

beendet dann den Lehrauftrag in Leiden. Der Krieg verzögert oder verhindert wissenschaftliche Untersuchungen im Versuchsgarten. Um so mehr beschäftigt SIRKS sich jetzt mit literarischen Arbeiten. Im Jahre 1942 veröffentlicht er „De ontwikkeling der biologie“ (Die Entwicklung der Biologie), 1946 „Het Geslacht — Uitingen en Oorzaken“ (Das Geschlecht — Äußerungen und Ursachen), 1948 „Het Bevolkingsvraagstuk“ (Die Bevölkerungsfrage) neben zahlreichen kleineren Publikationen.

Mit den experimentellen Forschungen geht es nach dem Krieg zunächst nur mühsam vorwärts. Die fünf Kriegsjahre haben ihn sehr angegriffen. Zwar übernimmt er das Präsidium der „International Union of Biological Sciences“, legt es aber schon 1950 nieder, seiner Ansicht nach sollen jüngere Wissenschaftler diese Aufgabe übernehmen. Als er 1960 sein Amt aufgibt, behält er noch einen Lehrauftrag für Vererbungslehre, weil noch kein Nachfolger gefunden ist. Diesen Auftrag hat er durch seinen schlechten Gesundheitszustand nicht zu Ende führen können. Eine Rückenoperation brachte nicht den erwünschten Erfolg. Sein Gesundheitszustand verschlechtert sich mehr und mehr, und er ist nicht mehr imstande, an wissen-

schaftlichen Zusammenkünften teilzunehmen. Er verlor hierdurch viele Kontakte zu seinen Kollegen, was für ihn sehr schmerzlich war.

Manche ehrende Auszeichnungen wurden ihm zuteil. Großen Wert hat er der Ernennung zum „Honorary Member of the Genetic Society of Great Britain“ im Jahre 1961 und zum „Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw“ beigemessen, womit er während des XI. Internationalen Kongresses für Genetik 1963 in Scheveningen geehrt wurde. Damals kostete es ihn schon Mühe, diesem Kongreß auch nur teilweise beizuwohnen, danach verschlimmerte sich sein Leiden. Das Ende kam am 20. August 1966

SIRKS hat sich in den Niederlanden sehr für die Anerkennung der Genetik als ein für die Botanik und die Zoologie gleich bedeutendes Fach eingesetzt. Es war ihm eine große Befriedigung, als es Biologiestudenten ermöglicht wurde, die Genetik als Hauptfach zu wählen. Für alles, was er hier geleistet hat, sollten wir in den Niederlanden ihm dankbar sein. Wir haben in ihm einen unserer größten Genetiker verloren.

ALIE KOOPMANS, Haren (Niederlande)

## Die Variabilität morphologischer und physiologischer Eigenschaften in dihaploiden und tetraploiden Populationen von *Solanum tuberosum*<sup>1</sup>

KLAUS WÖHRMANN

Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung (Erwin-Baur-Institut), Köln-Vogelsang<sup>2</sup>

### The variability of morphological and physiological characters in dihaploid and tetraploid populations of *Solanum tuberosum*

**Summary.** The variability of some morphological and physiological traits concerning yield and quality of potato tubers were investigated in dihaploid and tetraploid selfing populations of seven varieties. The following results were obtained:

1. The rates of survival and growth were distinctly lower in dihaploid populations compared to tetraploid populations.

2. The number of tubers as a component of yield showed no differences between the levels of polyploidy investigated. However, the mean weight of tubers was distinctly higher in tetraploids.

3. The distribution curves of 2n- and 4n-segregants showed close conformity with respect to tuber color. However, there was a higher percentage of clones of lighter color in 2n-populations.

4. Segregation with respect to tuber shape was not different in the two levels of polyploidy. On the other hand 2n-clones had on the average more eyes than 4n-clones. For depth of eyes no uniform tendency was observed.

5. All traits investigated showed generally a greater variability on the dihaploid level.

The results presented are discussed with regard to the possibility of using dihaploids in potato breeding.

Die Bedeutung von Pflanzen mit halbiertem Chromosomenzahl für Untersuchungen mit theoretischer und praktischer Zielsetzung ist kürzlich erst wieder

von KIMBER und RILEY (1963) und LINNERT (1964) besprochen worden. Unter besonderer Berücksichtigung der Gattung *Solanum* wurden diese Fragen eingehend von HOUGAS und PELOQUIN (1958), ROTHACKER und SCHÄFER (1961) und v. WANGENHEIM (1962) diskutiert.

