

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

Problematik der Züchtung auf Eiweißqualität *

Von G. BECKER

Mit 4 Abbildungen

Seit Jahren verstärkt sich immer mehr die Forderung, Pflanzen mit einer besseren Eiweißqualität zu züchten. Wir Züchter müssen uns daher dringend mit diesem Problem kritisch auseinandersetzen. Wenn auch sehr viele physiologische Fragen zum Eiweißproblem noch ungeklärt sind, gilt es heute nach dem Stand der Forschung bereits als sicher, daß der Wert einer Pflanze als Proteinträger in erster Linie durch den absoluten Gehalt an limitierenden Aminosäuren bestimmt wird. Mit dieser Tatsache ist auch für die Züchtung eine klare Aufgabe gestellt. Bei den einzelnen Kulturpflanzen müssen Sorten mit einem möglichst hohen Gehalt an limitierenden Aminosäuren entwickelt werden.

Will man den absoluten Gehalt an limitierenden Aminosäuren erhöhen, so läßt sich dieses Ziel züchterisch auf zwei Wegen erreichen. Man kann bei einer Pflanze entweder den Eiweißgehalt steigern oder die Eiweißwertigkeit verbessern. Züchterisch sind beide Wege möglich, physiologisch aber erzielen wir beide Male einen völlig verschiedenen Effekt.

Züchtet man auf Eiweißgehalt, so versucht man, den absoluten Gehalt an limitierenden Aminosäuren dadurch zu steigern, daß man sämtliche Aminosäuren anhebt. Jede Steigerung der nicht-limitierenden Aminosäuren aber ist für den Eiweißhaushalt des Verbrauchers verloren. Man züchtet auf diese Weise Formen, bei denen von vornherein feststeht, daß ein großer Teil ihrer wertvollen N-haltigen Substanz überhaupt nicht seiner eigentlichen Bestimmung, dem Eiweißhaushalt von Mensch und Tier, zugeführt wird, sondern lediglich in den Energiehaushalt, zudem noch als schlechter Energieträger (SCHIEMANN 1963), eingeht. Die Problematik der Züchtung auf Eiweißgehalt ist aber noch größer, weil sich herausgestellt hat, daß mit steigendem Eiweißgehalt die Eiweißwertigkeit noch nicht einmal gleich bleibt, sondern häufig sogar sinkt (FREY, BRIMHALL u. SPRAGUE 1949, MILLER, HURST u. BRIMHALL 1952, MITCHELL 1954, MITCHELL, HAMILTON u. BEADLES 1952, MASLOWSKI 1962).

Der andere Weg, den absoluten Gehalt an limitierenden Aminosäuren zu heben, führt über eine Erhöhung der Eiweißwertigkeit. Dabei ist man bestrebt, nur die limitierenden Aminosäuren zu steigern und alle anderen möglichst unbeeinflusst zu lassen. Durch eine Erhöhung der limitierenden Aminosäuren wird das Eiweiß in seiner Wertigkeit verbessert. Jede

Verbesserung der Eiweißwertigkeit aber kommt ausschließlich dem Eiweißhaushalt eines Verbrauchers zugute. Nun wird seit jüngster Zeit nach Ansicht einiger Physiologen der Wert eines Eiweißes nicht allein durch den Gehalt an limitierenden Aminosäuren, sondern auch durch die Relation der Aminosäuren zueinander bestimmt (KÜHNAU 1955, DE VUYST, VERVACK, VANBELLE, ARNOULD u. MOREELS 1958, KOPACZY, LINDNER u. VARGA 1961, LANG 1961). Steigern wir aber den Gehalt an limitierenden Aminosäuren, so verbessern wir damit auch gleichzeitig die Aminosäure-Relation und nähern sie der des Volleies an. Dieser Effekt ist selbstverständlich wirkungsvoller bei einer Kulturart mit einer schlechten Aminosäure-Relation (Ackerbohne) als bei einer mit guter Relation (Kartoffel) (Tab. 1).

Tabelle 1. Gehalt an essentiellen Aminosäuren bei zwei Kulturpflanzen, die sich in der Eiweißqualität stark unterscheiden.

(Vollei = 100) (Literatur vgl. Tab. 2)

Vicia faba L. Ackerbohne (Samen)		Solanum tuberosum L. Kartoffeln	
Methionin	10	Methionin	45
Threonin	60	Lysin	60
Phenylalanin	60	Phenylalanin	70
Tryptophan	60	Valin	70
Valin	70	Leucin	80
Isoleucin	70	Histidin	80
Lysin	80	Threonin	80
Leucin	80	Isoleucin	80
Histidin	110	Arginin	85
Arginin	110	Tryptophan	100

Aus diesen Überlegungen ergibt sich als Konsequenz für die Züchtung, daß sie unter allen Umständen bestrebt sein muß, bei den Kulturpflanzen die Eiweißwertigkeit zu verbessern. Diese Forderung gilt sowohl für Nahrungs- als auch für Futterpflanzen. Selbst bei Futterpflanzen für Wiederkäuer wird es notwendig sein, die Eiweißwertigkeit zu erhöhen, wenn man hohe tierische Leistungen erzielen will (KUGENEV 1951, CHALMERS u. SYNGE 1954, LINTZEL 1954).

Um für die Züchtung einen Überblick zu gewinnen, wurde von den wichtigsten Kulturpflanzen die Eiweißwertigkeit ermittelt. Dazu haben wir aus einer Fülle von Literaturangaben den essentiellen Aminosäure-Index¹ nach OSER (1951) — und zwar für 10 Aminosäuren — sowie das chemical score¹ berechnet (Tab. 2). Die angegebenen Zahlen stellen in der Regel Mittelwerte dar. Diese Mittelwerte können sowohl auf meh-

* Quedlinburger Beiträge z. Züchtungsforschung Nr. 56.

¹ Definition nach BLOCK u. MITCHELL 1946/47.

Tabelle 2. Eiweißwertigkeit bei verschiedenen Kulturpflanzen.

Artbezeichnung	Volksname	Nutzungsrichtung	Essentieller Aminosäure- Index	chemi- cal score	Autoren
Juglandaceae					
<i>Juglans regia</i> L.	Echte Walnuß	Samen	72	40	82,
<i>Carya illinoensis</i> K. Koch	Pekannußbaum	Samen (Öl)	72	40	14,
Polygonaceae					
<i>Fagopyrum sagittatum</i> Gilib.	Buchweizen	Samen	72	45	82,
Chenopodiaceae					
<i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>conditiva</i>	Rote Rübe	Rübe (Gemüse)	35	10	82,
<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	Reismelde	Samen	75	55	90,
<i>Chenopodium canihua</i> Cook	Canahua	Samen	72	45	90,
<i>Spinacia oleracea</i> L.	Spinat	Grünmasse	75	40	8, 23, 82,
Amaranthaceae					
<i>Amaranthus hybridus</i> L. var. <i>erythrostachys</i>	Amaranthus	Grünmasse (Gemüse)	72	50	8, 64,
<i>Amaranthus tricolor</i> L. var. <i>gangeticus</i>	Tampala	Grünmasse (Gemüse)	62	30	8,
Cruciferae					
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>gemmifera</i>	Rosenkohl	Rosen	60	20	69, 78, 82,
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>sabellica</i>	Grünkohl	Grünmasse	75	55	59, 78, 82, 86,
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>medullosa</i>	Markstammkohl	Grünmasse	75	55	59, 86,
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>gongylodes</i>	Kohlrabi	Knolle	40	20	70, 78,
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>sabauda</i>	Wirsingkohl	Kopf	60	25	78, 82,
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i>	Weißkohl	Kopf	52	20	14, 23, 78, 82,
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i>	Rotkohl	Kopf	55	25	78, 82, 86,
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i>	Brokkoli	Blume	60	20	8, 69, 78,
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>botrytis</i>	Blumenkohl	Blume	65	25	69, 77, 78, 82,
<i>Brassica napus</i> L. var. <i>napus</i>	Raps	Samen	60	25	8, 19, 59,
<i>Brassica juncea</i> Czern. et Cross.	Indischer Senf	Samen (Öl)	58	30	19,
<i>Brassica pekinensis</i> Rupr.	Chinakohl	Kopf (Gemüse)	75	60	59,
<i>Crambe abyssinica</i> Hochst.	Crambe	Samen (Öl)	70	40	15,
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i> Hayek	Brunnenkresse	Grünmasse (Gemüse)	65	25	8,
Moringaceae					
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Pferderettichbaum	Blätter (Gemüse)	68	30	5,
Leguminosae					
<i>Lupinus luteus</i> L.	Gelbe Lupine	Samen	60	30	15, 59,
<i>Lupinus albus</i> L.	Weißer Lupine	Samen	70	40	8, 59,
<i>Lupinus angustifolius</i> L.	Blaue Lupine	Samen	55	15	8, 59,
<i>Medicago sativa</i> L.	Luzerne	Grünmasse	72	50	8, 25, 57, 59,
<i>Melilotus albus</i> Medik.	Weißer Steinklee	Grünmasse	72	45	86, 88,
<i>Trifolium pratense</i> L.	Rotklee	Grünmasse	70	35	25,
<i>Trifolium incarnatum</i> L.	Inkarnat-Klee	Grünmasse	70	45	59, 88,
<i>Ornithopus sativus</i> Brot.	Serradella	Grünmasse	65	30	15, 25,
<i>Arachis hypogaea</i> L.	Erdnuß	Samen (Öl)	65	40	59, 86, 88,
<i>Vicia sativa</i> L.	Saatwicke	Grünmasse	75	55	36, 57,
<i>Vicia sativa</i> L.	Saatwicke	Samen	68	35	59, 86,
<i>Vicia faba</i> L.	Ackerbohne	Samen	60	10	21,
<i>Lens culinaris</i> Medik.	Linse	Samen	65	15	8, 57, 78,
<i>Cicer arietinum</i> L.	Kichererbse	Samen	72	35	8, 24, 78, 82,
<i>Pisum sativum</i> L.	Gemüseerbse	Samen, grün	58	20	8,
<i>Pisum sativum</i> L.	Futtererbse	Grünmasse	75	40	59, 69, 74, 78, 82,
<i>Pisum sativum</i> L.	Trockenspeiseerbse	Samen	70	30	23, 59,
<i>Glycine max</i> Merr.	Sojabohne	Samen	75	35	59, 69, 78, 82, 86,
<i>Phaseolus aureus</i> Roxb.	Mung-Bohne	Samen	72	25	8, 36, 57, 59,
<i>Phaseolus mungo</i> L.	Urd-Bohne	Samen	72	25	78,
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Gartenbohne	Frucht, grün	65	35	8, 24,
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Gartenbohne	Samen	72	25	8, 24,
<i>Vigna sinensis</i> Savi ex Hassk.	Augenbohne	Samen	72	20	69, 78, 82,
<i>Dolichos lablab</i> L.	Faselbohne	Samen	65	15	8, 36, 69, 78,
<i>Dolichos biflorus</i> L.	Pferdebohne	Samen	68	20	82,
Linaceae					
<i>Linum usitatissimum</i> L.	Lein	Samen (Öl)	68	35	8, 21, 59,

