

*Napoleacea*-Typen hergestellt werden. Alle neuen Formen werden kurz beschrieben.

8. Die synthetischen und semisynthetischen Formen, die alle sehr dem natürlichen Raps ähneln, sind voll fertil und geben, untereinander und mit natürlichem Raps gekreuzt, fertile Bastarde. Die Fertilität von *Napora*- und *Napoleacea*-Formen ist vermindert, das 1000 Korngewicht jedoch erhöht.

9. Die neuen Rapsformen stellen ein wertvolles Ausgangsmaterial für die Rapszüchtung hinsichtlich der Kombinations-, Transgressions- und Heterosiszüchtung dar.

#### Literatur

1. BECKER, G. und K. SKIEBE: Eine neue Methode der Colchicinbehandlung. *Der Züchter* 25, 161—163 (1955). — 2. BECKER, TH.: Siebenjährige blütenbiologische Studien an den Cruciferen *Brassica napus* L., *Brassica rapa* L., *Brassica oleracea* L., *Raphanus* L. und *Sinapis* L. I *Zeitschr. f. Pflanzenzücht.* 29, 222—240 (1951); II *Zeitschr. f. Pflanzenzücht.* 31, 72—103 (1952). — 3. CHOPINET, R.: Sur quelques hybrides expérimentaux interspécifiques et intergénériques chez les Crucifères. *C. r. Acad. Sci. Paris* 215, 454—547 (1942). — 4. CHOPINET, R.: Sur le comportement du croisement tétraploide colza  $\times$  chou de Bruxelles (*Brassica napoleacea*). *Rev. sci. Paris* 81, 511—512 (1943). — 5. DARLINGTON, C. D. and E. K. JANAKI AMMAL: *Chromosome Atlas of cultivated plants*, London (1945). — 6. FRANDSEN, H. N. und Ö. WINGE: *Brassica napocampestris*, a new constant amphidiploid species Hybrid. *Hereditas* 16, 212—218 (1932). — 7. FRANDSEN, K. J.: The experimental formation of *Brassica juncea* Czern. et Coss. (Preliminary report). *Dansk Botanisk Arkiv* 11, Nr. 4, 1—17 (1947). — 8. GEITLER, L.: Schnellmethoden der Kern- und

Chromosomenuntersuchungen, 2. Aufl. Wien: Springer (1949). — 9. KOCH, H. und R. PETERS: Neue Gesichtspunkte der Rapszüchtung. *Wissenschaftl. Zeitschr. der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg* 2, 363—367 (1953). — 10. MIZUSHIMA, (1950) nach TISCHLER: *Handbuch der Pflanzenanatomie*, II Allgemeine Pflanzenkaryologie. Ergänzungsband: *Angewandte Pflanzenkaryologie*. Berlin: Gebr. Bornträger (1956). — 11. MÜNTZING, A.: Polyploidiezüchtung, in KAPPERT-RUDORF: *Handbuch der Pflanzenzüchtung*. 2. Aufl. 1, 700—731 (1956). — 12. OLSSON, G.: Undersökning av själofertiliteten hos artificiell raps. *Kungl. Lantbruksakademienstidskrift, Arg.* 92, 394—402 (1953). — 13. OLSSON, G., JOSEFSSON, A., HÄGGERG, A. und S. ELLERSTRÖM: Synthesis of the *ssp. rapifera* of *Brassica napus*. *Hereditas* 41, 241—249 (1955). — 14. OLTSMANN, W.: Die Herstellung polyploider Pflanzen mit Hilfe von Colchicin-Injektionen. *Der Züchter* 20, 209—210 (1950). — 15. SCHWANITZ, F.: Eine neue wirkungsvolle und sparsame Methode der Colchicinbehandlung (Colchicin-Traganth-Schleim). *Der Züchter* 19, 301—402 (1949). — 16. SKIEBE, K.: Artbastardierung und Polyploidie in der Gattung *Cheiranthus* L. *Der Züchter* 26, 353—363 (1956). — 17. RUDORF, W.: Die Bedeutung der Polyploidie für die Evolution und die Pflanzenzüchtung. *Angewandte Botanik* 25, 92—114 (1943). — 18. RUDORF, W.: Über die Erzeugung und Eigenschaften synthetischer Rapsformen. *Zeitschr. f. Pflanzenzüchtung* 29, 35—54 (1951). — 19. TISCHLER, G.: *Handbuch der Pflanzenanatomie*, II Allgemeine Pflanzenkaryologie. Ergänzungsband: *Angewandte Pflanzenkaryologie*. Berlin: Gebr. Bornträger (1956). — 20. TROLL, H.-J.: Beobachtungen über die Winterfestigkeit und deren Vererbung an verschiedenen Rapsformen und ihren Bastarden. *Der Züchter* 17, 439—447 (1947). — 21. NAHAGARU, U.: Genome analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. *Jap. Journ. of Botany* 7, 389—452 (1934).

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

## Über die Möglichkeiten einer züchterischen Verbesserung der biologischen Wertigkeit von Kartoffeleiweiß\*

Von H. REISSIG

Mit 1 Textabbildung

In der Züchtungsforschung wurden bereits wiederholt Notwendigkeit und Möglichkeiten einer züchterischen Verbesserung der Quantität und Qualität pflanzlicher Proteine diskutiert (SCHWARZE und v. SENGBUSCH, 1937; SCHWARZE, 1944; SIGLE, 1951; NEHRING, 1955; BECKER, 1955). Während es sich bei der Züchtung auf Quantität um eine Steigerung des prozentualen Proteingehaltes einer Pflanzenart handelt, muß die Züchtung auf Qualität die „quantitative“ Zusammensetzung des Pflanzenproteins hinsichtlich seiner essentiellen Aminosäuren berücksichtigen. Im folgenden soll ein Beitrag über die Möglichkeiten und Aussichten einer züchterischen Verbesserung der Qualität (biologische Wertigkeit) von Kartoffeleiweiß gegeben werden.

Die biologische Wertigkeit eines Proteins wird heute allgemein nach OSER (1951) berechnet, der Eiweißprotein als Bezugsprotein benutzt. Hierbei wird die Gesamtheit der essentiellen Aminosäuren berücksichtigt, indem aus den Eiweißproteinverhältnissen (EPV<sup>1</sup>) das geometrische Mittel berechnet wird. Als Volleiprotein-Standardwerte sind nach BLOCK und MITCHELL

(1946/47) einzusetzen: Leucin 9,2%, Isoleucin 8,0%, Phenylalanin 6,3%, Tyrosin 4,5%, Threonin 4,9%, Histidin 2,1%, Valin 7,3%, Arginin 6,4%, Lysin 7,2%, Methionin 4,1% und Tryptophan 1,5%. Der nach dieser Berechnung erhaltene Wert wird als EAA (essential amino acid)-Index<sup>1</sup> bezeichnet. Auf diese Weise erhaltene Werte über die biologische Wertigkeit von Kartoffeleiweiß verschiedener Sorten werden in der Literatur mit 61—78 (Durchschnitt 72) angegeben (NEHRING und SCHWERDTFEGER, 1957; SCHUPHAN und POSTEL, 1957). Eine züchterische Bearbeitung dieser Werteigenschaften hat aber nur dann Erfolgsaussichten, wenn die Unterschiede zwischen den Sorten erblich bedingt und genügend groß sind. Es müßte deshalb unter möglichst konstanten Umweltbedingungen untersucht werden, ob die von anderen Autoren gemachten Angaben über die Schwankung der biologischen Wertigkeit bei Kartoffelsorten bestätigt werden können und welche Komponenten für den komplexen Begriff „Wertigkeit des Eiweißes“ in erster Linie verantwortlich zu machen sind. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen müßten dann Schlußfolgerungen über die Möglichkeiten einer züchterischen Verbesserung der biologischen Wertigkeit von Kartoffeleiweiß gezogen werden können.

\* Herrn Prof. R. von SENGBUSCH zum 60. Geburtstag gewidmet.

<sup>1</sup> EPV =  $\frac{\text{Aminosäure im Versuchsprotein} \times 100}{\text{Aminosäure im Vollei}}$

<sup>1</sup> EAA-Index =  $\sqrt[n]{\text{EPV}_1 \times \text{EPV}_2 \times \dots \times \text{EPV}_n}$

## Material und Untersuchungsmethodik

### a) Behandlung des Probenmaterials

Zur Vermeidung ökologischer Einflüsse wurden die Sorten verschiedener Reifezeit 1956 auf einheitlichem Mineralboden mit normaler Mineraldüngung (ohne Stallmistgabe) gleichzeitig ausgepflanzt. Die nach Gewicht (60–80 g) und nach einer der Sorte entsprechenden mittleren Stärkeklasse ausgelesenen Pflanzknollen wurden 14 Tage vor der Auspflanzung vorgekeimt. Infolge des phytophthorafreien Jahres 1956 konnten die einzelnen Sorten nach völliger Abreifung geerntet werden. Ein Teil des Knollenmaterials wurde im Keller eingelagert, ein anderer Teil sofort mit Hilfe von Infrarotlicht getrocknet.