Nachdem Dihaploide von *Solanum tuberosum* ohne Schwierigkeiten in großer Zahl durch Artkreuzungen, insbesondere mit der diploiden *Solanum phureja* (HOUGAS, PELOQUIN und ROSS, 1958), induziert werden können, ist die Grundlage gegeben, umfangreiche experimentelle Untersuchungen über die praktische Bedeutung von Dihaploiden durchzuführen. Für eine Beurteilung von deren Verwendungsmöglichkeiten in der Züchtung der Kartoffel sind unter anderem Kenntnisse über die Variabilität von Ertrags- und Qualitätsmerkmalen auf diploider und tetraploider Stufe von besonderer Bedeutung. Außer allgemeinen Angaben (PELOQUIN und HOUGAS 1960, HOUGAS und PELOQUIN 1957, BENDER 1963) liegen vergleichende Untersuchungen an beiden Genomstufen nur von ROTHACKER und SCHÄFER (1961) vor. Während diese Autoren an einem zahlenmäßig relativ kleinen Pflanzenmaterial Blattgröße, Spaltöffnungen und Chloroplastenzahl, Zellgröße, Stärkekorngröße sowie Trockensubstanz-, Stärke- und Rohweißgehalt untersuchten, sollen in der vorliegenden Arbeit Ertragsleistung sowie morphologische und physiologische Eigenschaften der Kartoffelknolle im Vordergrund stehen.

<sup>1</sup> Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft. <sup>2</sup> Jetzt Institut f. Genetik d. Universität Tübingen.

### Material und Methoden

Durch Kreuzung von sieben tetraploiden Sorten von *Solanum tuberosum* mit der diploiden Art *Solanum phureja* konnten insgesamt 935 Dihaploide erzielt werden. Als Mutter benutzten wir die Sorten Advira, Antje, Bona, Carla, Carmen und Feldeslohn sowie den Stamm 59.703/178. Als Vater stand der amerikanische *phureja*-Klon PI 225 628.1 zur Verfügung.

Mit der Reduktion der Chromosomenzahl von der tetraploiden auf die diploide Stufe ist eine Verringerung des Heterozygotiegrades verbunden. Die dadurch bedingten Schwierigkeiten hinsichtlich der Vergleichbarkeit mit tetraploiden Formen können weitgehend durch Verwendung von Inzuchtpopulationen ausgeglichen werden. Die aus diesem Grunde ausgeführten Selbstungen der Ausgangssorten führten zu 944 tetraploiden  $S_1$ -Klonen.

Kreuzungen und Selbstungen wurden nach Angaben von McLEAN und STEVENSON (1952), PELOQUIN und HOUGAS (1959) und BENDER (1963) im Gewächshaus an abgeschnittenen Infloreszenzen durchgeführt. Um Virusinfektionen möglichst zu vermeiden, vermehrten wir die Klone stets während der Wintermonate im Gewächshaus. 1964 wurden erstmals je Klon 5 Knollen im Feld aufgezogen. Infektionen mußten beim Feldanbau im Kölner Raum hingenommen werden. Ein Vergleich zwischen tetraploiden und dihaploiden Nachkommenschaften ist insofern gerechtfertigt, als für beide Genomstufen die gleichen Infektionsmöglichkeiten gegeben waren. Reaktionsunterschiede auf Virusinfektionen zwischen 2n- und 4n-Populationen sind nicht bekannt, können aber auch nicht ausgeschlossen werden.

Folgende Eigenschaften wurden untersucht:

- Zur Charakterisierung des Leistungsvermögens Wüchsigkeit (nach Augenbonitur), mittleres Knollengewicht/Staude, Knollenzahl/Staude,
- Fleischfarbe der Knollen (mit Hilfe der Farbtabelle von SIEBENEICK und HÖPPNER 1953);
- Augenzahl/Knolle und Augentiefe (für die Messung der Augentiefe wurde ein Gerät entwickelt, das mittels eines Dorns und Nonius die Bestimmung der Tiefe gestattete);
- Zur Charakterisierung der Knollenform Länge (Entfernung Nabel—Krone), Breite (größter Durchmesser).

Die Untersuchungen an der Kartoffelknolle sind an maximal 50 Knollen je Klon durchgeführt worden. Die Berechnungen der linearen und quadratischen Regressionen für die Abhängigkeiten Breite ( $y$ )—Länge( $x$ ), Augentiefe ( $y$ )—Breite ( $x$ ) und Länge ( $y$ )—Augenzahl ( $x$ ) erfolgten mit Hilfe der bereits von WÖHR-

MANN (1966) angegebenen statistischen Methoden. Die Rechenarbeiten wurden im Rechenzentrum des Institutes für Angewandte Mathematik der Universität Köln an einer elektronischen Rechanlage SEL-ER 56 erstellt. Das Programm wurde in Algol abgefaßt.

### Ergebnisse

Mit der Abnahme der Heterozygotie durch Verminderung der Genomzahl bzw. Selbstung ist eine Herabsetzung der Vitalität verbunden. Von den ursprünglich vorhandenen 935 dihaploiden und 944 tetraploiden Klonen fielen während der Sämlingsaufzucht und Vermehrung eine beträchtliche Anzahl von Individuen aus, so daß für die Feldversuche nur noch 648 2n- und 789 4n-Klone zur Verfügung standen. Das Ausmaß des Selbstungseffektes ist für die einzelnen Sorten unterschiedlich (Tab. 1). Stets ist jedoch die Überlebensrate bei den 2n-Populationen geringer. Am stärksten betroffen ist der Stamm 59.703/178, der auf Grund der nur noch vorhandenen geringen Individuenzahl für eine weitere Betrachtung ausfällt.

