

der Sorten Glogierowka und Jonas Hannes durchgeführt.

Dabei wurden folgende Ergebnisse erzielt:

1. Der Frostschaden ist vom Zeitpunkt der Frostwirkung abhängig. Vorhergehende Wärmeperioden verringern die Frostresistenz, Kälteperioden steigern sie.

2. Die Dauer der Winterruhe hat einen Einfluß auf die Frostresistenz, Gehölze mit längerer Ruhezeit haben die Aussicht, Fröste im Nachwinter besser zu überstehen als solche mit kurzer Ruheperiode.

3. Die Frostresistenz wird vorwiegend von zellphysiologischen Prozessen während der Frosthärtung bei sinkenden Temperaturen und von entwicklungsphysiologischen Vorgängen, die über die Dauer der Ruheperiode entscheiden, bestimmt.

4. Für Winter mit stark wechselnder Temperatur sind Sorten notwendig, die sich schnell dem jeweiligen Frost anpassen können und träge auf ansteigende Temperatur reagieren.

#### Literatur

1. GOLLMICK, F.: Beobachtungen über Frostschäden an Wildäpfeln und ihren Sämlingen als Folge der strengen Frostperiode im Februar 1956. Arch. f. Gartenbau 9, 126 bis 149 (1958). — 1a. KESSLER, W., und W. RUHLAND: Weitere Untersuchungen über die inneren Ursachen der Kälteresistenz. Planta 28, 159—204 (1938). — 2. LOEWEL, E. L.:

Frostschäden an Apfelbäumen in Abhängigkeit von Sorte, Stammbildner, Unterlagen und Boden. Schriften zur Förderung des Gartenbaues H. 8. Deutsche Gärtnerbörse, Aachen (1956). — 3. LOEWEL, E. L., und H. KARNATZ: Untersuchungen über die Frostresistenz der Obstgehölze im Baumschulstadium. Der Züchter 26, 117—120 (1956). — 4. NESTEROW, J. S.: Die Ruheperiode und die Winterhärte der Obstbäume. Berichte der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Pflanzenphysiologie 117, 507—510 (1957). — 5. PISEK, A.: Versuche zur Frostresistenzprüfung von Rinde, Winterknospen und Blüten einiger Arten von Obstgehölzen. Gartenbauwiss. 5 (23), 54—74 (1958). — 6. SCHMIDT, M.: Mehrjährige Untersuchungen über den Blühbeginn von Apfelsorten. Arch. f. Gartenbau 2, 355—384 (1954). — 7. TUMANOW, J. J., und O. A. KRASAWZEW: Die Frostwiderstandsfähigkeit der Gehölze. Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Pflanzenphysiologie 2, 320—333 (1955). — 8. TUMANOW, J. J., und O. A. KRASAWZEW: Die Abhärtung nördlicher Holzgewächse durch negative Temperaturen. Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Pflanzenphysiologie 6, 654—667 (1959). — 9. TUMANOW, J. J., O. A. KRASAWZEW und N. N. CHWALIN: Die Erhöhung der Frostresistenz der Birke und der schwarzen Johannisbeere auf  $-253^{\circ}\text{C}$  durch Abhärtung. Berichte der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Pflanzenphysiologie 127, 1301—1304 (1959). — 10. ZWINTZSCHER, M.: Experimentelle Untersuchungen zur Züchtung von Obstgehölzen mit frostwiderstandsfähigen Fruchtknospen und Blüten. I. Malusformen. Z. f. Pflanzenzüchtung 26, 245—352 (1944). — 11. ZWINTZSCHER, M.: Beiträge zur Vererbung des Frostverhaltens der Obstgehölze. Gartenbauw. 22, 50—70 (1957).

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

## Untersuchungen über den Carotingehalt in der Maispflanze

Von R. FOCKE, W. FRANZKE und A. WINKEL\*

Mit 1 Abbildung

Im allgemeinen ist das von Pflanzen gebildete Carotin die Grundlage für die Vitamin-A-Versorgung des tierischen Körpers. Das Rind vermag  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$  des angebotenen Carotins zu resorbieren und in Vitamin A umzuwandeln (SCHARER 1954). Ein Milchhind mit 600 kg Lebendgewicht hat z. B. einen täglichen Bedarf von 100—200 mg Carotin. Das Winterfutter ist meist sehr carotinarm, vor allem dann, wenn kein Gärfutter verabreicht wird, während die Sommerfütterung der Rinder eine ausreichende Carotinversorgung gewährleistet. So betrug der Vitamin-A-Gehalt der Butter bei Silagefütterung im Winter 60—75% von dem der Sommerfütterung, ohne Silagefütterung nur noch etwa 25% (OLSSON 1955). Vorratsfutter mit einem hohen Carotingehalt zu erzeugen, ist daher von großer Bedeutung. Quantitative Untersuchungen zeigten, daß Mais in dieser Beziehung ein wertvolleres Gärfutter als die übliche Rübenblattsilage ist. Der Carotingehalt im Maisgärfutter betrug im Mittel von 72 Proben 15,82 (4,59 bis 35,38) mg, in 10 Zuckerrübenblattsilagen konnte hingegen ein durchschnittlicher Gehalt von 6,96 mg je kg Frischsubstanz festgestellt werden (NEHRING und HOFFMANN 1959; vgl. auch DANILENKO 1957).