### b) Bestimmung der essentiellen Aminosäuren

Die in einer Kugelmühle fein gemahlene Trocken-substanzproben (Durchschnitt von 20–30 kg Frischgewicht) wurden mit 6 n-HCl auf einem elektrischen Kocher 18 Std. hydrolysiert und die HCl im Vakuum durch 6maliges Eindampfen größtenteils entfernt. Der sirupöse Rückstand wurde mit 10%igem Isopropanol aufgenommen und zwecks Entfernung der bei der Hydrolyse entstandenen unlöslichen Huminstoffe filtriert. Die durch Huminbildung verursachten N-Verluste betragen durchschnittlich 8–10%. Die unterschiedlichen N-Konzentrationen der Hydrolysate wurden nach einer orientierenden N-Bestimmung soweit verdünnt, daß auf 1 ml Hydrolysat 6,4 mg N entfielen. Durch diese Konzentrations-Nivellierung ist bei der folgenden Auswertung ein besserer Vergleich möglich. Die Berechnung der Ergebnisse erfolgte als g Aminosäure/100 g Protein (bezogen auf den Hydrolysat-N  $\times 6,25$ ). Die Aminosäuren wurden zum größten Teil papierchromatographisch nach den von NEHRING und SCHWERDTFEGER (1954) angegebenen Vorschriften bestimmt.

1. Leucin + Isoleucin, Phenylalanin, Tyrosin, Threonin und Histidin wurden mit Propanol/Wasser (80:20) absteigend abgetrennt.

2. Die Abtrennung von Valin, Arginin und Lysin erfolgte nach den Angaben von McFARREN (1951) mit puffergesättigtem ( $p_H$  6,2) 2,4-Lutidin auf puffergesättigtem Papier ebenfalls absteigend.

Die papierchromatographisch abgetrennten Aminosäuren wurden nach Sichtbarmachung mit verdünnter Ninhydrinlösung ausgeschnitten, in Reagenzgläser überführt und nach Zugabe von 0,5 ml einer 1%igen Ninhydrinlösung (in Phosphatpuffer  $p_H$  7) mit Butanol gleichzeitig quantitativ ausgefärbt und eluiert. Der kolorimetrische Vergleich mit Standard-Aminosäuren erfolgte im lichtelektrischen Lange-Kolorimeter unter Verwendung von Metall-Interferenzfiltern. Die Standardkurven wurden für jede Meßreihe mit jeweils unter gleichen Bedingungen chromatographierten Standard-Aminosäuren neu aufgestellt.

3. Methionin wurde nach LAVINE (1943) jodometrisch bestimmt. Genauigkeit und Reproduzierbarkeit dieser Methode sind der papierchromatographischen Methioninbestimmung überlegen. Die Anwendbarkeit auf Proteinhydrolysate konnte nachgewiesen werden (Tab. 1).

Beschreibung der Methode: 5 ml Hydrolysat (vorher mit Aktivkohle entfärben und neutralisieren), 5 ml Pufferlösung (7 Teile m-K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> + 3 Teile m-KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), 5 ml 5 m-KJ-Lösung und 3 ml 0,1 n-J<sub>2</sub>-Lösung wer-

Tabelle 1. Bestimmung von Methionin, zugesetzt zu Proteinhydrolysaten, nach der Methode von LAVINE (1943).

vorgelegt Methionin mg	wiedergefund. Methionin		zu Protein- hydrolysaten zugesetztes Methionin mg	wiedergefund. Methionin	
	mg	%		mg	%
5	4,96	99,2	5	4,90	98,0
5	4,99	99,8	5	4,92	98,4
10	9,94	99,4	10	9,58	95,8
10	10,01	100,1	10	9,73	97,3
15	14,85	99,0	15	14,57	97,1
15	14,96	99,7	15	14,49	96,6

den gemischt und 20 Min. stehengelassen. Danach wird mit Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und Stärke als Indikator das überschüssige J<sub>2</sub> entfernt. Durch Zugabe von 5 ml 2 n-HCl wird das vom Methionin im stöchiometrischen Verhältnis gebundene J in Freiheit gesetzt und kann mit 0,025 n-Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bestimmt werden. 1 ml 0,025 n-Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entspricht 1,86 mg Methionin.

4. Tryptophan wurde nach ROTH (1939) mittels der Xanthoprotein-Reaktion bestimmt. Als Standard diente ein Caseinpräparat.

5. Das halbessentielle Cystin blieb unberücksichtigt.

6. Die Gesamt-N-Bestimmungen aus der Trocken- bzw. Frischsubstanz sowie aus den Hydrolysaten erfolgten nach KJELDAHL unter Zusatz von Selenreaktionsgemisch nach WIENINGER. Der Reinprotein-N wurde nach Behandlung mit 2,5%iger Trichloressigsäure ermittelt (Methodenbuch, Bd. III).

### c) Fraktionierung des Eiweißkomplexes

Aus später noch zu erörternden Gründen wurde eine Fraktionierung des Eiweißkomplexes in Protein und N-haltige Nichtproteinverbindungen angestrebt. Über eine Möglichkeit der Isolierung und Trennung beider Fraktionen berichteten bereits MULDER und BAKEMA (1956), die beide Fraktionen durch Auswaschung mit Wasser aus der homogenisierten Frischsubstanz erhielten und dann durch Hitzeokoagulation voneinander trennten. Im einzelnen wurde nach methodischer Vorarbeit wie folgt verfahren: Von den über Winter gelagerten und bereits schwach gekeimten Proben wurden je 70 ca. 100 g schwere Knollen durch einen Fleischwolf getrieben und gut gemischt. 600 g der Frischsubstanz wurden mit einer Spatelspitze NaHSO<sub>3</sub> (zur Verhinderung der enzymatischen Dunkelfärbung) versetzt und auf einem Büchnertrichter mit ca. 800 ml Wasser sukzessive ausgewaschen. Zwecks Verhinderung mikrobieller Zersetzung wurde in die die Auswaschungsflüssigkeit aufnehmende Saugflasche etwas Toluol gegeben. Da bei der Zerkleinerung im Fleischwolf keineswegs alle Zellen zerstört werden und deshalb das hochmolekulare Eiweiß auch nur teilweise ausgewaschen wird, ist es erforderlich, den Rückstand nochmals fein zu zerkleinern (dieses wurde in Ermangelung eines Homogenisators in einer Mehrzweck-Schlagwerkmühle besorgt) und mit Wasser sukzessive bis zu 2 Liter Gesamtvolumen auszuwaschen. Auf diese Weise werden 80–85% des Gesamt-N ausgewaschen. Durch mehrmaliges Wiederholen der Zerkleinerung mit nachfolgender Auswaschung konnte bis zu 95% Gesamt-N ausgewaschen werden. Es kann deshalb angenommen werden, daß das im Rückstand verbleibende Eiweiß keine eigene Fraktion, sondern das Eiweiß unzerstörter Zellen darstellt. Intakte Zellwände verhindern aber das Inlösengehen hochmolekularen Eiweißes (BEŁOSERSKI und PROSKURJA-

kow, 1956). Die den größten Teil des Eiweißes und die gesamten N-haltigen Nichtproteinverbindungen enthaltende Lösung wird mit ca. 15 Tropfen Eisessig versetzt und 15 Min. in ein siedendes Wasserbad gestellt, wobei das Eiweiß koaguliert. Das Koagulat wurde in Ermangelung einer Zentrifuge auf einem Faltenfilter gesammelt und mit heißem, schwach essigsaurem Wasser gewaschen. Das die löslichen Nichtproteinverbindungen enthaltende Filtrat und die Waschflüssigkeit wurden vereinigt, im Vakuum zur Trockne eingeeengt, mit 6 n-HCl aufgenommen und zwecks Peptidspaltung 8 Stunden hydrolysiert. Für die Tryptophanbestimmung wurde vorher ein aliquoter Teil abgezweigt. Das Eiweißkoagulat wurde vom Filter vorsichtig abgeschabt (es kommt hierbei nicht auf quantitative Gewinnung an), schonend getrocknet und fein zerkleinert. Aus dieser Substanz wurde das Hydrolysat hergestellt und die Tryptophanbestimmung durchgeführt. Durch Gesamt-N-Bestimmungen von der Auswaschungsflüssigkeit (vor der Koagulation), vom Filtrat (nach der Koagulation) und

Tabelle 2. Vergleich zwischen der Reinproteinbestimmung aus der Frischsubstanz mittels Trichloressigsäurefällung und der aus der Proteinfällung nach Hitzekoagulation.