Ein entsprechendes Bild zeigt die Wüchsigkeit der verbleibenden lebensfähigen Pflanzen (Tab. 1). Mit Hilfe der Augenbonitur (Klasse 1—5, 1 = beste Wüchsigkeit) wurden die Klone vor der Reife klassifiziert. Die Mode (Klasse mit der größten Häufigkeit) ist für die dihaploiden und tetraploiden Populationen entweder gleich (Bona, Carmen) oder liegt für die 2n-Nachkommenschaften in höheren (Advira, Antje, Carla, Feldeslohn) Boniturstufen, was eine geringere Wüchsigkeit der Dihaploiden anzeigt. Mit Ausnahme von Bona konnten die Ausgangssorten stets in die beste Boniturstufe eingestuft werden. Nur ein geringer Prozentsatz der Dihaploiden und tetraploiden Selbstungen erreichte die Wüchsigkeit der Mütter.

Der Knollenertrag einer Staude wird von den Komponenten Knollenzahl und Knollengewicht bestimmt. Das Gesamtgewicht des Erntegutes gibt die Leistungsfähigkeit wieder. Darüber hinaus hat die Sortierung (Verteilung der Knollen auf Gewichtsklassen) einen Einfluß auf den Verkaufswert. Die Bestim-

Tabelle 1. Überlebensrate und Wüchsigkeit dihaploider und tetraploider Klone.

Sorte	Genomstufe	Anzahl Sämlinge 1962	Anzahl Klone geerntet 1964		Boniturstufen für Wüchsigkeit (%)				
			abs.	%	1	2	3	4	5
Advira	2n	62	45	72,6	—	15,6	20,0	35,6	22,2
	4n	30	24	80,0	—	58,3*	29,1	4,2	8,3
Antje	2n	146	61	41,8	4,7	56,3	7,8	14,1	7,8
	4n	89	66	74,2	54,5*	31,8	4,5	3,0	—
Bona	2n	40	34	85,0	8,8	17,6	47,1	5,9	8,8
	4n	148	130	87,8	3,8	22,1	62,6*	4,6	—
Carla	2n	71	54	76,1	5,2	27,6	6,9	29,3	3,5
	4n	210	191	90,1	6,8*	26,0	35,4	11,5	1,6
Carmen	2n	285	191	67,0	0,5	6,2	40,9	29,0	15,5
	4n	185	170	91,9	6,9*	40,8	43,7	8,0	0,6
Feldeslohn	2n	292	196	67,1	—	3,9	10,6	27,1	32,9
	4n	232	190	81,9	4,2*	25,5	42,2	18,8	6,8
59.703/178	2n	39	4	10,3					
	4n	50	17	34,0					

Boniturstufen 1 = beste Note  
\* = Boniturstufe für Ausgangsklon

Tabelle 2. Variabilität der Knollenzahl in dihaploiden und tetraploiden Populationen.

Sorte	Genomstufe	Klassenhäufigkeiten											n	$\bar{x}$
		2,5	6,5	10,5	14,5	18,5	22,5	26,5	30,5	34,5	38,5	<40		
Advira	2n	1	5	3	8	7	5	6	1	3	4	2	45	21,3
	4n	—	1	4	6	2*	2	2	2	1	1	3	24	22,2
Antje	2n	7	3	4	7	5	3	7	8	1	2	14	61	24,2
	4n	2	6	4	10	10	11*	7	6	1	1	8	66	21,9
Bona	2n	1	3	2	6	4	8	1	5	—	2	2	34	21,3
	4n	2	15	33	27	21	10	7	6	5	1*	3	130	16,6
Carla	2n	3	7	10	9	5	4	9	2	3	—	2	54	17,8
	4n	8	32	60*	49	19	12	7	1	1	—	2	191	13,2
Carmen	2n	28	46	42	25	20	7	5	5	4	3	6	191	13,1
	4n	5	28	42	34	17*	25	5	9	1	1	3	170	15,4
Feldeslohn	2n	73	60	19	18	15	4	4	—	1	1	1	196	8,3
	4n	16	17	33	38	33	16	13	8*	7	5	4	190	16,4

\* = Ausgangsklon

Tabelle 3. Variabilität des mittleren Knollengewichtes/Klon in dihaploiden und tetraploiden Populationen.