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Artbezeichnung	Volksname	Nutzungsrichtung	Essentieller Aminosäure- Index	chemi- cal score	Autoren
Euphorbiaceae					
<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Maniok	Wurzelknollen	46	20	8, 64,
Malvaceae					
<i>Hibiscus esculentus</i> L.	Okra	Frucht, grün	58	30	5, 8, 14,
<i>Gossypium arboreum</i> L.	Baumwolle	Samen (Öl)	65	30	8,
Cactaceae					
<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill.	Feigenkaktus	Frucht	52	15	8,
Umbelliferae					
<i>Daucus carota</i> L.	Möhre	Rübe	52	20	8, 82,
Convolvulaceae					
<i>Ipomoea batatas</i> Poir.	Süßkartoffel	Wurzelknolle	70	35	64,
<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk.	Kankun	Blätter	62	25	5,
Solanaceae					
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Kartoffel	Knolle	72	40	36, 57, 59, 66, 72, 78, 82, 86,
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	Tomate	Frucht	42	15	82,
Pedaliaceae					
<i>Sesamum indicum</i> L.	Sesam	Samen (Öl)	72	40	8, 59,
Cucurbitaceae					
<i>Cucumis sativus</i> L.	Gurke	Frucht	48	25	82,
Compositae					
<i>Helianthus annuus</i> L.	Sonnenblume	Samen	75	50	8, 36,
<i>Lactuca sativa</i> L.	Gartensalat	Kopf	68	20	69, 78,
Gramineae					
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Knauelgras	Grünmasse	68	45	25,
<i>Poa pratensis</i> L.	Wiesenrispe	Grünmasse	68	35	89,
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	Wiesenschwingel	Grünmasse	60	30	8, 89,
<i>Lolium perenne</i> L.	Deutsches Weidel- gras	Grünmasse	58	30	89,
<i>Hordeum vulgare</i> L.	Saatgerste	Samen	70	25	8, 59, 63, 86,
<i>Secale cereale</i> L.	Roggen	Samen	65	35	8, 82,
<i>Triticum aestivum</i> L.	Saatweizen	Samen	60	30	8, 57, 61, 82, 86,
<i>Avena sativa</i> L.	Hafer	Samen	72	45	8, 59, 86,
<i>Arrhenatherum elatius</i> J. et C. Presl	Französisches Ray- gras	Grünmasse	60	30	89,
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	Wiesenfuchs- schwanzgras	Grünmasse	65	50	89,
<i>Oryza sativa</i> L.	Reis	Samen	72	45	8, 14, 82,
<i>Panicum miliare</i> Lam.	Kutki-Hirse	Samen	65	25	64,
<i>Setaria italica</i> Beauv.	Borstenhirse	Samen	72	30	64,
<i>Zea mays</i> L.	Mais	Grünmasse	65	45	23,
<i>Zea mays</i> L.	Mais	Samen	58	30	8, 9, 43, 57, 59, 82, 86,
Palmae					
<i>Cocos nucifera</i> L.	Kokospalme	Samen	62	35	8,
Liliaceae					
<i>Allium cepa</i> L.	Küchenzwiebel	Zwiebel	42	20	82,
<i>Asparagus officinalis</i> L.	Spargel	Sproß	58	25	69, 78, 82,
Musaceae					
<i>Musa paradisiaca</i> L.	Banane	Frucht	55	15	64,

renen Analysen einzelner Autoren als auch auf den einzelnen Analysen mehrerer Autoren beruhen.

Bei dem größten Teil der Kulturpflanzen liegt der essentielle Aminosäure-Index zwischen 60 und 70 bzw. das chemical score zwischen 20 und 40. Zu den Pflanzen mit dem höchsten essentiellen Aminosäure-Index von 75 gehören der Grünkohl, der Chinakohl, der Markstammkohl, die Saatwicke, die Futtererbse, die Sonnenblume, der Spinat und die Sojabohne. Das höchste chemical score von 55 und darüber haben der Markstammkohl, die Saatwicke, der Grünkohl und der Chinakohl. Die beiden Bewertungsmaßstäbe decken sich nicht immer.

Die Zusammenstellung in Tab. 2 zeigt, daß sich häufig schon ganze Familien in ihrer Eiweißwertigkeit unterscheiden. So sind beispielsweise die Leguminosen besser als die Gramineen. Meistens sind auch Pflanzen, deren Blätter man nutzt, besser als solche, bei denen der Samen verwertet wird. Mit Ausnahme der Kartoffel haben alle Speicherorgane eine relativ schlechte Eiweißwertigkeit.

Wie aus Tab. 2 schließlich noch hervorgeht, ist für die meisten Kulturarten die Zusammensetzung und Wertigkeit des Eiweißes bereits bekannt. Je nachdem, wieviele Untersuchungen den einzelnen Werten zu Grunde liegen, sind die Zahlen mehr oder weniger repräsentativ. In jedem Falle beziehen sie sich nur auf die Art allgemein. Für spezielle pflanzenzüchterische Zwecke reichen diese Kenntnisse jedoch noch nicht aus. Die Pflanzenzüchtung muß vor allem auch die Variabilität innerhalb einer Art kennen.

Über die spezielle Aminosäure-Zusammensetzung der einzelnen Varietäten einer Art aber sind unsere Kenntnisse noch sehr lückenhaft. Die wenigen Untersuchungen, die überhaupt an Sortimenten gemacht wurden, zeigen bereits, wie stark bei den verschiedenen Varietäten einer Art die einzelnen Aminosäuren in ihrem Gehalt schwanken (AGUIRRE, ROBLES u. SCRIMSHAW 1953, AGUIRRE, BRESSANI u. SCRIMSHAW 1953, LAWRENCE, DAY, HUEY u. LEE 1958, REISSIG 1958, SCHUPHAN u. WEINMANN 1959, BRESSANI u. RIOS 1962, BUSSON 1963). Als Beispiel sei die Variabilität von Methionin, Lysin und Tryptophan beim Mais herausgegriffen (Abb. 1). Die Sortimente unserer wichtigsten Kulturarten auf ihre Eiweiß-Zusammen-

setzung und -Wertigkeit hin zu untersuchen, ist eine vordringliche Aufgabe der Züchtungsforschung.