Sorte	Reinproteinanteil (Reinprotein in % des Rohproteins)	
	bestimmt aus der Frischsubstanz mittels Trichloressigsäurefällung	bestimmt an der Proteinfällung nach Hitzekoagulation
Frühmölle	48,8	48,6
Drossel	46,1	46,4
Meise	48,7	48,1
Aquila	54,0	53,2
Star	60,0	59,5
Capella	57,2	57,1

vom Auswaschrückstand wurden die prozentualen Anteile von Protein und N-haltigen Nichtproteinverbindungen ermittelt. Der im Auswaschrückstand verbliebene N wurde zum Eiweiß gerechnet, weil er in 2,5%iger Trichloressigsäure unlöslich ist. Die bereits von MULDER und BAKEMA (1956) gefundene gute Übereinstimmung zwischen dem Reinprotein-N (ermittelt mit Trichloressigsäure) und dem koagulierten Protein-N der Auswaschung + des N im Auswaschrückstand konnte bestätigt werden (Tab. 2). Die bei der

#### d) Berechnung des mittleren Fehlers der Bestimmung

Die papierchromatographischen Aminosäuren-Bestimmungen bei den einzelnen Sorten wurden mit je 5, diejenigen des Methionins und Tryptophans mit je 3 Wiederholungen durchgeführt. Nach  $s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{(x-\bar{x})^2}{n(n-1)}}$  wurde der mittlere Fehler der Bestimmung für die einzelnen Aminosäuren berechnet. Die gefundenen Minimal- und Maximalwerte sind in Tab. 3 angegeben.

### Ergebnisse

#### a) Untersuchungen des Jahres 1956

Durch die weitgehende Konstanzhaltung aller ökologischen Bedingungen beim Anbau der Sorten war die Gewähr gegeben, daß aufgetretene Unterschiede in der Zusammensetzung des Eiweißes sortentypisch bzw. genetisch bedingt sind. Betrachtet man unter dieser Voraussetzung die in Tab. 4 angegebenen Zahlenwerte, so kann tatsächlich eine Schwankungsbreite der biologischen Wertigkeit (EAA-Index = 64—79) festgestellt werden. Diese Schwankungsbreite entspricht etwa den in der Literatur von NEHRING und SCHWERDTFEGER (1957) und SCHUPHAN und POSTEL (1957) gemachten Angaben. Es wird hier offengelassen, ob eine solche Variationsbreite bereits Grundlage für eine erfolgreiche züchterische Arbeit sein kann. Immerhin ist zu erkennen, daß eine Erhöhung der biologischen Wertigkeit von den frühreifen zu den spätreifen Sorten vorliegt. Der Rohproteingehalt nimmt mit zunehmender Reifezeit ab, während die Reinproteinanteile (Reinprotein in % des Rohproteins) deutlich ansteigen. Es drängt sich daher der Gedanke auf, daß die Verbesserung der Wertigkeit hauptsächlich durch die Erhöhung des Reinproteinanteils hervorgerufen wird. Nach oft geäußelter Ansicht (KRÖNER und VÖLKSEN, 1950; SIGLE 1951) ist der lösliche Nichtprotein-N, also die Differenz Rohprotein minus Reinprotein (bei der Kartoffel landläufig Amid-N genannt), ernährungsphysiologisch weniger wertvoll als der Protein-N. Unter dieser Voraussetzung müßte folgerichtig die biologische Wertigkeit mit zunehmendem Reinproteinanteil bzw. zunehmender Reifezeit der Sorten zunehmen. Damit aber werden entschei-

Tabelle 3. Mittlere Fehler der Bestimmung der einzelnen Aminosäuren in verschiedenen Fraktionen.

Aminosäure	Mittlere Fehler des Mittelwertes							
	Proteinfraktion				N-haltige Nichtproteinfraktion			
	absolut		relativ		absolut		relativ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Leucin + Isoleucin	± 0,179	± 0,229	± 1,08	± 1,39	± 1,000	± 0,173	± 2,67	± 4,61
Phenylalanin	± 0,094	± 0,146	± 1,90	± 2,43	± 0,073	± 0,138	± 3,65	± 6,90
Tyrosin	± 0,085	± 0,198	± 1,54	± 3,60	± 0,098	± 0,175	± 2,80	± 5,00
Threonin	± 0,131	± 0,206	± 2,38	± 3,74	± 0,075	± 0,103	± 4,17	± 5,72
Histidin	± 0,048	± 0,112	± 1,92	± 4,48	± 0,043	± 0,068	± 3,91	± 6,18
Valin	± 0,116	± 0,187	± 1,66	± 2,67	± 0,118	± 0,178	± 3,37	± 5,08
Arginin	± 0,113	± 0,191	± 2,05	± 3,47	± 0,140	± 0,203	± 2,98	± 4,06
Lysin	± 0,151	± 0,184	± 2,16	± 2,63	± 0,063	± 0,094	± 4,50	± 6,71
Methionin	± 0,017	± 0,034	± 0,71	± 1,62	± 0,021	± 0,038	± 1,40	± 2,53
Tryptophan	± 0,037	± 0,061	± 1,85	± 3,05	± 0,028	± 0,038	± 6,83	± 9,27

Hydrolyse des Proteins (Reinheitsgrad 85—90%, bezogen auf 16% N) und der N-haltigen Nichtproteinverbindungen auftretenden N-Verluste durch Huminförderung betragen ca. 2 bzw. 4—6%. Sie liegen also besonders beim Protein wesentlich unter den Verlusten, die bei der Hydrolyse der gesamten Trockensubstanz (8—10 %) auftreten.

dende Fragen aufgeworfen: Sind die gefundenen Unterschiede (immer unter der Voraussetzung ökologisch gleicher Bedingungen) auf die unterschiedliche Zusammensetzung der Protein- bzw. N-haltigen Nichtproteinfraktion oder auf das Mengenverhältnis der beiden Fraktionen oder auf alle genannten Möglichkeiten zurückzuführen?

Tabelle 4. Gehalt an essentiellen Aminosäuren in Kartoffelsorten verschiedener Reifezeit, 1956 (ermittelt aus der Hydrolyse der Trockensubstanz).

Sorte	Reifezeit	Rohprotein (in % der Trocken- subst.)	Keinprotein- anteil (Rein- protein in % des Rohpro- teins)	Leucin + Isoleucin		Phenyl- alanin		Tyrosin	Threonin	Histidin	Valin	Arginin	Lysin	Methio- nin	Trypto- phan	EAA- Index
				%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Vera	früh	9,10	50,2	10,6	4,8	4,6	3,0	1,3	4,9	6,3	3,3	1,6	1,4	67,5		
Frühmölle		8,57	53,0	10,1	4,5	4,8	3,3	1,2	5,1	5,9	3,4	1,8	1,6	68,1		
Amsel		8,44	45,4	10,0	4,7	5,0	3,5	1,5	5,0	5,3	3,8	1,5	1,4	66,4		
Drossel	mittel- früh	8,75	47,7	9,9	4,1	5,2	3,4	1,1	5,4	5,2	3,1	1,5	1,3	63,8		
Leona		8,93	54,6	11,1	4,7	5,4	3,6	1,5	6,5	5,8	3,6	1,9	1,5	73,7		
Meise		6,95	58,2	11,3	4,8	4,6	3,1	1,9	5,8	5,1	4,0	1,9	1,7	73,6		
Cornelia	mittel- spät	9,23	63,1	11,5	5,2	4,9	3,2	1,5	5,9	6,5	4,5	1,8	1,6	75,1		
Schwalbe		7,87	62,5	12,1	5,3	4,1	3,4	1,6	6,7	5,3	3,9	1,9	1,7	74,7		
Nova		6,78	66,9	12,1	5,6	3,8	3,6	1,8	6,5	5,1	3,8	1,8	1,5	76,1		
Mira	spät	6,02	63,8	11,5	5,3	4,7	3,9	1,7	5,2	6,1	3,7	1,9	1,7	75,3		
Aquila		6,67	65,5	11,6	5,1	5,0	3,8	1,9	5,6	6,0	4,3	2,0	1,7	77,7		
S. and. 44.685/1		6,47	60,7	10,8	4,5	4,2	4,5	1,5	6,2	5,6	3,9	1,9	1,3	73,2		
Capella	spät	5,38	70,4	11,6	5,0	4,7	3,9	1,9	6,0	5,9	4,3	1,9	1,6	77,8		
Kotnow		7,31	66,8	11,7	5,1	4,5	4,5	2,0	5,1	6,1	4,0	2,0	1,7	78,4		
Lerche		5,89	70,6	12,6	5,1	4,8	4,3	1,9	6,3	5,3	4,4	1,8	1,6	78,6		
Ø		7,49	60,0	11,2	4,9	4,7	3,7	1,6	5,7	5,8	3,9	1,8	1,6	73,3		
Hühnerrei				17,2	6,3	4,5	4,9	2,1	7,3	6,4	7,2	4,1	1,5	100,0		

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden von den bereits untersuchten Sorten die essentiellen Aminosäuren der Protein- und N-haltigen Nichtproteinfraktionen getrennt bestimmt. Die in Tab. 5 angegebenen Werte lassen erkennen, daß zwischen den Proteinfraktionen verschiedener Sorten gewisse Unterschiede bestehen, die im EAA-Index mit 83—89 zum Ausdruck kommen. Die essentiellen Aminosäuren der N-haltigen Nichtproteinfraktion zeigen größere Schwankungen (EAA-Index 31—43). Die Unterschiede der Sorten im EAA-Index erweisen sich jedoch sowohl beim Protein als auch bei den N-haltigen Nichtproteinverbindungen als unabhängig von der Reifezeit. Die Aminosäuregehalte der einzelnen Fraktionen wurden nun unter Zugrundelegung der jeweiligen Reinproteinanteile rechnerisch zu einem Zahlenwert zusammengefaßt, s. Tab. 6. Die auf diese Weise gefundenen Werte und Wertigkeiten mußten mit denen, die aus den Gesamthydrolysaten ermittelt wurden (vgl. Tab. 4), übereinstimmen.