Sorte	Genomstufe	Klassenhäufigkeiten											n	$\bar{x}$
		2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	<50		
Advira	2n	12	10	8	5	5	2	3					45	12,4
	4n	1	2	5	3	3	3	2	1	1		3*	24	24,4
Antje	2n	11	14	16	8	6	2	3	1				61	13,1
	4n	1	—	3	4	7	12	7	11	3	7	11*	66	34,5
Bona	2n	3	3	5	7	4	2	2	3	2	1	2	34	22,8
	4n	1	5	2	9	9	11	13	18	18	13*	31	130	37,2
Carla	2n	16	21	7	6	2	1	1					54	9,2
	4n	5	14	20	18	17	15	25	15	12	12	38*	191	31,0
Carmen	2n	51	41	42	26	7	11	6	3	2	1	1	191	12,4
	4n	2	15	9	25	29	21	23	15	11	10	10*	170	27,5
Feldeslohn	2n	106	48	22	13	3	2	1	1				196	6,7
	4n	16	16	11	22	21	34	16	17	17	11	9*	190	26,1

\* = Ausgangsklon

mung des Gesamtgewichtes ist in unseren Versuchen bei maximal 5 verfügbaren Stauden je Klon mit erheblichen Fehlern belastet und gibt keine Auskunft über die ertragsbeeinflussenden Komponenten. Es

wurde aus diesem Grunde auf die Bestimmung des Gesamtertrages verzichtet und statt dessen Knollenzahl (Tab. 2) und mittleres Knollengewicht (Tab. 3) gemessen und wiedergegeben.

Hinsichtlich der Knollenzahl unterscheiden sich die Populationsmittel der 2n- und 4n-Genomstufen nur wenig. Eine Ausnahme bildet Feldeslohn, die auf der 2n-Stufe eine im Durchschnitt bedeutend geringere Knollenzahl aufweist. Die Knollenzahlen der Ausgangsklone kommen den Populationsmitteln sehr nahe (Ausnahme Bona und Feldeslohn).

Eindeutiger sind die Differenzen zwischen den Populationsmitteln bei Berücksichtigung des mittleren Knollengewichtes je Klon. Die  $\bar{x}$ -Werte der 2n-Populationen liegen weit unter denen der 4n-Populationen. Die Ausgangsklone haben stets (Ausnahme Bona) ein Knollengewicht von größer als 50 g. Dieses Gewicht wird bei den Dihaploiden nur von zwei Klonen der Sorte Bona und von einem der Sorte Carmen erreicht. Dagegen wurden auf der tetraploiden Stufe diese Werte weit häufiger ermittelt.

Für die Bestimmung der Fleischfarbe benutzten wir die Farbtabelle von SIEBENEICK und HÖPNER (1953), die mit 18 Farbstufen eine Klassifizierung der Farbwerte ermöglicht. Um einen Einfluß des variierenden Sonnenlichtes auszuschalten, wurden die Untersuchungen bei konstantem Lampenlicht durchgeführt (ENGEL, 1956). Von den in dieser Arbeit untersuchten 2n- und 4n-Nachkommenschaften sind die-

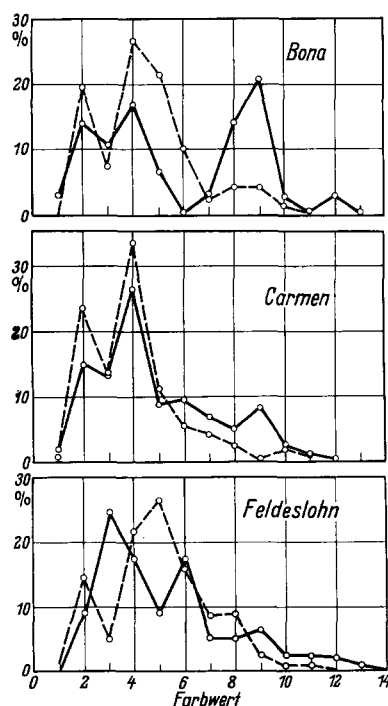


Abb. 1. Prozentuale Häufigkeitsverteilungen von Farbwerten des Knollenfleisches in dihaploiden (O—O) und tetraploiden (O—O) Selbstungspopulationen der Sorten Bona (Farbwert 2), Carmen (Farbwert 4) und Feldeslohn (Farbwert 6).

Tabelle 4. Vergleich der Regressionskoeffizienten der Abhängigkeiten von Breite ( $y$ ) — Länge ( $x$ ) und Länge ( $y$ ) — Augenzahl ( $x$ ) von dihaploiden und tetraploiden Klonen.

Sorte	Genomstufe	Anzahl $n$	Breite—Länge				Länge—Augenzahl			
			$\varphi$	$\bar{x}$	$s$	C.V.	$\varphi$	$\bar{x}$	$s$	C.V.
Advira	2n	34		0,491	0,164	33,4		0,547	0,188	34,4
	4n	20	0,828	0,665	0,163	24,5	0,819	0,670	0,194	28,6
Antje	2n	38		0,876	0,210	24,0		0,313	0,162	51,7
	4n	52	1,045	0,862	0,190	22,0	0,613	0,604	0,173	28,7
Bona	2n	30		0,753	0,254	33,7		0,470	0,154	32,3
	4n	105	0,959	0,730	0,204	27,9	0,354	0,723	0,223	30,8
Carla	2n	39		0,519	0,182	35,1		0,455	0,165	36,3
	4n	146	0,603	0,584	0,149	25,5	0,805	0,688	0,196	28,5
Carmen	2n	107		0,619	0,188	30,4		0,497	0,222	44,7
	4n	152	0,889	0,694	0,168	24,2	0,549	0,616	0,181	29,4
Feldeslohn	2n	72		0,632	0,168	26,6		0,352	0,168	47,7
	4n	155	0,798	0,693	0,169	24,4	0,334	0,515	0,196	38,1

jenigen der Sorten Bona, Carmen und Feldeslohn als repräsentativ in Abbildung 1 berücksichtigt. Der Farbwert 1 entspricht dem tiefsten Gelb.