Die gelbkörnigen Maissorten enthalten zum Unterschied von anderen Getreidearten in der Karyopse

Carotin. Dieser Carotingehalt ist jedoch im Verhältnis zu dem anderer Teile der Maispflanze gering. Unsere Untersuchungen waren darauf gerichtet, den Carotingehalt grüner Pflanzen unter den Wachstumsbedingungen Bernburgs zu untersuchen.

Im einzelnen wurden folgende Punkte ausgewählt:

1. Carotingehalt und Entwicklung der Pflanze,
2. Carotingehalt und Düngung,
3. Carotingehalt einiger Sorten und seine Vererbung.

#### Methode

a) Bestimmung des Carotins: 5 g zerkleinertes, frisches Pflanzenmaterial wird unter Zusatz von 2 Tropfen 1%iger NaCN-Lösung 2 Min. mit Methanol unter Wasserkühlung homogenisiert (Tourenzahl 50000 U/Min.). Die homogene Suspension wird abgesaugt und mit Methanol sowie Petroläther (30 bis 50 °C) nachgewaschen. Die Trennung des Methanol-Petroläthergemisches erfolgt nach Wasserzusatz (GSTIRNER). Die mit Wasser gewaschenen Petrolätherextrakte werden über  $\text{CaCl}_2$  getrocknet, im Vakuum bei 40 °C auf 2—3 ml eingeengt und chromatographisch gereinigt. Zur Anwendung gelangen Chromatographiersäulen von 10 mm Durchmesser mit Normalschliffen und Wasserkühlung. Als am besten geeignetes Adsorbens erwies sich das Gemisch  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (standardisiert nach BROCKMANN) —  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (wasserfrei) 1:1, wobei letzteres über Nacht bei

\* Für die Anlage der Feldversuche möchten wir auch an dieser Stelle Herrn Dr. RAGALLER und seinen Mitarbeitern danken.

150 °C getrocknet wird. Als Lösungsmittel wird Petroläther verwendet, dem 2% Aceton zugesetzt werden, sobald eine Abtrennung der Carotinoide auf der Säule zu erkennen ist. Die Extinktion des gelben Eluats wird im Pulfrich-Photometer mit Filter S 47 gemessen. Die Analysendauer beträgt 4—5 Stunden, wobei mehrere Bestimmungen gleichzeitig durchgeführt werden können.

Zur Vermeidung von Zersetzungen und Umlagerungen durch Sauerstoff, Licht und Wärme werden die einzelnen Operationen möglichst in CO<sub>2</sub>-Atmosphäre, unter Lichtabschluß und bei niedrigen Temperaturen durchgeführt.

b) Gefäßversuche: Die hierzu verwendeten Mitscherlichgefäße (Höhe und  $\varnothing$  = 20 cm) wurden auf Vegetationswagen gesetzt, die während der Januarversuche im Gewächshaus bei Temperaturen zwischen 12° und 20 °C, während der September/Oktoberversuche zunächst unter Freilandbedingungen standen. Lediglich bei Niederschlägen mußten die Wagen zur Regulierung der Wasserkapazität in ein Glashaus geschoben werden. Im Oktober blieben die Gefäße wiederum in der heizbaren Vegetationshalle. Für die Anzucht diente ein Landerde-Sandgemisch (Hohenbockaer Quarzsand) im Verhältnis 3:1. Gedüngt wurde nach SCHARRER/SCHREIBER (1942).

