der weit höhere Anteil benzinlöslicher Farbstoffe beim dunkelherzigen Typ gegenüber dem gelbherzigen wurde von uns als durch Lycopin (+ 126%), Carotin (+ 115%) und verseifte Xanthophyllester (+ 78%) bedingt nachgewiesen. Beim blassen Rindentyp konnten wir hohe Xanthophyll- und geringere Carotin- und Xanthophyllestergehalte im Gegensatz zum lebhaft rot-rindigen Typ feststellen. Bei beiden waren jedoch Lycopin- und Apigeningehalte praktisch gleich. — Aus Vorstehendem ist klar zu schließen, daß die wechselnden Farbeindrücke bei Möhren durch ein ebenso wechselvolles Verhältnis *aller vorkommenden Farbstoffe* bedingt werden.

5. Bei umfangreichen Koch- und nachfolgenden Geschmacksproben konnte zwar keine Beziehung zwischen der Höhe des Carotingehalts und guter Farberhaltung, jedoch eine gewisse Relation zwischen gutem Geschmack und Dunkelherzigkeit festgestellt werden. Dies hatten bereits vor uns KLAWITTER und v. SENGBUSCH ermitteln können. Eine Koppelung guten Geschmacks mit hohem Carotingehalt konnte nicht nachgewiesen werden.

6. Für die Züchtung könnte als praktischer Weg in Vorschlag gebracht werden, zunächst eine Auslese auf formtreue, zugleich rot-rindige und rotherzige Möhrentypen zu betreiben; auch nach dem Kochen müßten sie eine gute Farberhaltung und guten Geschmack aufweisen. Die besten Ausgangstypen wären hernach auf hohe Carotin- und gegebenenfalls auch auf gleichzeitig hohe Flavongehalte zu prüfen. Bei Züchtung für nur industrielle Verwertung (Gewinnung von Carotinkonzentraten) würde allerdings nur das Ertragsmoment und der Carotingehalt zu berücksichtigen sein.

Literatur.

1. SCHUPHAN, W., u. J. WELTZ: Biologischer Wert und Hektarertrag von Freiland und Gewächshauserzeugnissen, insbesondere von Gemüse. Verl. Paul Parey, Berlin 1943. — 2. WAGNER, K. H., L. GÜNTHER u. L. SCHULZE: Resorptionsverhältnisse von β -Carotin bei der Ratte. Vitamine und Hormone 1, 455 (1941). — 3. VIRTANEN, A., u. M. KREULA: Die Resorbierung des Carotins aus Mohrrüben beim Menschen. Hoppe-Seylers Z. 270, 141—152 (1941). — 4. WAGNER, K. H., Die Bedeutung des Vitamins A für den Menschen. . . . Chemiker-Ztg. 66, 137 (1942). — 5. SCHUPHAN, W.: Biochemische Sortenprüfung an Gartenmöhren als neuzzeitliche Grundlage für planvolle Züchtungsarbeit. Züchter 14, 25 (1942). — 6. SCHUPHAN, W.: Desgl. Züchter 15, H. 4/6 (1943). — 7. REINHOLD, J.: Zuchtziele im Gemüsebau. Forsch.dienst 8, 287—289 (1939). — 8. NICOLAISEN, N.: Vergleichende Feststellung und Analysen an Gemüse und ihr Wert für die Züchtung. Gartenbauforschung

im Dienste der Kriegsernährung. H. 1. Leistungssteigerung im Gartenbau, S. 22—40. Verlag Rud. Bechtold & Co., Wiesbaden, 1943. — 9. KLAWITTER, G., u. R. v. SENGBUSCH: Züchterische Untersuchungen des Aufbaues, der Färbung, des Refraktometerwertes und des Geschmacks von Speisemöhren. Züchter 15, 44—46 (1943). — 10. SCHUPHAN, W.: Die Gütebeurteilung der Gemüse nach Größen- und Gewichtsklassen im Lichte neuzeitlicher Qualitätsforschung. Vorratspflege u. Lebensmittelorschung 4, 1943, H. 1/3, 33—56. — 11. LJUBIMENKO, V. N., E. D. BOUSLOVA; u. N. J. EVIMOVA: La coule ur de la racine comme caractere diagnostique des varietés de la carotte. J. botan. de l'USSR