Die dihaploiden und tetraploiden Populationen zeigen folgende Gemeinsamkeiten: 1. Kein Individuum der untersuchten Populationen zeigt einen höheren Farbwert als 13. Das bedeutet, daß kein Klon mit extrem hellen Farbtönen (weiß) auftritt. 2. Der überwiegende Prozentsatz der Nachkommen ist analog der Fleischfarbe der Ausgangsklone hellgelb-gelb. 3. Der Anteil von Klonen mit hellerem Farbton ist unter den 2n-Nachkommenschaften größer als unter den Tetraploiden. 4. Alle Verteilungskurven der Farbwerte sind mehrgipfelig, wobei für die 4n-Populationen eine Tendenz zur Drei- und für die 2n-Populationen zur Viergipfeligkeit besteht. Gipfel und Tal stimmen für entsprechende Verteilungen überein. Sie zeigen auch dann für die Sorte Feldeslohn Gleichsinnigkeit, wenn eine „Phasenverschiebung“ um z. B. zwei Einheiten zu den höheren Werten vorgenommen wird.

Von den morphologischen Knollenmerkmalen, die für die Qualität der Knolle von Bedeutung sind, wurden die Knollenform (Verhältnis von Länge zu Breite), die Augentiefe und die Augenzahl je Knolle untersucht. Die erhebliche intra-individuelle Variabilität setzt einer eindeutigen Beschreibung erhebliche Schwierigkeiten entgegen (MÜLLER und BRAUN 1929, NEUMANN 1925, PETERS 1927, SCHWARTZ 1927). In einer früheren Arbeit wurde daher von WÖHRMANN (1966) vorgeschlagen, statt der mittleren Indizes die aus dem gesamten anfallenden Knollenmaterial zu errechnenden Regressionskurven zur Beschreibung des Phänotyps heranzuziehen. Für die Abhängigkeiten von Breite—Länge, Augentiefe—Breite und Augenzahl—Länge zeigen Polynome 2. Grades eine genügend gute Approximation an die Meßwerte.

Für die hier interessierenden Fragen über das Ausmaß der Variabilität der untersuchten Merkmale wird eine Klassifizierung der Phänotypen notwendig. Eine quadratische Funktion  $y = a + bx + cx^2$  ist bis auf die additive Konstante  $a$  durch die Lage des Extremums (Maximum bzw. Minimum) sowie durch den Wert der zweiten Ableitung eindeutig bestimmt. Die dadurch notwendige dreidimensionale Darstellung gibt jedoch ohne weitere Manipulation kein übersichtliches Bild über die Häufigkeitsverteilung der Phänotypen. Es wurde daher in vorliegender Arbeit für

alle Abhängigkeiten lediglich die lineare Regression berechnet. Der Regressionskoeffizient  $b$  gibt unter der Annahme, daß alle berechneten Geraden durch einen Punkt verlaufen, eine Möglichkeit der Klassifizierung. Diese Annahme dürfte bis auf geringe Abweichungen zutreffen, durch die jedoch keine wesentlichen Fehleinordnungen zu erwarten sind. Für diese Berechnungen wurden nur Klone mit mindestens 20 Knollen herangezogen. Niedrige Werte für den Regressionskoeffizienten  $b$  zeigen längliche Formen der Knollen, flache Augen und eine große Augenzahl an, hohe Werte dagegen deuten auf runde (bzw. quer-ovale) Knollen, tiefe Augen und eine geringe Augenzahl.

Die in Tab. 4 dargestellten Ergebnisse für die durch die Abhängigkeit von Breite—Länge gekennzeichnete Form zeigen keine wesentlichen Unterschiede hinsichtlich des Mittelwertes der 2n- und 4n-Populationen (Ausnahme Advira). Dagegen wurde für die dihaploiden Nachkommenschaften ein gleich großer (Advira, Feldeslohn) oder größerer Wert für die Standardabweichung ( $s$ ) geschätzt. Der Variabilitätskoeffizient ist für die 2n-Stufe stets größer. Das letztere hat auch Gültigkeit für die Abhängigkeiten Länge—Augenzahl (Tab. 4) und Augentiefe—Breite (Tab. 5). Während 2n-Populationen für Länge—Augenzahl stets einen im Mittel geringeren Regressionskoeffizienten, also mehr Augen, haben als die 4n-Vergleichspopulationen, zeigen die Mittelwerte für die Augentiefe—Breite keine eindeutige Tendenz.

Tabelle 5. Vergleich der Regressionskoeffizienten der Abhängigkeit von Augentiefe ( $y$ ) — Breite ( $x$ ) von dihaploiden und tetraploiden Klonen.

