

Aus dem MD der DDR, Forschungsinstitut für Agrarmeteorologie, Halle,
Agrarmeteorologische Forschungsstation Groß-Lüsewitz, und dem Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz
der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Die Abhängigkeit des Wachstums verschiedener Markstamm- und Futterkohle von einigen meteorologischen Faktoren*

Von A. RAEUBER, W. SCHWEIGER und G. MEINL

Mit 3 Abbildungen

Der Markstammkohl (*Brassica oleracea* L. var. *acephala medullosa*) hat im Futterbau als wertvoller Nährstofflieferant weite Verbreitung gefunden. Diese Entwicklung führte sehr rasch dazu, seine spezifischen acker- und pflanzenbaulichen sowie ernährungsphysiologischen Ansprüche näher zu untersuchen. Daneben wurden seine Inhaltsstoffe, deren Verwertbarkeit und die Möglichkeit der züchterischen Bearbeitung von einer kleineren Anzahl von Autoren beschrieben (s. u. a. PIELEN 1939; SEILLEUR 1956; OPSAHL 1958; BENGTSSON, HAGSAND und MALMQVIST 1958; GARSIDE und LILLY 1958/59; THOMPSON 1958/59; von DOBSCHÜTZ, STEGER und RASCH 1960; PRIMOST 1962).

Unter allgemeinen Aspekten haben wir (MEINL und EMMERT 1962) bereits über vorläufige Versuchsergebnisse an Markstamm- und Futterkohlen berichtet.

In vorliegender Arbeit werden die Ergebnisse über die Auswirkungen bestimmter meteorologischer Faktoren auf das Wachstum verschiedener Futterkohlfarben mitgeteilt.

Material und Methode

Die phänometrischen Untersuchungen wurden 1961 und 1962 in Groß-Lüsewitz an einem Sortiment von 16 verschiedenen Kohlformen durchgeführt. Dabei handelte es sich um zehn Markstammkohle (*Brassica oleracea* var. *medullosa*) und um sechs Populationen, die aus Kreuzungen zwischen Markstammkohl und verschiedenen Gemüsekohlen sowie Braunkohl hervorgegangen sind. Diese Populationen werden im folgenden als Futterkohl bezeichnet. Eine Charakteristik des Materials kann an Hand der Zusammenstellungen in Tabelle 1 vorgenommen werden.

Die Gruppe der Markstammkohle (1 bis 10) unterscheidet sich von den Futterkohlen (11 bis 16) grundsätzlich im Trockenmassenertrag, Trockensubstanzgehalt und Stammanteil. Die Futterkohle haben einen geringeren Stammanteil und einen höheren Trockensubstanzgehalt und liegen im Trockenmassenertrag deutlich niedriger als die Markstammkohle. Dies ist auf einen in der Regel geringeren Frischmassenertrag zurückzuführen. Auch die

Jugendentwicklung dieser Futterkohle ist langsamer als die der Markstammkohle. Ihre Bedeutung für die Züchtung liegt in erster Linie in ihrem hohen Trockensubstanzgehalt, der als entscheidende Voraussetzung für hohe Winterfestigkeit anzusehen ist, ihrem z. T. hohen Rohproteingehalt und ihrem hohen Blattanteil. Durch entsprechende Kombinationszüchtung muß versucht werden, die Ertragsfähigkeit der Markstammkohle mit den Qualitätseigenschaften der Futterkohle zu vereinigen.

Nach Aussaat des Materials am 25. 4. in das Pflanzbeet wurden die Jungpflanzen am 12. 6. im Abstand von 62,5 × 40 cm in das Freiland gepflanzt. Das Messen der Pflanzen erfolgte vom 3. 7. — 2. 11. 1961 bzw. vom 10. 7. — 1. 11. 1962 zweitägig, jeweils zwischen 8° und 9° Uhr von der gleichen Person, in teilweiser Anlehnung an die beim Mais gesammelten Erfahrungen (s. a. SCHICK, ENGEL und RAEUBER 1960; sowie RAEUBER et al. 1961). Hierbei wurden die Blätter an der Meßlatte hochgestreift und das längste Blatt gemessen. Zur gleichmäßigen Auflage der Meßlatte wurde neben jeder Pflanze ein Holzettikett bis zur Erdoberfläche eingeschlagen.

Je Versuchsglied wurden 20 Pflanzen gemessen. Die zweitägigen mittleren Zuwächse ($n=1$) wurden mit den meteorologischen Faktoren Lufttemperatur, Bodenfeuchte und Windstärke nach verschiedenen Methoden korreliert.

Ergebnisse

a) Einfluß der Bodenfeuchtigkeit in 5 bis 20 cm Tiefe auf das Wachstum

Bei der partiellen Korrelationsbestimmung zwischen Zuwachs und Bodenfeuchte nach dem Modell einer Gaußkurve bzw. der Parabel logarithmierter

Tabelle 1. Trockenmasse (relativ), Trockensubstanz, Stammanteil und Stammlänge der untersuchten Formen im Durchschnitt verschiedener Prüfungen und Jahre.

	Trockenmasse rel.	Rang	Trocken- substanz %	Stamm- anteil %	Stammlänge cm
1. Gülzower Grüner	100	8	13,7	55	69
2. Wintergrün	106	4	14,3	52	63
3. Langenstein St. 1	96	9	14,5	43	56
4. Langenstein St. 2	102	6	14,3	43	62
5. Gülzow St. 5	96	10	14,1	42	66
6. Waldmann St. 326	103	5	14,5	50	65
7. Hadmersleben St. 257/56	117	2	15,3	45	58
8. Hadmersleben St. 183/56	107	3	15,5	52	74
9. PHP 1	122	1	13,5	48	71
10. Lüsewitz St. 36/5	95	12	18,9	40	85
11. Markstammkohl × Braunkohl	81	13	16,4	40	70
12. Markstammkohl × Wirsingkohl	81	14	18,2	44	75
13. Markstammkohl × Rosenkohl	96	11	17,7	42	69
14. Braunkohl × Markstammkohl	101	7	17,4	37	64
15. Rosenkohl × Markstammkohl	75	15	15,9	30	74
16. Rosenkohl × Braunkohl	67	16	19,5	32	72

* Herrn Prof. Dr. R. SCHICK zum 60. Geburtstag gewidmet.

Tabelle 2. Regressionsmaxima der Bodenfeuchte im Jahre 1961.