Das Material für die Gesamthydrolyse (Ergebnisse in Tab. 4) wurde vor Weihnachten, das für die Bestimmung in den Fraktionen (Ergebnisse Tab. 5 u. 6) nach

Weihnachten verarbeitet. Die nach Weihnachten untersuchten Proben waren bereits gekeimt. Eine vollständige Übereinstimmung der Werte von Tab. 4 und 6 konnte nicht erwartet werden, weil proteolytische Prozesse während der Lagerungsperiode das Gesamtbild möglicherweise verändert haben könnten. Hinzu kommt, daß die unterschiedlichen Hydrolysenverluste (Trockensubstanz 8—10%, Frischsubstanz 2 bzw. 4—6%) einen strengen Vergleich erschweren. Trotz dieser möglichen Fehlerquellen stimmen die in Tab. 4 und 6 auf unterschiedlichem Wege erhaltenen Ergebnisse befriedigend überein.

Wie in Tab. 4, so fällt auch in Tab. 6 wieder auf, daß die Zahlen für Wertigkeiten und Reinproteinanteile parallel verlaufen und mit zunehmender Vegetationsdauer ansteigen. Daß das kein zufälliges Ergebnis ist, bestätigen die Zahlen in Tab. 7. Dort sind die Reinproteinanteile von 34 Sorten an 7 Orten der durchschnittlichen Vegetationsdauer der Sorten gegenübergestellt worden. Die angegebenen Korrelationskoeffizienten beweisen den Zusammenhang zwischen Reinproteinanteil und Reifezeit. Aber nicht nur zwischen den Reifezeit-Gruppen, sondern auch zwischen den Sorten innerhalb der Reifezeit-Gruppen (Tab. 7) liegen Unterschiede im Reinproteinanteil vor, die sta-

Tabelle 5. Gehalt an essentiellen Aminosäuren in Kartoffelsorten verschiedener Reifezeit nach Fraktionen getrennt, 1956 (ermittelt an den aus der Frischsubstanz isolierten Fraktionen. P = Proteinfraktion; N = N-haltige Nichtproteinfraktion).

Sorte	Reifezeit	Rohprotein (in % der Trocken- substanz)	Reinpro- teinanteil (Reinprotein in % des Rohproteins)	Leucin + Isoleucin		Phenyl- alanin		Tyrosin		Threonin		Histidin		Valin		Arginin		Lysin		Methio- nin		Trypto- phan		EAA- Index (Protein- fraktion)	EAA- Index (N-halti- ge Nicht- protein- fraktion)
				P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N		
Vera	früh	9,10	50,2	15,1	3,8	5,7	1,8	4,9	2,1	4,8	1,2	2,4	0,4	6,3	2,9	5,4	4,8	6,7	1,6	2,2	1,3	1,9	—	88,1	30,8
Frühmölle		8,57	53,0	15,5	2,9	5,5	2,0	4,5	4,2	5,4	2,9	2,3	0,6	5,8	2,9	4,9	4,3	6,8	1,7	2,1	1,4	2,0	—	86,4	37,0
Amsel		8,44	45,4	15,4	4,0	5,9	1,7	5,0	4,2	4,6	2,8	2,1	0,7	6,0	3,1	5,8	5,7	5,6	1,5	2,0	1,3	1,9	—	86,1	38,8
Drossel	mittel- früh	8,75	47,7	14,3	5,6	5,8	2,3	5,3	4,6	4,2	1,6	2,2	0,7	5,2	3,2	5,0	5,9	5,7	1,1	2,3	1,0	2,2	—	83,4	37,3
Leona		8,93	54,6	16,0	3,7	6,1	1,9	5,4	3,0	5,7	2,7	2,4	1,0	6,8	3,0	4,9	3,6	6,2	0,7	2,0	1,2	1,8	—	87,7	33,9
Meise		6,95	58,2	15,9	4,4	6,0	2,2	5,8	2,8	5,0	1,9	2,3	0,8	6,5	3,9	5,1	5,4	6,0	1,7	2,2	0,9	1,9	—	88,0	37,2
Cornelia	mittel- spät	9,23	63,1	15,9	3,7	5,8	1,7	5,8	3,0	5,0	2,2	2,1	1,1	5,6	2,7	4,6	6,0	5,7	0,8	2,1	0,9	2,0	—	84,7	34,0
Schwalbe		7,87	62,5	17,2	3,0	6,1	1,6	5,5	5,1	5,7	2,5	2,2	0,7	6,0	2,6	5,3	4,3	6,2	2,1	2,2	1,3	1,8	—	88,8	36,7
Nova		6,78	66,9	15,3	2,0	5,6	1,5	5,0	3,1	6,0	2,4	2,1	1,1	6,1	4,1	5,1	5,1	6,7	1,4	2,3	1,0	1,8	—	87,9	35,0
Mira	spät	6,02	63,8	16,5	3,9	6,6	2,6	5,8	3,0	5,1	3,1	2,5	1,3	6,0	2,6	5,0	3,3	6,2	0,3	2,3	1,6	1,9	—	88,6	33,8
Aquila		6,67	65,5	15,2	3,7	6,2	1,8	5,1	2,3	5,6	1,2	2,1	1,2	6,0	3,0	5,3	3,8	6,6	0,8	2,2	1,2	1,9	—	88,4	41,4
<i>Solanum andigenum</i>																									
44.685/1	spät	8,47	60,7	17,4	3,6	6,8	1,7	4,9	4,2	5,5	1,4	2,3	0,9	5,4	3,2	4,5	5,9	6,1	1,1	2,4	1,5	1,8	—	87,3	36,2
Capella		5,38	70,4	15,8	2,1	6,2	3,7	5,5	4,2	5,5	2,8	2,4	1,2	6,3	2,3	4,9	3,9	6,5	0,6	2,1	1,2	2,0	—	87,9	34,9
Kotnow		7,31	66,8	15,7	3,8	5,8	2,5	5,4	3,7	6,2	2,0	2,2	0,9	6,8	3,4	4,0	5,4	7,0	0,3	2,5	1,0	1,9	—	88,4	32,6
Lerche	5,89	70,6	15,7	5,0	6,1	2,2	5,6	4,7	5,0	2,8	2,1	1,3	5,8	3,3	4,7	4,9	6,1	1,1	2,0	1,7	1,9	—	85,7	42,9	
Ø		7,62	60,0	15,8	3,7	6,0	2,1	5,3	3,6	5,3	2,2	2,3	0,9	6,0	3,1	5,0	4,8	6,3	1,1	2,2	1,2	1,9	—	87,2	35,5

<sup>1</sup> Das Tryptophan der N-haltigen Nichtproteinfraktion wurde nicht bestimmt. Für weitere Berechnungen wurde ein durchschnittlicher Wert von 0,4% zugrunde gelegt.

Tabelle 6. Gehalt an essentiellen Aminosäuren in Kartoffelsorten verschiedener Reifezeit, 1956 (errechnet aus den Werten der in Tab. 5 angegebenen Fraktionen)

Sorte	Reifezeit	Reinprotein- anteil (Reinprotein in % des Rohproteins)	Leucin+	Phenyl-	Tyrosin	Threonin	Histidin	Valin	Arginin	Lysin	Methio-	Trypto-	EAA- Index
			Isoleucin	alanin	%	%	%	%	%	%	%	%	
Vera	früh	50,2	9,51	3,76	3,52	3,01	1,40	4,61	5,12	4,16	1,75	1,15	63,4
		Frühmölle	53,0	9,58	3,86	4,36	4,23	1,52	4,44	4,62	4,40	1,77	1,25
Amsel	mittel- früh	45,4	9,18	3,61	4,56	3,02	1,34	4,42	5,75	3,36	1,62	1,08	63,4
Drossel		47,7	9,70	4,02	4,89	2,80	1,42	4,20	5,48	3,30	1,59	1,31	63,4
Leona	mittel- früh	54,6	10,39	4,20	4,31	4,28	1,76	5,12	4,30	3,70	1,62	1,21	68,2
Meise		58,2	11,09	4,41	4,55	3,71	1,67	5,41	5,23	4,21	1,66	1,27	71,1
Cornelia	mittel- früh	63,1	11,40	4,29	4,77	3,97	1,79	4,53	5,12	3,89	1,66	1,45	71,0
Schwalbe		62,5	11,90	4,40	5,35	4,51	1,61	4,75	4,93	4,68	1,86	1,32	73,3
Nova	mittel- spät	66,9	10,91	4,24	4,37	4,81	1,77	5,44	5,10	4,95	1,87	1,34	75,1
Mira		63,8	11,94	5,15	4,79	4,38	2,07	4,77	4,38	4,06	2,05	1,36	75,1
Aquila	mittel- spät	65,5	11,23	4,68	4,13	4,08	1,79	4,97	4,78	4,60	1,86	1,38	73,0
S. and. 44.685/1		60,7	11,98	4,80	4,63	3,89	1,75	4,54	5,05	4,14	2,05	1,25	72,7
Capella	spät	70,4	11,74	5,46	5,12	4,70	2,05	5,12	4,60	4,75	1,83	1,56	77,9
Kotnow		66,8	11,75	4,70	4,84	4,81	1,77	5,67	4,47	4,78	2,00	1,40	76,6
Le che	spät	70,6	12,55	4,95	5,34	4,35	1,86	5,07	4,76	4,63	1,91	1,46	76,4
Ø		60,0	11,0	4,44	4,63	4,08	1,70	4,87	4,91	4,24	1,81	1,32	71,2
Hühnerrei			17,2	6,3	4,5	4,9	2,1	7,3	6,4	7,2	4,1	1,5	100,0