Sorte	Genomstufe	Anzahl $n$	Augentiefe—Breite			
			$\varphi$	$\bar{x}$	$s$	C.V.
Antje	2n	23		0,285	0,156	54,7
	4n	52	0,321	0,378	0,165	43,4
Carmen	2n	107		0,347	0,173	50,9
	4n	152	0,423	0,322	0,157	49,1
Feldeslohn	2n	72		0,309	0,163	52,6
	4n	155	0,249	0,211	0,109	51,9

### Diskussion

Von HOGAS und PELOQUIN (1958) wurden folgende Verwendungsmöglichkeiten von Dihaploiden zusammengestellt:

1. zur Klärung von Fragen der Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Genetik, Cytogenetik und Evolution
2. für die Züchtung der Kartoffel
  - a) Genübertragung von Wild- und Primitivformen auf die Kulturkartoffel;
  - b) Synthese von homozygoten „Testklonen“;
  - c) Ausnutzung der einfacheren Spaltungsverhältnisse auf diploider Stufe;
  - d) Studien über den Effekt der Polyploidie auf Lebens- und Leistungsfähigkeit.

An Hand der in dieser Arbeit vorgelegten Ergebnisse soll nun diskutiert werden, ob und inwieweit die Verwendung Dihaploiden in der Kartoffelzüchtung sinnvoll erscheint. Dabei sollen vor allem die unter den Punkten 2c und 2d aufgeführten Gesichtspunkte Berücksichtigung finden. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß für Untersuchungen am Pachytän von *Solanum tuberosum* (YEH and PELOQUIN, 1965) sowie bei Bearbeitung der Inkompatibilität von Artbastarden innerhalb der Gattung *Solanum* (CIPAR, PELOQUIN und HOUGAS 1964) Dihaploide bereits mit Erfolg benutzt wurden. SUCHTELEN und VERDENIUS (1964) gelang es mit Hilfe von dihaploiden Klonen, Frostresistenzfaktoren der Species *S. ajanhuiri* auf unsere Kulturkartoffel zu übertragen.

Tetrasome Individuen zeigen im Vergleich zu Disomen bei einer Faktorenanalyse kompliziertere Aufspaltungen in ihren Nachkommenschaften. Dies wirkt sich bereits bei monomer und dimer bedingten Eigenschaften aus. Es liegt daher nahe, derartige Untersuchungen zunächst auf diploider Stufe durchzuführen, ohne eine eventuell wirksame Gendosiswirkung zu berücksichtigen. Auf diese Weise gelang es z. B. SEYFFERT (1955), die Existenz von 7 verschiedenen Blütenfarbgenen bei hemiploiden *Cyclamen* nachzuweisen. Die Untersuchungen wurden durch Methoden der Papierchromatographie ermöglicht, die eine einwandfreie Klassifizierung der Phänotypen gewährleisteten und zu interpretierbaren Spaltungsverhältnissen führten.

Die in der vorliegenden Arbeit berücksichtigten morphologischen Merkmale der Kartoffelknolle sind bereits von einer Reihe von Autoren auf tetraploider Stufe untersucht worden (zusammengefaßt von RUDOLF und BAERECKE 1958). Außer Angaben über Dominanzverhältnisse konnte jedoch keine erschöpfende Analyse der beteiligten Faktoren gegeben werden. Erschwerend wirkt sich auf derartige Analysen neben der Tetraploidie der stark modifizierende Einfluß der Umwelt aus, der zusammen mit der Polygenie zu kontinuierlicher Variabilität führt (MARIS 1962).

Kontinuierliche Variabilität zeigen jedoch auch die Häufigkeitsverteilungen auf dihaploider Stufe. Die zum Teil vorhandenen Abweichungen der Kurven von denen der tetraploiden Populationen hinsichtlich Varianz und Mittelwert geben keine weitergehenden Informationen. Es wird lediglich deutlich, daß eine größere, jedoch unbestimmbare Anzahl von Faktoren an der Merkmalsbildung beteiligt ist, als aus den Verteilungskurven der 4n-Populationen vermutet werden kann. Dihaploide gewinnen für diese Fragestellung möglicherweise dann an Bedeutung, wenn es gelingt, den komplexen Begriff der Form in seine

Komponenten aufzugliedern und deren Interaktionen aufzuklären.

Bessere Ansatzpunkte für eine genetische Analyse bietet offenbar die Farbe des Knollenfleisches, deren Verteilungskurven bereits auf tetraploider Stufe deutliche Mehrgipfeligkeit aufweisen. Eine detaillierte Bestimmung der Farbkomponenten mit der von SEYFFERT (1955) benutzten Papierchromatographie oder die Bestimmung der spektralen Remission (SEYFFERT 1963) kann möglicherweise zu weiteren Erkenntnissen führen. Hier dürften die Dihaploiden zu einer Vereinfachung beitragen.