	Regressionsmaximum bei	Nichtlinearität der Regression gesichert mit
1. Gölzower Grüner	14,4%	>95%
2. Wintergrün	15,1%	95%
3. Langenstein St. 1	15,4%	>95%
4. Langenstein St. 2	15,1%	>99%
5. Gölzow St. 5	16,3%	nicht gesichert
6. Waldmann St. 326	16,3%	nicht gesichert
7. Hadmersleben St. 257/56	14,7%	>95%
8. Hadmersleben St. 183/56	14,7%	95%
9. PHP ₁	16,0%	95%
10. Lüsewitz St. 36/5	16,5%	nicht gesichert
11. Markstammkohl × Braunkohl	15,1%	95%
12. Markstammkohl × Wirsingkohl	≥18,0%	nicht gesichert
13. Markstammkohl × Rosenkohl	14,4%	>99%
14. Braunkohl × Markstammkohl	16,4%	>99%
15. Rosenkohl × Markstammkohl	≥18,0%	nicht gesichert
16. Rosenkohl × Braunkohl	16,0%	nicht gesichert

Zuwachsgrößen liefert die Rechnung Maximumstellen der Bodenfeuchte. Diese Werte können nur dann einen Hinweis für einen Optimalwert geben, wenn die Nichtlinearität des Zusammenhangs zwischen Zuwachs und Bodenfeuchte bewiesen werden kann. Die Nichtlinearität wird durch einen Vergleich der Streuung um die Regressionslinie mit der Streuung innerhalb der Bodenfeuchtespalten im F-Test erhärtet. Bei Linearität der Punktwolke Zuwachs-Bodenfeuchte muß das Optimum oberhalb der vorgekommenen Bodenfeuchtwerte vermutet werden. In Tab. 2 werden die errechneten Maximumstellen der Bodenfeuchte und ferner die Sicherung der Nichtlinearität der Bodenfeuchteabhängigkeit angegeben.

In allen Fällen signifikanter Nichtlinearität konnten Bodenfeuchteoptima zwischen 14,4 und 16,4% — im Mittel bei 15,1% — bestimmt werden. Bei Kohlformen ohne gesicherte Nichtlinearität besteht die Möglichkeit, daß ein höheres Bodenfeuchteoptimum vorliegt. Dies trifft für die Formen Nr. 5, 6, 10, 16, besonders aber für 12 und 15 zu. Letztere können durchaus Optima von 18% und mehr aufweisen. Auf der Versuchsfläche werden 100% Wasserkapazität bei 20,3% Bodenfeuchtigkeit (Wasser pro Masse trockener Boden in 5–20 cm Tiefe) erreicht. Es entsprechen daher die oben erwähnten 15,1% Bodenfeuchtigkeit der Wasserkapazität 75%, die 14,4% Bodenfeuchtigkeit der WK 68,5% und die 16,4% der WK 80,7%. (Höhenlage der Versuchsfläche 31 m über NN, lehmiger Sand, Untergrund: Lehm, Bodenwertzahl 47, Grundwasserstand 1,2 bis 1,5 m.)

b) Einfluß der günstigen und ungünstigen Lufttemperatur auf das Wachstum

Im Jahre 1961 bestimmte die Bodenfeuchtigkeit vorrangig den unterschiedlichen Zuwachs der Kohlpflanzen. Die Lufttemperatur (Tagesmittel in 2 m Höhe) spielte eine geringere Rolle. Das Tagesmittel der Lufttemperatur schwankte zwischen 9° und 19°C. Da die Lufttemperatur meist unter dem Optimal-

wert blieb, war keine Nichtlinearität zwischen Zuwachs und Temperatur nachweisbar und damit auch kein Optimum zu fixieren.

Nur bei den Kohlformen Nr. 2, 6, 8 und 9 wird eine signifikante Nichtlinearität von fast 95% erreicht (Tab. 3).

Danach dürfte das Optimum für diese vier Formen bei 17°C Tagesmitteltemperatur liegen.

Im Jahre 1962 wurden die Zuwachsrate überwiegend von der Lufttemperatur bestimmt. Eine Ermittlung ihres Optimums war bei den vorherrschenden kühlen Temperaturen nicht möglich. Die Punktwolke Zuwachs-Lufttemperatur (Tagesmittel) weist keinerlei Anzeichen einer Nichtlinearität auf.

Im Folgenden wurden nun die Häufigkeiten aufeinanderfolgender Temperaturintervalle (von 1 zu 1°C) aus stündlichen Werten mit den Zuwachsrate korreliert. Hierbei trennten wir Phototemperaturen

Tabelle 3. Regressionsmaxima der Lufttemperatur im Jahre 1961.

		F-Wert der Nichtlinearität	
		F	F 95%
Nr. 2: Wintergrün	16,5°C	2,16	2,82
Nr. 6: Waldmann St. 326	16,9°C	2,18	2,82
Nr. 8: Hadmersleben St. 183/56	17,0°C	2,04	2,82
Nr. 9: PHP ₁	16,8°C	2,60	2,82

(Temperatur von Sonnenauf- bis -untergang) und Nachttemperaturen (Temperatur von Sonnenunter- bis -aufgang), um den unterschiedlichen Temperatursprüchen der Pflanze während des Tages und in der Nacht Rechnung zu tragen (RAEUBER und ENGEL 1963). Da erklärlicherweise auch hier das Optimum nicht erfaßt werden konnte, bringt die Tab. 4 nur die untere Temperaturschwelle für günstige Wachstumsfortschritte. Wir möchten darunter jene Temperatur verstanden wissen, bei der mit steigender Temperatur zum ersten Mal eine positive Korrelation zwischen

Tabelle 4. Schwellenwerte für günstige und ungünstige Temperaturen aus Korrelationen zwischen Zuwachsrate und Temperaturhäufigkeiten ($S = > 95\%$) im Jahre 1962. (Die obere Temperaturgrenze für günstiges Wachstum wurde nicht erfaßt.)

	am Tage		in der Nacht	
	ungünstig °C	günstig °C	ungünstig °C	günstig °C
1. Gölzower Grüner	≤13,5	≥15,5	≤8,5	≥13,5
2. Wintergrün	13,5	≥15,5	8,5	≥13,5
3. Langenstein St. 1	13,5	≥16,5	9,5	≥12,5
4. Langenstein St. 2	13,5	≥15,5	9,5	≥12,5
5. Gölzow St. 5	13,5	≥15,5	9,5	≥12,5
6. Waldmann St. 326	13,5	≥16,5	8,5	≥13,5
7. Hadmersleben St. 257/56	13,5	≥15,5	9,5	≥12,5
8. Hadmersleben St. 183/56	13,5	≥17,5	10,5	(≥14,5)
9. PHP ₁	13,5	≥15,5	9,5	≥13,5
10. Lüsewitz St. 36/5	13,5	≥16,5	8,5	≥12,5
11. Markstammkohl × Braunkohl	13,5	≥16,5	10,5	(≥13,5)
12. Markstammkohl × Wirsingkohl	13,5	≥16,5	10,5	(≥14,5)
13. Markstammkohl × Rosenkohl	13,5	≥15,5	9,5	≥12,5
14. Braunkohl × Markstammkohl	13,5	≥16,5	8,5	≥13,5
15. Rosenkohl × Markstammkohl	14,5	≥17,5	11,5	(≥15,5)
16. Rosenkohl × Braunkohl	≤13,5	≥15,5	8,5	≥13,5