21, 5—17 (1936). — 12. SCHUPHAN, W.: Methodik der Erfassung von Qualitätsmerkmalen bei gärtnerischen Ernteprodukten, insbesondere bei Gemüse. Vorratspflege u. Lebensmittelorsch. 1, 353 bis 362 (1938). — 13. TSWETT, M.: Absorptionsanalyse und chromatographische Methode. Anwendung auf die Chemie des Chlorophylls. Ber. dtsh. bot. Ges. 24, 316 (1906). — 14. KUHN, R., u. H. BROCKMANN: Bestimmung von Carotinoiden. Z. physiol. Chem. 206, 2—3. — 15. Zit. Hdb. der Pflanzenanalyse von G. KLEIN. Verl. Springer, Wien, 1932. — 16. SÜSSENGUTH, A.: Von den Flavonon (Pflanzengelbstoffen). Die Pharmaceut. Industrie, 1943, H. 13, 221.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Rebenzüchtungsforschung, Müncheberg/Mark und der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle des Reichsamtes für Wetterdienst, Müncheberg/Mark.)

Schäden an Reben durch Spätfröste und die Aussichten ihrer züchterischen Bekämpfung.

Von W. Scherz und J. Seemann.

Eine der wichtigsten Aufgaben der deutschen Rebenzüchtung ist die Hebung der Ertragsicherheit. Sie hängt in den Klimaten der deutschen Weinbaugebiete als den nördlichst gelegenen der Welt und besonders Europas in einem nicht unbeträchtlichem Maße mit der mehr oder minder stark ausgeprägten Empfindlichkeit der angebauten Kulturrebenrassen für Witterungseinflüsse zusammen. Hier interessiert insbesondere ihr Verhalten gegenüber den Frostvorkommen in den verschiedenen Jahreszeiten. Es kann als ein besonders glücklicher Griff ERWIN BAURS (1) bezeichnet werden, daß er vor nunmehr über 15 Jahren unter Anwendung genetischer Prinzipien in Müncheberg, etwa 50 km östlich Berlins und nördlicher als alle Weinbaugebiete gelegen, durch HUSFELD (6) Rebenzüchtungsversuche in großem Maßstabe beginnen ließ. Ist doch seitdem in dem hiesigen verhältnismäßig rauhen Klima praktisch kein Jahr vergangen, ohne daß durch Frostvorkommen verschiedener Art dem Züchter vielfältiger Aufschluß über die seinen Rebenformen eigene Resistenzveranlagung gegeben worden ist. SCHERZ (14, 15) konnte zeigen, welche Vielfalt von Reaktionsmöglichkeiten hinsichtlich der Fröste, insbesondere der Winterfröste, der Gattung *Vitis* innewohnt, soweit ihre potentielle Variationsbreite durch die in Müncheberg vorhandene Rassensammlung und die ausgedehnten Kreuzungspopulationen bereits erkannt werden konnte. In Sonderheit ließ sich feststellen (15), daß die Aussichten der Bekämpfung von Winterfrostschäden der Weinrebe durch die Züchtung in erster Linie in $E \times A$

und $(E \times A) \times E$ -Sämlingspopulationen¹ groß sind. Dieser Befund muß als sehr erfreulich bezeichnet werden, zumal die Schäden durch stärkere Winterfröste für den deutschen Weinbau verschiedentlich außerordentlich hart waren. So wurde beispielsweise der Ertragsverlust durch den Winter 1939/40 von RODRIAN und BINSTADT (12) für die Gesamtheit der großdeutschen Weinbaugebiete mit 3178956 hl oder einer Geldeinbuße von 222526920 Reichsmark berechnet.

Während das neuere Weinbauschrifttum noch eine Reihe größerer Abhandlungen über das Gebiet der Winterfrostschäden aufweist, liegen hinsichtlich der Spätfrostschäden im Weinbau fast nur weniger umfangreiche Arbeiten vor. Unseres Wissens haben nur ZAHN (23, 24) sowie MÜLLER-STOLL und BALBACH (11) umfassende wissenschaftliche Untersuchungen der Frage unternommen, unter besonderer Berücksichtigung der unterschiedlichen Reaktionsweise verschiedener *Vitis*-Kulturrassen. ZAHN wies besonders auf die gegenüber dem Riesling und dem Sylvaner ungleich stärker ausgeprägte Fähigkeit der Rasse Müller-Thurgau hin, durch fruchtbaren Beaugenaustrieb Spätfrostschäden zu kompensieren und konnte diese Feststellung durch genaue Daten belegen. MÜLLER-STOLL und BALBACH sowie G. SCHEU (16) bestätigten diesen Befund

¹ E = reine Europäerreben (einschl. $E \times E$), also alle Formen der Art *Vitis vinifera*; A = alle anderen reinen Spezies der Untergattung *Evutis* (amerikanische und asiatische *Vitis*-Arten einschl. $A \times A$). Weitere Abkürzungen der Rebenzüchtungsnomenklatur siehe bei SCHERZ (15) S 47 unten.