Tabelle 7. Durchschnittliche Vegetationsdauer und Reinproteinanteile (Reinprotein in % des Rohproteins, bestimmt aus der Trockensubstanz mittels Trichloressigsäurefällung) von sämtlichen Sorten der Haupt- und Kontrollprüfung an einigen Orten der DDR 1956 und Korrelationen zwischen Vegetationsdauer und Reinproteinanteil.

Sorte	Durchschnittliche Vegetations- dauer in Tagen <sup>1</sup>	Reinproteinanteil an den verschiedenen Orten							$\bar{x}$ Sor- ten	$\bar{x}$ Reife- gruppen	GD <sub>5</sub> %	
		Unter- göltzsch	Berthels- dorf	Rohr- bach	Wentow	Lud- wigslust	Ogroßen	Groß- Lüsewitz				
Frühe Reifegruppe	Erstling	104	55,5	49,0	54,5	52,2	50,8	50,4	58,4	53,0	51,7	3,07
	Frühbote	105	42,0	39,6	43,4	43,4	43,9	43,1	49,7	43,6		
Mittelfrühe Reifegruppe	Anemone	106	56,6	52,2	51,4	55,0	50,3	46,0	52,4	52,0	59,6	3,62
	Vera	108	51,3	49,9	51,5	55,7	49,1	51,8	59,8	52,7		
	Frühmölle	110	61,3	56,9	62,1	54,2	58,1	52,2	60,7	57,9		
	Sieglinde	114	47,7	48,3	49,9	49,8	46,7	52,6	53,2	49,7		
	Amsel	116	59,5	52,0	51,7	54,0	47,1	53,9	51,9	52,9		
	Drossel	119	58,0	58,0	53,3	56,7	58,4	55,6	61,2	57,3		
	Leona	122	60,1	53,3	57,3	54,4	62,5	53,3	61,1	57,4		
	Bona	123	56,1	60,7	59,3	66,1	61,0	60,1	67,3	61,5		
	Frühnudel	127	59,5	61,4	62,9	53,8	55,7	56,4	54,4	57,7		
	Meise	128	61,2	58,1	62,4	58,8	56,7	66,1	67,5	61,5		
Mittelspäte Reifegruppe	Fink	130	55,8	59,4	60,9	58,6	51,3	54,1	62,7	57,5	62,0	3,26
	Ma. 46.1/113	130	65,8	59,4	61,8	67,0	58,1	65,0	64,1	63,0		
	Cornelia	131	65,7	64,1	62,2	63,4	58,5	58,1	61,6	61,9		
	Mittelfrühe	131	57,9	54,1	60,8	59,2	54,6	62,4	62,1	58,7		
	Bürs H 135946	138	57,4	59,8	58,1	57,3	60,8	61,6	65,8	60,1		
	Johanna	140	60,4	65,1	66,0	65,6	59,8	64,8	67,4	64,2		
	Schwalbe	141	68,0	68,3	63,6	68,5	66,9	74,0	66,8	68,0		
	Argo	142	61,5	62,6	57,7	64,0	57,4	57,3	61,3	60,3		
	Nova	142	64,1	66,3	60,3	69,0	63,0	63,9	64,7	63,0		
	Li. 1745/48	143	59,7	54,1	55,9	55,9	64,5	57,3	57,0	57,8		
Späte Reifegruppe	Mira	144	61,8	65,9	66,2	58,9	58,3	60,5	64,7	62,3	64,3	3,45
	Aquila	148	64,5	59,9	58,9	63,2	57,6	67,0	65,3	62,3		
	Li. 1878/48	149	62,4	54,5	60,7	59,1	60,7	62,0	58,7	59,7		
	Voran	150	60,6	69,2	66,0	64,1	62,7	61,3	72,2	65,2		
	Merkur	151	52,6	52,9	58,2	52,3	58,5	51,3	64,0	55,7		
	Li. 1951/48	152	70,5	66,1	63,9	60,1	65,8	63,8	67,6	65,4		
	Ma. 46.1/715	152	71,5	68,5	66,9	64,6	65,6	68,0	69,6	67,8		
	Star	156	72,9	70,1	70,2	65,4	62,4	71,4	71,5	69,1		
Ackersegen	156	67,2	59,0	58,7	55,8	65,5	59,2	65,1	61,5			
Li. 1879/48	156	56,8	63,0	59,5	59,4	58,2	65,7	65,7	61,2			
Capella	158	72,7	68,1	69,4	66,9	65,1	69,2	67,5	68,4			
	$\bar{x}$ Orte		60,6	59,1	59,6	58,9	58,0	59,4	62,5			
Korrelationen zwischen der durchschnittlichen Vegeta- tionsdauer und dem Rein- proteinanteil an den ver- schiedenen Orten	$r$		+ 0,65	+ 0,73	+ 0,70	+ 0,58	+ 0,76	+ 0,74	+ 0,70			
	Zufalls- höchst- wert für P% = 1		0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44			

Für alle Sorten und Orte lauten die Grenzdifferenzen: GD<sub>5</sub>% Sorten = 3,33  
GD<sub>5</sub>% Orte = 1,54

<sup>1</sup> Die Werte für die durchschnittliche Vegetationsdauer der Sorten und Stämme wurden von Herrn Dr. H. GALL, Ministerium für Land- und Forstwirtschaft (Zentralstelle für Sortenwesen), in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

tistisch gesichert werden konnten. Auch die Orte mit ihren unterschiedlichen Bedingungen bleiben nicht ohne signifikanten Einfluß auf den Reinproteinanteil. Die F-Teste in Tab. 8 zeigen aber, daß der Einfluß der Sorten den der Orte wesentlich übertrifft, d. h., daß innerhalb eines Jahres im Gebiete der DDR der Reinproteinanteil stärker durch die erbliche Veranlagung als durch die Umwelt bedingt wird.

Tabelle 8. *Varianztabellen zur Verrechnung der in Tab. 7 angegebenen Reinproteinanteile.*

Streuungsursache	SQ	FG	s <sup>2</sup> (SQ/FG)	F-Test	
					F Tab.
Frühe Reifegruppe:					
Gesamt	1266,83	48			
Sorten	788,16	6	131,36	16,40	(2,36)
Orte	190,36	6	31,73	3,96	(2,36)
Fehler	288,31	36	8,01		
Mittelfrühe Reifegruppe:					
Gesamt	975,27	62			
Sorten	301,70	8	37,71	3,33	(2,14)
Orte	129,50	6	21,58	1,90	(2,30)
Fehler	544,07	48	11,33		
Mittelspäte Reifegruppe:					
Gesamt	1004,48	62			
Sorten	502,35	8	62,79	6,81	(2,14)
Orte	59,61	6	9,94	1,08	(2,30)
Fehler	442,62	48	9,22		
Späte Reifegruppe:					
Gesamt	1674,51	55			
Sorten	1023,96	7	146,28	14,20	(2,25)
Orte	218,07	6	36,35	3,53	(2,33)
Fehler	432,48	42	10,30		
Sämtliche Reifegruppen zusammen:					
Gesamt	9570,07	230			
Sorten	7265,06	32	227,03	22,70	(1,52)
Orte	385,73	6	64,29	6,43	(2,14)
Fehler	1919,28	192	10,00		

Auf Grund der angeführten Tatsachen können die auf Seite 53 aufgeworfenen Fragen in folgender Weise beantwortet werden:

1. Der Anteil an Reinprotein hat wohl den größten Einfluß auf die Erhöhung der biologischen Wertigkeit des Kartoffeleiweißes.

2. Die geringen Schwankungen in der Aminosäurezusammensetzung der Reinproteinfraktion scheinen für die Wertigkeit praktisch keine Rolle zu spielen.

3. Die N-haltige Nichtproteinfraktion nimmt offensichtlich bei der Beurteilung der Wertigkeit eine Mittelstellung zwischen den beiden vorher genannten Komponenten ein.

4. Alle drei Komponenten bestimmen gemeinsam die biologische Wertigkeit des Kartoffeleiweißes; ihre Bedeutung ist dabei allerdings unterschiedlich zu bewerten.