Eingecklammerte Werte sind ohne Signifikanz

Zuwachs und Häufigkeit der betreffenden Temperatur mit einer Sicherheit von 95% bestätigt wird. Dementsprechend wird für ungünstige Wachstumsfortschritte bei sinkenden Temperaturen jene höchste Temperatur verstanden, die eine mit 95% signifikant negative Korrelation zwischen Zuwachs und Temperaturhäufigkeit aufweist.

Die ungünstigen Phototemperaturen liegen völlig übereinstimmend bei 13,5 °C und darunter (außer Form Nr. 15 mit 14,5 °C und darunter). Günstige Phototemperaturen beginnen überwiegend bei 15,5 °C oder 16,5 °C (außer bei den Formen Nr. 8 und 15 mit 17,5 °C). Ungünstige Nachttemperaturen liegen zwischen 8,5 und 9,5 °C und darunter (außer bei den Formen Nr. 8, 12 und 15, die schon bei 10,5 °C bzw. 11,5 °C negativ signifikant reagieren). Günstige Nachttemperaturen beginnen bei 12,5 °C oder 13,5 °C. Sie scheinen bei den Formen Nr. 8, 12 und 15 etwas höher zu liegen. Unterschieden von 1 °C darf man wohl keine Bedeutung beimessen, da die Überschreitung der Signifikanzschwelle vom Zufall bestimmt wird.

Auffallend ist nur die Form Nr. 15 (Rosenkohl × Markstammkohl) mit allgemein höheren Schwellenwerten um 1 bis 2 °C, besonders in der Nacht. Auch Nr. 8 (Hadmersleben St. 183/56) scheint höhere Temperaturansprüche zu stellen, während Nr. 12 (Markstammkohl × Wirsingkohl) nur in der Nacht höhere Schwellenwerte aufweist.

Eine weitere Tabelle gleicher Art (Tab. 5) stellt jene Schwellenwerte für die Phototemperatur (zwischen Sonnenauf- und -untergang) heraus, deren Häufigkeiten bei einer Sicherheit von 99,9% mit den Zuwachswerten korrelieren. Dies sind Temperaturwerte, die mit größerer Sicherheit günstige bzw. ungünstige Wachstumsbedingungen schaffen.

Tabelle 5. Schwellenwerte für günstige und ungünstige Phototemperaturen ($S = >99,9\%$). (Die obere Temperaturgrenze für günstiges Wachstum wurde nicht erfaßt.)

	ungünstig °C	günstig °C
1. Gültzower Grüner	11,5	≥ 16,5
2. Wintergrün	12,5	≥ 16,5
3. Langenstein St. 1	13,5	≥ 17,5
4. Langenstein St. 2	12,5	≥ 16,5
5. Gültzow St. 5	12,5	≥ 16,5
6. Waldmann St. 326	12,5	≥ 17,5
7. Hadmersleben St. 257/56	12,5	≥ 16,5
8. Hadmersleben St. 183/56	12,5	≥ 17,5
9. PHP ₁	12,5	≥ 16,5
10. Lüsewitz St. 36/5	11,5	≥ 16,5
11. Markstammkohl × Braunkohl	12,5	≥ 17,5
12. Markstammkohl × Wirsingkohl	12,5	≥ 17,5
13. Markstammkohl × Rosenkohl	12,5	≥ 16,5
14. Braunkohl × Markstammkohl	11,5	≥ 17,5
15. Rosenkohl × Markstammkohl	13,5	≥ 18,5
16. Rosenkohl × Braunkohl	12,5	≥ 17,5

Auch hier stimmen die Schwellen sehr ungünstiger Temperaturen mit 12,5 °C auffallend gut überein (außer den Formen Nr. 1, 10 und 14 mit 11,5 °C sowie Nr. 3 und 15 mit 13,5 °C). Die sehr günstigen Phototemperaturen beginnen zwischen 16 °C und 17 °C (außer Nr. 15 mit 18,5 °C).

Auch nach dieser Tabelle scheint die Form Nr. 15 (Rosenkohl × Markstammkohl) höhere Temperaturansprüche zu stellen.

c) Regressionsbeziehungen in den Jahren 1961 und 1962

Die Zusammenhänge zwischen den zweitägigen Zuwachsgraten (Mittel von 20 Pflanzen) und einigen meteorologischen Faktoren wurden korrelationsanalytisch unter Benutzung der Gaußkurve bzw. der Parabel logarithmierter Zuwachswerte als Regressionstrend bestimmt. Die Methode beschrieben RAEUBER und ENGEL 1963. In den Ergebnistabellen 6 und 7 für 1961 und 1962 sind die wichtigsten Angaben zu finden:

In der Spalte „Datum“ wird die für die Korrelationsanalyse benutzte Zeitspanne angegeben. Es ist dies der mittlere Teil der Wachstumskurve, von dem eine durchschnittlich gleiche Reaktion auf die Umwelt erwartet wird. In dieser Zeit kommt der größte Teil der Endhöhe (ca. 80%) der Pflanze zu stande. In den Tab. 6 und 7 sind in der vorletzten Spalte die mittleren Endhöhen der Pflanzen und in der letzten Spalte die Anteile dieser Endhöhen, die bei der rechnerischen Analyse beschrieben wurden, angegeben.

