

(Aus der Bundesanstalt für Qualitätsforschung pflanzlicher Erzeugnisse, Geisenheim-Rheingau)

# Der Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren auf den Eiweißhaushalt von Sommergerstencaryopsen, unter besonderer Berücksichtigung der exogenen Aminosäuren\*

Von W. POSTEL

Mit 10 Textabbildungen

## I. Allgemeiner Teil

1. Einleitung: Das Eiweiß der Gerstencaryopse in anatomischer, physiologischer und chemischer Hinsicht

In der vorliegenden Arbeit steht der Eiweißhaushalt der reifen Gerstenfrucht im Mittelpunkt der Betrachtung. Eine Charakterisierung desselben hat davon auszugehen, daß die Eiweißstoffe, bei denen es sich physiologisch gesehen überwiegend um Reserveeiweiß handelt, in den Getreidecaryopsen nicht homogen verteilt sind. In großer Menge finden sie sich in der Aleuronschicht. Auch Embryo und Scutellum weisen einen hohen Eiweißgehalt auf. Der größte Teil des Gesamtproteins entfällt jedoch auf das Endosperm<sup>1</sup> (HINTON, 1953; EARLE, CURTIS und HUBBARD, 1946; McCANCE, 1946; PELSSENKE, 1951). Besonders reich an Eiweiß sind die äußeren Schichten des Endosperms. Schon GRÜSS (1899) konnte bei Gerste feststellen, daß die Zellen unter der Aleuronschicht große Mengen an Reserveeiweiß enthalten (vgl. ENGELHARD, 1935). Weiter nach innen nimmt es jedoch immer mehr ab. Der innere Teil des Mehlkörpers enthält lediglich die unter dem Begriff „histologisches Eiweiß“ zusammengefaßten plasmatischen Elemente, die als Wabengerüst die Stärkekörner umgeben, einschließlich des Zellkernapparates.

Bei der Ablagerung der Eiweißstoffe wird die gefurchte Seite der Gerstencaryopse im allgemeinen gegenüber der anderen, auf der der Embryo liegt, bevorzugt.

Nach GRÜSS (1899) unterscheiden sich eiweißreichere von eiweißärmeren Gersten vornehmlich durch die Menge des direkt unter der Aleuronschicht abgelagerten Reserveeiweißes. „In eiweißreichen Gersten kann in diesen ... Zellen ... die Stärke ganz verdrängt sein, in eiweißarmen dagegen sind die Eiweißmassen noch mehr oder weniger mit Stärkekörnern durchsetzt.“

Die Aleuronzellen kann man nach BERLINER und RÜTER (1930) teils als enzymspendende Drüsenzellen (zum Abbau des Mehlkörpers während der Keimung), teils, gleich dem Mehlkörper, als direkte Nahrungslieferanten des wachsenden Keimlings betrachten.

Als weiteres Charakteristikum des Eiweißhaushaltes kommt hinzu, daß die in den Gerstencaryopsen vorkommenden Proteine nicht einheitlich, sondern Gemische aus verschiedenen Komponenten sind. Nach OSBORNE (1897) unterscheidet man folgende vier Eiweißfraktionen:

Die Leucosin- oder Albuminfraktion enthält die in reinem Wasser,

die Edestin- oder Globulinfraktion die in verdünnten Neutralsalzlösungen, die Hordein- oder Prolaminfraktion die in 70%igem Alkohol löslichen Eiweißkörper.

Die Glutelinfraktion enthält den in Wasser, Salzlösung und Alkohol unlöslichen Rückstand an Eiweißstoffen, die in verdünnten Säuren und Laugen löslich sind.

Diese verschiedenen Eiweißfraktionen liegen in unterschiedlicher Menge vor. Ein ungefähres Bild über die Zusammensetzung des Gesamtproteins aufgrund dieses Einteilungsschemas vermittelt folgendes Ergebnis OSBORNE, nach dem sich ein Rohprotein-gehalt von 10,75% zusammensetzt aus:

Albumin (Leucosin)	0,30%
Globulin (Edestin)	1,95%
Prolamin (Hordein)	4,00%
Glutelin	4,50%

Die Gerstencaryopse enthält also vor allem Prolamin und Glutelin. Bei den übrigen Getreidearten treffen für Weizen, Roggen und Mais analoge Verhältnisse zu, lediglich der Hafer bildet eine Ausnahme. Der wesentlichste Eiweißkörper der Hafercaryopse ist nämlich ein Globulin (vgl. KÜHNNAU, 1950).

Diese Eiweißfraktionen stellen jedoch durchaus keine einheitlichen Eiweißkörper dar. Der wasser- und salzlösliche Stickstoff war bereits von OSBORNE (1897), SCHJERNING (1906) und BISHOP (1928 und 1930) weiter zerlegt worden, wobei jedoch die Reproduzierbarkeit der Werte zu wünschen übrig ließ. Mit dem Aufkommen physikochemischer Methoden wie Ultrazentrifugierung, Diffusion und Elektrophorese war nicht nur die Möglichkeit zur weiteren Auftrennung, sondern auch zur Prüfung auf Reinheit und Einheitlichkeit der N-Komponenten gegeben (vgl. URION, 1952; vgl. BROHULT, 1953). QUENSEL (1942) stellte vier wohldefinierte Bestandteile des Gerstenglobulins fest:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\delta$ -Globulin. Während sich  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Fraktion auch in anderen Getreidearten nachweisen lassen, kommt das  $\beta$ -Globulin nur in der Gerste vor. Der Embryo der Getreidecaryopsen enthält nur  $\gamma$ -Globulin, die Aleuronschicht enthält vorwiegend  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Globulin (vgl. URION, 1952). Auch das Hordein besteht nach URION (1952) wenigstens aus fünf verschiedenen Komponenten.

Schließlich konnten auch die kleinsten Bausteine der Eiweißstoffe, die Aminosäuren, durch die Methoden der Papierchromatographie und -elektrophorese (vgl. CRAMER, 1952; vgl. GRASSMANN und HANNIG, 1953), die Stärkechromatographie (vgl. MOORE und STEIN, 1949) und besonders der mikrobiologischen Analysenverfahren (vgl. SCHWEIGERT und SNELL, 1946/47) in größerem Umfang und mit größerer Sicherheit erfaßt werden.

Ergebnisse bei Weizen und Mais zeigten, daß sich die Eiweißstoffe in den verschiedenen Bezirken der

\* Diss., I. Teil, Mainz 1955 (Prof. Dr. habil. W. SCHUPHAN).

<sup>1</sup> In diesem Falle ist die Aleuronschicht, die eigentlich ein Teil des Endosperms ist, nicht zu diesem gezählt worden. Auch im folgenden ist unter Endosperm nur der Mehlkörper ohne die Aleuronschicht zu verstehen.

Caryopse nicht nur in der Menge, sondern auch in der Zusammensetzung an Aminosäuren beträchtlich unterscheiden, und daß das gleiche auch für die verschiedenen Eiweißfraktionen gilt. Zieht man einmal die essentiellen, auch als exogen bezeichneten Aminosäuren<sup>1</sup> zur näheren Betrachtung heran, so enthält beispielsweise das am reichlichsten vertretene Endospermeiweiß die unvollständigste Aminosäurengarnitur. Gegenüber dem Keim- und Kleieieiweiß, worunter im wesentlichen die Proteine von Embryo und Scutellum sowie die der Aleuronschicht zu verstehen sind, enthält es lediglich mehr Phenylalanin, beim Mais auch mehr Leucin, ist aber ärmer an Lysin, Arginin, Threonin und Valin. Von den Eiweißfraktionen zeichnen sich die Prolamine und Gluteline durch hohe Prolin- bzw. Glutaminsäuregehalte aus, beide weisen aber ein erhebliches Defizit an essentiellen Aminosäuren auf. Die Globuline zeigen dagegen eine bessere Ausstattung an diesen Aminosäuren (vgl. KÜHNAU, 1950).

Bei der Gerste dürfte entsprechendes zutreffen. Für das  $\beta$ -Globulin hat JENSEN (1952) bereits die Zusammensetzung an Aminosäuren ermittelt.

Zusammenfassend kann somit festgestellt werden, daß das Eiweiß der Gerstencaryopse sowohl in der Zusammensetzung als auch in der Lokalisation quantitativ und qualitativ stark differenziert ist.

## 2. Eiweißgehalt und Eiweißzusammensetzung, Qualitätsmerkmale bei der Verwendung der Sommergerste<sup>2</sup>

Eiweißgehalt und Eiweißzusammensetzung der Sommergerste sind sowohl für ihre Verwendung zu Brau- als auch zu Futterzwecken von hervorragender Bedeutung; in beiden Fällen ist die Eiweißfrage ein Kriterium der Qualität.

Bei der Braugerste, an die eine ganze Reihe besonderer Anforderungen gestellt werden (vgl. PAWLOWSKI-SCHILD, 1953), wird im allgemeinen ein niedriger Eiweißgehalt angestrebt (vgl. KLEBER, 1953 im Methodenbuch Bd. XV), da mit einem hohen Eiweißgehalt meist ein verringerter Stärkegehalt und somit eine niedrigere Extraktausbeute einhergeht (HAASE, 1906; BISHOP, 1930; ENGELHARD, 1935; KRÜGEL, DREYSPRING und HEINRICH, 1938) und neben diesem rein wirtschaftlichen Gesichtspunkt auch Schwierigkeiten bei der Verarbeitung auftreten können (LÜERS, 1949). Es besteht die vermehrte Gefahr des Auftretens von Eiweißtrübungen im Bier (ENDERS, 1937), wofür zum Teil Sulfhydrylgruppen, die durch Oxydation in Sulfidgruppen übergehen, verantwortlich sind (BROHULT, 1953; SANDEGREN, SUOMINEN und EKSTRÖM, 1949), und die Haltbarkeit des Bieres kann durch den höheren Anteil an dauernd löslichem Stickstoff beeinträchtigt werden, da dieser einen guten Nährboden für Fremdorganismen abgibt.

Andererseits haben aber die Eiweißstoffe eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für den Mälz- und Brauprozess und für die Güte des Bieres (WINDISCH, 1927; CHAPMAN, 1929; KOHLBACH, 1935; URION, 1952). Während der Gärung dienen gewisse Eiweißabbauprodukte der Hefe zur Ernährung (vgl. THORNE, 1937). Obwohl

sich dieselbe auch schon von Ammoniumsalzen als einziger Stickstoffquelle ernähren kann, werden von ihr, wenn ihr der Stickstoff wie in der Würze in Form von Amidn, Aminosäuren, Peptiden und Peptonen geboten wird, ganz bestimmte Aminosäuren bevorzugt assimiliert (VAN LAER, 1931; PREECE, 1951; BARTON-WRIGHT, 1952a; vgl. HOPKINS, 1935; vgl. BROHULT, 1953), wobei Lysin die erste von der Hefe verwertete Aminosäure ist (LJUNGDDAHL und SANDEGREN, 1953). Auch die für den Mälz- und Brauprozess wichtigen Enzyme sind Eiweißstoffe, und aus einer großen Zahl von Arbeiten geht hervor, daß eiweißreichere Gersten im Enzymgehalt die eiweißärmeren übertreffen, wobei allerdings sortenspezifische Unterschiede zu beachten sind (LAMPE und DEPLANQUE, 1935; THUNAEUS und SCHRÖDERHEIM, 1935; IWANOW und KIRŠANOWA, 1936; MYRBÄCK, 1936a und 1936b; ANDERSON, SALLAUS und AYRE, 1938; HÖHENBERGER, 1951; HOFMANN und HÖHENBERGER, 1952). Außerdem sind für Geschmack, vollmundigen Trunk sowie Schaumbildung und Schaumhaltigkeit des Bieres gewisse Stickstoffsubstanzen notwendig (STEVEN, 1930; DE CLERCK, 1950; SANDEGREN, 1951; BROHULT, 1953). Schließlich hängen auch Aromabildung und Farbe von Spaltungsprodukten der Eiweißstoffe, besonders von Aminosäuren ab (LEBERLE 1930; LÜERS, STRICKER und SCHILD, 1938; SATAVA, 1938; SANDEGREN, 1951).

Trotz dieser Erkenntnisse ist man jedoch heute noch weit davon entfernt, vom Eiweißgehalt und seiner Zusammensetzung aus auf die Verarbeitung der Gerste und die Güte des Endproduktes schließen zu können (URION, 1952; MARIANI, 1953; OLSON und BURKHART, 1954).

Ganz anders liegen die Verhältnisse dagegen bei der Futtergerste. Seit den Erkenntnissen von ROSE und Mitarbeitern (1938, zit. bei SCHUPHAN, 1948) ist nämlich eine Bewertung der Eiweißstoffe für Ernährung und Fütterung aufgrund ihrer Zusammensetzung an lebensnotwendigen, sogenannten essentiellen oder exogenen Aminosäuren mit großer Genauigkeit möglich (vgl. MITCHELL, 1954). Als solche Aminosäuren sind für allgemeine Betrachtungen folgende zehn anzusehen: Valin, Leucin, Isoleucin, Threonin, Arginin, Histidin, Lysin, Phenylalanin, Tryptophan und Methionin, wenn sich auch für einzelne Tiergruppen und den Menschen sowie innerhalb derselben für bestimmte Lebensleistungen wie Wachstum oder Erhaltung gewisse Differenzierungen ergeben. So sind für den erwachsenen Menschen nur acht Aminosäuren essentiell, Histidin und Arginin sind entbehrlich (ROSE, JOHNSON und HAINES, 1950; ROSE, HAINES, WARNER und JOHNSON, 1951; ROSE, HAINES und WARNER, 1951; ROSE, WARNER und HAINES, 1951; vgl. ROSE, 1952). Bei den Säugetieren sind für Lebenserhaltung und N-Gleichgewicht neun Aminosäuren erforderlich, Arginin ist nicht notwendig. Für Wachstum wird diese Aminosäure jedoch ebenfalls benötigt. Eine Ausnahme unter den Säugetieren bilden die reinen Pflanzenfresser, besonders die Wiederkäuer, für die die Zusammensetzung des zugeführten Eiweißes von untergeordneter Bedeutung ist, da durch die reiche Mikroflora in ihrem Magen-Darm-Abschnitt eine Aufwertung minderwertiger Stickstoffsubstanzen in hochwertiges Bakterieneiweiß erfolgt (ALMQUIST, 1953; McDONALD, 1954; vgl. NEHRING, 1952; vgl. BRÜNE, 1953). In der Geflügelernährung sind alle zehn genannten Aminosäuren voll-exogen (ALMQUIST, 1947).