Um die Bedeutung des Anteils an Reinprotein, der Aminosäurezusammensetzung der Proteinfraktion und der Aminosäurezusammensetzung der N-haltigen Nichtproteinfraktion genauer abzuschätzen, wurden in drei Modellbeispielen von den drei Einfluß ausübenden Komponenten (1. Anteil an Reinprotein, 2. Aminosäurezusammensetzung der Reinproteinfraktion, 3. Aminosäurezusammensetzung der N-haltigen Nichtproteinfraktion) jeweils zwei kon-

Tabelle 9. *Einfluß des unterschiedlichen Reinproteinanteiles auf den EAA-Index bei gleichbleibender Zusammensetzung der Protein- und N-haltigen Nichtproteinfraktion. Sorte Erstling, 1956.*

Aminosäure	Proteinfraktion	N-haltige Nichtproteinfraktion	Errechnete Werte der Kombinationen	
			Reinproteinanteil 45%	Reinproteinanteil 70%
Leucin + Isoleucin	15,00	4,95	9,47	11,99
Phenylalanin	5,10	2,10	3,45	4,20
Tyrosin	4,80	2,90	3,76	4,23
Threonin	5,00	1,27	2,95	3,88
Histidin	1,96	0,70	1,27	1,58
Valin	6,25	4,70	5,40	5,79
Arginin	5,10	5,20	5,16	5,13
Lysin	6,54	1,53	3,78	5,04
Methionin	2,33	1,57	1,91	2,10
Tryptophan	1,94	0,47	1,13	1,50
EAA-Index maximale Erhöhung			63,1	75,4
				12,3

stant gehalten, während die dritte im Ausmaß der tatsächlich aufgetretenen größten Schwankung verändert wurde. In Tab. 9 wird an Durchschnittswerten der Sorte Erstling demonstriert, wie sich die Erhöhung des Anteils an Reinprotein bei gleichbleibender Zusammensetzung der Protein- und N-haltigen Nichtproteinfraktion auswirkt. Eine Erhöhung des Anteils an Reinprotein von 45 auf 70% (das entspricht der Variationsbreite dieses Merkmals im Jahre 1956, vgl. Tab. 5) hat eine Verbesserung der biologischen Wertigkeit von 12 Index-Zahlen zur Folge. Dagegen steigt der EAA-Index nur um 2,5 Einheiten (Tab. 10), wenn

Tabelle 10. *Einfluß der unterschiedlichen Aminosäurezusammensetzung der Proteinfraktion auf den EAA-Index bei konstanter N-haltiger Nichtproteinfraktion und konstantem Reinproteinanteil von 50,2%. Sorte Erstling, 1956.*

Aminosäure	N-haltige Nichtproteinfraktion	Proteinfraktionen		Errechnete Werte der Kombinationen	
		EAA-Index 37,0	EAA-Index 83,4	83,4 + 37,0	88,8 + 37,0
Leucin + Isoleucin	2,9	14,3	17,2	8,62	10,08
Phenylalanin	2,0	5,8	6,1	3,91	4,06
Tyrosin	4,2	5,3	5,5	4,75	4,85
Threonin	2,9	4,2	5,7	3,55	4,31
Histidin	0,6	2,2	2,2	1,40	1,40
Valin	2,9	5,2	6,0	4,05	4,46
Arginin	4,3	5,0	5,3	4,65	4,80
Lysin	1,7	5,7	6,2	3,71	3,96
Methionin	1,4	2,3	2,2	1,85	1,80
Tryptophan	0,4	2,2	1,8	1,30	1,10
EAA-Index maximale Erhöhung				64,4	66,9
					2,5

bei konstanter Zusammensetzung der N-haltigen Nichtproteinfraktion und einem konstanten Reinproteinanteil von 50,2% die Wertigkeit der Proteinfraktion von 83,4 auf 88,8 (das entspricht den Schwankungen der Proteinfraktion im Jahre 1956, vgl. Tab. 5) erhöht wird. Wird unter Konstanthaltung der Zusammensetzung der Proteinfraktion und des Reinproteinanteils (50,2%) der EAA-Index der N-haltigen Nichtproteinfraktion von 30,8 auf 42,9 verbessert (das entspricht den Schwankungen der N-haltigen Nichtproteinfraktion im Jahre 1956, vgl. Tab. 5), so erhöht sich die Wertigkeit um 5,5 Einheiten, s. Tab. 11. Es muß aber ausdrücklich betont werden,



Tabelle 13. Gehalt an essentiellen Aminosäuren in Kartoffelsorten verschiedener Reifezeit, 1957 (errechnet aus den Werten der in Tab. 12 angegebenen Fraktionen).

Sorte	Reifezeit	Reinproteinanteil	Leucin + Isoleucin	Phenylalanin	Tyrosin	Threonin	Histidin	Valin	Arginin	Lysin	Methionin	Tryptophan	EAA-Index
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
Frühhöle	früh	48,8	10,18	4,13	4,02	3,20	1,79	5,82	5,40	4,42	1,71	1,03	65,3
Drossel	mittel-früh	46,1	9,83	3,79	3,71	3,02	1,70	5,71	5,13	4,18	1,61	0,94	64,2
Meise	mittel-früh	48,7	10,33	3,77	3,84	3,23	1,92	5,98	5,67	4,30	1,73	1,09	69,1
Aquila	mittel-spät	54,0	10,86	4,58	5,31	4,11	1,87	6,88	6,55	5,51	2,33	1,17	80,2
S. and. 44.685/1	mittel-spät	52,5	10,57	4,20	3,92	3,60	1,95	6,28	6,93	5,66	2,42	1,15	77,1
Star	spät	60,0	11,86	5,24	5,34	4,08	1,96	6,96	6,14	5,64	2,11	1,26	82,0
Capella	spät	57,2	11,11	4,77	4,89	3,89	2,04	7,02	5,76	5,30	2,13	1,26	79,8
Ø		52,5	10,68	4,35	4,43	3,59	1,89	6,38	5,94	5,00	2,01	1,13	74,0
Hühnerei			17,2	6,3	4,5	4,9	2,1	7,3	6,4	7,2	4,1	1,5	100,0

des geringeren Reinproteinanteils sollte man erwarten, daß die biologische Wertigkeit 1957 ganz allgemein sinken würde. Die allerdings nur an wenigen Sorten gewonnenen Ergebnisse zeigen jedoch eine gegenläufige Tendenz. Eine Erklärung hierfür kann nur darin gesehen werden, daß die absoluten Aminosäurewerte 1957 auf einer im Vergleich zu 1956 höheren Ebene liegen. Diese Tatsache weist auf den durch die Jahreswitterung bedingten ökologischen Einfluß hin.

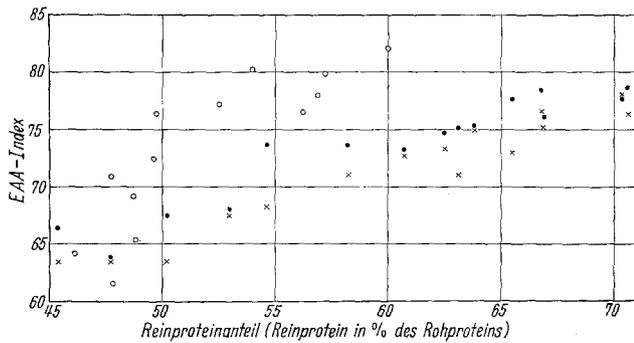


Abb. 1. Die korrelativen Beziehungen zwischen Reinproteinanteil und biologischer Wertigkeit.

	n	r	Zufallshöchstwert für P% = 1
● 1956 aus Trockensubstanz ermittelte Werte	15	+ 0,96	0,66
× 1956 aus den Fraktionen errechnete Werte	15	+ 0,97	0,66
○ 1957 aus den Fraktionen errechnete Werte	13	+ 0,76	0,69

Tabelle 14. Einfluß des unterschiedlichen Reinproteinanteils auf den EAA-Index bei gleichbleibender Zusammensetzung der Protein- und N-haltigen Nichtproteinfraktion, Sorte Erstling, 1957

Aminosäure	Proteinfraktion	N-haltige Nichtproteinfraktion	Errechnete Werte der Kombinationen	
			Reinproteinanteil 45%	Reinproteinanteil 60%
Leucin + Isoleucin	17,4	3,5	9,76	11,84
Phenylalanin	6,2	1,6	3,67	4,36
Tyrosin	5,3	2,3	3,65	4,10
Threonin	5,6	1,0	3,07	3,76
Histidin	2,9	0,9	1,80	2,10
Valin	8,3	3,9	5,88	6,54
Arginin	4,9	6,4	5,73	5,50
Lysin	7,0	1,7	4,09	4,88
Methionin	2,40	1,06	1,66	1,86
Tryptophan	1,91	0,41	1,09	1,31
EAA-Index maximale Erhöhung			66,7	76,5
			9,8	

Die N-haltige Nichtproteinfraktion läßt ferner die 1956 nicht in Erscheinung getretene Tatsache erkennen, daß die Werte der essentiellen Aminosäuren mit zunehmendem Reinproteinanteil ebenfalls ansteigen. Eine Erklärung hierfür kann nicht gegeben werden. Es kann nur auf die mangelnde Vergleichbarkeit beider Jahre (1956 Untersuchung bereits gekeimter Knol-

Tabelle 15. Einfluß unterschiedlicher Aminosäurezusammensetzung der Proteinfraktion auf den EAA-Index bei konstanter N-haltiger Nichtproteinfraktion und konstantem Reinproteinanteil von 50,0%. Sorte Erstling, 1957.