Als ein Beispiel der Wachstumskurve wird in Abb. 1 die Kurve der Form Nr. 3 (Langenstein St. 1) der Jahre 1961 und 1962 gezeigt. Auch bei den übrigen 15 Formen sind die Wachstumskurven ganz ähnlich und für die Jahre 1961 und 1962 typisch. Deutliche Knicke im Wachstumsverlauf gibt es im Jahre 1961 um den 20. August und im Jahre 1962 um den 10. August. Die anschließend verringerte mittlere Wachstumsgeschwindigkeit spiegelt sich 1961 (siehe Abb. 1) in der zurückgehenden Bodenfeuchtigkeit

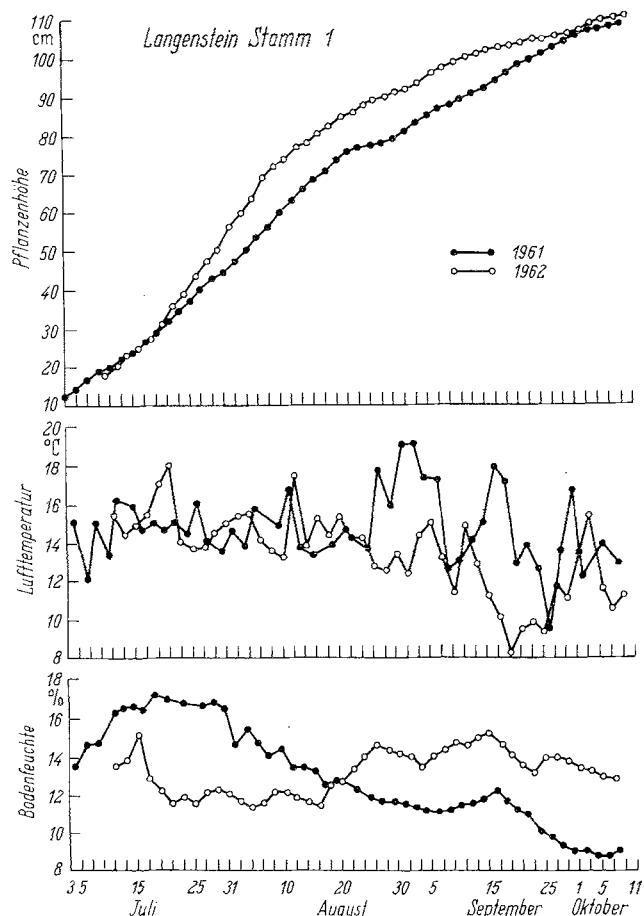


Abb. 1. Wachstumskurve des Markstammkohles 'Langenstein Stamm 2' in den Jahren 1961 und 1962 sowie Verläufe der Lufttemperatur und der Bodenfeuchte.

Tabelle 6. Ergebnistabelle 1961: Daten, Regressionsgleichungen, Bestimmtheiten B, Korrelationskoeff. R, Sicherheiten S, Bestimmtheitsanteile, Endhöhen, erfaßter Teil der Endhöhe

Nr.	Datum	Regressionsgleichung			B-Anteile	Temp.	Wind	Endhöhe cm	% der Endhöhe
		B	R	S %					
1.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 0,996 - 0,0255(b - 14,4)^2 - 0,0028(t - 20)^2 - 0,0284(w - 1)^2$	0,37	0,61	>99,9	72	1,0	18	113
2.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 1,013 - 0,0246(b - 15,1)^2 - 0,0042(t - 17)^2 - 0,0315(w - 1)^2$	0,47	0,69	>99,9	81	5	14	119
3.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 1,094 - 0,0263(b - 15,4)^2 - 0,0037(t - 20)^2 - 0,0272(w - 1)^2$	0,54	0,74	>99,9	81	10	9	88
4.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 0,991 - 0,0226(b - 15,1)^2 - 0,0055(t - 20)^2 - 0,0468(w - 1)^2$	0,57	0,76	>99,9	59	18	23	112
5.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 0,821 - 0,0091(b - 16,3)^2 - 0,0061(t - 20)^2 - 0,0197(w - 1)^2$	0,27	0,52	>99,9	62	25	13	84
6.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 1,018 - 0,0187(b - 16,3)^2 - 0,0060(t - 17)^2 - 0,0174(w - 1)^2$	0,60	0,78	>99,9	87	8	5	106
7.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 0,992 - 0,0224(b - 14,7)^2 - 0,0044(t - 20)^2 - 0,0332(w - 1)^2$	0,46	0,68	>99,9	64	17	19	84
8.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 1,001 - 0,0162(b - 14,7)^2 - 0,0045(t - 17)^2 - 0,0552(w - 1)^2$	0,47	0,68	>99,9	39	18	43	107
9.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 1,099 - 0,0118(b - 16,0)^2 - 0,0092(t - 17)^2 - 0,0286(w - 1)^2$	0,46	0,68	>99,9	61	22	17	131
10.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 0,863 - 0,0230(b - 16,5)^2 - 0,0011(t - 20)^2 - 0,0396(w - 1)^2$	0,46	0,68	>99,9	90	-1	11	99
11.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 0,885 - 0,0226(b - 15,1)^2 - 0,0058(t - 20)^2 - 0,0349(w - 1)^2$	0,33	0,58	>99,9	64	20	16	81
12.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 0,858 - 0,0107(b - 18,0)^2 - 0,0057(t - 20)^2 - 0,0289(w - 1)^2$	0,45	0,67	>99,9	70	19	11	81
13.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 1,048 - 0,0369(b - 14,4)^2 - 0,0009(t - 20)^2 - 0,0422(w - 1)^2$	0,56	0,75	>99,9	79	2	19	122
14.	3. 7. - 9. 10.	$\ln y = 1,091 - 0,0263(b - 16,4)^2 - 0,0038(t - 20)^2 - 0,0480(w - 1)^2$	0,50	0,71	>99,9	59	13	28	111
15.	3. 7. - 24. 8.	$\ln y = 0,993 - 0,0228(b - 18,0)^2 - 0,0120(t - 20)^2 - 0,0296(w - 1)^2$	0,54	0,73	>99,9	61	25	14	58
16.	3. 7. - 24. 8.	$\ln y = 0,846 - 0,0737(b - 16,0)^2 - 0,0014(t - 20)^2 - 0,0419(w - 1)^2$	0,55	0,74	>99,9	77	+1	21	62

b = Bodenfeuchtigkeit in 5–20 cm Tiefe in %. – t = Lufttemperatur in 2 m Höhe in °C. – w = Windstärke in 2 m Höhe in Beaufort.

und im Jahre 1962 in niedrigeren Lufttemperaturen wider. Im Jahre 1962 biegt die Wachstumskurve so allmählich um, daß man geneigt ist, dies als eine natürliche Beendigung des Wachstums anzusehen. Dies wäre jedoch im Vergleich mit anderen Jahren verfrüht und außerdem wurden auch in dieser Zeit mit verzögertem Wachstum günstigere Situationen (wie höhere Temperaturen Anfang September) sofort mit erhöhten Zuwachsrate, wie sie im Juli vorkamen, beantwortet. Hieraus ist zu erkennen, daß bei der Auswahl der auszuwertenden Zeitperiode nach sorgfältiger Prüfung auch solche Zeitstrecken einbezogen werden können, die nicht mehr dem gradlinigen Trend der Hauptwachstumszeit folgen. Jedoch ist eine scharfe Trennung zwischen umweltbedingtem und endogenem Rückgang der Wachstumsgeschwindigkeit oft nicht möglich. In den Tab. 6 und 7 werden die Regressionsgleichungen in logarithmierter Form angegeben. Hierbei bedeuten: y = Längenzuwachs zweier Tage in cm, b = Bodenfeuchtigkeit in % in 5–20 cm Tiefe, t = Lufttemperatur in 2 m Höhe, w = Windstärke in Beaufort in 2 m Höhe. In Tab. 7 sind $x_1 = (t-20)^2$ und $x_2 = (w-1)^2$.