Berechnet man aus den chemischen Analysen den prozentualen Anteil der einzelnen Aminosäuren gegenüber dem Vollei, so zeigt sich, daß bei den meisten Kulturpflanzen mehrere Aminosäuren ein besonders hohes Defizit aufweisen. Will man aus dieser Tatsache züchterische Konsequenzen ziehen, dann muß man zunächst davon ausgehen, daß die aus chemischen Analysen gewonnenen Zahlen ernährungsphysiologisch gesehen nur Näherungswerte darstellen. Außerdem muß man noch berücksichtigen, daß bei ein und derselben Kulturpflanze, je nach Verbrauchergruppe, nicht immer die gleichen Aminosäuren limitierend wirken (KÜHNAU 1949). So ist z. B. von der Gerste bekannt, daß für Schweine das Lysin, für Geflügel dagegen das Methionin die am meisten begrenzende Aminosäure darstellt (DE VUYST, VERVACK, VANBELLE, ARNOULD u. MOREELS 1958). Selbst bei ein und derselben Verbrauchergruppe können die Anforderungen an die essentiellen Aminosäuren noch verschieden sein (KRAUT 1963). Verfüttert man z. B. Hafer an Hühner, so wirkt für die Fleischproduktion das Methionin, für die Eierproduktion das Lysin limitierend (DE VUYST, VERVACK, VANBELLE, ARNOULD u. MOREELS 1958). Weiterhin muß man berücksichtigen, daß manche Aminosäuren verschieden stark ausgenutzt werden. Lysin z. B. wird im allgemeinen nur zu $\frac{2}{3}$ verwertet (LANG 1959). Schließlich lassen sich auch manche essentiellen Aminosäuren bis zu einem gewissen Grade durch andere Aminosäuren ersetzen. So kann Methionin z. B. teilweise durch Cystin kompensiert werden (KÜHNAU 1949). Alle diese potentiellen Möglichkeiten muß die Züchtung beachten, wenn sie die Eiweißwertigkeit verbessern will. Ihr bleibt daher nichts anderes übrig, als in der Regel immer mehrere Aminosäuren gleichzeitig anzuheben. Lediglich in ganz seltenen Fällen, wie z. B. bei der Ackerbohne (vgl. Tab. 1), genügt es, eine einzige Aminosäure züchterisch zu bearbeiten. Leider gibt es noch keine verbindliche Norm, wieviele und welche Aminosäuren bei den einzelnen Kulturpflanzen gehoben werden müssen, um die Eiweißwertigkeit zu verbessern. Zu den essentiellen Aminosäuren, die am häufigsten limitieren, gehört das Methionin. Es muß daher züchterisch fast immer erfaßt werden, selbst wenn man berücksichtigt, daß diese Säure durch Cystin teilweise ersetzt werden kann. Meistens gesellt sich zu dem Methionin noch das Lysin. Nicht so häufig begrenzt das Tryptophan die Eiweißwertigkeit (z. B. beim Mais). Während dann noch mitunter, wie bei der Gerste, das Isoleucin zu den limitierenden Aminosäuren gerechnet werden muß, ist es beim Gemüse oft das Phenylalanin. Die anderen Aminosäuren begrenzen nur ausnahmsweise die Eiweißwertigkeit.

Die Voraussetzung für eine Züchtung auf Eiweißwertigkeit ist die chemische Bestimmung der limitierenden Aminosäuren (BECKER 1956). Der jeweilige Aminosäuregehalt hängt nicht nur von dem Idiotyp einer Pflanze, sondern auch von der Umwelt ab. Von den Umweltfaktoren hat man den Einfluß des Klimas, des Standortes und der Düngung auf den Gehalt an essentiellen Aminosäuren bei den verschiedensten Objekten untersucht (EVANS, JOHN,

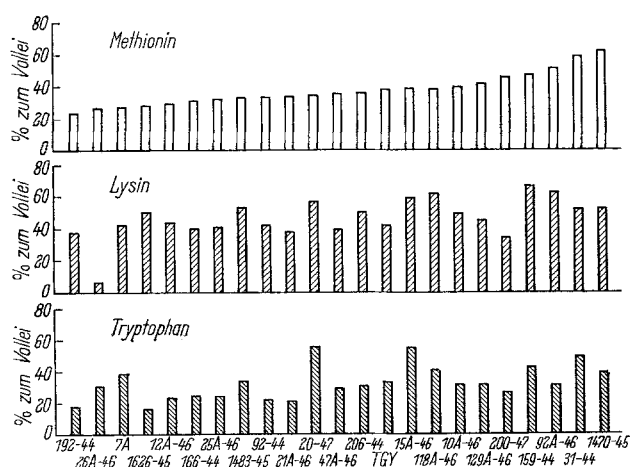


Abb. 1. Gehalt an limitierenden Aminosäuren im Samen verschiedener Mais-Varietäten (*Zea mays* L.) (errechnet nach AGUIRRE, ROBLES und SCRIMSHAW, 1953; AGUIRRE, BRESSANI und SCRIMSHAW, 1953).

Craven, Haddock, Wells u. Swenson 1947, Miller, Seiffe, Shellenberger u. Miller 1950, Taranowa 1951, Postel 1956, Schuphan u. Postel 1958, Thompson, Morris u. Gering 1959/60, Schuphan 1961, Bressani, Elias, Scrimshaw u. Guzman 1962, Sihlbom 1962, Michael 1963, Schuphan 1963a). Es ist für die Züchtung nichts Außergewöhnliches, daß auch die einzelnen Aminosäuren in ihrem Gehalt, wie alle anderen Eigenschaften einer Pflanze, durch eine variable Umwelt modifiziert werden. Da zudem noch die Modifikabilität des Aminosäuregehaltes – wie aus den meisten Arbeiten deutlich hervorgeht – relativ gering ist, bereitet es keine besonderen Schwierigkeiten, die für die Züchtung notwendigen vergleichbaren Werte zu ermitteln.

Abgesehen von den Wirkungen der Umwelt ist der Gehalt an limitierenden Aminosäuren in einer Pflanze aber auch idiosyncratisch betrachtet keine feste Größe (Reber u. Mac Vicar 1953, Gorbaceva 1956, Petronici 1956, Michael u. Blume 1955, Nehring u. Schwerdtfeger 1957, Werner u. Gruhn 1961, Maslowski 1963). Die einzelnen Aminosäuren zeigen, je nach dem ontogenetischen Entwicklungsgrad der Pflanze, eine von Art zu Art differenzierte Merkmalsausprägung (Abb. 2), die sogar von Sorte zu Sorte verschieden sein kann (Abb. 3). Die verschieden starke Merkmalsausprägung muß man vor allen Dingen bei solchen Nutzungsorganen berücksichtigen, die in der Regel einem lebhaften Stoffwechsel unterworfen sind (z. B. bei Futterpflanzen und Gemüse). Wird bei einem Zuchtmaterial grundsätzlich immer nur der gleiche Entwicklungszustand analysiert, so erhält man auch für die limitierenden Aminosäuren die notwendigen vergleichbaren Werte.

In diesem Zusammenhang muß noch erwähnt werden, daß der Gehalt an limitierenden Aminosäuren

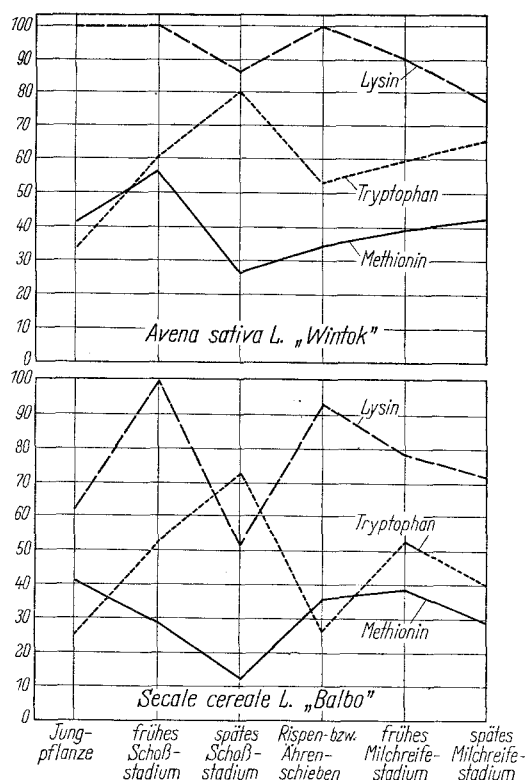


Abb. 2. Gehalt an limitierenden Aminosäuren im Laufe der ontogenetischen Entwicklung bei je einer Sorte von *Avena sativa* L. und *Secale cereale* L. (Vollei = 100) (errechnet nach Reber und Mac Vicar, 1953).