<sup>1</sup> Der Begriff essentielle bzw. exogene Aminosäuren bezieht sich auf die menschliche und tierische Ernährung, nicht aber auf die der Pflanze.

<sup>2</sup> Die Sommergerste dient vorwiegend Futter- und Brauzwecken (HONECKER, 1937; AUFHAMMER, 1952).

Für frühes und schnelles Wachstum dürften auch noch Glykokoll, Glutaminsäure und Prolin von Bedeutung sein und unter gewissen Bedingungen auch Cystin und Tyrosin (ALMQUIST, 1953; KRATZER und WILLIAMS, 1948; ALMQUIST und MECCHI, 1942).

Von den nicht-exogenen Aminosäuren, die keineswegs bedeutungslos sind (vgl. ALMQUIST, 1953), wird dem Cystin besondere Beachtung geschenkt, da seine Anwesenheit den Bedarf an Methionin senkt (vgl. WOMACK und ROSE, 1941), aus dem es wohl in jeder erforderlichen Menge gebildet werden kann, das aber besonders in pflanzlichem Nahrungseiweiß oft in unzulänglicher Menge vorhanden ist. Cystin wird daher meist als „halb-essentielle Aminosäure“ bei der Bewertung eines Nahrungsproteins mit in die Betrachtung einbezogen (BLOCK und MITCHELL, 1946/47; OSER, 1951; MITCHELL, 1954).

Diese essentiellen Aminosäuren, die der menschliche und tierische Organismus nicht oder nur in unzureichendem Maße zu synthetisieren vermag, müssen mit der Nahrung zugeführt werden. Bereits das Fehlen oder die unzureichende Zufuhr einer einzigen ruft typische Mangelsymptome hervor, da sie neben dem Aufbau von Körpereiwweiß noch ganz bestimmte Funktionen zu erfüllen haben (RUDOLPH, 1948; KÜHNAU, 1949; vgl. LANG und CREMER, 1948; vgl. BANSI und LUDWIG, 1951). Ein Überschuß an einer Aminosäure hat ebenfalls negative Auswirkungen für den Körper zur Folge (CHRISTENSEN, STREICHER und ELBINGER, 1948; KÜHNAU, 1949). Die essentiellen Aminosäuren müssen daher für eine optimale Verwertung in einem ganz bestimmten Mengenverhältnis und gleichzeitig vorliegen (CANNON, STEFFEE, FRAZIER, ROWLEY und STEPTO, 1947; GEIGER, 1947 und 1948; HENDERSON und HARRIS, 1949; GEIGER und HAGERTY, 1950). Die gegenseitige Ergänzung verschiedener Nahrungsproteine verdient in diesem Zusammenhang besondere Beachtung (SCHUPHAN, 1948; LANG und CREMER, 1948 und 1949; TÄUFEL, 1949; CHICK, 1949; BANSI und LUDWIG, 1951; NEHRING, 1952 und 1953; ALMQUIST, 1953), ebenso die Tatsache, daß durch gewisse Vorbehandlungsmethoden, besonders durch Erhitzen, der Nahrungswert beeinträchtigt werden kann (GRISWOLD, 1951; OVERBY und FROST, 1951; OSER, 1951; FRIEDMANN und KLINE, 1950; ZIMMERMANN, 1952). Über den Bedarf an den einzelnen exogenen Aminosäuren liegen ziemlich differente Angaben vor, da er nicht nur für die verschiedenen Tiergruppen und den Menschen, sondern auch nach Leistung und Alter sowie selbst von Individuum zu Individuum stark variiert (ROSE, 1949 und 1952; ALMQUIST, 1952 und 1953; ALBANESE, 1947; KÜHNAU, 1949; vgl. auch LINTZEL und RECHENBERGER, 1952).

Die Biologische Wertigkeit der Eiweißstoffe (THOMAS, 1909; vgl. auch LINTZEL, 1944), die bisher nur im Tierversuch über die N-Bilanz-Methode oder den Wachstumstest (Protein efficiency ratio) zu ermitteln war (vgl. NEHRING, 1952 und 1953; vgl. COLUMBUS, 1954), spiegelt sich also in dem Vorhandensein und dem gegenseitigen Mengenverhältnis der exogenen Aminosäuren wider. Es ist dabei völlig belanglos, ob dieselben in einem hochmolekularen Verband oder frei oder als Peptide vorliegen. Dadurch besitzt die Ermittlung des „Reineiweißes“ und des „Rohproteins“, deren Problematik von SCHUPHAN (1948 und Methodenbuch Bd. IV) eingehend besprochen wird, nur mehr zweitrangige Bedeutung.

Als „Reineiweiß“ bezeichnet man die durch Kupferhydrat, Trichloressigsäure, Phosphorwolframsäure oder Tannin fällbare N-Substanz, die im wesentlichen die hochmolekularen, also echten Eiweißstoffe enthält. Das „Rohprotein“ umfaßt daneben noch die nicht mitgefällten N-Verbindungen, wie die ernährungsphysiologisch dem hochmolekularen Eiweiß gleichwertigen Peptide und Aminosäuren, aber auch Amide, Amine, Purin- und Pyrimidinbasen, Phosphatide, Vitamine des B-Komplexes, u. a. Die Rein- und Rohproteinwerte resultieren aus der Bestimmung des Reineiweiß-N bzw. des Gesamt-N und Multiplikation dieser Werte mit dem konventionellen Faktor 6,25, wodurch fällbare und lösliche N-Fraktion als Eiweiß mit einem durchschnittlichen N-Gehalt von 16% angesehen wird.

Den Anteil des Reineiweißes am Rohprotein (bzw. des Reineiweiß-N am Gesamt-N) belegt man mit der Bezeichnung „Relativer Eiweißgehalt“.

Die Bestimmung des Gesamt-N-Gehaltes (Rohproteingehaltes) behält jedoch insofern ihre Bedeutung als dieser die Vergleichs- und Bezugsbasis für die exogenen Aminosäuren darstellt. Bei der Gerste, wie auch bei den anderen Getreidearten, liegen die Verhältnisse besonders günstig, da sich das Rohprotein, im Gegensatz zu den meisten anderen pflanzlichen Nahrungsproteinen, fast ganz aus echten Eiweißbestandteilen zusammensetzt, beträgt doch der relative Eiweißgehalt nach SCHUPHAN (1948) bereits 95%.

Die Anteile der einzelnen exogenen Aminosäuren am Rohprotein stellen also den ernährungsphysiologischen Wertmaßstab eines Eiweißstoffes dar. Die Biologische Wertigkeit läßt sich für ein beliebiges Nahrungsprotein dadurch berechnen, daß man dessen Aminosäurezusammensetzung auf diejenige eines als vollwertig bekannten Standardproteins bezieht. Als solche gelten die Proteine der Milch (KÜHNAU, 1949; NEHRING, 1952) und des Volleis (MITCHELL und BLOCK, 1946). Letzteren wird im allgemeinen der Vorzug gegeben, da sie gegenüber dem Milcheiweiß in der tierischen Ernährung fast vollkommen und beim erwachsenen Menschen ebenfalls besser verwertet werden (MITCHELL und BLOCK, 1946).

Die Vollei-Standardwerte sind nach BLOCK und BOLLING (1951) folgende (in „g Aminosäure in 100 g Rohprotein“): Valin 7,2; Leucin 9,2; Isoleucin 7,7; Threonin 4,3; Arginin 6,6; Histidin 2,4; Lysin 7,0; Phenylalanin 6,3; Tryptophan 1,5; Methionin 4,0 und Cystin 2,4.

Von dieser in ernährungsphysiologischem Sinne idealen Aminosäurenkombination weichen die verschiedenen Nahrungsproteine mehr oder weniger ab; meist findet man ein Defizit an den einzelnen exogenen Aminosäuren. Diejenigen exogenen Aminosäuren mit der größten negativen Abweichung werden als „limitierende“ bezeichnet, da sie den die Eiweißqualität begrenzenden Faktor darstellen. Der Quotient

$$\frac{\text{g Aminosäure in 100 g Versuchsprotein}}{\text{g Aminosäure in 100 g Eiweißprotein}} \cdot 100,$$

den man nach OSER (1951) als „Eiweißverhältnis“ (egg-ratio) bezeichnet, ist für limitierende Aminosäuren besonders klein. In reifen Getreidecaryopsen, also auch in der zur Untersuchung gelangenden Sommergerste, ist Lysin die den Eiweißwert begrenzende Aminosäure (vgl. BLOCK und MITCHELL, 1946/47; vgl. LANG und CREMER, 1949).

Zur Erlangung eines zahlenmäßigen Ausdrucks für die Biologische Wertigkeit eines Nahrungsproteins sind verschiedene Wege vorgeschlagen worden, die alle gute Übereinstimmung des biochemischen mit dem physiologischen Maßstab der Eiweißbewertung erkennen lassen, wie im folgenden den Korrelationskoeffizienten zu entnehmen ist.

KÜHNAU (1949) legt als Beurteilungsmoment für die Biologische Wertigkeit ( $y$ ) das prozentuale Verhältnis ( $x$ ) des Gesamtanteils der exogenen Aminosäuren zu einem Standardprotein zugrunde. Die Regression hierfür ist nach MITCHELL (1954):  $y = -10,08 + 1,7963x$ . Der Korrelationskoeffizient  $r = 0,813$  läßt eine gute Korrelation erkennen.

MITCHELL und BLOCK (1946) ziehen für die Berechnung nur die limitierende Aminosäure heran, deren Eiweißproteinverhältnis in direkter Beziehung zur Biologischen Wertigkeit ( $y$ ) steht. Dieselbe läßt sich daher an Hand einer Regressionsgleichung aus diesem „Spezifischen Aminosäure-(SAS-) Wert“ (= „chemical score“ in der amerikanischen Literatur) ermitteln. Zunächst legten MITCHELL und BLOCK (1946) die prozentuale Abweichung ( $x$ ) der limitierenden Aminosäure vom Volleiprotein Standard für ihre Gleichung zugrunde:  $y = 102 - 0,634x$ . Nach MITCHELL (1954) läßt sich aber auch durch direktes Einsetzen des Eiweißproteinverhältnisses der limitierenden Aminosäure ( $x'$ ) in folgende Formel die Biologische Wertigkeit ( $y$ ) errechnen:  $y = 32,34 + 0,6969x'$ . In beiden Fällen spricht der Korrelationskoeffizient  $r = -0,816$  bzw.  $r = 0,846$  für eine gute Korrelation zwischen  $x$  bzw.  $x'$  und  $y$ .

OSER (1951) bevorzugt dagegen keine einzelne, sondern zieht die Gesamtheit der essentiellen Aminosäuren zur Berechnung heran. Der sich aus dem geometrischen Mittel der Eiweißproteinverhältnisse aller essentiellen Aminosäuren ergebende EAS (Essentielle Aminosäuren)-Index (-EAA-Index in der amerikanischen Literatur) ermöglicht es, die Biologische Wertigkeit eines Nahrungsproteins ziemlich genau zu ermitteln. Bei der Berechnung wird ein Überschuß einer essentiellen Aminosäure im Versuchsprotein gegenüber dem Standard-Volleiprotein nicht berücksichtigt; das höchstmögliche Eiweißproteinverhältnis ist also 100. Außerdem sollten nach OSER Methionin und Cystin wegen ihrer physiologischen Verwandtschaft als eine Einheit in die Berechnungsformel eingesetzt werden. Eine Differenzierung des EAS-Indexes für die einzelnen Tiergruppen und den Menschen im Hinblick auf die unterschiedliche Zahl an essentiellen Aminosäuren ist ohne weiteres möglich. — Die enge Korrelation zwischen EAS-Index ( $x$ ) und Biologischer Wertigkeit ( $y$ ) läßt sich nach MITCHELL (1954) in folgender Regressionsgleichung ausdrücken:  $y = -15,7 + 1,098x$ . Der Korrelationskoeffizient  $r = 0,959$  ist sehr hoch. Nach MITCHELL (1954) ist innerhalb eines Indexbereiches von 59—97 die biochemische Ermittlung der Biologischen Wertigkeit an Hand des EAS-Indexes eher zuverlässiger als das tierexperimentelle Ergebnis. Eine Umformung des EAS-Indexes ist nicht notwendig, da er an sich bereits als Kriterium für die Biologische Wertigkeit angesehen werden kann.

Für die Verwendung der Sommergerste in Mälzerei und Brauerei und für Ernährung bzw. Fütterung spielt also neben dem Eiweißgehalt besonders die Eiweißzusammensetzung eine hervorragende Rolle. Die Faktoren, von denen dieselbe abhängig ist bzw. die dieselbe

verändern oder beeinflussen, verdienen daher besondere Beachtung. Einen Beitrag zu dieser Frage stellt die vorliegende Arbeit dar. In ihr wird der Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren auf Eiweißgehalt und Eiweißzusammensetzung der Sommergerstencaryopsen geprüft. Die Untersuchungen erstrecken sich auf die Bestimmung des Gesamt-N (Rohproteins) und die Ermittlung der exogenen Aminosäuren. Die Ergebnisse dürften im Hinblick auf die Verwendung der Sommergerste als Braugerste einen weiteren Baustein zum dortigen Eiweißproblem darstellen, für die Verwendung als Futtergerste konnten sie aufgrund der geschilderten ernährungsphysiologischen Erkenntnisse direkt ausgewertet werden.

### 3. Bisherige Arbeiten über den Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren auf Eiweißgehalt und Eiweißzusammensetzung von Sommergersten-Caryopsen

SCHWANITZ und SCHWARZE (1937a und 1937b) haben die Arbeiten über den Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren auf Eiweißgehalt und Ertrag unserer Getreidearten zusammenfassend referiert. Sie kommen zu dem Schluß, daß nicht nur unter den verschiedenen Getreidearten, sondern auch zwischen den Sorten einer Art erblich bedingte Unterschiede im Eiweißgehalt auftreten. Diese Unterschiede sind jedoch nicht so groß wie diejenigen, die durch die ökologischen Faktoren hervorgerufen werden können. Dadurch treten erblich bedingte Unterschiede in der Praxis kaum hervor, obwohl Sorten „mit einem höheren Eiweißgehalt in der Regel unter den verschiedensten Außenbedingungen ihren Platz in der Reihenfolge der Sorten wahren“, wenn sich auch unter ariden Außenbedingungen sortenspezifische Unterschiede stärker ausgleichen als unter humiden. Außerdem ist von der genetischen Konstitution der Pflanze die Bestockung, Reifezeit und Korngröße sowie die Nährstoffausnutzung abhängig, desgleichen ihre Reaktion auf Bodentyp und Feuchtigkeit oder Trockenheit, Faktoren, die für die Höhe der Eiweißgehalte ebenfalls von wesentlicher Bedeutung sind (vgl. auch HOFMANN und AMBERGER, 1953).