Die Bodenfeuchtigkeit wurde bei 60% der vollen Wasserkapazität gehalten. Je Gefäß gelangten 10 Korn zur Aussaat. Bis zum 7. Tag nach dem Aufgang wurde auf jeweils 5 Pflanzen/Gefäß vereinzelt. Alle Gefäße wurden im Lateinischen Quadrat in vierfacher Wiederholung (September-Oktober-Versuch) bzw. fünffacher Wiederholung (Januar-Versuch) aufgestellt. Der Grünschnitt erfolgte jeweils ab 7 Uhr morgens, die Längenmessungen und Laboruntersuchungen, in die alle Pflanzen einbezogen wurden, schlossen sich unmittelbar an. Die Pflanzenlänge wurde vom ersten Knoten über dem Mesokotyl bis zur Spitze des längsten Blattes gemessen. Als Standard diente bei allen Versuchen die Sorte Schindelmeiser.

c) Feldversuch: Der Feldanbau wurde in den Jahren 1959 und 1960, den hier üblichen Zuchtgartenverhältnissen entsprechend, in Hauptfruchtstellung mit Aussaat Ende April vorgenommen. Der Einzelpflanzenabstand betrug bei den in Tab. 5 wiedergegebenen Versuchen 60 × 20 cm, in Tab. 4, 6 u. 7 60 × 40 cm und in Tab. 8 60 × 30 cm. In verschiedenen Entwicklungsstadien wurde aus repräsentativen, für die Carotinbestimmung ausgewählten Mustern jeweils eine Durchschnittsprobe gebildet. Der Carotingehalt der immer gegen 7 Uhr morgens geernteten Pflanzen wurde nach a) bestimmt. Die Niederschlagsmenge der Monate April—September lag sowohl 1959 mit 229,3 mm als auch 1960 mit 266,5 mm unter dem langjährigen Mittel von 296,5 mm. Allerdings verteilten sich die Niederschläge 1960 gleichmäßiger über die Sommermonate als 1959, wo allein im August innerhalb von 3 Tagen mit 110,8 mm fast die Hälfte der Gesamtmenge fiel, während die Monate Juli und September extrem trocken waren. Die mittleren Tagestemperaturen lagen 1959 im Durchschnitt um 1,7 °C über dem langjährigen Mittel, wobei die Monate Juli und August mit +3,4 °C bzw. +2,4 °C herausragten. 1960 waren die mittleren Tages-

temperaturen um durchschnittlich 0,2 °C niedriger. Die Düngung erfolgte vor der Saat in Form von 60 kg N, 54 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 80 kg K<sub>2</sub>O pro ha. Beim Düngungsversuch wurden alle Nährstoffe entsprechend verändert (vgl. Tab. 5).

### Ergebnisse

Der Carotingehalt ist in verschiedenen Entwicklungsabschnitten der Pflanze unterschiedlich hoch (PORTER 1946). Er differiert auch je nach den untersuchten Pflanzenteilen (PORTER, NEHRING u. a.).

Tabelle 1. Carotingehalt verschiedener Teile der Maispflanze (in mg% bezogen auf Trockensubstanz — Durchschnittsprobe).

	NEHRING	PORTER <sup>1</sup>	Eigene Untersuchungen <sup>1</sup> Ø-Wert	PORTER <sup>2</sup>	Eigene Untersuchungen <sup>3</sup> Ø-Wert
Blatt	45,82	83,6	70,83	35,9	28,19
Stengel	2,48	5,3	5,47	0,8	0,84
Kolben	0,91			0,7	0,75
Lieschen				1,0	8,34 <sup>4</sup> 0,71 <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Blüte; <sup>2</sup> early dent stage; <sup>3</sup> Milch-Wachsreife; <sup>4</sup> äußere; <sup>5</sup> innere.

Da anzunehmen war, daß nicht allein das Alter der Pflanzen, sondern auch die Umweltverhältnisse und die Wachstumsintensität einen Einfluß auf den Carotingehalt auszuüben vermögen (VIRTANEN 1936), haben wir einen Gefäßversuch vom Januar (Tab. 2) mit 15 Tage alten Pflanzen und einen zweiten vom September/Oktober (Tab. 3) mit 5, 15, 25 und 35 Tage alten Pflanzen ausgewertet.

Tabelle 2. Carotingehalt von 15 Tage alten Pflanzen im Januar bei 6 verschiedenen Sorten.

Sorte Stamm	Blattstadium	Pflanzenlänge <sup>1</sup> cm	Frischgewicht <sup>2</sup> g	Carotin mg%
Strenzfelder	2,5	19,5	0,61	2,59
W 818 <sup>1</sup>	2,5	17,0	0,89	2,48
W 819 <sup>1</sup>	2,5	15,5	0,72	2,42
W 820 <sup>1</sup>	2,5	15,0	0,87	2,53
Schindelmeiser	2,5	19,0	0,62	3,49
S 702 <sup>1</sup>	2,5	16,5	0,95	3,38

<sup>1</sup> Bernburger Stämme; <sup>2</sup> Mittel von 25 Einzelmessungen.