Aminosäure	N-haltige Nichtproteinfraktion EAA-Index 34,0	Proteinfraktionen		Errechnete Werte der Kombinationen	
		EAA-Index 91,9	EAA-Index 96,1	91,9 + 34,0	96,1 + 34,0
Leucin + Isoleucin	3,5	17,4	17,3	10,45	10,40
Phenylalanin	1,6	6,2	6,7	3,90	4,15
Tyrosin	2,3	5,3	6,6	3,80	4,45
Threonin	1,0	5,6	6,0	3,30	3,0
Histidin	0,9	2,9	2,3	1,90	1,60
Valin	3,9	8,3	9,0	6,10	6,45
Arginin	6,4	4,9	6,8	5,65	6,60
Lysin	1,7	7,0	8,5	4,35	5,10
Methionin	1,06	2,40	2,76	1,73	1,91
Tryptophan	0,41	1,91	1,87	1,16	1,14
EAA-Index maximale Erhöhung				70,0	73,7
				3,7	

Tabelle 16. Einfluß unterschiedlicher Aminosäurezusammensetzung der N-haltigen Nichtproteinfraktion auf den EAA-Index bei konstanter Zusammensetzung der Proteinfraktion und konstantem Reinproteinanteil von 50,0%, Sorte Erstling, 1957.

Aminosäure	Proteinfraktion EAA-Index 94,1	N-haltige Nichtproteinfraktionen		Errechnete Werte der Kombinationen	
		EAA-Index 27,8	EAA-Index 46,0	94,1 + 27,8	94,1 + 46,0
Leucin + Isoleucin	16,2	3,2	4,0	9,70	10,10
Phenylalanin	6,1	1,8	2,9	3,95	4,50
Tyrosin	5,4	2,0	4,5	3,70	4,95
Threonin	5,6	0,8	1,5	3,20	3,55
Histidin	2,6	0,7	1,3	1,65	1,95
Valin	8,3	3,3	4,8	5,80	6,55
Arginin	6,1	5,1	6,2	5,60	6,15
Lysin	8,0	1,4	2,1	4,70	5,05
Methionin	2,58	0,95	1,49	1,77	2,04
Tryptophan	1,84	0,20	0,46	1,02	1,15
EAA-Index maximale Erhöhung				67,6	76,1
				8,5	

len, 1957 frische Knollen) hingewiesen werden. Insgesamt gesehen würde — sofern diese Tendenz an einem größeren Sortiment bestätigt werden kann — bei anteilmäßiger Verringerung der N-haltigen Nichtproteinfraktion die biologische Wertigkeit nicht nur durch den größeren Reinproteinanteil, sondern auch durch das Anwachsen der essentiellen Aminosäuren in der N-haltigen Nichtproteinfraktion zunehmen. Für diese Annahme sprechen auch ferner die in Tab. 12 angegebenen Werte für den  $\text{NH}_3$ - + Amid-Stickstoff, die mit sinkendem Anteil der Proteinfraktion zunehmen.

Die in vorliegender Arbeit angewandte Betrachtungsweise beschränkte sich ausschließlich auf den Vergleich der durch die Gesamtheit der essentiellen Aminosäuren errechneten biologischen Wertigkeit. Berücksichtigt man jedoch die in pflanzlichen Proteinen gewöhnlich limitierenden Aminosäuren Lysin und Methionin (NEHRING und SCHWERDTFEGER, 1957), so ergibt sich auch bei allen untersuchten Kartoffelsorten die besondere Stellung dieser Aminosäuren. Insbesondere Methionin zeichnet sich durch die niedrigsten Eiweißverhältnisse aus und begrenzt somit die biologische Wertigkeit des Kartoffeleiweißes. Eine Verbesserung der biologischen Wertigkeit wäre also auch zu erreichen, wenn es gelänge, den Anteil der limitierenden Aminosäuren Methionin und Lysin zu erhöhen.

Orientierende Untersuchungen an Wildkartoffeln ergaben, daß z. B. Klone der 24 chromosomigen südamerikanischen Kartoffelart *Solanum phureja* (*kesselbrenneri*) einen relativ hohen Anteil an essentiellen Aminosäuren in der N-haltigen Nichtproteinfraktion aufweisen. Der Methioningehalt übertraf den der Kulturkartoffelsorten um etwa 100%. Dagegen konnten in der Zusammensetzung des Proteins keine beachtlichen Unterschiede gefunden werden. Eine genaue Analyse der Wildformen müßte zeigen, ob auf dieser Grundlage größere Erfolge zu erwarten sind. Dabei ist zu beachten, daß die Zusammensetzung der N-haltigen Nichtproteinfraktion von ökologischen Einflüssen weit stärker abhängt als die Zusammensetzung des Proteins.

Die Züchtung auf höheren Reinproteinanteil bietet wahrscheinlich den aussichtsreichsten Weg, die biologische Wertigkeit in bestimmten Grenzen zu verbessern. Voraussetzung ist allerdings, daß es Klone gibt, die sich im Reinproteinanteil deutlich unterscheiden und deren Unterschiede erblich bedingt sind. Diese Voraussetzung ist aber gegeben, denn die Zahlen der Tab. 7 haben bewiesen, daß nicht nur zwischen den Reifegruppen, sondern auch zwischen den Sorten innerhalb einer Reifegruppe gesicherte Unterschiede bestehen und daß die erblich bedingten Unterschiede zwischen den Sorten die ökologischen Einflüsse an den verschiedenen Orten wesentlich überwiegen (vgl. F-Teste in Tab. 8).

Auf Grund unserer bisherigen Untersuchungen sind Erfolgsaussichten für eine Verbesserung der biologischen Wertigkeit des Kartoffeleiweißes vorhanden; man sollte sie aber keinesfalls überschätzen.

Von den drei in dieser Arbeit aufgezeigten Wegen ist für die Züchtung der einfachste und aussichtsreichste der über die Erhöhung des Reinproteinanteils. Dieser Weg wäre auch hinsichtlich des Arbeitsaufwandes sehr vorteilhaft, denn der Reinproteinanteil kann durch Bestimmung des Roh- und Reinproteins relativ einfach und schnell ermittelt werden. Da an-

dererseits neben der qualitativen Verbesserung die quantitative Steigerung der pflanzlichen Eiweißherzeugung eine mindestens ebenso große Rolle spielt, könnten durch die Bestimmung des Roh- und Reinproteins beide Ziele gleichzeitig verfolgt werden. Über die Aussichten einer quantitativen Steigerung des Eiweißgehaltes der Kartoffel durch züchterische Maßnahmen soll in einer demnächst erscheinenden Arbeit berichtet werden.

### Zusammenfassung

1. Um Grundlagen für eine qualitative Verbesserung des Kartoffeleiweißes auf züchterischem Wege zu erhalten, wurde 1956 und 1957 eine Anzahl von Kartoffelsorten verschiedener Reifezeiten auf ihren Gehalt an essentiellen Aminosäuren untersucht. Zu diesem Zweck ist eine Fraktionierung des Eiweißkomplexes in eine Protein- und N-haltige Nichtproteinfraktion vorgenommen worden.

2. Die durchschnittlichen biologischen Wertigkeiten (EAA-Index) lagen 1956 bei 71 (63—78) und 1957 bei 74 (64—82). Die entsprechenden Werte betragen für die Proteinfraktion 1956 87 (83—89), 1957 94 (92—96) und für die N-haltige Nichtproteinfraktion 1956 36 (31—43) und 1957 38 (28—46).

3. In beiden Jahren ergab sich eine positive Beziehung zwischen biologischer Wertigkeit (EAA-Index) und Reinproteinanteil (Reinprotein in % des Rohproteins). Der Reinproteinanteil wiederum korrelierte positiv mit der Reifezeit.

4. Drei in der Stärke ihres Einflusses unterschiedliche Komponenten bestimmen im wesentlichen die biologische Wertigkeit des Kartoffeleiweißes. Den größten Einfluß übt der Reinproteinanteil, den geringsten die Zusammensetzung der Proteinfraktion aus; die Zusammensetzung der Fraktion der N-haltigen Nichtproteinverbindungen nimmt eine Mittelstellung zwischen den beiden vorhergenannten Komponenten ein.

5. Die Züchtung auf hohen Reinproteinanteil erscheint demzufolge als der aussichtsreichste und einfachste Weg, die biologische Wertigkeit des Kartoffeleiweißes zu verbessern.