Von den ökologischen Faktoren ist der Einfluß der klimatischen Verhältnisse auf Eiweißgehalt und Ertrag am stärksten: Je arider kontinentaler das Klima ist, um so höher ist der Eiweißgehalt und um so niedriger der Ertrag; je humider ozeanischer es ist, um so geringer ist der N-Gehalt und um so höher der Ertrag. Entsprechend wirken sich auf einem enger begrenzten Raum die Witterungsverhältnisse aus: Trockenheit bringt eine Erhöhung, Feuchtigkeit eine Verringerung des Eiweißgehaltes mit sich.

Der Wärmefaktor spielt dabei gegenüber den Niederschlägen eine untergeordnete Rolle. Nicht nur die absolute Menge der im Laufe einer Vegetationsperiode gefallenen Niederschläge ist für die Höhe des Eiweißgehaltes entscheidend, „sondern auch ihre jahreszeitliche Verteilung, ihr Wirksamwerden in den verschiedenen Perioden pflanzlicher Entwicklung“. Bei der Sommergerste sind die Niederschläge während der Jugendentwicklung im April/Mai von besonderer Bedeutung für die Höhe des Eiweißgehaltes. Sind sie in ausreichender Menge vorhanden, so resultiert ein niedriger Eiweißgehalt, fehlen sie, so kommt ein hoher Eiweißgehalt zustande (vgl. auch STEVEN, 1930; LE-

BERLE, 1930; RUSSEL und BISHOP, 1933; FINK und KUNISCH, 1937).

Neben den klimatischen Verhältnissen sind aber auch noch eine Reihe anderer Faktoren mitbestimmend für die Höhe von Eiweißgehalt und Ertrag.

Der Einfluß der Länge der Vegetationsperiode geht bereits daraus hervor, daß Wintergetreide stets ertragreicher und eiweißärmer als Sommergetreide ist, was auch, wie AUFHAMMER (1952) betont, für die Gerste gilt. Aber auch innerhalb der kurzen Vegetationsperiode der Sommergerste führt eine Verkürzung der Vegetationszeit durch späte Aussaat oder entsprechende Witterungsverhältnisse — z. B. Notreife — zu einer Erhöhung des prozentischen Eiweißgehaltes, eine Verlängerung der Vegetationszeit dagegen zu einer Erniedrigung desselben. Damit ist die Bedeutung der Saatzeit für die Höhe der Eiweißgehalte ebenfalls bereits geklärt (vgl. auch DIETRICH, 1927; BURGEVIN und SARAZIN, 1939a; HÖHENBERGER, 1951; HOFMANN und HÖHENBERGER, 1952).

Die Bestandsdichte, die von der Saatstärke abhängt, ist ebenfalls von Einfluß. Der Eiweißgehalt nimmt mit zunehmender Bestandsdichte ab, der Ertrag je Flächeneinheit dagegen bis zu einem art- und rasseverschiedenen Optimum zu.

Von wesentlicher Bedeutung für die Höhe von Eiweißgehalt und Ertrag ist die Düngung.

Phosphorsäure- und Kalidüngung fördern vor allem die Assimilation und damit die Kohlenhydraterzeugung der Pflanze. Sie bewirken dadurch eine Ertragssteigerung und eine Abnahme des prozentischen Eiweißgehaltes (DIETRICH, 1927; DREYSPRING, KURTH und HEINRICH, 1931a und 1931b; KRÜGEL, DREYSPRING und KURTH, 1933; WEINMANN, 1933; LÜDECKE, 1936; WIMMER und LÜDECKE, 1936).

Außerordentlich verschieden kann die Wirkung sein, die Stickstoffdüngung auf Ertrag und Eiweißgehalt ausübt. Bei günstiger Wasserversorgung steigert sie vor allem den Ertrag. Der Eiweißgehalt kann dabei gleichbleiben oder sogar abnehmen. Erst eine überhöhte Stickstoffgabe wirkt sich auf eine Erhöhung des N-Gehaltes aus. Je ungünstiger jedoch die Wasserversorgung der Pflanze ist, um so geringer wird die durch Stickstoffdüngung bewirkte Ertragszunahme, um so größer die Erhöhung des Proteingehaltes. Diese Erkenntnisse gründen sich auf die Versuchsergebnisse einer großen Zahl von Autoren, von denen folgende genannt seien: DIETRICH, 1927; STEVEN, 1930; RICHARDSON und GURNEY, 1933; McALLISTER, 1934; PFAFF, 1938; SCHMITT und SCHINEIS, 1938; KRÜGEL, DREYSPRING und HEINRICH, 1938; NEHRING, 1938 und 1939; BURGEVIN und SARAZIN, 1939b; RUSSEL und WATSON, 1939; SCHROPP und ARENZ, 1941a; HÖHENBERGER, 1951; HOFMANN und HÖHENBERGER, 1952; DRESSLER, 1952; HUNTER, 1953; FREY und ROBERTSON, 1953; SCHIMPF, 1953.

Besonders die Zeit der N-Aufnahme ist für Ertrag und Eiweißgehalt von Bedeutung. Je früher die Düngung verabreicht wird und je leichter löslich die N-Verbindungen sind, um so mehr wirkt sie sich auf den Ertrag, um so weniger auf den Eiweißgehalt der Caryopsen aus. Der Eiweißgehalt wird aber um so mehr ansteigen, je später die Düngung einsetzt oder je schwerer löslich die N-Verbindungen sind. Die „zusätzliche späte N-Düngung“ nach dem Ährenschieben ist daher ein sicheres Mittel, den Eiweißgehalt der Getreidecary-

opsen zu steigern (SELKE, 1938 und 1941; SCHROPP und ARENZ, 1938 und 1941b; RUSSEL und WATSON, 1939; OPITZ, 1940; VANDECAVEYE, 1940; BRÜNE, 1941; KEESE, 1941; NEHRING, 1941; NEHRING und SCHRAMM, 1941; PIELEN, 1941; SCHMITT und SCHINEIS, 1942; WEIGERT und SCHAEFFLER, 1942; FRÖJER, 1942/43; GIESECKE und WIENHUES, 1943; KÖNIG, 1943; HUNTER, 1953).

Die pflanzenphysiologischen Grundlagen, die eine Erklärung für diese Wirkungen der ökologischen Faktoren geben, werden von STEVEN (1930), SCHWANITZ und SCHWARZE (1937a) und KOBLET (1947) besprochen. Es ist hier jedoch ausdrücklich festzustellen, daß in der Natur nie ein einziger Faktor variiert — im Gegensatz zum „Klimakammerversuch“, wo diese Möglichkeit gegeben ist — sondern stets mehrere gleichzeitig. Aus dem Zusammenwirken aller Einzelfaktoren, die komplex miteinander verflochten sind (vgl. LUNDEGÄRDH, 1949; vgl. WALTER, 1951), resultiert schließlich die absolute Höhe der Eiweißgehalte.

Während über die Faktoren, die den Eiweißgehalt der Sommergerste beeinflussen und bestimmen, eingehend gearbeitet wurde, liegen über die Beeinflussbarkeit der Eiweißzusammensetzung nur spärliche Angaben vor. Daher finden im folgenden auch die Arbeiten Erwähnung, die sich nicht mit der Sommergerste, sondern mit anderen Getreidearten befassen.

Auf der Basis der verschiedenen Stickstofffraktionen untersuchten FINK und KUNISCH (1937) den „Einfluß der Anbauverhältnisse, der Gerstensorte und des N-Gehaltes auf die Unterteilung des Gersteneiweißes in die verschiedenen Fraktionen“. Dabei zeichnete sich eine Sorte gegenüber den anderen durch einen höheren Anteil an salzlöslichem Stickstoff aus. Sie fanden weiterhin, „daß irgendwelche deutliche Parallelitäten zwischen den einzelnen Anbaubedingungen und der Zusammensetzung der unter diesen Bedingungen gewachsenen Gersten kaum zu beobachten sind“. Dagegen konnten sie eine enge korrelative Beziehung zwischen der Höhe des Gesamt-N-Gehaltes und der Zusammensetzung desselben feststellen. Die salzlösliche N-Fraktion fiel bei steigendem Gesamt-N-Gehalt ab, während der Hordeinstickstoff anstieg. Dagegen schwankte die Glutelinfraktion nur in engen Grenzen.

Zu demselben Resultat kamen HALVERSON und OLSON (1953) mit amerikanischen Gerstensorten. Sie folgern aus diesen Ergebnissen, daß die Proteinzusammensetzung vorausgesagt werden kann, wenn der Proteingehalt bekannt ist.

Untersuchungen auf Aminosäurebasis waren erst nach dem Aufkommen der in Amerika entwickelten mikrobiologischen Analysenmethode, etwa seit 1944, in größerem Umfang und mit befriedigender Genauigkeit möglich. Während bereits Angaben über die Aminosäurezusammensetzung der meisten pflanzlichen — wie auch der tierischen — Eiweißstoffe vorliegen (BLOCK und MITCHELL, 1946/47; ÅGREN, 1949 und 1952; BLOCK und BOLLING, 1951; HIRSCH, NILES und KEMMERER, 1952; HOLMES, 1953; KELLEY und BAUM, 1953; NEHRING und SCHWERDTFEGGER, 1954), ist über deren Veränderung durch genetische und ökologische Faktoren nur wenig bekannt.

McELROY, CLANDININ, LOBAY und PETHYBRIDGE (1949) untersuchten das Eiweiß einer großen Zahl von Proben je einer Gersten-, Weizen- und Hafersorte auf die Zusammensetzung an neun exogenen Amino-

säuren. Die Proben waren unter den verschiedensten Klima- und Bodenbedingungen herangewachsen und hatten infolgedessen eine weite Spanne in ihren Proteingehalten. Die genannten Autoren konnten keine Beziehung zwischen diesen Faktoren und der Aminosäurezusammensetzung des Eiweißes feststellen. Dagegen waren die Veränderungen in der Aminosäurezusammensetzung des Gesamtproteins korrelativ mit dem Gesamt-N-Gehalt verbunden. Bei Gerste und Weizen nahm der Anteil einiger Aminosäuren am Rohprotein, besonders der des Lysins, mit steigendem Gesamt-N-Gehalt ab, der Phenylalaninanteil dagegen zu. Diese Feststellungen treffen bemerkenswerterweise für den Hafer nicht zu, so daß die gegenüber Gerste und Weizen abweichende Veränderung in der Aminosäurezusammensetzung bei steigendem Proteingehalt die bereits erwähnten besonderen Eiweißverhältnisse des Hafers bestätigt. In ernährungsphysiologischer Hinsicht weisen die Ergebnisse von McELROY und Mitarbeitern bei Gerste und Weizen auf eine Abnahme der Eiweißqualität bei steigendem Proteingehalt hin, nicht dagegen beim Hafer.

DRESSLER (1952) untersuchte aus N-Düngungsversuchen stammende Proben je einer Roggen-, Weizen-, Gersten- und Hafersorte auf zehn exogene Aminosäuren und folgert aus seinen Ergebnissen, daß „grundsätzlich durch Stickstoffdüngung der Biologische Wert des Reserveeiweißes reifer Getreidecaryopsen verbessert wird“, eine Feststellung, die jedoch für alle Getreidearten mit Ausnahme des Hafers nur unter gewissen Bedingungen Gültigkeit haben dürfte, nämlich dann, wenn die Stickstoffdüngung infolge günstiger Wasserverhältnisse den Ertrag steigert, so daß der Eiweißgehalt abnimmt. Sieht man vom Haferversuch aus den mehrfach erwähnten Gründen ab, so treffen in drei der restlichen vier Versuche diese Verhältnisse zu. Die ungedüngten Proben ( $N_0$ ) hatten die höchsten, die Proben der ersten Düngungsstufe ( $N_1$ ) die niedrigsten N-Gehalte. Die exogenen Aminosäuren zeigten im Gesamtanteil am Rohprotein von  $N_0$  nach  $N_1$  die stärkste Steigerung, woran besonders das limitierende Lysin beteiligt war. Die Eiweißqualität war also bei hohem Proteingehalt ( $N_0$ ) geringer als bei niedrigem ( $N_1$ ). In einem Versuch dagegen nahm infolge arider Witterungsverhältnisse der Eiweißgehalt schon durch die erste N-Gabe zu. Auch hier schließt DRESSLER auf eine Zunahme der Biologischen Wertigkeit des Eiweißes, obwohl nur die beiden weniger wichtigen Aminosäuren Leucin und Phenylalanin eine deutliche Erhöhung erfahren haben, dagegen das limitierende Lysin überhaupt nicht angestiegen ist und Valin sogar eine starke Abnahme zeigt. Nach den Ergebnissen von McELROY und Mitarb. (1949, s. oben) und den folgenden amerikanischen Befunden beim Mais dürfte in diesen Fällen die Biologische Wertigkeit keine Zunahme, sondern eher eine Abnahme erfahren.

Beim Mais fanden nämlich MITCHELL, HAMILTON und BEADLES (1952) und SAUBERLICH, CHANG und SALMON (1953a und 1953b) sowohl aufgrund der Aminosäurezusammensetzung als auch im Tierversuch, daß bei einem höheren Proteingehalt, ganz gleich ob er durch Erb- oder Umwelteinflüsse bedingt ist, die Biologische Wertigkeit des Maiseiweißes geringer ist als bei einem niedrigen Eiweißgehalt (vgl. auch EGGERT, BRINEGAR und ANDERSON, 1953; DOB-

BINS, KRIDER, HAMILTON, EARLEY und TERRILL, 1950a). Besonders die starke Abnahme der limitierenden Aminosäuren Lysin und Tryptophan am Rohprotein bei steigendem Gesamt-N-Gehalt ist dafür die Ursache.

Diese wenigen Untersuchungsergebnisse zeigen bereits deutlich, daß die Aminosäurengarnitur des Getreideeiweißes durch innere und äußere Faktoren starken Veränderungen unterliegen kann.