Tabelle 3. Carotingehalt von 5, 15, 25 und 35 Tage alten Pflanzen im September/Oktober bei 4 verschiedenen Sorten.

Sorte	Alter in Tagen	Blattstadium	Pflanzenlänge <sup>3</sup> cm	Frischgewicht <sup>3</sup> g	Carotin mg %		
					gesamt	Blatt	Stengel
Schindelmeiser	5	2,6	11,3	0,67	4,59		
	15	4,0	25,5	2,29	4,68		
	25	4,7	42,2	5,18	5,76		
	35	6,1	60,4	9,32	3,17	5,85	0,38
S 702 <sup>1 2</sup>	5	2,5	9,8	0,47	4,90		
	15	4,2	25,4	2,29	6,08		
	25	5,2	43,7	5,27	4,82		
	35	6,0	56,6	8,39	3,64	6,21	0,35
P 702 <sup>1</sup>	5	2,5	11,1	0,59	4,66		
	15	4,0	24,5	1,85	4,81		
	25	4,9	35,4	4,56	5,54		
	35	6,2	50,0	7,32	4,06	6,44	0,53
WIR 25	5	2,1	8,4	0,39	3,97		
	15	3,8	19,0	1,35	4,71		
	25	4,7	31,9	3,29	4,68		
	35	6,0	41,8	5,34	3,80	6,27	0,42

<sup>1</sup> Bernburger Stämme; <sup>2</sup> Schindelmeiser × P 702; <sup>3</sup> Mittel von 20 Einzelmessungen.

Tabelle 4. Carotingehalt in mg % in der frischen Blattmasse.

Entwicklungsstadium	Sorte							Gesamtzeitspanne für die Entwicklungsstadien		
	St. 7852 <sup>1</sup> Fettmais 28. 7.—25. 9. 1959	Gatersl. 2366 Stärkmais 24. 7.—18. 9. 1959	St. 7025 <sup>1</sup> Zuckermais 6. 8.—1. 10. 1959	WIR 25 Zahnmais 3. 8.—28. 9. 1959	MV 5 Zahnmais 3. 8.—28. 9. 1959	P 702 <sup>1</sup> Zahnmais 3. 8.—28. 9. 1959	Arg. Mais 753 Hartmais spät 24. 8.—1. 10. 1959	Im Mittel der Sorten		
	Carotin mg %	Carotin mg %	Carotin mg %	Carotin mg %	Carotin mg %	Carotin mg %	Carotin mg %	Roh- protein %	Blatt- anteil %	
Fahnschieben	10,89	7,25	11,25	13,28	14,40	12,61	9,90	11,24	10,36	26,3
Seideschieben	11,25	13,23	12,78	14,04	13,41	12,15	14,57	13,06	7,98	23,6
Beginn der Kornausbildg.	13,05	12,33	12,51	10,26	8,55	8,55	5,94	10,17	7,18	22,7
Milch-Wachsreife	7,43	6,03	5,76	8,87	9,63	7,43	7,54	7,53	6,33	19,1
∅ der Einzelwerte	10,66	9,71	10,58	11,61	11,50	10,19	9,49			

<sup>1</sup> Bernburger Stämme

Die Tabellen 2 und 3 lassen einen unmittelbaren Vergleich der beiden Varianten Schindelmeiser und S 702 bei gleichem Alter unter verschiedenen Wachstumsbedingungen zu. Die Pflanzen waren im Januar-Versuch infolge Lichtmangels sehr vergeilt; das geht deutlich aus dem Längen/Gewichtsverhältnis hervor. Der Carotingehalt lag besonders beim Bernburger

Die im Vergleich zu den anderen Sorten langsamere Anfangsentwicklung von WIR 25 spiegelt sich auch in dessen Carotingehalt wider. Nach 35 Tagen hat er aber im Blatt- und Stengelcarotingehalt die anderen Sorten eingeholt (vgl. dazu auch Tab. 4).

Aus der Abb. 1 ist ein Anstieg des Gesamtcarotinhalt bis zu einer Pflanzenlänge von ca. 30 cm zu ersehen. Ein ähnlicher Kurvenverlauf ist vorhanden, wenn die Frischsubstanz zum Carotingehalt in Beziehung gesetzt wird.

Der Blattcarotingehalt der 35 Tage alten Pflanzen ist in Abb. 1 besonders gekennzeichnet. Verfolgt man die Blattcarotinhalt von P 702 und WIR 25 in weiteren Entwicklungsstadien, so erreichen sie in kontinuierlichem Anstieg einen aus den Feldversuchen der Tab. 4 ersichtlichen maximalen Wert etwa zur Zeit des Seideschiebens, um dann stetig zu fallen. Durch die Werte weiterer in Tab. 4 aufgeführter Sorten und die Übereinstimmung mit den Feststellun-

Tabelle 5. N- und P-Düngungsversuch 1960.