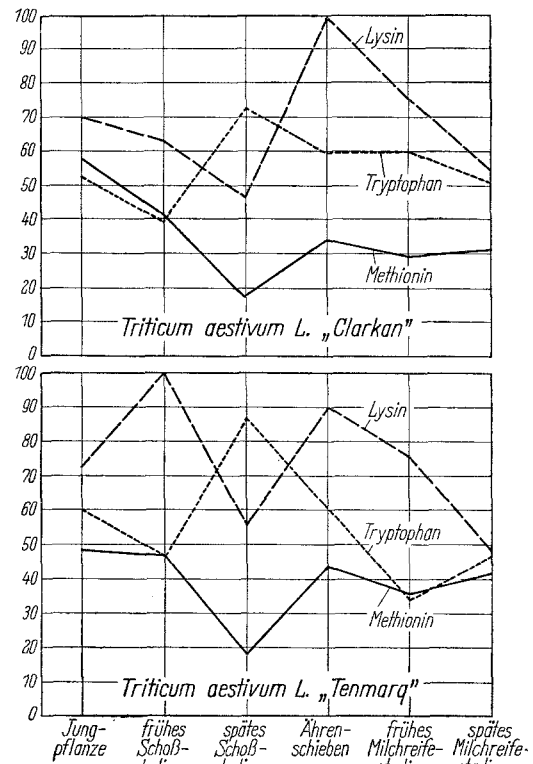


Abb. 3. Gehalt an limitierenden Aminosäuren im Laufe der ontogenetischen Entwicklung bei zwei Sorten von *Triticum aestivum* L. (Vollei = 100) (errechnet nach Reber und Mac Vicar, 1953).

auch in den einzelnen Organen einer Pflanze verschieden ist (Nehring u. Schwerdtfeger 1957, Schuphan 1958a). Diese Tatsache ist für die Selektion wichtig. Man kann nicht von dem Aminosäuregehalt eines Organs auf die Zusammensetzung eines anderen Organs schließen, solange man keine eindeutigen Beziehungen gefunden hat. Daher läßt sich auch der Aminosäuregehalt der nutzbaren, aber stoffwechselphysiologisch labileren Grünmasse nicht ermitteln, wenn man den stoffwechselphysiologisch stabileren Samen untersucht.

Die quantitative Analyse der limitierenden Aminosäuren ist heute noch in vieler Hinsicht problematisch. Zunächst können allein schon durch die Hydrolyse verschiedenartige Veränderungen im Aminosäuregehalt entstehen (Kofranyi 1951, Nehring u. Schwerdtfeger 1954). Der Chemie bereiten diese Verhältnisse noch große Sorgen, wenn es darum geht, den absoluten Gehalt an Aminosäuren zu analysieren. Die Pflanzenzüchtung hat es in dieser Beziehung leichter. Ihr genügen für eine Selektion relative Zahlen, vorausgesetzt, daß die Werte vergleichbar sind. Pflanzenzüchterisch gesehen ist es deshalb notwendig, die Hydrolyse jedesmal unter genau gleichen Bedingungen durchzuführen.

Oft fällt im Laufe einer Züchtung ein großes Material an, das sehr schnell untersucht werden muß, damit es sich nicht verändert. Vor allem, wenn es sich um grüne Pflanzenteile handelt, steht die Züchtung dann immer vor großen Schwierigkeiten. In solchen Fällen bleibt nichts anderes übrig, als das Material bis zur endgültigen Analyse zu konservieren. Solange die Pflanzenzüchtung noch nicht die Möglichkeit hat, mit der Gefriertrocknung eine große Zahl von Proben zu konservieren, sind wir auf eine Trocknung an der Luft bzw. mit höheren Temperaturen ange-

wiesen. Leider reagiert das Eiweiß gerade auf diese Konservierungsmethoden besonders empfindlich (MICHAEL u. BLUME 1955, DE VUYST u. VERVACK 1959/60). Bei zu niedriger Temperatur finden noch enzymatische Vorgänge statt, bei zu hoher Temperatur dagegen werden zwar die Enzyme denaturiert, aber das Eiweiß wird unmittelbar verändert. Die einzelnen Aminosäuren verhalten sich dabei nicht einheitlich. Wie verschiedenartig sie durch die Trocknung beeinflusst werden können, haben u. a. DE VUYST u. VERVACK 1959/60 bei der Kartoffel untersucht (Tab. 3).

Tabelle 3. *Relativer Gehalt der Kartoffel-Knollen (Solanum tuberosum L.) an limitierenden essentiellen Aminosäuren (Voll = 100) in Abhängigkeit von der Trocknungstemperatur*
(errechnet nach DE VUYST und VERVACK, 1959/60).

	Methionin	Lysin	Valin	Isoleucin
frisch	100	100	100	100
getrocknet bei 50 °C	50	51	72	104
getrocknet bei 105 °C	37	49	77	89

Diese Tatsache hat für die Pflanzenzüchtung erhebliche Konsequenzen. Das Zuchtmaterial darf immer nur unter gleichen Bedingungen getrocknet werden. Zuvor aber muß man für die limitierenden Aminosäuren noch die zweckmäßigste Trocknungsmethode für die betreffende Art ermitteln. Nur so lassen sich dann auch bei der Analyse eines getrockneten Materials die notwendigen relativen Werte erzielen.

Für die eigentliche Analyse der Aminosäuren gibt es z. Z. drei Verfahren: Die mikrobiologische Bestimmung, die Papierchromatographie und die Säulenchromatographie (NEHRING u. SCHWERDTFEGGER 1954, BLOCK u. WEISS 1956, LORENZO-ANDREU u. FRANDSEN 1960). Ohne auf die Methoden im einzelnen einzugehen, sei grundsätzlich festgestellt, daß es bis heute noch mit keiner Methode möglich ist, den Aminosäuregehalt absolut zu bestimmen. Sie alle geben jedoch relative Werte (MATTHIAS u. WAGNER 1962). Im Prinzip lassen sich deshalb alle drei Verfahren für züchterische Zwecke verwenden, zumal sie auch als Serienmethoden eingerichtet werden können (LORENZO-ANDREU u. FRANDSEN 1960, LORENZO-ANDREU, BACH u. FRANDSEN 1962). Jede Methode hat allerdings für die Selektion ihre bestimmten Vor- und Nachteile. So läßt sich die mikrobiologische Bestimmung mit dem geringsten Aufwand durch-

führen und verlangt keine hochqualifizierten Chemiker. Leider kann man ihre Werte nicht immer eindeutig reproduzieren. Auch bei der Papierchromatographie sind die Aufwendungen relativ gering, aber ihre Zahlen schwanken ziemlich stark. Die höchsten Anforderungen an Menschen und Apparate stellt die Säulenchromatographie. Sie liefert allerdings auch die besten Werte. Wird die Säulenchromatographie für züchterische Zwecke am gleichen Ort mit den gleichen Apparaturen von den gleichen qualifizierten Mitarbeitern durchgeführt, dann erhält man Zahlen, die ohne weiteres reproduzierbar sind. Wie Abb. 4 zeigt, bekamen wir bei der Analyse von Erbsensorten unter den geschilderten Bedingungen bei fünf Wiederholungen Werte, die nur noch sehr wenig schwankten.

Wenn man bedenkt, daß für züchterische Zwecke in der Regel mehrere Aminosäuren analysiert werden müssen, dann ist eine Selektion selbst mit der einfachsten Bestimmungsmethode aber immer noch sehr aufwendig. Seit einiger Zeit zeichnet sich ein Weg ab, die Selektion in dieser Richtung zu vereinfachen. Man ist darauf aus, bei einer Pflanze die Qualität ihres Eiweißes nicht mehr nach dem Gehalt an Aminosäuren, sondern lediglich nach einer Fraktion ihres Proteins zu bestimmen (SCHWARZE 1944, FREY, BRIMHALL u. SPRAGUE 1949, MILLER, HURST u. BRIMHALL 1952, BRESSANI u. MERTZ 1958, GOA u. STRID 1959, LINDNER, JASCHIK u. KOPACZY 1960, LINDNER, KOPACZY, JASCHIK u. SZÖKE 1961, LINDNER 1963). Vielleicht läßt sich in Zukunft das Eiweiß von Kulturpflanzen verbessern, wenn man eine wertvolle Proteinfraction züchterisch hebt oder eine schlechte senkt. So ist z. B. vom Getreide bekannt, daß viele Gluteline eine hochwertige, die Gliadine dagegen eine minderwertige Proteinfraction darstellen. Sollte sich damit ein neuer Weg für die Züchtung eröffnen, dann müßte die Züchtungsforschung noch für bestimmte Proteinfractionen spezifische Schnellbestimmungsmethoden entwickeln.

Wenn heute auch schon die Voraussetzungen gegeben sind, um auf Eiweißwertigkeit zu züchten, so sollten wir uns dennoch über die grundsätzliche Situation keinen Illusionen hingeben. Die physiologischen Kenntnisse über das Eiweißproblem in seinen Zusammenhängen und Konsequenzen sind zur Zeit noch sehr lückenhaft (NEHRING 1963). Die Züchtung darf gerade diese Tatsache nicht aus dem Auge verlieren. Es ist deshalb heute noch unbedingt nötig, einen auf Grund chemischer Analysen selektierten Zuchtstamm gelegentlich im Tierversuch auf seine biologische Wertigkeit hin zu überprüfen.

So wichtig alle bisherigen Überlegungen über die Bestimmung der Eiweißwertigkeit auch sind, über den Erfolg einer Züchtung auf Eiweißwertigkeit entscheiden letzten Endes die eigentlichen Züchtmethoden.