Wie oben erwähnt, waren die Maximumwerte der Regressionskurve der Temperatur nicht exakt zu fassen. Es wurde mit Ausnahme der in Tab. 2 aufgeführten Kohlformen für die Temperatur der Wert 20 °C eingesetzt. Bei der Windstärke zeigte sich allgemein ab 1 Beaufortgrad ein absteigender Trend zwischen Zuwachs und Windstärke. Für den Maximumwert wurde 1 Beaufort eingesetzt.

Die Spalte B gibt die multiplen bzw. partiellen Bestimmtheiten, die Spalte R die Korrelationskoeffizienten und die Spalte S % die Signifikanz (Sicherheiten) an. Die Bestimmtheiten liegen im Jahre 1961 zwischen 27 und 60% mit einem Mittel bei 48% und im Jahre 1962 zwischen 30 und 66% mit einem Mittel bei 46%. Fast alle Beziehungen sind hochsignifikant ($S = >99,9\%$). Es unterscheiden sich die Jahre 1961 und 1962 weder in den Bestimmtheiten, noch in den Signifikanz, noch in den Endhöhen der Pflanzen bemerkenswert. Die Endhöhen differieren 1961 zwischen 58 und 131 cm (Mittel 104 cm) und 1962 zwischen 61 und 117 cm (Mittel 100 cm). Jedoch sind die Umweltfaktoren in den Jahren 1961 und 1962 in verschiedenem Maße an der Beschreibung der Unterschiede im Wachstumsverlauf beteiligt.

So liegen im Jahre 1961 die B-Anteile (Tab. 6) der Bodenfeuchte im Durchschnitt bei 69%, der Lufttemperatur bei 13% und des Windes bei 18%. Im Jahre 1962 (Tab. 7) übernimmt die Lufttemperatur fast die ganze Bestimmtheit. Der Einfluß der Bodenfeuchte ist nicht mehr signifikant nachzuweisen; nur bei den drei Formen Nr. 8, 12 und 15 gibt es einen signifikanten Windeinfluß. Übereinstimmend fällt bei Nr. 8 (Hadmersleben St. 183/56) auf, daß dieser Stamm im Jahre 1961 von allen Formen die größte Windabhängigkeit zeigte.

Diese Verschiebung der B-Anteile von einem Jahr zum anderen soll an der Abbildung 2 (Häufigkeitsverteilungen von Bodenfeuchte, Lufttemperatur und Windstärke in den Jahren 1961 und 1962 während der zur Auswertung gelangten Zeitstrecke) erläutert werden. Wenn man beachtet, daß das Bodenfeuchteoptimum um 15%, das Temperaturoptimum um 17 °C, das Windstärkeoptimum um 1 Beaufort zu suchen ist, dann geht im Vergleich zwischen den beiden Jahren das Jahr 1961 bezüglich der Bodenfeuchtigkeit und der Windstärke mehr in den ungünstigen Bereich, während das Jahr 1962 ungünstigere Temperaturverhältnisse erreicht. Entsprechend werden die Zuwachsschwankungen im Jahre 1961 besser von der Bodenfeuch-

Tabelle 7. Ergebnistabelle 1962: Daten, Regressionsgleichungen, Bestimmtheiten B, Korrelationskoeff. R, Sicherheiten S, Endhöhen, erfaßter Teil der Endhöhe.

Nr.	Datum	Regressionsgleichung (Temperatur)	B	R	S%	Regressionsgleichung (Wind)	B	R	S%	Endhöhe cm	% der Endhöhe
1.	10. 7. — 8. 10.	$\ln y = 1,085 - 0,0139 x_1$	0,44	0,66	>99,9					109	80
2.	10. 7. — 8. 10.	$\ln y = 1,280 - 0,0184 x_1$	0,55	0,74	>99,9					112	79
3.	10. 7. — 8. 10.	$\ln y = 1,379 - 0,0178 x_1$	0,63	0,79	>99,9					114	82
4.	10. 7. — 26. 9.	$\ln y = 1,317 - 0,0150 x_1$	0,53	0,73	>99,9					115	78
5.	10. 7. — 8. 10.	$\ln y = 1,125 - 0,0169 x_1$	0,56	0,75	>99,9					93	86
6.	10. 7. — 8. 10.	$\ln y = 1,151 - 0,0150 x_1$	0,38	0,62	>99,9					108	83
7.	10. 7. — 8. 10.	$\ln y = 1,248 - 0,0178 x_1$	0,57	0,76	>99,9					107	79
8.	10. 7. — 16. 9.	$\ln y = 1,357 - 0,0190 x_1$	0,31	0,55	>99,9	$\ln y = 0,889 - 0,0660 x_2$	0,12	0,35	>95	106	76
9.	10. 7. — 8. 10.	$\ln y = 1,157 - 0,0125 x_1$	0,37	0,61	>99,9					112	85
10.	10. 7. — 8. 10.	$\ln y = 1,116 - 0,0187 x_1$	0,41	0,64	>99,9					101	79
11.	10. 7. — 20. 9.	$\ln y = 1,138 - 0,0173 x_1$	0,47	0,68	>99,9					86	79
12.	10. 7. — 14. 9.	$\ln y = 1,337 - 0,0222 x_1$	0,34	0,58	>99,9	$\ln y = 0,882 - 0,0942 x_2$	0,26	0,51	>99	90	78
13.	10. 7. — 8. 10.	$\ln y = 1,532 - 0,0226 x_1$	0,66	0,81	>99,9					117	82
14.	10. 7. — 18. 9.	$\ln y = 1,264 - 0,0157 x_1$	0,39	0,62	>99,9					94	83
15.	10. 7. — 8. 9.	$\ln y = 1,124 - 0,0243 x_1$	0,30	0,54	>99,0	$\ln y = 0,672 - 0,1175 x_2$	0,27	0,52	>99	61	82
16.	10. 7. — 22. 9.	$\ln y = 1,179 - 0,0196 x_1$	0,50	0,71	>99,9					82	83

$$x_1 = (t - 20)^2$$

$$x_2 = (w - 1)^2$$

tigkeit und der Windstärke und im Jahre 1962 besser von der Temperatur beschrieben.