- I = 120 kg/ha K<sub>2</sub>O, 54 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0 kg/ha N
- II = 120 kg/ha K<sub>2</sub>O, 54 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 40 kg/ha N
- III = 120 kg/ha K<sub>2</sub>O, 90 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 kg/ha N
- IV = 120 kg/ha K<sub>2</sub>O, 134 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 160 kg/ha N

Sorte	Dün- gung	Ganze Pflanze frisch			Blatt frisch		
		Carotin mg %	Pflanzen Gewicht g	Carotin pro Pflz. mg	Carotin mg %	Blatt- gewicht g	Carotin v. Blatt mg
Schindel- meiser	I	1,48	514	7,60	5,35	103,8	5,55
	II	1,38	583	8,06	5,81	93,3	5,42
	III	1,86	597	11,13	7,25	117,8	8,54
	IV	1,65	583	9,79	5,09	124,4	6,33
WIR 25	I	1,28	560	7,17	5,49	92,3	5,07
	II	1,32	665	8,78	5,36	101,8	5,46
	III	1,55	617	9,55	6,66	105,0	6,99
	IV	1,64	808	13,28	7,61	130,0	9,89
S 702 <sup>1</sup>	I	1,53	549	8,37	5,58	82,3	4,59
	II	1,49	621	9,24	4,95	117,5	5,82
	III	1,65	622	10,29	5,49	116,5	6,40
	IV	1,55	697	10,83	5,45	144,0	7,85
S 704 <sup>1</sup>	I	1,36	567	7,73	4,59	115,3	5,29
	II	1,23	699	8,61	4,59	132,0	6,06
	III	1,24	764	9,47	5,54	112,0	6,20
	IV	1,55	767	11,85	6,39	131,8	8,42
	I	∅ 1,41			5,25		
	II	∅ 1,36			5,18		
	III	∅ 1,58			6,24		
	IV	∅ 1,60			6,14		

<sup>1</sup> Bernburger Stämme

Stamm S 702 im Herbstversuch beachtlich höher als in dem vom Januar. Zu geringe Licht- und Wachstumsintensität in Kombination mit einem ungünstigen Blatt- : Stengelverhältnis können hier als Ursache für die erheblich niedrigeren Werte angesehen werden.

Die Meßwerte 5, 15, 25 und 35 Tage alter Pflanzen (Tab. 3) lassen erkennen, daß bei allen 4 Sorten im Gesamtcarotingehalt vom 1. zum 2. Schnitt ein Anstieg und zum 4. ein deutlicher Abfall erfolgt. Im 4- bis 5-Blattstadium ist der höchste Gesamtcarotinhalt mit 5,3 mg % vorhanden. Die Werte im 2- bis 3,8-Blattstadium liegen bei 4,6 mg %, im 5,2- bis 6,2-Blattstadium bei 3,9 mg %.

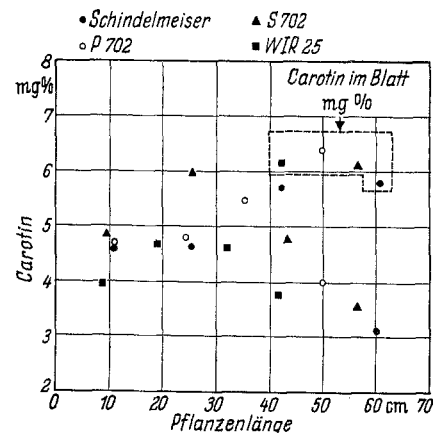


Abb. 1. Darstellung des Gesamtcarotinhalt in Abhängigkeit von der Pflanzenlänge.

gen von PORTER (1946) wird dieses Ergebnis noch erhärtet. PORTER ermittelte den höchsten Carotinhalt in Maisblättern (ohne Mittelrippe) zur Zeit des Pollenstäubens.

BÜRKE (1953) konnte in Gefäßversuchen durch gesteigerte N-Düngung den Carotingehalt der Blattspreiten kurz vor dem Fahnschieben verdreifachen. Die Unterschiede sind offenbar mit beginnender Reife nur noch gering und verwischen im Zustand der Vollreife wohl ganz.

Die Werte unseres im Feld mit N- und P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Steigerung durchgeführten Versuches zeigten zur Zeit der Siloreife (= Milch-Wachsreife) höhere Carotin-

Tabelle 6. Carotingehalt der Frischmasse von Blatt und Stengel zweier Sorten und Carotinertrag pro Pflanze.