Züchtmethodisch läßt sich die Eiweißwertigkeit am einfachsten verbessern, wenn man aus einer bereits vorhandenen Population die Idiotypen mit einem möglichst hohen Gehalt an limitierenden Aminosäuren ausliest. Bei Selbstbefruchtern ist eine solche Auslesezüchtung allerdings zwecklos, da die Variabilität in einem vorhandenen Liniengemisch zu gering ist. Bei Fremdbefruchtern hat eine einfache Auslesezüchtung nur bei solchen Arten Sinn, deren

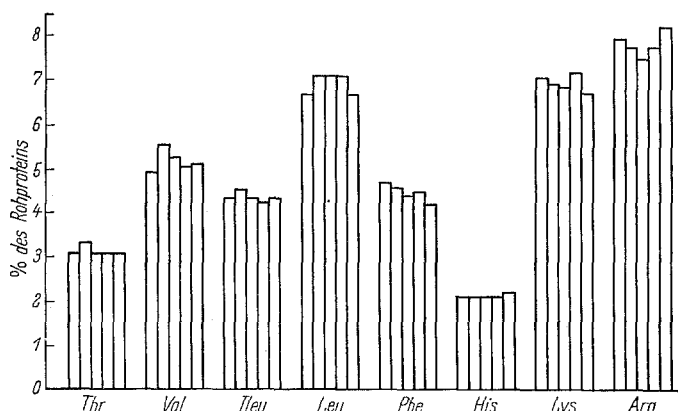


Abb. 4. Säulenchromatographische Bestimmung einiger essentieller Aminosäuren im Samen der Erbse 'Altex' (*Pisum sativum* L.) (nach MATTHIAS, unveröffentlicht).

Sorten noch eine starke Variabilität besitzen (z. B. Futtergräser). Die Wirksamkeit der Auslesezüchtung ist aber auch bei Fremdbefruchtern begrenzt, da man nur innerhalb einer zufällig gegebenen Variationsbreite die bereits darin enthaltenen wertvollen Idiotypen auslesen und züchterisch fixieren kann.

Wesentlich aussichtsreicher für die Steigerung der Eiweißwertigkeit ist die Kreuzungszüchtung. Im einfachsten Falle kann man eine ausländische Varietät, die sich durch einen besonders hohen Gehalt an limitierenden Aminosäuren auszeichnet, in einheimische, hochleistungsfähige Sorten einkreuzen. So hat z. B. die sowjetische Weizensorte 'Nova Ukrainka 38' einen sehr hohen Lysingehalt (KIZIMA 1951), oder die afrikanische Speisebohnsorte 'Provenance languy' einen besonders guten Methioningehalt (SCHUPHAN 1963b). Man sollte in allen derartigen Fällen prüfen, ob solche Sorten als Kreuzungspartner geeignet sind.

Mit einer Bastardierung lassen sich aber noch andere Effekte erzielen. So kann man auch solche Sorten miteinander kombinieren, bei denen sich die limitierenden Aminosäuren ergänzen. Im amerikanischen Maissortiment z. B. gibt es Varietäten, die einen hohen Gehalt an Methionin oder Lysin oder Tryptophan oder Isoleucin (BRESSANI u. MERTZ 1958) haben (Tab. 4). Es dürfte durchaus möglich sein, alle diese relativ hochliegenden Aminosäuren in einer einzigen Sorte zu vereinigen. Zuchtmethodisch käme dafür sowohl die Hybridzüchtung als auch das Konvergenzverfahren in Frage.

Tabelle 4. *Zea mays* L. (Samen). Vier Varietäten mit einem unterschiedlichen Gehalt an limitierenden Aminosäuren

(errechnet nach BRESSANI und MERTZ, 1958).

Sorte bzw. Stamm	Gehalt an limitierenden essentiellen Aminosäuren in % zum Vollei			
	Methionin	Lysin	Tryptophan	Isoleucin
H 5	41	29	29	46
HO	29	44	37	44
Cuyuta	32	39	42	32
HP	27	28	29	50

Es besteht kein Zweifel, daß Formen, die sich in ihren limitierenden Aminosäuren ergänzen, auch bei anderen Arten vorkommen. Der Mais-Fall zeigt mit aller Klarheit, wie dringend es ist, wenigstens bei unseren wichtigsten Kulturpflanzen ganze Sortimente auf den Gehalt an Aminosäuren zu analysieren. Bei solchen Untersuchungen sollte man sich nicht nur auf die bestehenden Sorten beschränken, sondern auch bewußt Landsorten (MIKENAS 1963), Wildformen und nicht zuletzt verwandte Arten (SCHUPHAN 1959/60a) mit einbeziehen. So wissen wir z. B. von den Kartoffel-Sorten, daß die am stärksten limitierende Aminosäure, das Methionin, relativ wenig schwankt. Bei *Solanum phureja* Juz. et Buk. aber liegt gerade das Methionin um etwa das Doppelte höher als bei unseren Kulturkartoffeln (REISSIG 1958). Es drängt sich deshalb der Gedanke auf, *Solanum phureja* in unsere Kulturkartoffeln einzukreuzen. Zur Verbesserung der Eiweißqualität wird es häufig nötig sein, eine Wildform mit einer Kulturform zu bastardieren. Trotzdem aber sollte man die bei einer solchen Kombination auftretenden züchterischen Schwierigkeiten nicht unterschätzen. Sie lassen sich noch am ehesten mit dem Rückkreuzungsverfahren überwinden.

Bei den bisherigen Beispielen zur Kreuzungszüchtung wurden bereits vorhandene Gehalte an limitierenden Aminosäuren lediglich in neuartiger Form kombiniert. Die Kreuzungszüchtung gibt uns aber darüber hinaus noch die Möglichkeit, den Gehalt an limitierenden Aminosäuren bis zu einem gewissen Grade sogar zu steigern. Erste Kreuzungsexperimente sprechen dafür, daß der Aminosäuregehalt polygen vererbt wird (MILLER, HURST u. BRIMHALL 1952). Aus diesem Grunde kann man also mit Transgressionen rechnen. Effekte, die auf Heterosis beruhen, ließen sich dagegen bisher nicht beobachten (MIKENAS 1963). Nach den Erfahrungen, die man mit anderen qualitativen Merkmalen gemacht hat, ist es auch kaum zu erwarten, daß die Eiweißwertigkeit zu den sogenannten heterotischen Merkmalen zu rechnen ist.

Alle bisher erörterten Zuchtverfahren benutzen als Ausgangsmaterial eine bereits vorhandene Variabilität. In vielen Fällen wird es notwendig sein, von einem Material auszugehen, in welchem man zunächst einmal Idiotypen mit einer bisher nicht bekannten Merkmalsausprägung des Aminosäuregehaltes entwickelt. Diese Möglichkeit ist durch Mutationen gegeben (RICHEY u. DOWSON 1951, TEAS u. NEWTON 1951). Besonderen Wert hat diese Methode bei Arten mit einer geringen erblichen Variabilität in der Eiweißwertigkeit (z. B. Gerste). Außerdem hat die Mutationszüchtung noch Bedeutung, wenn in einem mutierten Material Parallelvariationen zu erwarten sind. So ist z. B. die Ackerbohne (*Vicia faba* L.) mit einer schlechten Eiweißwertigkeit nahe mit der qualitativ wertvollen Wicke (*Vicia sativa* L.) verwandt. Bezogen auf das Vollei hat die Ackerbohne nur 10% Methionin in ihrem Eiweiß, während die Wicke davon 35% besitzt (vgl. Literatur in Tab. 2). Wir haben daher allen Grund, auch bei der Ackerbohne Mutationen mit einem höheren Methioningehalt zu erwarten.

Um in einem Ausgangsmaterial neuartige Idiotypen zu erhalten, kann man neben der Mutationszüchtung auch die Substitutionszüchtung einsetzen. Sie findet seit einigen Jahren in steigendem Maße Eingang in die Züchtung. Mit dieser Methode lassen sich in einem Genom arteigene Chromosomen oder Chromosomenteile durch artfremde Chromosomen oder Chromosomenteile ersetzen. Für diese Art der Züchtung auf Eiweißwertigkeit ist bei dem heutigen Stand der Methodik besonders der Weizen prädestiniert. Bei ihm gibt es Wildarten, wie z. B. *Aegilops cylindrica* Host., mit einem auffallend hohen Lysingehalt (LAWRENCE, DAY, HUEY u. LEE 1958). Er beträgt annähernd 50% des Lysins vom Vollei, während wir beim Kulturweizen nur mit ca. 35% rechnen dürfen. Durch Substitutionszüchtung müßte es gelingen, beim Kulturweizen diejenigen Chromosomen, welche in erster Linie für den Lysingehalt verantwortlich sind, durch solche der Wildart zu ersetzen. Mit dieser Methode ist es auch möglich, den Futterraps durch den hochwertigen Chinakohl zu verbessern. Substitutionstypen zwischen Raps und Chinakohl lassen sich nach unseren Erfahrungen leicht herstellen (JAHR 1962). Züchterisch kommt es darauf an, solche Substitutionstypen, die einen hohen Aminosäuregehalt bedingen, zu selektieren.