## II. Experimenteller Teil

### A. Methodisches

#### 1. Allgemeines

Die Untersuchungen über den Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren auf den Eiweißgehalt und die Eiweißzusammensetzung an exogenen Aminosäuren von Sommergerstencaryopsen erfolgten in zwei Versuchsserien. In einer ersten Versuchsserie mit deutschen Sorten war bei der Auswahl der Proben darauf geachtet worden, daß einzelne Sorten am möglichst vielen Standorten vergleichend angebaut worden waren, um einmal etwa bestehende Sortenunterschiede sicherer zu erkennen, andererseits um eventuelle Einflüsse des Standorts wahrzunehmen. Da diese Ergebnisse u. a. auf das Bestehen gesetzmäßiger Beziehungen zwischen der Höhe des Rohproteingehalts und den Veränderungen in der Eiweißzusammensetzung an exogenen Aminosäuren hinzeigten, wurde eine zweite Serie zur Klärung dieser Frage speziell zusammengestellt. Dabei kam es innerhalb einer Sorte — zur Ausschaltung sortenspezifischer Unterschiede — auf Gerstenproben mit möglichst großen Unterschieden im Rohproteingehalt an. Es konnten zwei ausländische Sorten herangezogen werden, die durch vergleichenden Anbau in verschiedenen europäischen Ländern diese Bedingung erfüllten.

Bei dem Untersuchungsmaterial handelt es sich fast ausnahmslos um zweizeilige Sommergerstensorten, dem im Sommeranbau vorherrschenden Typ, der sich auch zu Brauzwecken eignet. Lediglich eine Sorte ist vierzeilig und kommt daher nur für Futterzwecke in Frage. Eine nähere Beschreibung und Zusammensetzung des für die einzelnen Serien verwendeten Materials findet sich im Anhang.

#### 2. Probeentnahme, Trockensubstanz- und Gesamt-N-Bestimmung

Dem zur Verfügung gestellten Material von etwa 300—1000 g je Gerstenprobe wurde gemäß den Anforderungen SCHUPHANS (Methodenbuch Bd. IV) eine Durchschnittsprobe von etwa 50 g entnommen, zu einem feinen Mehl vermahlen und anschließend dieses gut durchmischt. Hiervon wurden die entsprechenden Mengen zur Bestimmung der Trockensubstanz, des Gesamt-N sowie der Aminosäuren eingewogen.

Die Trockensubstanz ergab sich aus dem Mittelwert zweier Einwagen von je 2—3 g. Die Proben wurden im elektrischen Vakuumtrockenschrank bei 90° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Der Gesamt-N-Gehalt wurde in der üblichen Weise nach KJELDAHL bestimmt (Methodenbuch Bd. IV); Einwage 2,0 g.

### 3. Quantitative Bestimmung der exogenen Aminosäuren auf mikrobiologischem Wege

Als Untersuchungsmethode für die quantitative Bestimmung der exogenen Aminosäuren konnte für die vorliegende Arbeit nur eine solche in Frage kommen, die erstens die Durchführung von Serienanalysen gestattet und deren Ergebnisse zweitens ein genügend hohes Maß an Genauigkeit aufweisen. Diese beiden Forderungen sind zur Zeit nur bei der mikrobiologischen Methode gegeben. Denn Papierchromatographie und -elektrophorese sind methodisch noch nicht so weit entwickelt, daß sie sich zur quantitativen Serienbestimmung von Aminosäuren in natürlichem Material anwenden lassen. Andererseits ist die Stärkechromatographie, die wohl gute Ergebnisse liefert, ebenfalls für den Routinegebrauch ungeeignet<sup>1</sup>: Die Anwendung der physikochemischen Methoden der quantitativen Aminosäurebestimmung durch Isotopenverdünnung (vgl. BLOCK und MITCHELL, 1946/47) erfordert eine besondere Ausrüstung, insbesondere Isotope enthaltende Aminosäuren. Die rein chemischen Verfahren scheiden für den Routinegebrauch von vorne herein aus.

Bei dem Versuch, den vergleichenden Wert von Aminosäurebestimmungsmethoden abzuschätzen, kamen auch BLOCK und BOLLING (1951) zu dem Schluß, daß „the microbiological procedures will, probably, remain preeminent for routine analyses especially of foods and feeds.“

Die mikrobiologische Methode der quantitativen Aminosäurebestimmung beruht darauf, daß gewisse Milchsäurebakterien zu ihrer Entwicklung neben Glucose als Energiequelle, einer Reihe von Mineralsalzen, Vitaminen und anderen akzessorischen Wuchsstoffen, auch eine Auswahl von Aminosäuren benötigen, da sie dieselben nicht zu synthetisieren vermögen. Fehlt eine solche Aminosäure, so findet kein Wachstum des Mikroorganismus statt. Einer steigenden Menge dieser im Minimum befindlichen essentiellen Nährstoffkomponente ist es aber innerhalb eines bestimmten Konzentrationsbereiches, dem Testbereich, direkt proportional und kann über die gebildete Milchsäure acidimetrisch bestimmt werden. Die arbeitstechnische Durchführung der Methode ist im Methodenbuch Bd. IV beschrieben. Weitere wertvolle Einzelheiten des Verfahrens kann man den Arbeiten von SCHWEIGERT und SNELL (1946/47), STOKES, GUNNESS, DWYER und CASWELL (1945), HENDERSON und SNELL (1948), BARTON-WRIGHT (1952b), WISS (1950), CUTHBERTSON (1948), SHANKMAN, DUNN und RUBIN (1943), GREENHUT, SCHWEIGERT und ELVEHJEM (1946), NYMON und GORTNER (1946), HOLLAND und MEINKE (1949), STEELE, SAUBERLICH, REYNOLDS und BAUMANN (1949), HEGSTED (1944), KLUNGSØYR, SIRNY und ELVEHJEM (1951), MCMAHAN und SNELL (1944), DUNN, CAMIEN, SHANKMAN und BLOCK (1946) und RIESEN, SCHWEIGERT und ELVEHJEM (1946) entnehmen.

Über die für die Bestimmung der einzelnen Aminosäuren verwendeten Bakterienstämme und die entsprechenden Testbereiche gibt folgende Übersicht Auskunft:

Bakterienstamm	Aminosäure	Testbereich
<i>Lactobacillus arabinosus</i> 17—5	Tryptophan	0—50 $\gamma$
	Valin	0—150 $\gamma$
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> P—60	Histidin	0—80 $\gamma$
	Lysin	0—250 $\gamma$
	Phenylalanin	0—100 $\gamma$
	Leucin	0—150 $\gamma$
	Cystin	0—70 $\gamma$
<i>Streptococcus faecalis</i> R	Arginin	0—150 $\gamma$
	Threonin	0—150 $\gamma$
	Isoleucin	0—150 $\gamma$
	Methionin	0—50 $\gamma$

Die erzielten Standardkurven zeichneten sich ausnahmslos durch Regelmäßigkeit und hohe Titrationsspannen aus.

Da erst am Ende einer Serie an Hand der Röhrennummern die zusammengehörigen Parallel-(Titrations-)werte, sowohl für die Standard- als auch für die Untersuchungsproben, zusammengestellt wurden, war eine völlig objektive Auswertung gegeben. Die Parallelen schwankten in sehr engen Grenzen, sie waren nicht selten identisch.

Der mittlere Bestimmungsfehler konnte für alle Aminosäuren ziemlich niedrig gehalten werden. Er lag in den meisten Fällen viel günstiger als die allgemein als Faustzahl für die mikrobiologische Methode angegebene Fehlergrenze von  $\pm 5\%$ . Für Phenylalanin, Threonin, Histidin, Lysin und Tryptophan überstieg der relative mittlere Fehler im Durchschnitt bei den drei Bestimmungsserien nur in seltenen Fällen  $\pm 2\%$ ; bei Valin und Leucin lag er in mehreren Fällen etwas höher, überschritt aber nicht die 3%-Fehlergrenze, was für Arginin dagegen mehrmals zutraf. Bei Methionin und Isoleucin betrug der durchschnittliche mittlere Fehler bis  $\pm 4\%$ , während für das Cystin, dessen Bestimmung nur in der zweiten Versuchsserie erfolgte, meistens ein mittlerer Fehler von 6—7% in Kauf genommen werden mußte.

Sieht man vom Cystin ab, so ist diese Fehlerbreite als sehr gering anzusehen. Jedoch ist bei Aminosäurebestimmungen in natürlichem Material zu beachten, daß — und das gilt für alle Analysenmethoden — diese bezeichneten Fehler nur über die Genauigkeit des bestimmten Wertes etwas aussagen, was nicht bedeuten muß, daß dieser Wert wirklich der absolut richtige ist<sup>1</sup>. Es ist aber als ein besonderer Vorteil der mikrobiologischen Methode zu betrachten, daß in einer Serie zu analysierende Proben genau gleichen Bedingungen unterliegen, so daß Relativbeziehungen zwischen verschiedenen Proben einwandfrei erhalten bleiben. Gerade dies ist für die vorliegende Arbeit erforderlich und besonders wichtig.

Da die mikrobiologische Methode lebende Organismen als Testobjekte benutzt, hat sie neben einer Reihe von Vorteilen auch gewisse Nachteile, denn die Bakterien sind natürlich viel leichter beeinflussbar als chemische Reaktionen oder physikalische Messungen. Es besteht immer die Möglichkeit, daß irgendwelche unbekannte Faktoren die Spezifität des Testorganismus bzw. dessen physiologische Eigenschaften verändern können. Im Hinblick auf dieses Risiko muß die mikro-

<sup>1</sup> Dies ergaben die Feststellungen der Arbeitsgemeinschaft für Eiweißanalytik, der namhafte deutsche Eiweißforscher angehören; Federführung: Prof. Dr. SCHUPHAN, Geisenheim.

<sup>1</sup> Dies zeigten unveröffentlichte Versuche der Arbeitsgemeinschaft für Eiweißanalytik; vgl. nebenst. Fußnote.

biologische Methode betrachtet und angewandt werden. Es ist möglich, daß ein Bakterienstamm mit der Zeit seine Essentiellität für eine bestimmte Aminosäure verliert, so daß er nicht mehr für deren Bestimmung verwendbar ist. Schon die bloße An- oder Abwesenheit einer gewissen Substanz kann Essentiellität oder Nicht-Essentiellität eines Stammes für eine bestimmte Aminosäure veranlassen. Außerdem muß beachtet werden, daß insbesondere dann, wenn keine reinen Eiweißstoffe, sondern natürliche Produkte untersucht werden, durch vorhandene eiweißfremde Stoffe unter Umständen eine Wachstumshemmung oder -stimulation hervorgerufen werden kann. Auch können gelegentlich Wachstumsschwankungen vorkommen, die nicht mehr innerhalb der methodischen Fehlerbreite liegen.

Sind diese Eigentümlichkeiten der mikrobiologischen Methode erkannt, so lassen sich die geschilderten Schwierigkeiten größtenteils kontrollieren. Infolge der Variabilität der Außeneinflüsse und des lebenden Testorganismus muß für jede Untersuchungsserie eine Standardkurve mitgeführt werden, die in jeder Hinsicht die gleiche Behandlung erfährt wie die Untersuchungsproben (gleiche Nährlösung, gleiche Temperatur und Dauer beim Sterilisieren, gleiche Impfsuspension und Impfmenge, gleiche Inkubationszeit und -temperatur usw.). Um allenfalls auftretende hemmende oder stimulierende Effekte unbekannter Substanzen der Untersuchungsproben zu erkennen, wird das Untersuchungsmaterial auf mehreren Konzentrationsebenen angesetzt. Stimmen diese für verschiedene Konzentrationsebenen von der Standardkurve abgelesenen Werte miteinander überein, so ist dies ein Zeichen dafür, daß die Kurven von Standard und Untersuchungsmaterial identisch sind. Trifft dies nicht zu, so liegt eine solche Stimulation oder Hemmung vor. Da diese Wirkungen auch durch höhere Konzentration bekannter Stoffe, z. B. Aminosäuren, hervorgerufen werden können, soll das Nährmedium die Minimumkonzentration an Nährstoffen enthalten, die erforderlich ist, eine Standardkurve mit maximaler Neigung zu produzieren.

Zur Bestimmung einer Aminosäure muß der Bakterienstamm verwendet werden, der die größte Titrationsspanne innerhalb des Testbereiches besitzt. Dadurch ist die Standardkurve steil und die Ablesegenauigkeit der Werte groß. Da jede Standardkurve in ihrem oberen Bereich flacher wird — oberhalb des suboptimalen Bereiches ruft ein gesteigerter Zusatz der Mangelsubstanz kein stärkeres Wachstum mehr hervor — muß die Verdünnung des Untersuchungsmaterials so gewählt werden, daß man in den unteren bis mittleren Bereich der Standardkurve gelangt.

Schließlich können die in einzelnen Röhren evtl. vorkommenden größeren Wachstumsschwankungen durch eine genügende Anzahl von Parallelen abgefangen werden.

Sorgfältige Behandlung der Bakterien-Stammkulturen, sowie peinlichst sauberes und steriles Arbeiten sind stets die Grundbedingungen zur Erzielung exakter Analysenergebnisse.

#### 4. Fehlerrechnung und mathematische Sicherung der Ergebnisse

Für jeden Aminosäurewert wurde der mittlere Fehler errechnet, einmal um zu einem fehlerkritisch exakten

Zahlenwert zu gelangen, vornehmlich aber auch um die durch ökologische oder genetische Faktoren hervorgerufenen Unterschiede im Aminosäurespektrum auf ihre mathematische Sicherheit zu prüfen.

Die Errechnung des mittleren Fehlers erfolgte nach der Formel:

$$m = \sqrt{\frac{\sum a^2}{n(n-1)}} \quad \begin{array}{l} (n = \text{Anzahl der Bestimmungen;} \\ a = \text{Abweichungen vom Mittelwert } M). \end{array}$$

Der relative Bestimmungsfehler ( $m\%$ ), der für die einzelnen Aminosäuren im vorangegangenen Abschnitt angegeben wurde, läßt sich leicht nach  $m\% = \frac{m \cdot 100}{M}$  bestimmen.