Sorte	1959					1960				
	Fahnen-schieben	nach Seideschieben				Seideschieben (28. 7.)				nach Seide-schieben (16. 8.)
	Blatt mg %	Blatt mg %	Carotin- Ertrag mg	Stengel mg %	Carotin- Ertrag mg	Blatt mg %	Carotin- Ertrag mg	Stengel mg %	Carotin- Ertrag mg	Blatt mg %
Mex. 784/1128	10,08	12,40	35,4	0,20	1,8	12,96	23,4	0,38	3,3	15,66
Mex. 801/1140	8,82	8,60	15,3	0,20	1,1	9,54	16,2	0,39	2,3	10,26
Blatt/Stengel- Verhältnis						1	:	4,1		1:5,4

gehalte bei erhöhter Düngung (Tab. 5). Die bedeutendsten Steigerungen des Carotingehaltes ergeben sich zwischen den Düngungsvarianten II und III. Obgleich die Blattmenge nur ca.  $\frac{1}{5}$  der Gesamtmasse ausmacht, bringt sie ca.  $\frac{2}{3}$  der Carotinmenge der Pflanze.

Die sich ergebenden Streuungen sind wahrscheinlich auf die Schwierigkeiten der Entnahme einer repräsentativen Probe zurückzuführen. Sie entstehen bei der Erfassung des physiologischen Stadiums der Milch-Wachsreife nach einer subjektiven Prüfmethode und bei dem ungleichmäßigen Absterben der Blattgewebe in diesem Reifestadium. Dadurch sinkt der Carotingehalt beträchtlich.

Der unterschiedliche Carotingehalt von Linien und deren Hybriden ist bereits von PORTER (1946) hervorgehoben worden. Uns interessierte zunächst, ob im Zuchtmaterial bedeutsame umweltbedingte Unterschiede vorhanden sind, die eine mehrmalige Überprüfung jedes einzelnen Zuchtstammes ratsam erscheinen lassen. In der Tabelle 6 zeigt ein 2-jähriger Vergleich mit 2 Sorten, daß die gleiche Relation in den beiden Jahren vorhanden ist, von Jahr zu Jahr aber erhebliche Schwankungen auftreten. Einige Hart-, Zahn- und everta-ähnliche Typen sowie deren Hybriden sind vom Zeitpunkt des Seideschiebens an zweimal geprüft und deren Ergebnisse in Tabelle 7 zusammengestellt worden. Wenn diese Zahlen auch noch mit Vorbehalt zu betrachten sind, so läßt sich unter Zuhilfenahme der Ergebnisse aus Tabelle 4 sagen, daß die geprüften Zahnmaise zwischen Seideschieben und Milch-Wachsreife einen höheren Carotingehalt aufweisen als die Hartmaise.

Die Zahnmaisinzuchtlinien W 153 R und W 28 unterscheiden sich in der Blattfärbung deutlich. Die weit dunkelgrünere Linie W 153 R weicht jedoch im

Tabelle 7. Carotingehalt von Eltern und Hybriden in mg%.

Sortenbezeichnung	Blatt frisch	Kolben + Stengel frisch
W D × W 9	14,58	0,67
W H × W J		
Bünd. Herrsch. × $\frac{W D \times W 9}{W H \times W J}$	11,79	0,24
Bündener Herrschaft	11,12	0,35
Bünd. Herrsch. × Mex. 784	13,59	0,29
Bünd. Herrsch. × Mex. Guard 51	13,86	0,49
Mexikanisch 784	14,31	0,38
Mexikanisch Guard 51	9,90	0,39
Schindelmeiser <sup>1</sup>	11,88	—
W 153 R <sup>1</sup>	14,94	—
W 28 <sup>1</sup>	14,04	—

Der Mittelwert setzt sich aus Untersuchungen vom 28. 7. und 16. 8. (23. 8.) zusammen.

<sup>1</sup> nur einmal untersucht.

Carotingehalt nur geringfügig ab. Die Vererbung des Carotingehaltes zeigt (Tabelle 7) zweimal intermediäre Verhältnisse und einmal Heterosis.

In der Tabelle 8 sind zur Vervollständigung die Carotingehalte der Blätter von Kreuzungen *Zea* × *Euchlaena* aufgeführt.

Tabelle 8. Carotingehalt der Blätter von Gattungsbastarden *Zea mays* × *Euchlaena mexicana* (F<sub>3</sub>) im Stadium der Milchreife.