Es bleibt schließlich noch die Polyploidiezüchtung. Mit Hilfe der Polyploidie ist es möglich, mehrere,

Tabelle 5. *Möglichkeiten der Polyploidiezüchtung.*

Art	Ausgangsmaterial			Art	2 n	Genomatische Konstitution	Neuartige polyploide Formen					Möglichkeit der Herstellung
	2 n	Genomatische Konstitution					Verwendungszweck	wahrscheinliche Anbauart	2 n	Genomatische Konstitution		
Chinakohl	20	$A_{CH} A_{CH}$	Rüben	20	$A_R A_R$		Futterpflanze	Winterzwischenfrucht	40	$A_{CH} A_{CH} A_R A_R$		sehr leicht
Chinakohl	20	$A_{CH} A_{CH}$	Schnittkohl	38	$A_C A_C C_W C_W$		Gemüse oder Futterpflanze	Herbstzwischenfrucht	58	$A_{CH} A_{CH} A_C A_C C_W C_W$		leicht
Chinakohl	20	$A_{CH} A_{CH}$	Winterraps	38	$A_C A_C C_W C_W$		Futterpflanze	Herbstzwischenfrucht	58	$A_{CH} A_{CH} A_C A_C C_W C_W$		leicht
Grünkohl	18	$C_G C_G$	Markstammkohl	18	$C_M C_M$		Futterpflanze	Zweitfrucht	36	$C_G C_G C_M C_M$		sehr leicht
Grünkohl	18	$C_G C_G$	Schnittkohl	38	$A_C A_C C_W C_W$		Gemüse oder Futterpflanze	Winterzwischenfrucht	56	$A_C A_C C_G C_G C_W C_W$		schwer
Grünkohl	18	$C_G C_G$	Winterraps	38	$A_C A_C C_W C_W$		Futterpflanze	Winterzwischenfrucht	56	$A_C A_C C_G C_G C_W C_W$		schwer
Grünkohl	18	$C_G C_G$	Chinakohl	20	$A_{CH} A_{CH}$		Gemüse oder Futterpflanze	Herbstzwischenfrucht	38	$C_G C_G A_{CH} A_{CH}$		sehr schwer

genetisch verschiedene Genome in einem einzigen Idiotyp zu vereinigen. Es lassen sich sogar nicht-homologe Genome zu einem konstanten Typ kombinieren. Diese Zuchtmethodik hat wahrscheinlich für eine Verbesserung der Eiweißwertigkeit die größte Bedeutung, da durch die erhöhte Genomzahl nicht nur erheblich mehr, sondern auch völlig neuartige Möglichkeiten für eine Kombination gegeben sind.

Für eine erfolgreiche Polyploidiezüchtung innerhalb einer Art kommen von unseren Kulturpflanzen vor allem solche in Frage, bei denen eine ausgeprägte Fremdbefruchtung vorliegt (z. B. Rotklee). Für eine Polyploidiezüchtung über die Grenzen einer Art hinaus eignen sich in erster Linie Gattungen, deren Arten sich relativ leicht kreuzen lassen. Auf diese Weise können Kulturformen mit einer völlig neuartigen Aminosäurezusammensetzung entstehen. Welche vielfältigen züchterischen Möglichkeiten sich dabei ergeben, sollen einige Beispiele aus der Gattung *Brassica* zeigen. In dieser Gattung haben der Chinakohl sowie der Grünkohl einen besonders hohen essentiellen Aminosäure-Index. Hinsichtlich der Grundgenome gehört der Chinakohl zur A-Gruppe, der Grünkohl dagegen zur C-Gruppe. Die neuartigen Kulturformen, die sich bereits mit diesen beiden Genomgruppen entwickeln lassen und eine hohe Eiweißwertigkeit versprechen, sind in Tab. 5 zusammengestellt.

Bei den bisherigen Erörterungen haben wir uns bewußt nur auf die Steigerung der Eiweißwertigkeit konzentriert. Jede erfolgreiche Züchtung aber setzt eine komplexe Betrachtungsweise voraus. Die Züchtung auf Eiweißwertigkeit darf niemals losgelöst von den anderen Zuchtzielen gesehen werden. Leider aber wissen wir heute noch sehr wenig, in welcher Beziehung die Eiweißwertigkeit zu dem Ertrag sowie den anderen Qualitätsmerkmalen steht. Bei der Zuckerrübe ist nicht bekannt, ob eine Selektion auf geringen Gehalt an schädlichem Stickstoff im Rübenkörper die Eiweißwertigkeit der Blätter beeinträchtigt.

Beim Weizen weiß man noch nicht genau, ob sich eine Züchtung auf gute Backqualität unmittelbar mit einer Selektion auf hohe Eiweißwertigkeit verbinden läßt. Erste Hinweise sprechen dafür, daß dies eventuell nicht ausgeschlossen ist (KIZIMA 1951). Nur wenig Fakten kennen wir auch über die Beziehungen der Eiweißwertigkeit zur Krankheitsresistenz. ZSCHEILE u. MURRAY (1957) haben diese Verhältnisse bei pflanzlichen Krankheitserregern untersucht. Sie konnten keine Beziehungen feststellen. Für tierische Schädlinge scheinen die Verhältnisse zumindest bei den Aphiden anders zu liegen. Es ist bereits sicher, daß der Gehalt an essentiellen Aminosäuren in den Wirtspflanzen für die Wachstums- und Reproduktionsrate der Blattläuse von großer Bedeutung ist (MÜLLER 1956, 1958, 1961, AUCLAIR, MALTAIS u. CARTIER 1957, MARBLE, MELDEEN, MURRAY u. ZSCHEILE 1959, AUCLAIR 1963). Leider muß man nach diesen Arbeiten befürchten, daß die Eiweißwertigkeit der Wirtspflanzen verschlechtert wird, wenn man ihre Aphiden-Resistenz verbessert. Diese wenigen Beispiele sollten zeigen, wie vielfältig bei Kulturpflanzen die Beziehungen der Eiweißqualität zu den anderen Wertigenschaften sein können.

Aus unseren Betrachtungen ergibt sich, daß eine Züchtung auf Eiweißwertigkeit bereits möglich, aber noch in mancher Hinsicht sehr schwierig ist. Dennoch sollte die Züchtung mit aller Intensität beginnen, die Eiweißwertigkeit der Kulturpflanzen zu verbessern, zumal manche der heute noch schwierigen Probleme in einem klareren Licht erscheinen, je weiter die chemischen und physiologischen Kenntnisse fortschreiten.

Die Gedanken zur Problematik einer Züchtung auf Eiweißqualität haben sich aus zahlreichen Diskussionen im Institut ergeben. Dabei war es mir eine große Freude, wie unermüdlich und kritisch besonders Herr Dr. SKIEBE und Herr Dr. JAHR, aber auch Herr Dr. STEIN an der Klärung der Probleme mitgearbeitet haben.

Für manche wertvolle Anregung gilt mein herzlicher Dank Herrn Professor Dr. SCHNEIDER sowie den Herren Dr. MATTHIAS und Professor Dr. MÜLLER.