Im Hinblick auf die Stellenangabe der einzelnen Aminosäurewerte zeigte sich, daß bei den Aminosäuren mit niedrigem Absolutwert oder niedrigem relativem Fehler die Angabe von drei ( $\%$  As. i. T.) bzw. zwei (g As. in 100 g Rohprotein) Stellen hinter dem Komma angebracht ist; bei hohem Absolutwert (z. B. Leucin) oder verhältnismäßig hohem Bestimmungsfehler (z. B. Isoleucin) ist nur die Angabe von zwei ( $\%$  As. i. T.) bzw. einer (g As. in 100 g Rohprotein) Stelle hinter dem Komma vertretbar, da die Schwankung des mittleren Fehlers hier bereits diese Stellen betrifft. In den Tabellen sind die Absolutwerte der mittleren Fehler für alle Aminosäurewerte mitangeführt.

Als Kriterium für die Verschiedenheit zweier Werte ist der mittlere Fehler der Differenz anzusehen. Er berechnet sich nach  $mD = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$ ; ( $mD$  = mittlerer Fehler der Differenz  $D$ ;  $m_1$  und  $m_2$  = absolute mittlere Fehler der zu vergleichenden Werte). Ist  $D/mD > 3$ , so liegt ein gesicherter Unterschied vor, ein Wert  $> 2$  läßt bereits einen Unterschied als sehr wahrscheinlich erscheinen. Insbesondere wird die Prüfung auf mathematische Sicherheit der mit steigendem Rohproteingehalt verbundenen Zu- bzw. Abnahme der Anteile gewisser Aminosäuren am Rohprotein so vorgenommen, daß die Aminosäurewerte aller Proben mit höherem N-Gehalt auf den der Probe mit dem niedrigsten N-Gehalt bezogen werden. Man läßt also die Spanne im N-Gehalt immer größer werden und prüft an Hand der  $D/mD$ -Werte, ob und wann ein gesicherter Unterschied bei den Aminosäurewerten eintritt.

Die Errechnung des Korrelationskoeffizienten (vgl. WEBER, 1948; vgl. FISHER, 1948) für die zwischen der limitierenden Aminosäure Lysin und dem Gesamt-N-Gehalt bestehende Korrelation erfolgte nach der Formel:

$$r = \frac{\sum z a_x a_y - n b_x b_y}{(n-1) \sigma_x \sigma_y}$$

Die Zahlenwerte für die einzelnen Ausdrücke dieser Formel lassen sich aus einer aufzustellenden Korrelationstafel ermitteln.

Es bedeuten:

$\sum z a_x a_y$  = Summe der Produkte der Abweichungen  
 $n$  = Zahl der Häufigkeitspaare

$b_x = \frac{\sum z_x \cdot a_x}{n}$   $\sum z a$  = Summe aus dem Produkt von Häufigkeit und ange-

$b_y = \frac{\sum z_y \cdot a_y}{n}$  nommener Abweichung

Die mittleren Abweichungen der Summenreihen ( $\sigma_x$  und  $\sigma_y$ ) wurden berechnet nach:

$$\sigma_x = \pm \sqrt{\frac{\sum z_x \cdot a_x^2}{n-1} - b_x^2} \quad \Sigma za^2 = \text{Summe aus dem Produkt von Häufigkeit und angenommener Abweichung im Quadrat}$$

$$\sigma_y = \pm \sqrt{\frac{\sum z_y \cdot a_y^2}{n-1} - b_y^2}$$

Die Signifikanz der Korrelation läßt sich nachweisen:

1. Durch den *t*-Test:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}; \quad (r = \text{Korrelationskoeffizient}).$$

Ergibt nach FISHER (1948) der Wert *t* ein  $P < 0,01$ , so ist dies ein Zeichen für die Sicherheit der Korrelation.

2. Durch Umformen von *r* in *z* nach

$$z = \frac{1}{2} (\log_e (1+r) - \log_e (1-r))$$

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}}$$

Der Wert  $\frac{z}{\sigma_z} > 3$  bedeutet ebenfalls Sicherheit der Korrelation.

##### 5. Experimentelle Überprüfung des Hydrolyseverfahrens

Die Hydrolyse, die jeder Bausteinanalyse von Proteinen nach den bis heute durchführbaren Methoden vorausgehen muß, wird allgemein als eine der Hauptfehlerquellen bei der Proteinanalyse betrachtet, insbesondere dann, wenn es sich nicht um reine Eiweißstoffe handelt, sondern um Stoffe, die daneben noch Kohlenhydrate enthalten. Bei der üblichen Säurehydrolyse bilden sich dabei dunkel gefärbte lösliche und unlösliche Protein-Kohlenhydrat-Zersetzungsprodukte, Humine oder Melanoidine genannt.

Die anderen Hydrolyseverfahren kommen normalerweise nicht in Frage. Die enzymatische Hydrolyse, bei der man mit Hilfe proteolytischer Enzyme eine Aufspaltung des Eiweißes erreicht, ist unvollständig selbst bei längeren Spaltungszeiten; außerdem sind Enzyme selbst Eiweißkörper und unterliegen oft teilweiser Autolyse, so daß bei Anwendung größerer Enzymmengen die Aminosäureergebnisse verfälscht sein können (vgl. BLOCK und MITCHELL, 1946/47). Dagegen hat die alkalische Hydrolyse mit NaOH, Ba(OH)<sub>2</sub>, KOH und anderen Stoffen Racemisierung aller und teilweise oder völlige Zerstörung einer Anzahl von Aminosäuren zur Folge. Für die Bestimmung von Tryptophan ist sie jedoch notwendig.

In der Literatur über die quantitative Aminosäurenbestimmung auf mikrobiologischem Wege wird im allgemeinen die gewöhnliche HCl-Hydrolyse empfohlen, ungeachtet dessen, ob es sich um reine Eiweißstoffe handelt oder nicht. Nach KOFRANYI (1951) haben jedoch gerade die Getreidecaryopsen ein für die Säurehydrolyse „so ungünstiges Mischungsverhältnis von Eiweiß zu Stärke, daß man mit den bisherigen Methoden zu keinem analysierbaren Hydrolysat gelangen kann, denn die Aminosäuren verfallen in ganz verschiedenem Maße der Huminbildung“. Er fand beispielsweise, daß Lysin bei Anwesenheit großer Kohlenhydratmengen quantitativ für die Huminbildung verbraucht wird (vgl. auch CLANDININ, STEVENS, MORRISON und ROBBLEE, 1951). Es schien daher angebracht, die Proteinhydrolyse mit Salzsäure bei Anwesenheit großer Kohlenhydratmengen im besonderen Hinblick auf die nachfolgende mikrobiologische Aminosäurenbestimmung einmal zu überprüfen.

In einem Vorversuch wurden zunächst, analog der Untersuchungsweise KOFRANYI, exakt abgewogene Mengen an Aminosäuren mit der zehnfachen Menge Stärke versetzt und dieses Gemisch mit 5n HCl im Autoklaven 8 Stunden bei 1 atü Druck (121° C) hydrolysiert. Da die Aminosäuren von vornherein als solche frei vorlagen, muß mit einer starken Huminbildung gerechnet werden, denn dieselbe beruht auf der gleichzeitigen Anwesenheit von freien Aminosäuren und Zuckern (vgl. KOFRANYI, 1951; vgl. LEA, 1953). Dennoch ergab die anschließende mikrobiologische Bestimmung von Lysin, Histidin, Phenylalanin, Valin und Leucin, daß die eingewogenen Mengen der genannten Aminosäuren ohne Ausnahme innerhalb der methodischen Fehlerbreite quantitativ wiedergefunden wurden.

Da dieses Ergebnis jedoch noch keine stichfesten Aussagen darüber zuläßt, ob auch Zusätze zu originärem Material wiedergefunden werden, wurde ein solcher Versuch wie folgt zusammengestellt: Von einer für die späteren Untersuchungen vorbereiteten Gerstenprobe wurden gleiche Mengen, einmal mit einem genau bekannten Zusatz an exogenen Aminosäuren und parallel dazu ohne diesen Zusatz, in der üblichen Weise hydrolysiert und analysiert. Der Zusatz bestand aus je 10,0 mg des *l*-Isomers der Aminosäuren Leucin, Arginin, Histidin und Lysin bzw. aus 20,0 mg der *dl*-Form von Valin, Isoleucin, Threonin, Phenylalanin und Methionin.

Aus Tab. 1 ist das Ergebnis des Versuches ersichtlich. Jeder Wert beruht auf sechs Parallelbestimmungen.

Tabelle 1. Analyse einer Gerstenprobe mit bekanntem Aminosäurezusatz.

As. <sup>1</sup>	zuges. Menge <sup>2</sup> mg	gefundene Menge in mg Gerstenprobe		Differenz wiedergef. Menge an zuges. As. mg	wiedergefund. Menge relativ
		mit Zusatz	ohne Zusatz		
Val	10,0	27,10 ± 0,18	16,75 ± 0,24	10,35	103,5%
Leu	10,0	30,40 ± 0,49	20,35 ± 0,34	10,05	100,5%
Iso	10,0	28,10 ± 0,57	18,15 ± 0,55	9,95	99,5%
Thr	10,0	23,80 ± 0,16	13,35 ± 0,19	10,45	104,5%
Arg	10,0	26,35 ± 0,49	16,20 ± 0,37	10,15	101,5%
His	10,0	16,85 ± 0,08	6,65 ± 0,05	10,20	102,0%
Lys	10,0	23,05 ± 0,54	12,70 ± 0,19	10,35	103,5%
Phe	10,0	23,70 ± 0,15	13,60 ± 0,13	10,10	101,0%
Met	10,0	13,20 ± 0,16	2,85 ± 0,06	10,35	103,5%

<sup>1</sup> As. = Aminosäure      <sup>2</sup> als *l*-Isomer angegeben.

Innerhalb der methodischen Fehlergrenze wurden also auch die dem originären Material zugesetzten Aminosäuremengen quantitativ wiedergefunden (vgl. auch: KUIKEN, NORMAN, LYMAN, HALE und BLOTTER, 1943; STOKES, GUNNESS, DWYER und CASWELL, 1945; HORN, JONES und BLUM, 1948a, 1948b, 1949).

Bei der Deutung dieses Ergebnisses wird man nicht fehlgehen, wenn man daraus schließt, daß die Mikroorganismen in der Lage sind, die Aminosäuren aus diesen bei der Hydrolyse entstehenden Glucose-Aminosäureverbindungen noch zu verwerten, eine Ansicht, die auch von FRIEDMAN und KLINE (1950) und SCHORMÜLLER und KREMPIEN (1954) schon geäußert wurde.

Die gewöhnliche Hydrolyse mit HCl ist also bei Anwendung der mikrobiologischen Methode zur Bausteinanalyse durchaus anwendbar, was deren Charakter als Routinemethode unterstreicht. Denn die Hydrolyse nach KOFRANYI (1951), die im Prinzip darauf beruht, die Kohlenhydrate zu entfernen, bevor sich Amino-

säuren bilden, ist ihr gegenüber umständlich und zeitraubend. Außerdem treten auch bei dieser neuen Methode deutliche N-Verluste auf, besonders bei der Hydrolyse von Getreideprodukten (vgl. KOFRANYI, 1951), die zum Teil selektiv und nicht geringer sind als bei der normalen Salzsäurehydrolyse des Gesamtmaterials (vgl. NEHRING, SCHWERDTFEGER und ZIMMERMANN, 1954).

Zusammenfassend läßt sich somit feststellen: Bei der Säurehydrolyse von Proteinen entstehen bei Anwesenheit von Kohlenhydraten aus den sich bildenden Aminosäuren und Zuckern Humine (Melanoidine), wobei der Verbrauch an Aminosäuren selektiv erfolgt. Nach KOFRANYI (1951) wird dadurch das Hydrolysat zur Bestimmung der Aminosäuren auf chemischem Wege unbrauchbar. Nach den vorliegenden Untersuchungen trifft dies bei Anwendung der mikrobiologischen Methode nicht zu, da die Mikroorganismen offenbar in der Lage sind, die Aminosäuren aus diesen Verbindungen zu verwerten, so daß die einfache HCl-Hydrolyse des Gesamtmaterials keine Nachteile, sondern, da sie vielschneller und billiger arbeitet als die Hydrolyse nach KOFRANYI, nur Vorteile bietet.

Vor Beginn der Einzelbestimmungen wurde die Hydrolyse demnach wie folgt durchgeführt: 4,0 g der fein vermahlene Substanz wurden mit 40 ml 5n HCl bei 1 atü Druck (121° C) im Autoklaven hydrolysiert. Für die Bestimmung von Tryptophan, das bei saurer Hydrolyse zerstört wird, wurden 40 ml 4n NaOH verwendet.

Durch die alkalische Hydrolyse tritt Racemisierung des Tryptophans ein. Da die Mikroorganismen im allgemeinen nur die natürlichen Isomeren der Aminosäuren verwerten können, stellen im Falle des Tryptophans die gegen die *l*-Form erhaltenen Werte nur die Hälfte des wirklich vorhandenen dar; sie wurden daher verdoppelt (vgl. PRESCOTT, SCHWEIGERT, LYMAN und KUIKEN, 1949).

## B. Ergebnisse und ihre Besprechung

### 1. Der Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren auf den Eiweißgehalt

a) Allgemeines. Wie bereits erwähnt, entstammen die untersuchten Sommergerstenproben vergleichenden Anbauversuchen. In einer ersten Versuchsserie wurden eine Reihe deutscher Sorten zusammengefaßt, die an mehreren (bis zu sechs) verschiedenen Standorten Deutschlands vergleichend angebaut worden waren. Die zweite Versuchsserie enthält dagegen zwei ausländische Sorten, die in sechs europäischen Ländern unter sehr verschiedenen klimatischen Verhältnissen herangewachsen sind. Eine ins einzelne gehende Zusammenstellung des Untersuchungsmaterials findet sich im Anhang.

Im folgenden wird zunächst an Hand der Analyseergebnisse der Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren auf den Eiweißgehalt besprochen werden, anschließend ihr Einfluß auf die Gehalte an exogenen Aminosäuren und auf deren Anteile am Rohprotein.

Da die Bestimmung des Gesamt-N sowie der Aminosäuren aus der Frischsubstanz erfolgte, wurden sämtliche Werte auf Trockensubstanz bezogen, um durch das Ausschalten des unterschiedlichen Wassergehaltes der verschiedenen Proben eine einheitliche und exakte Vergleichsbasis zu erhalten. Das Ergebnis der Trockensubstanzbestimmungen ist in den Tab. 2a und 2b für die erste und zweite Versuchsserie zusammengestellt.