Stamm Nr.	mg % Frischsubstanz	Stamm Nr.	mg % Frischsubstanz
75 D	8,64	71 B	11,34
57 A	9,00	62 C	13,77

### Diskussion

In der Arbeit von PORTER (1946) wurden 48 Tage nach der Aussaat die ersten Carotingehaltsbestimmungen vorgenommen, zu einem Zeitpunkt also, in dem der Carotingehalt in der Gesamtpflanze eine fallende Tendenz aufweist. Aus unseren Untersuchungen an noch jüngeren Pflanzen (Abb. 1) ist zu erkennen, daß der Carotingehalt zunächst ansteigt und im 4- bis 5-Blattstadium das Maximum erreicht, um dann ständig zu sinken. Man kann nicht allein vom Alter der Pflanzen auf den gegenwärtigen Carotingehalt schließen, weil die Wachstumsbedingungen in Verbindung mit der Pflanzenentwicklung einen Einfluß auf den Carotingehalt ausüben, auch photoperiodische Unterschiede beeinträchtigen ihn. Unter Kurztagsbedingungen werden gewöhnlich höhere Carotingehalte gefunden (MURNEEK 1934). In ähnlicher Richtung ist wohl auch die Feststellung zu deuten, daß mit steigender Pflanzenzahl pro Horst — von 2 bis 6 pro m<sup>2</sup> — der Carotinertrag fast um das Doppelte, der Carotingehalt um ca. 10% zunimmt (PORTER).

Unabhängig von der Wachstumsintensität scheint ein sortenspezifisches Verhalten in den Entwicklungsphasen hinsichtlich des Carotingehaltes vorzuliegen. Ob eine gewisse Parallele zwischen langsamer Anfangsentwicklung und Carotinbildungsvermögen besteht, wie es beim WIR 25 in Erscheinung getreten ist, muß zunächst dahingestellt bleiben. Der hervorragende Blattcarotingehalt der Sorte WIR 25 zur Zeit des Seideschiebens würde jedoch darauf hinweisen, daß in diesem Punkt ein gewisser Zusammenhang besteht, denn die geprüfte Doppelhybride holt besonders in dieser Zeit sehr viel an Wachstum nach. PORTER konnte bei seinen Untersuchungen zeigen, daß die Formen mit dem höchsten Carotingehalt zur Zeit des Pollenstäubens die längste Zeit bis zur Reife benötigen. Die in Tabelle 4 angeführten Zahlen bestätigen das.

Aus den Düngungsversuchen wird ersichtlich, daß mit zunehmendem N- und  $P_2O_5$ -Angebot der Carotingehalt vor allem im Blatt steigt. Mit steigendem Trockensubstanzgehalt in der Pflanze fällt der Carotingehalt. Versuchstechnisch ist es in dieser Hinsicht nicht leicht, einwandfreie Werte zu erzielen, weil das physiologische Stadium der Milch-Wachsreife nach einer subjektiven Prüfmethode sehr schwer zu erfassen ist. Übereinstimmend geht aus einer Reihe von Untersuchungen hervor, daß vor allem durch erhöhte N-Düngung eine Steigerung des Carotingehaltes erzielt werden kann (BÜRKE 1953).

Den Züchter interessiert in erster Linie die Frage, welche Maßnahmen zu treffen sind, um Hybriden mit einem hohen Carotingehalt zu züchten. Die übereinstimmenden Ergebnisse (vgl. Tab. 6 und PORTER) zeigen, daß der Carotingehalt der Hybriden in verschiedenen Jahren größeren Schwankungen unterworfen ist, die Differenzen zwischen den einzelnen Hybriden jedoch erhalten bleiben. In dem bei uns verwendeten Zuchtmaterial ist eine größere genetische Variabilität vorhanden. Der Unterschied im Carotingehalt des Blattes betrug zwischen der schlechtesten und besten Form unter Einschluß der *Euchlaena*-Bastarde etwa 50%. Unter den von PORTER in Wisconsin getesteten 27 I-Linien hatte die Linie 153 den höchsten Carotingehalt. Dieselbe Eigenschaft zeigte diese Linie auch bei uns. Es ist jedoch anhand der umfangreichen Untersuchungen von PORTER und der eigenen noch nicht möglich, von den elterlichen Carotinwerten auf die der Hybriden zu schließen. Als Maßnahme zur Verbesserung des Carotingehaltes wäre die Erzielung eines hohen Blattanteils zur Zeit der Siloreife vorzuschlagen, denn die überwiegende Carotinmenge stammt aus dem Blatt. Weiter sollte der Züchter darauf bedacht sein, solchen Hybriden den Vorzug zu geben, die bei schneller Kornreife lange ihr grünes Blatt erhalten. Das stoffwechselphysiologische Geschehen soll allmählich abklingen. Linien verhalten sich im allgemeinen etwas anders. Bei gleichem Wassergehalt von Linien und Hybriden besitzen erstere gewöhnlich den fortgeschritteneren physiologischen Reifezustand, weil durch ihren lückenhaften genetischen Bauplan auch die der Reife naheliegenden stoffwechselphysiologischen Vorgänge allgemein schneller abgeschlossen werden (ROSSMAN 1949). Für die Beurteilung der neu zuzulassenden Sorten wäre es angebracht, den Carotingehalt mit zu berücksichtigen. Es ist nicht belanglos, wie bereits eingangs betont, welche Carotinmenge mit dem Silofutter aufgenommen wird.