Bei der Regressionsanalyse des Jahres 1962 ergaben sich jedoch Komplikationen, bei denen die Notwendigkeit der partiellen Verrechnung besonders deutlich wurde: Stellt man die Zuwachsrate unverändert in Abhängigkeit von den ermittelten Bodenfeuchtewerten (zwischen 11 und 16%) dar, so ergibt sich eine negative und signifikante Korrelation. Das würde heißen, daß das Optimum bei weniger als 11% Bodenfeuchtigkeit zu vermuten ist. Offenbar ist dies aber auf die in dieser Zeitspanne festgestellte negative Korrelation zwischen Bodenfeuchtigkeit und Lufttemperatur ($B = 0,26$; $S = > 99,9\%$) zurückzuführen. Die eigentlich wirkende Lufttemperatur verschafft der mit ihr korrelierten Bodenfeuchtigkeit den Schein einer gesicherten Wirksamkeit im Sinne eines niedrigen Bodenfeuchteoptimums. Befreit man nun durch partielle Analyse die Zuwachsrate und auch die Bodenfeuchtwerte von deren Temperaturabhängigkeit, so verschwindet diese scheinbare Wirkung der Bodenfeuchtigkeit. Eliminiert man entsprechend Zuwachsrate und Lufttemperaturen von der Bodenfeuchteabhängigkeit, so verbleibt die gesicherte Beziehung zwischen Zuwachs und Lufttemperatur im Sinne positiver Korrelationen zwischen 8 und 18 °C bestehen.

Man wird daraus schließen, daß im Bereich zwischen 11 und 16% Bodenfeuchtigkeit und zwischen 8° und 18 °C Lufttemperatur der Einfluß der Temperatur den der Bodenfeuchte überdeckt. Nach Tab. 5 und Abb. 2 scheinen jedoch nur wenige Bodenfeuchteprozente (Rückgang 1961 bis 8%) nach der ungünstigen, trockenen Seite und um 2 °C höhere Temperaturen zu genügen, um die Bodenfeuchte vorrangig wirksam werden zu lassen; denn im Jahre 1961 herrscht die Bodenfeuchte in einem Bodenfeuchtebereich zwischen 8 und 18% und zwischen 9 und 20 °C Lufttemperatur. Trotzdem wird im Jahre 1961 die Temperaturabhängigkeit der Zuwachsrate von der Bodenfeuchte nicht völlig verdrängt.

Prüft man einige Kennwerte der Tab. 6 und 7, so ergeben sich zwischen den Jahren 1961 und

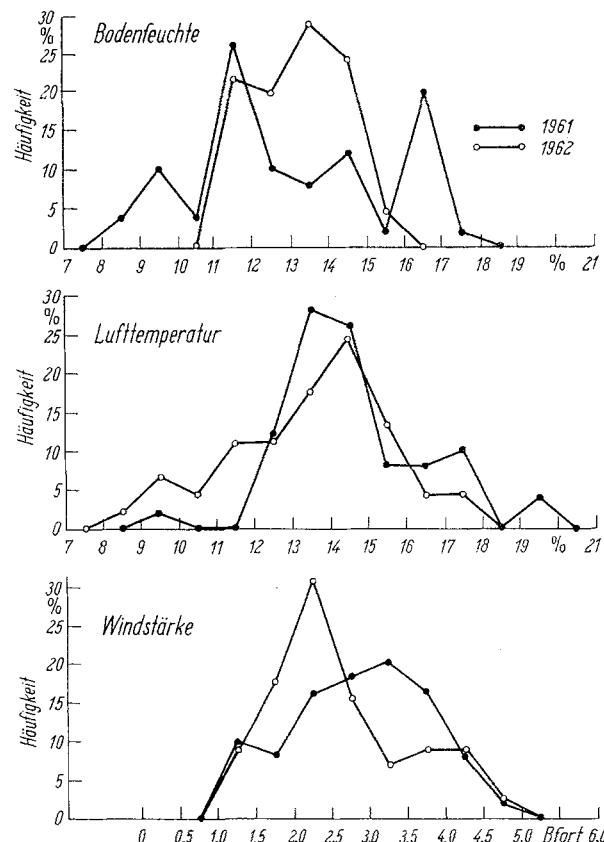


Abb. 2. Häufigkeitsverteilungen von Bodenfeuchte, Lufttemperatur und Windstärke in den Jahren 1961 und 1962 während der zur Auswertung gelangten Zeiträume.

1962 gesicherte und positive Korrelationen bei den Endhöhen ($B = 0,78$; $S = > 99,9\%$). Auch zwischen den Maximumwerten der Regressionskurven gibt es zwischen 1961 und 1962 positive Korrelationen. Dies spricht für eine ähnliche Rangfolge der Formen in den einzelnen Jahren bezüglich ihrer umweltabhängigen Maximumwerte. Im Jahre 1961 korrelierten die regressionsanalytischen Maximumwerte der einzelnen Formen mit den Endhöhen der gleichen Formen signifikant ($B = 0,30$; $S = > 95\%$), im Jahre 1962 nicht. Zwischen Bestimmtheiten 1961 gegen 1962 fanden wir keine Beziehungen.

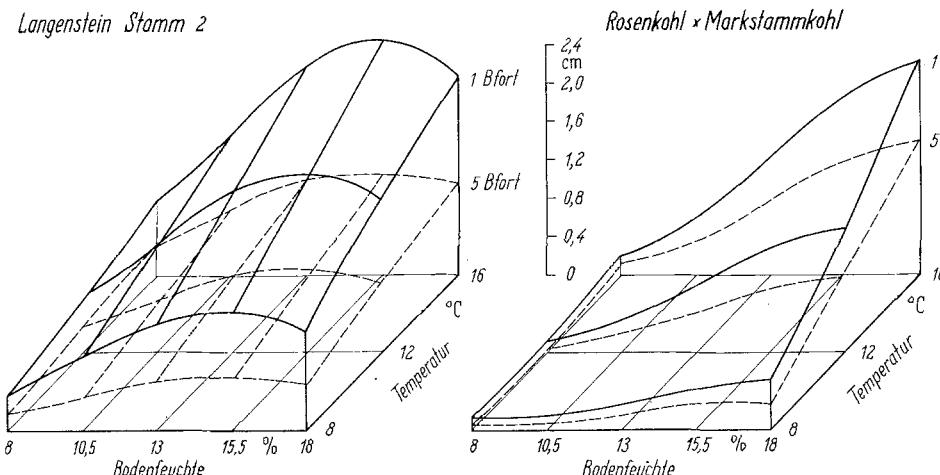


Abb. 3. Regressionsmodelle: Zweitägige Zuwachsrate in Abhängigkeit von Lufttemperatur, Bodenfeuchtigkeit und Windstärke.