Der Trockensubstanzgehalt ist bei allen Proben sehr hoch. Er variiert sowohl innerhalb einer Sorte als auch unter den verschiedenen Sorten wenig und zeigt keinerlei Beziehungen zum Standort.

Tabelle 2a. *Trockensubstanzgehalte (in %) deutscher Sommergerstensorten an verschiedenen deutschen Standorten (erste Versuchsserie).*

Sorte	Standort <sup>1</sup>					
	S	H	R	D	P	B
Franken III	89,8	89,6	89,7	—	89,9	89,5
Haisa II	89,6	89,4	89,1	89,5	89,2	89,2
Isaria	89,5	89,0	89,8	89,3	—	—
Pirol	89,9	—	89,3	—	—	—
Hauter	—	—	88,6	—	—	89,3
Morgenrot	—	—	88,8	—	—	—
Granat I	—	—	89,1	—	—	—

<sup>1</sup> Die verschiedenen Standorte sind mit Buchstaben bezeichnet:

S = Schnega/Hannover; D = Dreihof/Pfalz;  
H = Hergarten/Rheinland; P = Pirmasens/Pfalz;  
R = Retzmar/Hannover; B = Brücklocherhof/Rheinl.

Tabelle 2b. *Trockensubstanzgehalte (in %) ausländischer Sommergerstensorten an verschiedenen europäischen Standorten (zweite Versuchsserie).*

Standort	Sorte	
	Carlsberg	Herta
Irland	89,2	88,7
England	89,2	89,0
Frankreich	89,0	—
Schweiz	89,1	89,1
Österreich	89,3	89,0
Finnland	89,3	89,2

b) Die Abhängigkeit der Gesamt-N-Gehalte von den Vegetationsbedingungen. Von den deutschen Anbaustellen fallen zwei Orte durch extreme Ergebnisse hinsichtlich der dort erzielten Eiweißgehalte und Erträge heraus. Den Proben aus Hergarten/Rheinland liegen durchweg hohe Gesamt-N-Gehalte und niedrige Erträge zugrunde, während sich die Gersten in Schnega/Hannover durch ausnahmsweis hohe Erträge und niedrigere Gesamt-N-Gehalte auszeichnen (s. Tab. 3). Die Ergebnisse aus diesen beiden Versuchen werden daher bei der Beurteilung der Einflußfaktoren auf die Gesamt-N- und Aminosäuregehalte im Vordergrund stehen. Die genaue Kenntnis der Anbau- und Wachstumsverhältnisse der beiden Standorte ist daher erforderlich; sie sind aus Tab. 3 und den Abb. 1 und 2<sup>1</sup> ersichtlich.

Tabelle 3. *Anbaudaten zu den vergleichenden Anbauversuchen in Schnega und Hergarten.*

	Schnega	Hergarten
Boden	Sandiger Lehm	Kalksteinverwitterungsböden
Düngung		
kg N/ha	50	48
kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	54	108
kg K <sub>2</sub> O/ha	120	120
Aussaat	15. 4. 1952	19. 3. 1952
Saatmenge, kg/ha	160	180
Ernte	8. 8. 1952	18. 7. 1952
Wachstumsdauer, Tage	115	121
* Kornertrag, dz/ha	42,8	25,1
* Tausendkorngehw., g	41,8	37,6
* Gesamt-N-Geh., % i. T.	1,79	1,91

\* Die Werte stellen das Mittel der untersuchten Sorten dar.

<sup>1</sup> Abb. 1: Den Temperaturangaben liegen die Messungen der Wetterstation Dannenberg zugrunde. Abb. 2: Die Niederschlags- und Temperaturangaben stellen die Mittelwerte der von den Wetterstationen Rötgen und Euskirchen vorgenommenen Messungen dar. Hergarten liegt geographisch und auch witterungsmäßig etwa in der Mitte dieser beiden Stationen.

In Hergarten brachten im Vegetationsjahr 1951/52 Herbst und Winter mit Ausnahme des Oktobers und Dezembers reichlich Niederschläge; die Temperaturen lagen über dem langjährigen Mittel. Letzteres trifft auch für Schnega zu. Dagegen waren hier die Niederschläge während dieses Zeitraumes spärlicher; neben Oktober und Dezember lagen sie auch im Februar unter dem langjährigen Durchschnitt.

In Hergarten erfolgte die Aussaat am 19. 3. Auf den mit starken Niederschlägen bedachten März folgten jedoch ein trockener April und ein sehr trockener Mai. Die vegetative Entwicklung der Pflanzen blieb dadurch zurück, der Bestand war dürrtig, die N-Aufnahme gering, zumal auch die Temperaturen in diesen beiden Monaten, besonders im April, beträchtlich über dem Durchschnitt lagen. Die im Juni einsetzenden Niederschläge sorgten erst für die Aufnahme des im Boden verbliebenen Stickstoffs, der infolge des dürrtigen Bestandes den in geringer Anzahl vorhandenen Ähren zufloß. Es resultierten Gersten mit hohem N-Gehalt und niedrigen Erträgen.

Ganz anders war dagegen der Witterungsverlauf in Schnega. Die Aussaat der Gersten erfolgte hier am 15. 4. Einem wohl trockenen April folgte ein mit überdurchschnittlichen Niederschlägen gesegneter Mai mit normalen Temperaturen. Die vegetative Jugendentwicklung der Gersten wurde dadurch stark gefördert, der im Boden befindliche Stickstoff aufgenommen und für die Bildung einer großen vegetativen Masse verbraucht; der Bestand war dicht und üppig. Damit war die Grundlage für hohe Erträge und niedrige Eiweißgehalte gegeben. Auch der Juni war dieser Tendenz durch seine reichlichen Niederschläge und den etwas unter dem Durchschnitt liegenden Temperaturen förderlich, wogegen der relativ trockene Juli auf dieses Ergebnis keinen Einfluß mehr hatte.

Der ausschlaggebende Einfluß der Witterungsverhältnisse, besonders der Niederschläge während der vegetativen Entwicklung der Gersten, auf Eiweißgehalt und Ertrag wird noch deutlicher, wenn man bedenkt, daß die Gersten in Hergarten gegenüber Schnega einen sehr frühen Aussaattermin, eine höhere Saattiefe und Phosphorsäuredüngung sowie eine längere Wachstumsdauer aufweisen, Faktoren, die normalerweise auf einen niedrigen Eiweißgehalt bei hohem Ertrag hinauslaufen. Die beiden trockenen Monate während der Jugendentwicklung, April und Mai, ließen also das Ergebnis in Hergarten ins Gegenteil umschlagen, während die späte Aussaat, die geringere Saatmenge und Phosphorsäuredüngung sowie die kürzere Wachstumsdauer der Gersten in Schnega durch die reichen Niederschläge während der vegetativen Entwicklung (Mai, Juni) bei weitem ausgeglichen wurde.

Die in der Literatur vertretene Ansicht, daß für den Eiweißgehalt der Sommergersten die Wasserversorgung im Mai von erheblicher Bedeutung sei, findet sich also auch hier vollauf bestätigt (STEVEN, 1930; LEBERLE, 1930; RUSSEL und BISHOP, 1933; FINK und KUNISCH, 1937; SCHWANITZ und SCHWARZE, 1937a).

Während in dem eben geschilderten Falle durch die unterschiedlichen Niederschlagsverhältnisse an zwei verschiedenen Standorten Deutschlands bereits deutlich der Einfluß der Witterungsbedingungen auf den N-Gehalt zu erkennen ist, treten ihre Auswirkungen unter verschiedenen Klimaverhältnissen noch weit stärker hervor. Dies ist aus Tab. 4 ersichtlich, die die Gesamt-N-Gehalte der beiden in den verschiedenen

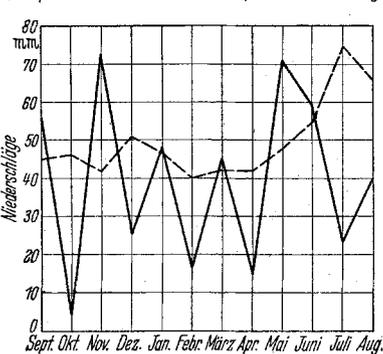
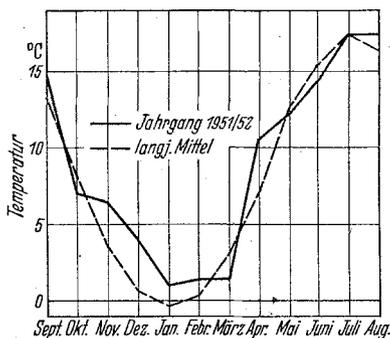


Abb. 1. Witterungsverlauf am Standort Schnega.

Abb. 2. Witterungsverlauf am Standort Hergarten.

europäischen Ländern vergleichend angebaute Sorten wiedergibt.

Tabelle 4. Gesamt-N-Gehalte (% i. T.) zweier in den verschiedenen europäischen Ländern vergleichend angebaute Sommergerstensorten.

	Carlsberg	Herta	Mittelwert
Irland	1,26	1,34	1,30
England	1,36	1,38	1,37
Frankreich	1,51	—	1,51
Schweiz	1,70	1,81	1,76
Österreich	1,85	1,97	1,91
Finland	2,06	2,12	2,09

Obwohl sich diese Anbauversuche auf das gleiche Vegetationsjahr (1953) beziehen, beträgt der Unterschied der beiden Extremwerte im Gesamt-N-Gehalt rund 60%. Das humide ozeanische Klima Irlands und Englands bringt die niedrigsten Eiweißgehalte. In südlicher und östlicher Richtung, kontinentwärts, nimmt der Eiweißgehalt, je weiter das humide ozeanische Klima zurücktritt, stark zu. In Frankreich ist der Gesamt-N-Gehalt bereits deutlich höher (rund 13%) als in Irland und England. In der Schweiz und Österreich liegt er wiederum gegenüber Frankreich um 16% bzw. 26% höher. Der höchste N-Gehalt wurde in vorliegendem Falle bei den Proben aus Finnland festgestellt.

Die Ergebnisse bestätigen also die allgemeine Regel, daß die Getreidecaryopsen einen um so niedrigeren

Eiweißgehalt aufweisen, je humider ozeanischer das Klima ist; je arider kontinentaler es ist, um so höher sind die entsprechenden Proteingehalte (SCHWANITZ und SCHWARZE, 1937a).

c) Die Beziehungen zwischen Gesamt-N-Gehalt und Ertrag. Die bekannte gegensinnige korrelative Verbundenheit zwischen Gesamt-N-Gehalt und Ertrag (vgl. SCHWANITZ und SCHWARZE, 1937a und 1937b) ging bereits aus der obigen Besprechung der Anbauverhältnisse in Schnega und Hergarten hervor. Eine

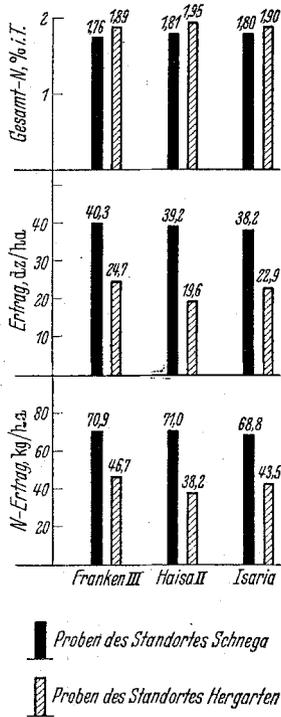


Abb. 3. Die Beziehung zwischen Gesamt-N-Gehalt und Ertrag, dargestellt bei 3 So-Gerstensorten, die an 2 extremen deutschen Standorten vergleichend angebaut wurden.

besondere Betrachtung erübrigt sich daher. Essollhier lediglich auf den aus diesen beiden Komponenten resultierenden Eiweißflächenenertrag hingewiesen werden, der in Abb. 3 als Gesamt-N-Ertrag (= Trocken-substanzertrag · Gesamt-N, % i. T.) dargestellt ist. Wie daraus klar hervorgeht, ist für die Höhe des Gesamt-N-Ertrages der Körnerertrag der dominierende Faktor. Das heißt, Anbauverhältnisse erhöhen, werden trotz Verringerung des prozentischen Eiweißgehaltes auch den Eiweißflächenenertrag erhöhen und umgekehrt. Auf diese Tatsache wird später an Hand der Ergebnisse über die Eiweißzusammensetzung an exogenen Aminosäuren (Eiweißqualität) bei unterschiedlichem Eiweißgehalt noch einmal zurückzukommen sein.

d) Die sortenbedingten Unterschiede im Gesamt-N-Gehalt. Zur Feststellung von Sortenunterschieden müssen die Einflüsse der ökologischen Faktoren durch vergleichenden Anbau an ein und demselben Standort unter völlig gleichen Bedingungen ausgeschaltet werden, zumal die absolute Höhe der Gesamt-N-Gehalte maßgeblich von diesen Faktoren abhängt. Zeigen sich in mehreren solcher Anbauversuche ähnliche Sortenunterschiede, so kann als gesichert angesehen werden, daß diese Unterschiede genetisch bedingt sind.

In Tab. 5 sind die Gesamt-N-Gehalte der untersuchten deutschen Sorten so zusammengestellt, daß

Tabelle 5. Gesamt-N-Gehalte (% i. T.) deutscher Sommergerstensorten an verschiedenen Standorten.

Sorte	Standort <sup>1</sup>					
	S	H	R	D	P	B
Franken III	1,76	1,89	1,83	—	1,89	1,88
Haisa II	1,81	1,95	1,93	1,90	1,93	1,91
Isaria	1,80	1,90	2,02	1,85	—	—
Pirol	1,79	—	1,85	—	—	—
Hauter	—	—	1,87	—	—	1,88
Morgenrot	—	—	1,95	—	—	—
Granat I	—	—	2,08	—	—	—

<sup>1</sup> S = Schnega/Hannover; D = Dreihof/Pfalz; H = Hergarten/Rheinland; P = Primasens/Pfalz; R = Rethmar/Hannover; B = Brücklocherhof/Rhein.

die senkrechten Säulen die Werte aus je einem vergleichenden Anbauversuch enthalten.