Literatur

1. AGUIRRE, F., C. E. ROBLES and N. S. SCRIMSHAW: The nutritive value of Central American corns. II. Lysine and methionine content of twenty-three varieties in Guatemala. *Food Research* **18**, 268–272 (1953).
2. AGUIRRE, F., R. BRESSANI and N. S. SCRIMSHAW: The nutritive value of Central American corns. III. Tryptophane, niacin, thiamine, and riboflavin content of twenty-three varieties in Guatemala. *Food Research* **18**, 273–279 (1953).
3. AUCLAIR, J. L., J. B. MALTAIS and J. J. CARTIER: Factors in resistance of peas to the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (HARR.) (Homoptera: Aphididae). II. Amino acids. *Canad. Entomologist* **89**, 457–464 (1957).
4. AUCLAIR, J. L.: Aphid feeding and nutrition. *Ann. Rev. Entomol.* **8**, 439–490 (1963).
5. BAPTIST, N. G.: Determination of essential amino-acids in some Ceylon vegetables. *British Journ. of Nutrition* **8**, 205–217 (1954).
6. BECKER, G.: Problematik der Qualitätszüchtung. *Ber. Vortr. II/1955 DAL Berlin* 71–98 (1956).
7. BLOCK, R. J., and H. H. MITCHELL: The correlation of the amino-acid composition of proteins with their nutritive value. *Nutrit. Abstr. Rev.* **16**, 249–278 (1946/47).
8. BLOCK, R. J., and K. W. WEISS: Amino Acid Handbook. Methods and results of protein analysis. Springfield-Illinois: Charles C. Thomas 1956.
9. BRESSANI, R., and E. T. MERTZ: Studies on corn proteins. IV. Protein and amino acid content of different corn varieties. *Cereal Chem.* **35**, 227–235 (1958).
10. BRESSANI, R., and B. J. RIOS: The chemical and essential amino acid composition of twenty-five selections of grain Sorghum. *Cereal Chem.* **39**, 50–58 (1962).
11. BRESSANI, R., L. G. ELIAS, N. S. SCRIMSHAW and M. A. GUZMAN: Nutritive value of Central American corns. IV. Varietal and environmental influence on the nitrogen, essential amino acid and fat content of ten varieties. *Cereal Chem.* **39**, 59–67 (1962).
12. BUSSON, F.: Etudes biologiques et chimiques sur les végétaux alimentaires de l'Afrique tropicale occidentale dans leurs relations avec le milieu géographique et humain. *Qual. Plant.* **10**, 109–132 (1963).
13. CHALMERS, M. I., and R. L. M. SYNGE: The digestion of protein and nitrogenous compounds in ruminants. *Adv. Protein Chem.* **9**, 93–120 (1954).
14. EDWARDS, C. H., L. P. CARTER and CH. E. OUTLAND: Cystine, Tyrosine, and essential amino acid contents of selected foods. *Journ. of Agricultural and Food Chemistry* **3**, 952–957 (1955).
15. VAN ETEN, C. H., R. W. MILLER and I. A. WOLFF: Amino acid composition of twenty-seven selected seed meals. *J. Agric. Food Chem.* **9**, 79–82 (1960).
16. EVANS, R. J., J. L. ST. JOHN, P. M. CRAVEN, J. L. HADDOCK, D. G. WELLS and S. P. SWENSON: Some factors influencing the protein, cystine, and methionine content of dry peas. *Cereal Chem.* **24**, 150–156 (1947).
17. FREY, K. J., B. BRIMHALL and G. F. SPRAGUE: The effects of selection upon protein quality in the corn kernel. *Agr. J.* **41**, 399–403 (1949).
18. GOA, J., and L. STRID: Amino acid content of leguminous proteins as affected by genetic and nutritional factors. III. *Arch. Mikrobiol.* **33**, 253–259 (1959).
19. GOERING, K. J., O. O. THOMAS, D. R. BEARDSLEY and W. A. CURRAN: Nutritional value of mustard and rape seed meals as protein source for rats. *J. Nutrit.* **72**, 210–216 (1960).
20. GORBACEVA, A. P.: Die Veränderung des Gehaltes an N-haltigen Stoffen (Eiweißstoffen) bei Futterpflanzen während der Vegetationsperiode (russ.). *Ber. Lenin. Akad. landw. Wiss. UdSSR* **21**, H. 5, 20–26 (1956).
21. HOLMES, P.: The amino-acid composition of certain seed proteins. *Austral. Journ. exp. biol.* **31**, 595–602 (1953).
22. JAHR, W.: Befruchtungsbiologie und Allopolyploidie bei der Artkreuzung Sommerapps × Chinakohl (*Brassica napus* f. *typica* Pospichal × *B. pekinensis* Rupr. var. *cylindrica* Tsen et Lee). *Züchter* **32**, 216–225 (1962).
23. KELLEY, E. G., and R. R. BAUM: Protein amino acids. Contents of vegetable leaf proteins. *J. Agric. Food Chem.* **1**, 680–683 (1953).
24. KHAN, N. A., and B. E. BAKER: The amino-acid composition of some Pakistani pulses. *J. Sci. Food Agric.* **8**, 301–305 (1957).
25. KIK, M. C., and R. D. STATEN: The nutrient content of Fescue and orchardgrass and amino acids in other grassland species. *Agronomy J.* **49**, 248–250 (1957).
26. KIZIMA, P. N.: Investigation of amino-acid composition of the protein in some varieties of winter-wheat (russ.). *Selekt. i. sem.* **18**, 8–11 (1951).
27. KOFRANYI, E.: Eine Methode der Proteinhydrolyse bei Anwesenheit von Kohlenhydraten. *Z. physiol. Chem.* **287**, 170–177 (1951).
28. KOPACZY, J., K. LINDNER and K. VARGA: Verbessertes Verfahren zur Berechnung der biologischen Wertigkeit der Nahrungseiweiße. *Qual. Plant.* **8**, 130 bis 138 (1961).
29. KRAUT, H.: Probleme der Eiweißernährung in der Welt. *Qual. Plant.* **10**, 13–36 (1963).
30. KUGENEV, P. V.: Einfluß der Futterration der Kühe auf den Aminosäuregehalt der Milch (russ.). *Sovetskaja zootechnika* **6**, 49–54 (1951).
31. KÜHNAU, J.: Biochemie des Nahrungseiweißes. *Angew. Chem.* **61**, 357–365 (1949).
32. KÜHNAU, J.: Neuere Erkenntnisse über das Eiweißproblem in der menschlichen und tierischen Ernährung. *Sitz. Ber. DAL Berlin* **4**, H. 10, 1–17 (1955).
33. LANG, K.: Lysin und die biologische Wertigkeit des Eiweißes. *Dtsch. Lebensmittelrundscha* **55**, 165–170 (1959).
34. LANG, K.: Aminosäureanreicherung und Aminosäureimbalance. *Arch. Tierernähr. Beih.* **8**, 5–16 (1961).
35. LAWRENCE, J. M., K. M. DAY, E. HUEY and B. LEE: Lysine content of wheat varieties, species, and related genera. *Cereal Chem.* **35**, 169–178 (1958).
36. LINDNER, K.: Die biologische Bedeutung der pflanzlichen Eiweißfraktionen. *Qual. Plant.* **10**, 221–235 (1963).
37. LINDNER, K., S. JASCHIK und I. KOPACZY: Aminosäurezusammensetzung und biologischer Wert der Kartoffeleiweißfraktionen. *Qual. Plant.* **7**, 289–294 (1960).
38. LINDNER, K., I. KOPACZY, S. JASCHIK und K. SZÖKE: Der Nährwert der in Ungarn angebauten Reissorten. *Qual. Plant.* **8**, 25–37 (1961).
39. LINTZEL, W.: Probleme der Eiweißqualität in Erhaltungs- und Leistungsfutter beim Pflanzenfresser und beim Fleischfresser. *Arch. Tierernähr. Beih.* **5**, 127–134 (1954).
40. LORENZO-ANDREU, A., and K. J. FRANDSEN: Studies on the variation in content and production of nitrogen and some essential amino acids in forage plants. I. Method for determination of tryptophan in plant material for breeding purposes. *Acta Agric. Scandinavica* **10**, 135–152 (1960).
41. LORENZO-ANDREU, A., E. BACH and K. J. FRANDSEN: Studies on the variation in content and production of nitrogen and some essential amino-acids in forage plants. II. Method for determination of methionine in plant material used for plant breeding and preliminary results on the methionine content in pasture plants. *Acta Agric. Scandinavica* **12**, 49–67 (1962).
42. MARBLE, V. L., J. C. MELDEEN, H. C. MURRAY and F. P. ZSCHEILE: Studies on free amino acids in the spotted alfalfa aphid, its honeydew, and several alfalfa selections in relation to aphid resistance. *Agr. J.* **51**, 740–743 (1959).
43. MASLOWSKI, P.: Comparative biochemical studies of proteins in different varieties of maize (corn). *Genetica Polonica* **3**, 275–284 (1962).
44. MASLOWSKI, P.: Z. Badan nad białkami kukurydzy Cz. II. Metabolizm niektórych form azotu w dojrzewających nasionach kukurydzy. *Hodowla Roslin Aklimatyzacja i Nasiennictwo Tom 7- zeszyt 1*, 17–23 (1963).
45. MATTHIAS, W., and J. WAGNER: II. Quedlinburger Symposium über Eiweißanalytik vom 5.–6. Mai 1961. *Z. Chem.* **2**, 126 (1962).
46. MICHAEL, G.: Einfluß der Düngung auf Eiweißqualität und Eiweißfraktionen der Nahrungspflanzen. *Qual. Plant.* **10**, 248–265 (1963).
47. MICHAEL, G., and B. BLUME: Über das Verhalten einiger lebenswichtiger Aminosäuren beim biologischen Abbau in verschiedenen Pflanzen. *Arch. Tierernähr.* **5**, 41–51 (1955).
48. MICHAEL, G., and B. BLUME: Über den Gehalt einiger Futterpflanzen an basischen und sauren Aminosäuren in Abhängigkeit von Schnittzeit und Entwicklungszustand. *Arch. Tierernähr.* **7**, 181–192 (1957).
49. MIKENAS, G.: Proteins of grain of corn varieties and hybrids (russ.). *Vestnik Selsk. nauk.* **6**, 48–54 (1963).
50. MILLER, B. S., J. Y. SEIFFE, J. A. SHELLENBERGER and G. D. MILLER: Amino acid content of various wheat varieties. I. Cysteine, lysine, methionine, and glutamic acid. *Cereal Chem.* **27**, 96–106 (1950).
51. MILLER, P. A., T. L. HURST and B. BRIMHALL: Relationships of lysine and niacin with the crude protein and certain components in corn grain. *Agr. J.* **44**, 343–345 (1952).
52. MITCHELL, H. H.: The dependence of the biological value of food proteins upon their content of essential amino acids. *Festschr. 100 Jahre Ldw. Vers. Stat. Leipzig-Möckern. Wiss. Abhdlg.* **5/2**,