### Literatur

1. BECKER, G.: Problematik der Qualitätszüchtung. Berichte und Vorträge der DAL zu Berlin II, 203—224 (1955). — 2. BELOSERSKI, A. N. und N. I. PROSKURJAKOW: Praktikum der Biochemie der Pflanzen. Berlin 1956; Deutscher Verlag der Wissenschaften. — 3. BLOCK, R. J. und H. H. MITCHELL: The correlation of the amino acid composition of proteins with their nutritive value. *Nutrit. Abstr. Rev.* 16, 249—278 (1946/47). — 4. KRÖNER, W. und W. VÖLKSSEN: Die Kartoffel. 2. Auflage, Johann Ambrosius Barth-Verlag 1950. — 5. LAVINE, T. F.: An iodometric determination of methionine. *J. Biol. Chem.* 151, 281—297 (1943). — 6. McFARREN, E. F.: Buffered filter paper chromatography of the amino acids. *Analyt. Chem.* 23, 168—174 (1951). — 7. MULDER, E. G. und K. BAKEMA: Effect of the nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium nutrition of potato plants on the content of free amino-acids and on the amino-acid composition of the protein of the tubers. *Plant and Soil* VII, 135—165 (1956). — 8. NEHRING, K. und E. SCHWERDTFEGER: Die quantitative Bestimmung der essentiellen Aminosäuren in Nahrungs- und Futtermitteln. *Pharmazie* 9, 913—921 (1954). — 9. NEHRING, K.: Probleme der Qualitätsforschung in der Tierernährung. Berichte und Vorträge der DAL zu Berlin II, 203—224 (1955). — 10. NEHRING, K. und E. SCHWERDTFEGER: Der Gehalt an essentiellen Aminosäuren in einigen Nahrungs- und Futtermitteln. *Z. f. Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* 105, 12—21 (1957). —

11. OSER, B. L.: Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. Jour. Amer. Diet. Assoc. 27, 396—402 (1951). — 12. ROTH, H.: Die Bestimmung des freien und gebundenen Tryptophans in Pflanzen. Angew. Chem. 52, 149 (1939). — 13. SCHUPHAN, W. und W. POSTEL: Über die biologische Wertigkeit des Kartoffeleiweißes. Die Naturwissenschaften 44, 40—41 (1957). — 14. SCHWARZE, P.

und R. v. SENGBUSCH: Eine Methode zur Bestimmung des Rohproteingehaltes in Zuchtmaterial. Der Züchter 9, 256—266 (1937). — 15. SCHWARZE, P.: Über die Methodik der Auslese eiweißreicher Zuchtstämme und die Variabilität der Eiweißqualität in Zuchtmaterial. Z. f. Pflanzenzüchtung 26, 1—55 (1944). — 16. SIGLE, K.: Das Kartoffeleiweiß, seine Steigerung und Verwertung. Z. f. Acker- und Pflanzenbau 93, 208—258 (1951).

(Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Direktor: Prof. Dr. R. Schick)

## Befruchtungsregulierung und ihre Wirkung bei der Züchtung von Senf (*Sinapis alba*)\*

Von WERNER HOPFE

Mit 5 Textabbildungen

Der Senf wird als Öl-, Gewürz- und Heilpflanze genutzt. Daneben ist er eine wüchsige, schnell den Boden beschattende kurzlebige Futter- und Gründüngungspflanze.

Durch die beachtlichen Züchterfolge LEMBKES bei seinem „Malchower Winterraps“ angeregt, begann man in den letzten Jahren in unserem Institut, den Senf (*Sinapis alba*) intensiv züchterisch zu bearbeiten. Die entscheidenden Ertragskomponenten scheinen bei Senf ebenso wie bei Winterraps hohe Kornzahl pro Einzelschote, hohes Tausendkorngewicht und große Vitalität zu sein. Um das Hauptzuchtziel, hohe Samenleistung pro Flächeneinheit, bei Senf zu erreichen, galt es, vor allem die Kornzahl pro Einzelschote zu erhöhen bei gleichzeitiger Beachtung des Tausendkorngewichtes und der Vitalität.

Die besonderen blütenbiologischen Einrichtungen bei Senf wie Protogynie und Herkogamie der vier längeren Staubblätter deuten auf eine betonte Fremdbefruchtung hin. Diese wird besonders durch Insekten bewirkt, die durch die auffallend gelben Blüten und ihren Nektarreichtum angelockt werden. Die blühenden Senfpflanzen werden von den Honigbienen (*Apis mellifica*) besucht, aber auch von anderen Hautflüglern, so den *Halictus*- und den *Anthrena*-Arten und vielen Schwebefliegen. Hinzu kommen noch die Blasenfüße (*Thrips*) und die Rapsglanzkäfer (*Meligethes*-Arten), die ebenfalls die Bestäubung durchführen können. Nach neuen schwedischen Untersuchungen (OLSSON, 1955) kommt der Windbestäubung bei Senf, die bisher unterschätzt wurde, auch eine gewisse Bedeutung zu. Nach unterbliebener Fremdbefruchtung kann auch Selbstbefruchtung eintreten (FRÜWIRTH, 1905; BAUR, 1940). Die Blütenbiologie des Senfes deutet auf bevorzugte Fremdbefruchtung hin, und er ist folglich züchtmethodisch als allogame Pflanze zu behandeln.

Zur Befruchtungslenkung gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die Restsaatgutmethode ist einfach und sicher, aber auch zeitraubend. Bei unserem Senfzuchtmaterial stellten wir fest, daß selbst die besten Elitepflanzen in ihren Nachkommenschaften sehr heterozygot waren. Die vorhandenen negativen Pflanzen der aussichtsreichsten Stämme verschlechtern immer wieder den Erbwert. Um diese Herabminderung des Erbwertes der besten Stämme zu vermeiden, wurden die entsprechenden Elitepflanzen als A<sup>n</sup>-Stämme im Freiland angebaut und kurz vor der Blüte die Samenanlagezahl der einzelnen Pflanzen unter dem Stereomikroskop ermittelt.

\* Herrn Prof. R. v. SENGBUSCH zum 60. Geburtstag gewidmet.

Die phänotypisch dem Zuchtziel nicht entsprechenden Pflanzen wurden zunächst eliminiert und die verbleibenden Pflanzen vor der Blüte etikettiert. Von jeder Pflanze wurden dann 5 Knospen in mit 30%igem Alkohol gefüllten Fixierröhrchen aufbewahrt, im Labor aus den Knospen die Fruchtknoten herauspräpariert und diese einige Minuten in Phenol gelegt, um die Farbnuancen zwischen Samenanlagen und Fruchtknotenwand zu erhöhen. Nach dem Aufschlitzen des Fruchtknotens auf einem Objektträger erfolgte unter dem Stereomikroskop mit einer 16- oder 25fachen Vergrößerung die Auszählung der Samenanlagen. Anhand dieser Ergebnisse wurde eine Vorselektion vorgenommen. Die verbliebenen Pflanzen wurden einer zweiten Zählung unterzogen. Die Ergebnisse der ersten und zweiten Zählung waren ausschlaggebend für die letzte Selektion vor der Blüte. Durch Anwendung dieser Methode war eine sichtbare Verbesserung des Zuchtmaterials möglich, da sich nur die besten Pflanzen untereinander bestäuben konnten. Diesem Fortschritt steht aber ein relativ hoher manueller Aufwand gegenüber. Außerdem muß die Samenanlagezählung unmittelbar vor der Blüte durchgeführt werden. Daher ist der zur Zählung zur Verfügung stehende Zeitraum sehr begrenzt, und es kann folglich nur eine sehr geringe Anzahl von A<sup>n</sup>-Stämmen mit dieser Methode geprüft werden.

Die guten Erfolge nach Anwendung dieser eben erwähnten Methode sind ein Beweis dafür, daß die Regulierung der Fremdbefruchtung auch bei Senf sehr entscheidend ist. Es war daher naheliegend, nach einer neuen Methode zu suchen, um mit geringerem Arbeitsaufwand in wesentlich kürzerer Zeit ein umfangreiches Material kurz vor der Blüte zu prüfen und zu selektieren. Seit 1955 wird die in unserem Institut entwickelte „Fingernagelprobe“ mit Erfolg angewandt. Diese Methode schließt die Vorteile der Samenanlagezählung mit Hilfe des Stereomikroskopes ein, schaltet aber deren Nachteile fast gänzlich aus.

Das Perikarp bei Senf ist im Knospenstadium sehr dünnwandig und schwach behaart. Dies wird bei der „Fingernagelprobe“ ausgenutzt; denn durch ein leichtes Streichen mit dem Daumnagel auf dem Perikarp gegen den Haarstrich kann man die Samenanlagezahl mit dem bloßen Auge feststellen, ohne den Fruchtknoten aufzuschlitzen. Somit kann die Auszählung sofort an der Pflanze vorgenommen werden. Dadurch erübrigt sich das Etikettieren der Pflanzen, das Fixieren, das Phenolbad, das Aufschlitzen des Fruchtknotens und das zeitraubende Auszählen unter dem Stereomikroskop. Durch die Einsparung aller dieser