Die Abb. 3 zeigt zwei Regressionsbilder aus dem Jahre 1961 für Nr. 4 (Langenstein St. 2) und Nr. 14 (Rosenkohl × Markstammkohl).

Nach den bisher dargelegten Ergebnissen treten zwischen einigen der geprüften Kohl-Populationen Unterschiede in der Temperatur- und Bodenfeuchtigkeitsregression des Wachstums auf. Durch ein hohes Bodenfeuchte-Optimum im Rahmen der vorgekommenen Temperaturen fallen 1961 die Markstammkohle Gültow St. 5, Waldmann St. 326 und Lüsewitz St. 36/1 sowie die Futterkohle Markstammkohl × Wirsingkohl, Rosenkohl × Markstammkohl, Rosenkohl × Braunkohl auf. Ein niedriges Temperatur-Optimum 1961 ist zu vermuten bei den Markstammkohlen Wintergrün, Waldmann St. 326, Hadmersleben St. 183 und PHP 1; 1962 jedoch bevorzugen Waldmann St. 326 wie auch der Futterkohl Rosenkohl × Markstammkohl am Tage und in der Nacht höhere Temperaturen. Rosenkohl × Markstammkohl findet erst bei sehr hohen Temperaturen günstige Wachstumsbedingungen. Diese Kombination reagiert auf niedrige Temperaturen empfindlich, während die Markstammkohle Gültower Grüner und Lüsewitz St. 36/1 sowie der Futterkohl Braunkohl × Markstammkohl wenig empfindlich auf niedrige Temperaturen reagieren.

Zwischen diesen zu Tage tretenden Reaktionen der genannten Sorten und ihrem Ertrag bzw. Merkmalen des Endertrages sind im einzelnen keine Beziehungen erkennbar. Jedoch fällt auf, daß die 1961 durch ein niedriges Temperatur-Optimum gekennzeichneten Sorten die in Tab. 1 als am ertragreichsten ausgewiesenen Markstammkohle sind. Vergleicht man die Regressionskoeffizienten der Lufttemperatur (Tab. 5 und 6), so sind diese 1962 im Durchschnitt der Markstammkohlsorten mit $b = 0,0164$ signifikant kleiner als im Durchschnitt der Futterkohle mit $b = 0,0205$, d. h. die Markstammkohle reagieren auf vom Optimum abweichende Temperaturen weniger empfindlich als die Futterkohle. Da die tatsächlich vorgekommenen Temperaturen während der Meßperiode in beiden Versuchsjahren — bei einem Modus um 14 °C — weit vom vorgegebenen Optimum entfernt liegen, erscheint naheliegend, daß diese u. E. durch ein niedriges Temperatur-Optimum und eine geringere Temperaturregression des Wachstums gekennzeichneten Mark-

stammkohle günstigere Wachstumsverhältnisse vorfinden als die Futterkohle.

Hinsichtlich der Bodenfeuchteregression sind ähnliche Verhältnisse anzutreffen. Im Durchschnitt der Markstammkohle beträgt diese 1961 $b = 0,0200$ gegenüber den Futterkohlen mit $b = 0,0322$. Infolge der großen Streuung der Regressionswerte erreicht diese Differenz nicht die Signifikanzgrenze. Die

tatsächlich vorgekommenen Bodenfeuchtwerte liegen jedoch deutlich unter dem zwischen 14,4 und 16,4% errechneten Optimum, so daß auch hier die Markstammkohle mit ihrer geringeren Bodenfeuchteregression günstigere Wachstumsverhältnisse vorfinden. Hinzu kommt, daß auch das Regressionsmaximum der Markstammkohle 1961 mit 15,4% Bodenfeuchte niedriger als das der Futterkohle mit 16,3% liegt.

Unter dem Zuchtmaterial in Groß-Lüsewitz fallen alljährlich die Futterkohle durch ihre geringeren Erträge gegenüber den Markstammkohlen auf. Vielleicht ergeben die hier aufgezeigten verschiedenen Umweltabhängigkeiten des Wachstums Hinweise für mögliche Ursachen dieser geringeren Erträge und damit gleichzeitig Selektionshinweise für den Züchter. Es müßte auf Formen ausgelesen werden, die bei einem geringen Temperatur- und Bodenfeuchte-Optimum auch über eine niedrige Temperatur- und Bodenfeuchteregression verfügen.

Zusammenfassung

In den Jahren 1961 und 1962 nahmen wir an 16 Futterkohlförmern in 2tätigem Abstand Längenmessungen vor. Die ermittelten Zuwachsrate wurden partiell mit den Werten der Bodenfeuchte, Windstärke und Temperatur korreliert.

Auf Grund der Nichtlinearität des Zusammenhangs von Zuwachsrate und den 3 meteorologischen Größen konnten für einige Formen folgende Optimalwerte für den Zuwachs ermittelt werden: Bodenfeuchte unseres Versuchsbodens 15% (75% der Wasserkapazität), Temperatur 17 °C Tagesmittel und Windstärke etwa 1 Bfolt.

Im Jahre 1961 bestimmte die Bodenfeuchte, 1962 die Temperatur vorrangig die Höhe der Zuwachsrate.

Bei den Markstammkohlen lag der Regressionskoeffizient für die Lufttemperatur generell niedriger als bei Futterkohlkreuzungen. Daher reagierten sie bei den häufigsten Temperaturen von 14 °C in den beiden Vegetationsperioden schwächer negativ als die Futterkohle. Ähnliches gilt für die Bodenfeuchte.

Literatur

- BENGTSSON, A., E. HAGSAND och L. MALMQVIST: Ensilageväxter för sandjordar. Kungl. Lantbruks högskolan Statens Lantbruksförsök, Stat. Jordbruksförsök, Medd.