- 279–326 (1954). — 53. MITCHELL, H. H., T. S. HAMILTON and J. R. BEADLES: The relationships between the protein content of corn and the nutritional value of protein. *J. Nutrit.* **48**, 461–476 (1952). — 54. MÜLLER, H. J.: Zur Problematik der Blattlausresistenz landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. *Sitz. Ber. DAL Berlin* **5**, H. 27, 1–20 (1956). — 55. MÜLLER, H. J.: Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus, *Aphis (Doralis) fabae* Scop. V. Antibiotische Wirkungen auf die Vermehrungskraft. *Ent. Exp. Appl.* **1**, 181–190 (1958). — 56. MÜLLER, H. J.: Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus, *Aphis (Doralis) fabae* Scop. VII. Reproduktionsrate und Körpergröße von *Aphis fabae* auf gleichaltrigen Jungpflanzen unterschiedlicher Wüchsigkeit. *Ent. Exp. Appl.* **4**, 148–164 (1961). — 57. NEHRING, K.: Probleme der Eiweißernährung und der Eiweißversorgung der landwirtschaftlichen Nutztiere. *Sitz. Ber. DAL Berlin* **12**, H. 3, 5–37 (1963). — 58. NEHRING, K., und E. SCHWERTFEGER: Die Bausteinanalyse der Futterproteine. *Festschr. 100 Jahre Landw. Vers. Stat. Leipzig-Möckern*, Wiss. Abhdlg. **5/2**, 355–371 (1954). — 59. NEHRING, K., und E. SCHWERTFEGER: Der Gehalt an essentiellen Aminosäuren in einigen Nahrungs- und Futtermitteln. *Z. Lebensmittel-Unters. u. Forschg.* **105**, 12–21 (1957). — 60. OSER, B. L.: Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. *J. Amer. Dietet. Ass.* **27**, 396–402 (1951). — 61. PEREIRA, A.: Proteínas do trigo aminoácidos essenciais de alguns trigos cultivados em Portugal. *Agronomia Lusitana* **18**, 285–300 (1956). — 62. PETRONICI, C.: A contribution to the knowledge of the nitrogenous metabolism in plants: Variations of the free and total amino acids in bean (*Vicia faba major*) during the growth cycle (ital.). *An. Sperim. Agraria* **10**, 841–855 (1956). — 63. POSTEL, W.: Der Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren auf den Eiweißhaushalt von Sommergerstencaryopsen, unter besonderer Berücksichtigung der exogenen Aminosäuren. *Züchter* **26**, 211–239 (1956). — 64. RAMACHANDRAN, M., and S. V. PHANSALKAR: Essential amino acid composition of certain vegetable foodstuffs. *Ind. J. Med. Res.* **44**, 501–509 (1956). — 65. REBER, E., and R. MAC VICAR: The nitrogen composition of cereal grasses. III. Amino acid distribution in field clippings and growing plants. *Agron. J.* **45**, 17–21 (1953). — 66. REISSIG, H.: Über die Möglichkeiten einer züchterischen Verbesserung der biologischen Wertigkeit von Kartoffeleiweiß. *Züchter* **28**, 51–60 (1958). — 67. RICHEY, F. D., and R. F. DOWSON: Experiments on the inheritance of niacin in corn (maize). *Plant Physiol.* **26**, 475–493 (1951). — 68. SCHIEMANN, R.: Die energetische Verwertung des Proteins. *Sitz. Ber. DAL Berlin* **12**, H. 3, 39–58 (1963). — 69. SCHUPHAN, W.: I. Proteines et amino-acides. Teneurs en amino-acides indispensables des végétaux alimentaires et de leurs divers organes. *Qual. Plant.* **3/4**, 19–33 (1958a). — 70. SCHUPHAN, W.: Biochemische Stoffbildung bei *Brassica oleracea* L. in Abhängigkeit von morphologischen und anatomischen Differenzierungen ihrer Organe. *Z. Pflanzenz.* **39**, 127–186 (1958b). — 71. SCHUPHAN, W.: Studien über essentielle Aminosäuren in Kartoffeln. I. Mitteilung. Die Indianerkartoffel *Solanum stenotomum* Juz. et Buk. *Qual. Plant.* **6**, 1–10 (1959/1960a). — 72. SCHUPHAN, W.: Studien über essentielle Aminosäuren in Kartoffeln. II. Mitteilung. Die biologische Eiweißwertigkeit der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.) im Ernährungsversuch und im Spiegel der essentiellen Aminosäuren. *Qual. Plant.* **6**, 16–38 (1959/60b). — 73. SCHUPHAN, W.: Methioningehalt und Eiweißqualität von Blattpflanzen in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. *Qual. Plant.* **8**, 261–283 (1961). — 74. SCHUPHAN, W.: Biochemische Grundlagen der Gemüsezüchtung. *Arch. Gartenbau* **10**, 257–267 (1962). — 75. SCHUPHAN, W.: Beziehungen zwischen Eiweißqualität und Backeigenschaften des Weizens in Abhängigkeit von der Düngung. *Qual. Plant.* **9**, 165–186 (1963a). — 76. SCHUPHAN, W.: Essentielle Aminosäuren und B-Vitamine als Qualitätskriterien bei Nahrungspflanzen unter besonderer Berücksichtigung tropischer Leguminosen. *Qual. Plant.* **10**, 187–204 (1963b). — 77. SCHUPHAN, W., und W. POSTEL: Action de la fumure et du climat sur la teneur en amino-acides indispensables. *Qual. Plant.* **3/4**, 45–61 (1958). — 78. SCHUPHAN, W., und I. WEINMANN: Essentielle Aminosäuren in unseren Nahrungspflanzen als Grundlage für eine gegenseitige Aufwertung von Pflanzenproteinen. *Qual. Plant.* **5**, 23–44 (1958/59). — 79. SCHUPHAN, W., und I. WEINMANN: Die Kartoffel als hochwertige Eiweißquelle nach Ergebnissen von Ernährungsversuchen und Bausteinanalysen. *Nahrung* **3**, 857–876 (1959). — 80. SCHWARZE, P.: Über die Methodik der Auslese eiweißreicher Zuchtstämme und die Variabilität der Eiweißqualität in Zuchtmaterial. *Z. Pflanzenz.* **26**, 1–55 (1944). — 81. SIHLBOM, E.: Amino acid composition of Swedish wheat protein. *Acta agric. Scandinavica* **12**, 148–156 (1962). — 82. SOUCI, S. W., W. FACHMANN, und H. KRAUT: Die Zusammensetzung der Lebensmittel Nährwert-Tabellen. I. Lieferung. Stuttgart: Wissenschaftl. Verlagsgesellsch. m.b.H. 1962. — 83. TARANOWA, A. I.: Aminosäurezusammensetzung des Weizens in Abhängigkeit von Sorte, Standort und Ausmahlungsgrad (russ.). *Biochimija* **16**, 239–245 (1951). — 84. TEAS, H. J., and A. C. NEWTON: Tryptophan, niacin and indoleacetic acid in several endosperm mutant and standard lines of maize. *Plant Physiol.* **26**, 494–501 (1951). — 85. THOMPSON, J. F., C. J. MORRIS and R. K. GERING: The effect of mineral supply on the amino acid composition of plants. *Qual. Plant.* **6**, 261–275 (1959/60). — 86. DE VUYST, A., R. ARNOULD, M. VANBELLE, W. VERVACK, et A. MOREELS: La valeur biologique des protéines. *Agricultura* **6**, 2. Ser., 531–583 (1958). — 87. DE VUYST, A., W. VERVACK, M. VANBELLE, R. ARNOULD et A. MOREELS: La composition en acides aminés des céréales belges et leur valeur dans l'alimentation du porc et de la volaille. *Agricultura* **6**, 19–53 (1958). — 88. DE VUYST, A., et W. VERVACK: Étude de la composition en acides aminés des fourrages produits en Belgique. *Qual. Plant.* **6**, 243–260 (1959/60). — 89. WERNER, A., und K. GRUHN: Untersuchungen über den Aminosäuregehalt des Rohproteins der Wiesenpflanzen in verschiedenen Wachstumsstadien. *Arch. Tierernähr.* **11**, 116–144 (1961). — 90. WHITE, PH. L., E. ALVISTUR, C. DIAS, E. VINAS, H. S. WHITE, and C. COLLAZOS: Nutrient content and protein quality of quinoa and cañihua, edible seed products of the Andes Mountains. *J. Agric. and Food Chem.* **3**, 531–534 (1955). — 91. ZSCHEILE, F. P., and H. C. MURRAY: Chromatographic study of amino acid development in wheat ovules in relation to genes for disease resistance. *Phytopathology* **47**, 631–632 (1957).