Die unvollständigen Kenntnisse über die Vererbung von Knolleneigenschaften und Ertragsfähigkeit versuchen die Züchter zu umgehen, indem an Inzucht- und Kreuzungsnachkommenschaften der Erbwert einer Sorte geschätzt wird (u. a. FEISTRITZER 1952). Aber auch hier haben Untersuchungen an 2n-Nachkommenschaften zumindest im Hinblick auf die Knollenform keine bessere Aussagekraft. Ob die von den Tetraploiden zum Teil abweichenden 2n-Häufigkeitsverteilungen von Augentiefe und Augenzahl eine bessere Beurteilung der Kombinationseignung ermöglichen, kann ohne Kombinations- teste auf tetraploider Stufe aus dem vorhandenen Zahlenmaterial nicht gefolgert werden. Hinsichtlich Wüchsigkeit und Ertrag liegen hingegen Erfahrungen über den Kreuzungswert der hier untersuchten Sorten vor (BECKER, KERCHER, persönliche Mitteilung), nach denen alle Sorten mehr oder weniger gute „Vererber“ dieser Eigenschaften sind. Unter diesen Umständen würde eine Aussage auf Grund von Messungen an Dihaploiden zu Fehleinschätzungen führen, was besonders deutlich bei der Sorte Felde Lohn wird.

Schon ROTHACKER und SCHÄFER (1961) kamen in ihren Untersuchungen zu dem Schluß, daß die Merkmalsausprägung mancher züchterisch wichtiger Eigenschaften weitgehend von der Polyploidiestufe bestimmt wird. Während wir bei der Kartoffelform keinen Einfluß der Polyploidiestufe nachweisen konnten, ist ein solcher auf die Augenzahl gegeben und hinsichtlich der Augentiefe nicht auszuschließen. Von größerem Interesse noch ist der Einfluß der Genomzahl auf die ertragsbestimmenden Merkmale Knollenzahl und Knollengewicht, da sie einen Einblick in die Ertragsfähigkeit von 2n-Klonen schlechthin geben.

Die Differenzen, die sich in unseren Versuchen zwischen den durchschnittlichen Knollengewichten dihaploider und tetraploider Populationen zeigen, werden neben dem Grad der Polyploidie durch das Ausmaß der Inzucht bestimmt. Nach Berechnungen von PELOQUIN und HOUGAS (1960) entspricht eine dihaploide Population in ihrem Heterozygotiegrad einer Tetraploiden in der 3. Selbstungsgeneration. Es ist daher nicht auszuschließen, daß mit zunehmender Inzucht der Tetraploiden ein weiterer Leistungsabfall eintreten kann. Andererseits konnten RUDOLF und BAERECKE (1958) zeigen, daß sogar in der  $S_4$  eine beträchtliche Anzahl Klone die Leistungsfähigkeit der Ausgangsklone übertrifft, während in unseren Versuchen mit geringen Ausnahmen (Bona, Carmen) die Klone der ersten dihaploiden Generation bereits weit unter den Leistungen der Ausgangsklone liegen. Es scheint demnach mit ROTHACKER und SCHÄFER (1961) berechtigt, einen bedeutenden Einfluß der

Valenzstufe auf den Ertrag der Kartoffel anzunehmen. Damit wird die Züchtung dihaploider Sorten zumindest erschwert.

Die Frage der Selektion auf dihaploider Ebene mit dem Ziel, homozygote Kreuzungspartner zu schaffen, bleibt hiervon unberührt, wenn es sich um monogene Merkmale handelt. Das gleiche gilt für polygen bedingte Eigenschaften, die keine Genomzahlabhängigkeit zeigen.

### Zusammenfassung

An dihaploiden und tetraploiden Selbstungspopulationen von sieben Kartoffelsorten wurde die Variabilität von Ertrags- sowie von morphologischen und physiologischen Qualitätsmerkmalen der Kartoffelknolle untersucht. Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse:

1. Überlebensrate und Wüchsigkeit dihaploider Populationen waren gegenüber denen der tetraploiden Vergleichspopulationen deutlich herabgesetzt.

2. Von den Ertragskomponenten zeigten die Knollenzahlen keine Unterschiede zwischen beiden Genomstufen. Dagegen war das mittlere Knollengewicht bei den Tetraploiden deutlich höher.

3. Die Verteilungskurven der 2n- und 4n-Nachkommenschaften zeigten weitgehende Übereinstimmung im Hinblick auf die Knollenfarbe. In den 2n-Populationen traten jedoch Klone mit hellen Farbtonen in höheren Prozentsätzen auf.

4. Die Aufspaltungen hinsichtlich des Merkmals Knollenform gaben keine Unterschiede zwischen den Genomstufen. Dagegen hatten im Mittel 2n-Klone mehr Augen als 4n-Klone. Die Tendenz bei Berücksichtigung der Augentiefe ist nicht einheitlich.

5. Alle untersuchten Eigenschaften zeigten in der Regel eine größere Variabilität auf der dihaploiden Stufe.

Die Ergebnisse wurden im Zusammenhang mit der Verwendungsmöglichkeit von Dihaploiden in der Züchtung der Kartoffel diskutiert.