### Zusammenfassung

1. Es konnte anhand der experimentellen Ergebnisse gezeigt werden, daß der Gesamtcarotingehalt der Maispflanze bis zum 4- bis 5-Blattstadium ansteigt, um dann kontinuierlich zu fallen.

2. Optimale Wachstumsbedingungen und genetisch bedingte Wachstumsintensität spiegeln sich im Carotingehalt wider.

3. Der Carotingehalt des Blattes steigt kontinuierlich an und erreicht etwa zur Zeit des Seideschiebens seinen maximalen Wert.

4. Mit steigenden N-Gaben steigt der Carotingehalt.

5. Zahnmaise haben mit beginnender Siloreife einen relativ hohen Carotingehalt.

6. Der Carotinertrag kann durch Erhöhung des Blattanteils an der Gesamtpflanze wirksam verbessert werden. Die Pflanzenzüchtung steht vor der Aufgabe, Silomaistypen zu schaffen, die bei einer Kolbentrockensubstanz von 30—35% einen hohen Anteil an frischen Blättern haben.

7. Die Prüfung sämtlicher Kreuzungspartner auf ihren Carotingehalt ist vorerst nicht notwendig. Im Durchschnitt liegt der Carotingehalt von Hybriden etwas höher als der von Linien, die Schwankungen sind jedoch sehr hoch.

8. Der Unterschied im Carotingehalt betrug bei den geprüften Sorten einschließlich der *Euchlaena*-Bastarde etwa 50%. Eine Ermittlung des Carotingehaltes von neu zuzulassenden Silomaissorten wird angeraten.

### Literatur

1. BÜRKE, R.: Über die Methodik der Provitamin A (Carotin)-Bestimmung und die Abhängigkeit der Provitamin A-Bildung in den Pflanzen von ihrer Ernährung. Dissertation Gießen (1953). — 2. GSTIRNER, F.: Chemisch-physikalische Vitaminbestimmungsmethoden. Stuttgart: Enke (1951). — 3. MURNEEK, A. E.: Relation of carotenoid pigments to sexual reproduction in plants. *Science* **79**, 528 (1934). — 4. NEHRING, K., und M. HOFFMANN: Der Carotingehalt im Silomais und in anderen Futterpflanzen. *Zeitschrift f. landw. Versuchs- und Untersuchungswesen* **5**, 515 (1959). — 5. OLSSON, N., E. ÅKERBERG and B. BLIXT: Investigations concerning formation, preservation and utilization of carotene. *Acta Agriculturae Scandinavica* **5**, 113 (1955). — 6. PORTER, J. W.: Carotene content of the Corn Plant. *J. of Agricultural Research* **72**, 169 (1946). — 7. ROSSMAN, E. C.: Freezing Injury of Inbred and Hybrid Maize Seed. *Agronomy Journal* **41**, 574 (1949). — 8. SCHARRER, K.: Die Bedeutung der Vitamine und anderer Wirkstoffe für die tierische und menschliche Ernährung. *Wissenschaftliche Abhandlungen (Festschrift) der DAL Berlin Bd. V/2* 385 (1954). — 9. SCHARRER, K., und R. SCHREIBER: Gefäßversuche mit verschiedenen Kalisalzen zu Mais unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Magnesiums und des Bors. *Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* **26** (71) (1942). — 10. TAVČAR, A.: Züchtung für europäische Verhältnisse. *Handbuch der Pflanzenzüchtung Bd. II*, 144, 2. Aufl. (1957). — 11. VIRTANEN, A. I.: Vitamins and Plants. *Nature (London)* **137**, 779 (1936). — 12. DANILENKO, I. A., u. K. A. PEREWOSINA, (Die Silierung des Maises. Verlag des Gebietes Charkow 1957: russ.). Übersetzung der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften. Berlin 1958. B 142.