Strengs Franken III stellt sich an allen Standorten als die Sorte mit dem niedrigsten N-Gehalt heraus. Haisa II und Isaria liegen überall deutlich höher. Dieser Unterschied darf somit als gesichert angesehen werden. Dagegen läßt sich zwischen den beiden letztgenannten Sorten kein eindeutiger Unterschied feststellen. In einem Falle sind die N-Gehalte zwischen Haisa und Isaria praktisch gleich, einmal hat Isaria, zweimal dagegen Haisa einen höheren N-Gehalt. Neben diesen drei Sorten, die zur Zeit als die führenden deutschen Braugerstensorten anzusehen sind, weisen Pirol und Hauter verhältnismäßig niedrige N-Gehalte auf, Morgenrot, die auch als Futtergerste empfohlen wird, einen mittleren. Den höchsten Gesamt-N-Gehalt besitzt Granat I, die als vierzeilige Sommergerste eine typische Futtergerste darstellt. Einen guten Überblick über den unterschiedlichen sortenbedingten Stickstoffgehalt gewährt Abb. 4, der die Werte der Proben aus Rethmar zugrunde gelegt sind, dem Standort, an dem sämtliche untersuchten Sorten vergleichend angebaut worden waren.

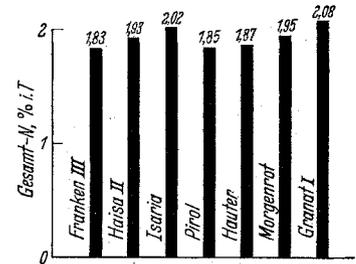


Abb. 4. Gesamt-N-Gehalte der am Standort Rethmar vergleichend angebauten Sommergerstensorten.

Im wesentlichen erfahren die ersichtlichen Unterschiede durch die ökologischen Faktoren nur Verschiebungen nach oben oder unten.

Auch die beiden ausländischen Sommergerstensorten unterscheiden sich deutlich in ihrem N-Gehalt, wie Tab. 4 zeigt. Zwar ist der Unterschied, besonders an dem englischen Standort, nicht groß. Dennoch weist Carlsberg gegenüber Herta an sämtlichen Standorten einen niedrigeren N-Gehalt auf, so daß dieser Unterschied als Sortenmerkmal gewertet werden darf.

Ein Vergleich dieser beiden mit den deutschen Sorten ist aus oben geschilderten Gründen nicht möglich, da keine gemeinsamen Standorte vorliegen.

In der Praxis können jedoch die bestehenden Sortenunterschiede im Gesamt-N-Gehalt mehr oder weniger stark durch äußere Einflüsse des Standorts, besonders durch die klimatischen Verhältnisse, überdeckt werden.

e) Tausendkorngewichte. Für eine Beziehung zwischen Tausendkorngewicht und Eiweißgehalt ergibt sich kein einheitliches Bild (Abb. 5 und 6). In einer Reihe von Fällen entspricht einem niedrigen Eiweißgehalt ein höheres Tausendkorngewicht, in anderen ist es umgekehrt.

So liegen beispielsweise bei der ersten Versuchsserie die Tausendkorngewichte in Hergarten (hohe N-Gehalte) niedriger als in Schnega (niedrige N-Gehalte). Auch Franken III weist gegenüber Haisa II und Isaria in allen Fällen den niedrigeren N-Gehalt und das höhere Tausendkorngewicht auf. Dagegen besitzen Morgenrot und Granat I gegenüber den anderen in Rethmar angebauten Sorten die höchsten Eiweißgehalte, aber auch die höchsten Tausendkorngewichte.

Bei den Proben der zweiten Versuchsserie zeichnet sich einerseits die eiweißärmere Sorte (Carlsberg) in fast allen Fällen durch ein höheres Tausendkorngewicht aus, andererseits findet man aber bei steigendem N-Gehalt keinerlei Regelmäßigkeit.

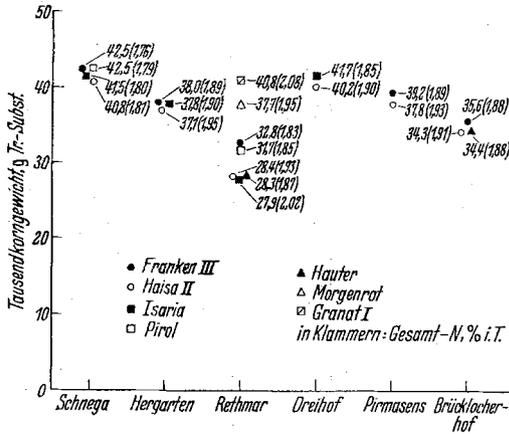


Abb. 5. Vergleich zwischen Tausendkorngewicht (g Tr.-Subst.) und Gesamt-N-Gehalt bei deutschen Sommergerstensorten (erste Versuchsserie).

Eine eindeutige Beziehung des Tausendkorngewichts zum Gesamt-N-Gehalt läßt sich also nicht feststellen (vgl. HUNTER, 1938; vgl. RUSSEL und BISHOP, 1933).

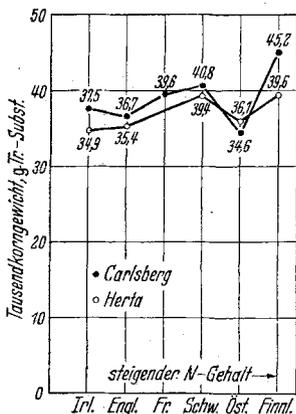


Abb. 6. Vergleich zwischen Tausendkorngewicht (g Tr.-Subst.) und Gesamt-N-Gehalt bei zwei ausländischen Sommergerstensorten (zweite Versuchsserie).

Eine eindeutige Beziehung zwischen Eiweißgehalt und Tausendkorngewicht wurde nicht gefunden.

### 2. Der Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren auf die Gehalte an exogenen Aminosäuren

Die in den Gerstencaryopsen vorliegenden absoluten Mengen an exogenen Aminosäuren schwanken in weiten Grenzen; Leucin ist in höchster, Tryptophan, Methionin und Cystin sind in geringster Menge enthalten. Aus Abb. 7 geht das gegenseitige Mengenverhältnis der einzelnen exogenen Aminosäuren übersichtlich hervor. Sie zeigt, daß aber auch die Aminosäuren selber recht beachtliche Schwankungen aufweisen. Worauf diese beruhen, welche Faktoren sie verursachen bzw. bestimmen, ist Untersuchungsziel der folgenden Abschnitte.

a) Der Einfluß der ökologischen Faktoren auf die Gehalte an exogenen Aminosäuren. In Tab. 6<sup>1</sup> ist

die prozentuale Verteilung der exogenen Aminosäuren in den Caryopsen der zur ersten Versuchsserie gehörenden Proben zusammengestellt. Innerhalb der Sorten sind diese Proben nach steigendem Gesamt-N-Gehalt angeordnet.

Bei Betrachtung der gewichtsmäßigen Verteilung der einzelnen Aminosäuren in den verschiedenen Proben einer Sorte zeigt sich deutlich die Tendenz eines Anwachsens mit steigendem Gesamt-N-Gehalt. Besonders deutlich tritt dies für die Summe der exogenen Aminosäuren hervor. Mit jeder schrittweisen Zunahme des Gesamt-N-Gehaltes nehmen auch die Aminosäuren um einen entsprechenden Betrag zu. Die enge Beziehung zwischen der Summe der exogenen Aminosäuren und dem Gesamt-N-Gehalt läßt sich an Hand des Quotienten  $\frac{\text{Aminosäuresumme, \% i. T.}}{\text{Gesamt-N-Gehalt, \% i. T.}} = Q^1$  nachweisen. Dieser Quotient weist innerhalb einer Sorte einen nahezu gleichen Wert auf. Franken III und Haisa II lassen

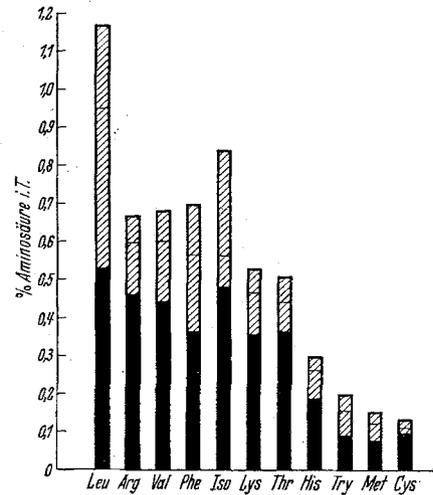


Abb. 7. Die absoluten Mengen an exogenen Aminosäuren in So.-Gerstencaryopsen Mittelwerte mit Schwankungsbreite aus 32 Proben (9 Sorten, 12 Standorte); Ausnahme Cystin: 11 Proben (2 Sorten, 6 Standorte).

bei steigendem N-Gehalt eine leichte Tendenz zur Abnahme von  $Q$  erkennen, jedoch sind die Unterschiede zu gering, als daß sie hier bereits als erwiesen angesehen werden könnten. Hier läßt sich jedenfalls soviel mit Sicherheit aussagen, daß die aus dem unterschiedlichen Zusammenwirken der ökologischen Faktoren resultierende Erhöhung des Gesamt-N-Gehaltes auch eine Erhöhung des Gehaltes an exogenen Aminosäuren zur Folge hat. Zwischen dem Gesamt-N-Gehalt und der Summe an exogenen Aminosäuren besteht offenbar eine gesetzmäßige Beziehung; dafür sprechen die  $Q$ -Werte, aus denen auch hervorgeht, daß sich die Ergebnisse an den beiden Extremstandorten Schnega und Hergarten ohne irgendwie aufzufallen einordnen.

Für die einzelnen Aminosäuren ist ein ähnliches Verhalten zu erwarten wie für ihre Summe. In der Tat korrelieren sie alle gleichsinnig mit dem Gesamt-N-Gehalt. Es zeigt sich jedoch, daß keinesfalls ein Parallelverlauf bei den einzelnen Aminosäuren zum Gesamt-N-Gehalt zu verzeichnen ist. So weist beispielsweise Lysin zwischen der Probe mit niedrigstem und der mit höchstem N-Gehalt bei Franken III, Haisa II und Isaria im Mittel nur einen Anstieg von 3,3% auf, Phenylalanin dagegen von 16,3%; beim Threonin findet man nur eine Zunahme von 5,5%, beim Tryptophan jedoch von 11,9%. Die einzelnen Aminosäuren reagieren also durchaus verschieden bei ansteigenden Gesamt-N-

<sup>1</sup> S. 224 u. 225.

<sup>1</sup> S. letzte Spalte von Tabelle 6 S. 225.

Tabelle 6. Die Aminosäuregehalte (% i. T.) deutscher Sommer-

Sorte	Std. <sup>1</sup>	G-N <sup>2</sup>	Valin	Leucin	Isoleucin	Threonin	Arginin
Strengs Franken III	S	1,76	0,586 ± 0,0098	0,97 ± 0,012	0,48 ± 0,014	0,432 ± 0,0061	0,58 ± 0,013
	R	1,83	0,604 ± 0,0103	1,02 ± 0,014	0,50 ± 0,014	0,435 ± 0,0070	0,60 ± 0,014
	B	1,88	0,623 ± 0,0064	1,05 ± 0,012	0,51 ± 0,014	0,440 ± 0,0070	0,62 ± 0,015
	P	1,89	0,618 ± 0,0070	1,04 ± 0,016	0,50 ± 0,016	0,447 ± 0,0070	0,61 ± 0,014
	H	1,89	0,620 ± 0,0076	1,03 ± 0,014	0,51 ± 0,012	0,440 ± 0,0053	0,61 ± 0,013
Heines Haisa II	S	1,81	0,617 ± 0,0056	1,05 ± 0,016	0,50 ± 0,013	0,435 ± 0,0081	0,61 ± 0,017
	D	1,90	0,634 ± 0,0184	1,09 ± 0,011	0,53 ± 0,011	0,441 ± 0,0061	0,63 ± 0,018
	B	1,91	0,643 ± 0,0081	1,11 ± 0,013	0,50 ± 0,010	0,449 ± 0,0062	0,65 ± 0,017
	P	1,93	0,645 ± 0,0081	1,12 ± 0,012	0,53 ± 0,012	0,446 ± 0,0056	0,64 ± 0,017
	R	1,93	0,638 ± 0,0098	1,12 ± 0,017	0,53 ± 0,013	0,450 ± 0,0093	0,64 ± 0,009
	H	1,95	0,646 ± 0,0095	1,12 ± 0,015	0,53 ± 0,012	0,453 ± 0,0076	0,64 ± 0,015
Ackermanns Isaria	S	1,80	0,607 ± 0,0129	1,01 ± 0,012	0,50 ± 0,012	0,423 ± 0,0075	0,60 ± 0,012
	D	1,85	0,627 ± 0,0149	1,05 ± 0,012	0,51 ± 0,014	0,442 ± 0,0073	0,61 ± 0,011
	H	1,90	0,632 ± 0,0115	1,09 ± 0,012	0,53 ± 0,011	0,448 ± 0,0073	0,63 ± 0,011
	R	2,02	0,679 ± 0,0120	1,16 ± 0,013	0,54 ± 0,017	0,468 ± 0,0050	0,66 ± 0,013
Heines Pirol	S	1,79	0,598 ± 0,0047	1,02 ± 0,013	0,49 ± 0,010	0,432 ± 0,0114	0,60 ± 0,011
	R	1,85	0,611 ± 0,0120	1,06 ± 0,015	0,51 ± 0,011	0,443 ± 0,0084	0,61 ± 0,016
Hauters Pfälzer	R	1,87	0,617 ± 0,0059	1,09 ± 0,014	0,50 ± 0,009	0,435 ± 0,0070	0,64 ± 0,019
	B	1,88	0,606 ± 0,0118	1,07 ± 0,013	0,51 ± 0,012	0,441 ± 0,0075	0,63 ± 0,019
Morgenrot	R	1,95	0,636 ± 0,0135	1,09 ± 0,013	0,54 ± 0,011	0,444 ± 0,0071	0,63 ± 0,022
Br. Granat I	R	2,08	0,680 ± 0,0087	1,17 ± 0,016	0,55 ± 0,014	0,468 ± 0,0076	0,67 ± 0,021

<sup>1</sup> Std. = Standort

S = Schnega/Hannover

R = Reithmar/Hannover

B = Brücklocherhof/Rheinl.

P = Pirmasens/Pfalz

H = Hergarten/Rheinland

D = Dreihof/Pfalz

<sup>2</sup> G-N = Gesamt-N-Gehalt % i. T.<sup>3</sup>  $\varrho = \frac{\text{Aminosäuresumme, \% i. T.}}{\text{Gesamt-N-Gehalt, \% i. T.}}$ 

Gehalten; am wenigsten wird das Lysin, am stärksten das Phenylalanin beeinflusst.