93, 1—125 (1958). — 2. DOBSCHÜTZ, B. v., H. STEGER und D. RASCH: Futterkohl als Winterzwischenfrucht und Weidepflanze. Der Züchter 30, 168—174 (1960). — 3. GARSIDE, R., and A. H. R. LILLY: Kale in Dorset. Agriculture 65, 16—20 (1958/59). — 4. MEINL, G., und B. EIFFMERT,: Über einige Probleme der Stoffproduktion beim Futterkohl. Tagungsber. DAL Berlin 48, 179—187 (1962). — 5. OPSAHL, B.: Forsk med formargalk. Forskn. Forsk Landbruket 9, 295—313 (1958). — 6. PIELEN, L.: Möglichkeiten der Eiweißfuttererzeugung durch Zwischenfruchtbau auf schwerem Boden. Landwirtsch. Jb. 87, 478—838 (1939). — 7. PRIMOST, E.: Ertragssleistung und Futterqualität des Markstammkohles in Abhängigkeit von Stickstoffdüngung und Anbaumethode. Z. Acker- und Pflanzenbau 114, 199—216 (1962). — 8. RAEUBER, A., K. BELLMANN, G. MEINL, O. MRAZEK, CHR. PFEFFER und A. WINKEL: Anwendung nichtlinearer Korrelationen bei phänometrischen Arbeiten bei Mais. Z. Pflanzenzüchtung 46, 433—442 (1961). — 9. RAEUBER, A., und K.-H. ENGEL: Untersuchungen über den Verlauf der Massenzunahme bei Kartoffeln (*S. tuberosum* L.) in Abhängigkeit von Umwelt- und Erbguteinflüssen. Habilitation Univ. Rostock 1963. — 10. SCHICK, R., K.-H. ENGEL und A. RAEUBER: Über die Phänometrie des Maises. Der Züchter 30, 97—101 (1960). — 11. SEILLEUR, P.: Considérations sur les choux moelliers. Rev. Agric. (Bruxelles) 9, 1189—1208 (1956). — 12. THOMPSON, K. F.: Breeding better kales. Agriculture 65, 487—491 (1958/59).

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

Methoden, Selektions- und Ernteverfahren in der Kartoffelzüchtung*

Von K.-H. MÖLLER und CH. PFEFFER

Mit 2 Abbildungen

Vor 1945 erfolgte die Versorgung der deutschen Landwirtschaft mit hochwertigem Kartoffelpflanzgut vornehmlich aus den günstigen Gebieten östlich der Oder, wo die Erhaltungszuchtgärten für 54 Sorten, die zusammen 97,6% der gesamten Kartoffelvermehrungsfläche stellten, konzentriert waren. Auch die Neuzüchtung wurde zum großen Teil in diesen Gebieten betrieben.

Nach 1945 lagen auf dem Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik an Zuchttältern nur Malchow, Gültzow, Bürs und Netzow-Knehdien, die sich bereits vor 1945 mit der Neuzüchtung befaßten. Heute wird unter der Leitung des Institutes für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz Kartoffelzüchtung in der Abteilung für Kartoffelzüchtung in Groß-Lüsewitz und in den Zuchtdiensten Karow, Lindenhof und Malchow betrieben. Außerdem hat es sich als zweckmäßig erwiesen, schon frühzeitig (ab D-Stamm) eine erhaltungszüchterische Bearbeitung außerhalb des Neuzuchtbetriebes durchzuführen. Die Erhaltungszuchtdienst Vorderbollhagen bereitet die Stämme auf die Übergabe an die Vereinigung Volkseigener Betriebe Saat- und Pflanzgut vor.

Die enge Verbindung von Züchtungsforschung und praktischer Züchtung im Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz führte durch die wechselseitigen Anregungen und Ergänzungen von Forschung und Züchtung zu beachtlichen Erfolgen in der Kartoffelzüchtung der DDR. Nur in einem großen Institut mit seinen umfassenden technischen und personellen Möglichkeiten können heute die notwendigen umfangreichen Untersuchungen mit hoher Produktivität durchgeführt werden. Von größerer Bedeutung sind aber die unmittelbaren Kontakte zwischen den Forschern der verschiedenen Disziplinen einerseits und den praktischen Züchtern andererseits.

SCHICK (1958) stellt bei einem Rückblick über 100 Jahre landwirtschaftliche Pflanzenzüchtung in Deutschland fest, daß „die größten und nachhaltigsten Erfolge dort erzielt wurden, wo Züchter, Wissenschaftler und Organisatoren der Saatguterzeugung

auf das engste zusammengearbeitet haben. Die Pflanzenzüchtung kann in Zukunft nur erfolgreich in großen Instituten durchgeführt werden, in denen diese Voraussetzungen gegeben sind. Die Institute für Pflanzenzüchtung der Deutschen Demokratischen Republik bieten diese Voraussetzungen“.

In enger Zusammenarbeit zwischen den Forschern der verschiedenen Disziplinen und den Züchtern wurden neue Selektionsverfahren entwickelt und in den Züchtungsweg eingebaut. Neue Methoden der Sämlingskultur und der Ernte veränderten Organisation und Technik der Kartoffelzüchtung in den letzten Jahren wesentlich.

Die im Institut für Pflanzenzüchtung angewandten Methoden, Selektions- und Ernteverfahren der Kartoffelzüchtung sollen im folgenden dargestellt werden.

Aufgaben der Kartoffelzüchtung

„Im Sinne moderner Biologie ist Pflanzenzüchtung von Menschen gesteuerte Evolution, also angewandte Evolutionslehre“ (SCHICK 1958). Moderne Pflanzenzüchtung bedeutet beschleunigte, gerichtete und an der Nützlichkeit für den Menschen gemessene Evolution.

Für jede erfolgreiche züchterische Arbeit sind vier Voraussetzungen erforderlich (SCHICK 1956; SCHICK u. HOPFE 1962):

1. Klare Zuchziele.
2. Geeignetes Ausgangsmaterial, in dem Individuen mit den gewünschten Merkmalen vorkommen.
3. Ausreichende, d. h. genügend sicher und schnell arbeitende Bewertungsmethoden, die das Erkennen von Pflanzen mit den gewünschten Eigenschaften ermöglichen. Die Bewertungsmethoden können sehr unterschiedlicher Art sein und reichen von der einfachen Schätzung mit dem Auge über Messungen und Wägungen bis zu komplizierten chemischen, physikalischen und physiologischen Bestimmungsmethoden.
4. Geeignete Vermehrungsmethoden für das ausgewählte Material, die sicherstellen, daß die ausgewählten Formen in ihrem Wert erhalten bleiben oder — wenn möglich — noch verbessert werden.

* Herrn Prof. Dr. R. SCHICK zum 60. Geburtstag gewidmet.