Herrn ERICH KAMMERER vom Rechenzentrum des Institutes für Angewandte Mathematik, Köln, gilt für die Durchführung der Programmierungs- und Rechenarbeiten mein besonderer Dank. Fräulein G. WEISS und Fräulein B. GATHMANN danke ich für gewissenhafte und unermüdliche Hilfe bei der Durchführung der Versuche.

### Literatur

1. BENDER, K.: Über die Erzeugung und Entstehung dihaploider Pflanzen bei *Solanum tuberosum*. Z. Pflanzenzüchtung **50**, 141–166 (1963). — 2. CIPAR, M. S., S. J. PELOQUIN and R. W. HOUGAS: Inheritance of in-

compatibility in hybrids between *Solanum tuberosum* haploids and diploid species. Euphytica **13**, 163–172 (1964). — 3. ENGEL, K. H.: Strahlungseinfluß auf die Fleischfarbenbonitierung der Kartoffel. Züchter **26**, 174–176 (1956). — 4. FEISTRITZER, W.: Die Selbstungsanalyse, eine Voraussetzung für die Kreuzungszucht der Kartoffel. Z. Pflanzenzüchtung **31**, 173–195 (1952). — 5. HOUGAS, R. W., and S. J. PELOQUIN: A haploid plant of the potato variety Katahdin. Nature **180**, 1209–1210 (1957). — 6. HOUGAS, R. W. and S. J. PELOQUIN: The potential of potato haploids in breeding and genetic research. Am. Potato J. **35**, 701–707 (1958). — 7. HOUGAS, R. W., S. J. PELOQUIN and R. W. ROSS: Haploids of the common potato. Journ. Heredity **49**, 103–106 (1963). — 8. KIMBER, G., and R. RILEY: Haploid Angiosperms. The Bot. Rev. **29**, 480–531 (1963). — 9. LINNERT, G.: Die Auslösung der Parthenogenese bei einer autotetraploiden *Oenothera hookeri* durch Röntgenbestrahlung. Der Züchter **34**, 297–301 (1964). — 10. MARIS, B.: Analyse van aardappelpopulaties ten dienste van de veredeling. Dissertation, Wageningen, 1962. — 11. McLEAN, J. G., and F. J. STEVENSON: Methods obtaining seed on Russet Burbank and similar flowering varieties of potato. Am. Potato J. **29**, 206–211 (1952). — 12. MÜLLER, K. O., und H. BRAUN: Variabilitätsstudien über die Morphologie der Kartoffelknolle. Arb. Biol. Reichsanstalt **16**, 1–34 (1929). — 13. NEUMANN, H.: Die Beeinflussung der Kartoffelknolle durch äußere Verhältnisse. J. Landw. **73**, 7–38 (1925). — 14. PELOQUIN, S. J., and R. W. HOUGAS: Decapitation and genetic markers as related to haploidy in *Solanum tuberosum*. Eur. Potato J. **2**, 176–183 (1959). — 15. PELOQUIN, S. J. and R. W. HOUGAS: Genetic variation among haploids of the common potato. Am. Potato J. **37**, 289–297 (1960). — 16. PETERS, G.: Die zahlenmäßige Bestimmung der Kartoffelform als Hilfsmittel bei der Systematik der Kartoffelsorten. Angew. Bot. **9**, 465–530 (1927). — 17. ROTHACKER, D., und G. SCHÄFER: Einige Untersuchungen über haploide Pflanzen von *Solanum tuberosum*. Der Züchter **31**, 289–297 (1961). — 18. RUDOLF, W., und M.-L. BAERECKE: Kartoffel. C. Variabilität der Wertmerkmale und ihre züchterische Nutzung. Handb. Pflanzenzüchtg. Bd. **3**, 1–195 (1958). — 19. SCHWARTZ, G.: Die Modifizierbarkeit morphologischer Eigenschaften bei der Julikartoffel. Angew. Bot. **9**, 465–530 (1927). — 20. SEYFFERT, W.: Die Vererbung der Blütenfarben bei hemiploiden Cyclamen. Der Züchter **25**, 275–287 (1955). — 21. SEYFFERT, W.: Die Messung der spektralen Remission als objektive Methode zur Beschreibung und Klassifizierung von Phänotypen. Der Züchter **33**, 356–365 (1963). — 22. SIEBENEICK, H., und E. HÖPPNER: Kartoffelatlas. I. Teil. Deutsche Sorten. Hamburg: Kartoffelwirtschaft 1953. — 23. SUCHTELEN, N. J. VAN, and J. VERDENIUS: Use of dihaploid potatoes in breeding for ground frost resistance. Euphytica **13**, 236–238 (1964). — 24. V. WANGENHEIM, K.-H.: Zur Kartoffelzüchtung auf diploider Stufe. Z. Pflanzenzüchtung **47**, 172–180 (1962). — 25. WÖHRMANN, K.: Über den Einfluß von Umweltfaktoren auf Eigenschaften der Kartoffelknolle. Der Züchter **36**, 90–95 (1966). — 26. YEH, B. P., and S. J. PELOQUIN: Pachytene chromosomes of the potato (*Solanum tuberosum*, group Andigena). Am. J. Bot. **52**, 1014–1020 (1965).