Wenn auch mit der durch die ökologischen Faktoren bewirkten Zunahme des Eiweißgehaltes ein zum Teil sehr unterschiedliches Anwachsen der einzelnen exogenen Aminosäuren verbunden ist, so dürfte doch auch zwischen ihnen und dem Gesamt-N-Gehalt eine direkte Beziehung erhalten bleiben. Denn die Gehalte der einzelnen exogenen Aminosäuren nehmen mit steigendem Gesamt-N-Gehalt stetig und gleichmäßig zu, ohne Rücksicht auf die unterschiedlichen Standortsbedingungen, durch die der steigende N-Gehalt letzten Endes zustande gekommen ist. Auch hier ordnen sich die Werte der beiden Extremstandorte Schnega und Hergarten ohne weiteres ein.

Am besten ist bei den vorliegenden Proben die Verbundenheit zwischen Gesamt-N-Gehalt und Aminosäuregehalten bei Ackermanns Isaria ersichtlich, da ihre N-Gehalte an den verschiedenen Standorten deutlich voneinander abgesetzt sind. Sämtliche Aminosäuren nehmen ohne Ausnahme mit jeder Erhöhung des Gesamt-N ebenfalls um einen unterschiedlichen Betrag zu. Bei den ersten beiden Sorten, Franken III und Haisa II, liegen infolge der zahlreicheren Standorte die N-Gehalte zum Teil dichter beisammen, so daß sich bei den Aminosäurewerten Überschneidungen ergeben, die jedoch ausnahmslos innerhalb der methodischen Fehlerbreite liegen, so daß sich an der Gesamt-Tendenz nichts ändert.

Ziehen wir aus dem vorstehenden das Grundsätzliche noch einmal heraus, so läßt sich zunächst feststellen, daß die Gehalte der exogenen Aminosäuren an den verschiedenen Standorten infolge der Einwirkung unterschiedlicher ökologischer Faktoren großen Schwankungen unterliegen. Dieselben lassen sich jedoch insofern erfassen, als der Gehalt der jeweiligen Amino-

säure in enger Beziehung zum Gesamt-N-Gehalt steht. Alle Einflüsse ökologischer Art, die eine Erhöhung des N-Gehaltes bedingen, bewirken auch ein Anwachsen der prozentualen Gehalte der exogenen Aminosäuren. Allerdings ist dieser Zuwachs bei den einzelnen exogenen Aminosäuren sehr unterschiedlich. Die gleichsinnigen korrelativen Beziehungen zwischen diesen und dem Gesamt-N-Gehalt werden in Abschnitt c) näher untersucht.

**b) Der Einfluß der Sorte auf die Gehalte an exogenen Aminosäuren.** Bei der im vorangegangenen Abschnitt zutage getretenen Verbundenheit zwischen Gesamt-N-Gehalt und den Gehalten an exogenen Aminosäuren ist zu erwarten, daß dieselbe auch bei Sorten mit verschieden hohen Eiweißgehalten im Vordergrund steht. Das heißt, von Sorten mit einem höheren Eiweißgehalt werden auch entsprechend höhere Aminosäuregehalte zu erwarten sein und umgekehrt. Solche Unterschiede stellen natürlich nichts Sortencharakteristisches hinsichtlich der Aminosäuregehalte dar; die genetische Verschiedenheit der Sorten betrifft lediglich die Höhe der Eiweißgehalte. Echte Sortenunterschiede bezüglich der Aminosäuren müssen also außerhalb dieser Relation zwischen Gesamt-N-Gehalt und Aminosäuregehalten liegen.

Ziehen wir zunächst einmal an Hand der Tab. 6 die Summe der exogenen Aminosäuren zum Vergleich heran, so findet sich die zwischen ihr und dem Gesamt-N-Gehalt bestehende Relation auch unter den verschiedenen Sorten bestätigt. Franken III, die sich durch niedrigere N-Gehalte gegenüber Haisa II und Isaria auszeichnet, hebt sich beispielsweise auch an sämtlichen Standorten durch eine niedrigere Gesamtmenge an exogenen Aminosäuren von diesen beiden Sorten ab. Granat I, die Sorte mit dem höchsten N-Gehalt, weist auch die höchste Summe an Aminosäuren auf.

## gerstensorten (7) von verschiedenen deutschen Standorten (6).

Histidin	Lysin	Phenylalanin	Tryptophan	Methionin	Summe	Q <sup>2</sup>
0,255 ± 0,0033	0,485 ± 0,0103	0,533 ± 0,0086	0,157 ± 0,0033	0,131 ± 0,0054	4,609	2,62
0,261 ± 0,0033	0,492 ± 0,0077	0,563 ± 0,0086	0,161 ± 0,0020	0,137 ± 0,0049	4,773	2,61
0,271 ± 0,0053	0,498 ± 0,0066	0,575 ± 0,0098	0,174 ± 0,0033	0,142 ± 0,0048	4,903	2,61
0,266 ± 0,0039	0,497 ± 0,0085	0,617 ± 0,0100	0,165 ± 0,0028	0,136 ± 0,0050	4,896	2,59
0,269 ± 0,0050	0,501 ± 0,0081	0,602 ± 0,0095	0,172 ± 0,0020	0,138 ± 0,0046	4,892	2,59
0,272 ± 0,0042	0,481 ± 0,0081	0,545 ± 0,0075	0,166 ± 0,0025	0,147 ± 0,0033	4,823	2,66
0,279 ± 0,0025	0,490 ± 0,0041	0,594 ± 0,0059	0,179 ± 0,0022	0,148 ± 0,0036	5,015	2,64
0,285 ± 0,0039	0,495 ± 0,0067	0,589 ± 0,0086	0,183 ± 0,0031	0,154 ± 0,0041	5,058	2,65
0,279 ± 0,0039	0,497 ± 0,0066	0,610 ± 0,0076	0,177 ± 0,0028	0,147 ± 0,0041	5,091	2,64
0,285 ± 0,0042	0,500 ± 0,0090	0,600 ± 0,0070	0,180 ± 0,0017	0,153 ± 0,0038	5,096	2,64
0,284 ± 0,0034	0,494 ± 0,0106	0,617 ± 0,0070	0,184 ± 0,0022	0,148 ± 0,0034	5,116	2,62
0,263 ± 0,0031	0,478 ± 0,0092	0,546 ± 0,0064	0,163 ± 0,0017	0,130 ± 0,0024	4,720	2,62
0,274 ± 0,0039	0,485 ± 0,0083	0,575 ± 0,0073	0,173 ± 0,0020	0,131 ± 0,0022	4,877	2,64
0,279 ± 0,0034	0,492 ± 0,0055	0,595 ± 0,0076	0,178 ± 0,0020	0,138 ± 0,0052	5,012	2,64
0,298 ± 0,0039	0,497 ± 0,0063	0,670 ± 0,0053	0,188 ± 0,0020	0,144 ± 0,0041	5,304	2,63
0,266 ± 0,0031	0,479 ± 0,0064	0,540 ± 0,0078	0,160 ± 0,0022	0,132 ± 0,0038	4,717	2,63
0,272 ± 0,0034	0,486 ± 0,0130	0,567 ± 0,0081	0,171 ± 0,0025	0,133 ± 0,0036	4,863	2,63
0,276 ± 0,0034	0,492 ± 0,0108	0,596 ± 0,0059	0,169 ± 0,0020	0,141 ± 0,0038	4,956	2,65
0,268 ± 0,0034	0,494 ± 0,0092	0,583 ± 0,0101	0,173 ± 0,0031	0,144 ± 0,0041	4,929	2,62
0,276 ± 0,0054	0,530 ± 0,0047	0,636 ± 0,0071	0,179 ± 0,0020	0,139 ± 0,0037	5,100	2,61
0,296 ± 0,0045	0,506 ± 0,0089	0,698 ± 0,0070	0,199 ± 0,0011	0,148 ± 0,0053	5,385	2,59

Der Quotient  $Q$  zeigt jedoch auf gewisse Sortenunterschiede hin. Für die Proben von Haisa II und Isaria ist er durchweg etwas höher als für die Franken III-Proben. Das bedeutet, daß das Verhältnis der Aminosäuresumme zum Gesamt-N-Gehalt für diese beiden Sorten gegenüber Franken III zugunsten der exogenen Aminosäuren verschoben ist. Von den restlichen Sorten besitzen auch Granat I und Morgenrot relativ niedrige  $Q$ -Werte. Auch ihr Eiweiß ist also in der Gesamtmenge an exogenen Aminosäuren etwas schlechter ausgestattet als das der anderen Sorten.

Wendet man sich nun den einzelnen Aminosäuren zu, so findet man ebenfalls, wenn auch nur in wenigen Fällen, deutliche sortencharakteristische Verschiedenheiten. So sind die Lysingehalte der Franken III-Proben bemerkenswert, denn sie sind an allen Standorten gegenüber denen der N-reicheren Sorten Haisa II und Isaria nicht nur gleich, sondern in den meisten Fällen sogar etwas höher. Man wird also von Franken III an jedem Standort wohl einen niedrigeren Gesamt-N-Gehalt, aber gleich hohe bzw. sogar etwas höhere Lysingehalte erwarten dürfen. Als weiterer sortenspezifischer Unterschied ist der im Vergleich zu den anderen Sorten höhere Methioningehalt der Haisa II-Proben zu werten sowie der hohe Lysingehalt der Sorte Morgenrot.

Abschließend läßt sich also feststellen, daß sortenspezifische Unterschiede in den Gehalten an exogenen Aminosäuren zweifellos vorhanden, jedoch im Vergleich zu den durch die ökologischen Faktoren bewirkten Veränderungen relativ gering sind.

c) Die Beziehungen zwischen dem Gesamt-N-Gehalt und den Gehalten an exogenen Aminosäuren. Die enge Verbundenheit zwischen den prozentualen Aminosäuregehalten und dem Gesamt-N-Gehalt ist, wie aus den vorstehenden Abschnitten hervorging, offensichtlich. Die korrelativen Beziehungen zwischen ihm und

den Gehalten der einzelnen exogenen Aminosäuren verdienen daher besonderes Interesse; sie sollen deshalb an Hand der darauf abgestimmten zweiten Versuchsserie näher untersucht werden.

Innerhalb der beiden in den verschiedenen europäischen Ländern vergleichend angebauten Sorten Carlsberg und Herta nimmt der N-Gehalt von den niedrigsten Werten in Irland über England, Frankreich, Schweiz und Österreich bis zu den höchsten in Finnland schrittweise bis zu 60% zu. Gegen diese Gesamt-N-Gehalte sind in den Abb. 8a—8c die entsprechenden Aminosäuregehalte aufgetragen.

Die positive Korrelation zwischen Gesamt-N-Gehalt und den Gehalten an den einzelnen exogenen Aminosäuren findet sich vollauf bestätigt. Die Aminosäuren zeigen einem durch ökologische Faktoren hervorgerufenen steigenden Gesamt-N-Gehalt gegenüber regelmäßigem, gesetzmäßigem Verhalten. Ihr Anstieg verläuft linear; die einzelnen Werte lassen sich alle jeweils einer Geraden zuordnen.

Auch ein gewisser Einfluß der Sorte auf die Aminosäuregehalte läßt sich hier wieder erkennen. Die Arginingehalte dieser beiden ausländischen Sorten liegen nämlich auf zwei deutlich voneinander abgesetzten Geraden. Beim Histidin ist der Unterschied nicht so groß; sämtliche Werte der einen Sorte grenzen von unten, die der anderen von oben an die gezeichnete Gerade. In den Gehalten an diesen beiden Aminosäuren dürfte also die Sorte Carlsberg mit Sicherheit etwas besser gestellt sein als Herta.

Das aus den Abb. 8a—8c erkennbare Ansteigen der Aminosäuregehalte mit den Gesamt-N-Gehalten ist durch die unterschiedlichen ökologischen Faktoren in den verschiedenen europäischen Ländern, besonders durch die verschiedenen klimatischen Verhältnisse bedingt. Aus diesen Abbildungen läßt sich ferner bereits

auf eine unterschiedliche prozentuale Zunahme der einzelnen exogenen Aminosäuren bei steigendem N-Gehalt schließen. Dieselben erfahren also durchaus nicht alle den gleichen prozentualen Anstieg wie der Gesamt-N. Wie anschließend im Detail gezeigt werden wird, trifft dies wohl für einzelne Aminosäuren zu, die Mehrzahl dagegen bleibt in ihrer prozentualen Zunahme hinter der des Gesamt-N zurück bzw. übertrifft dieselbe. Diese

nahme von Tryptophan, Leucin und Isoleucin geht mit der des Gesamt-N etwa parallel. Alle anderen exogenen Aminosäuren steigen schwächer als der Gesamt-N-Gehalt an: Für Histidin ergibt sich ein Wert von rund 50%, Valin, Arginin und Threonin weisen nur einen Anstieg von rund 40% auf. Das Methionin zeigt bei beiden Sorten zwei stark differente Werte: Bei Carlsberg steigt es um 53% bei Herta nur um 39%.

Abb. 8a—8c. Die Beziehung zwischen dem Gesamt-N-Gehalt und den Gehalten an exogenen Aminosäuren, dargestellt bei 2 So.-Gerstensorten von 6 klimatisch stark differenzierten Standorten.

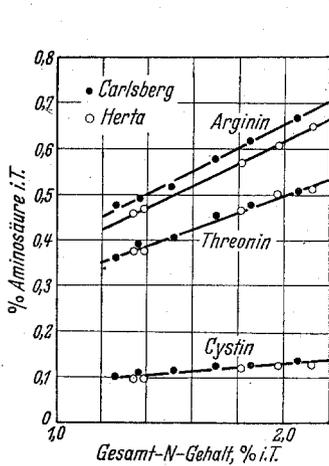


Abb. 8a. Arginin, Threonin, Cystin.

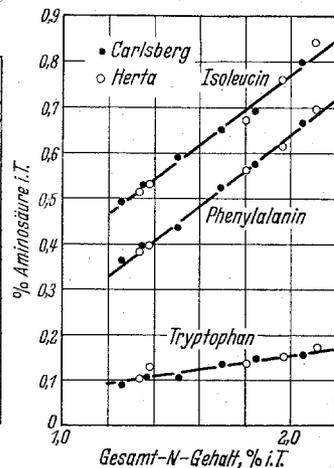


Abb. 8b. Isoleucin, Phenylalanin, Tryptophan.

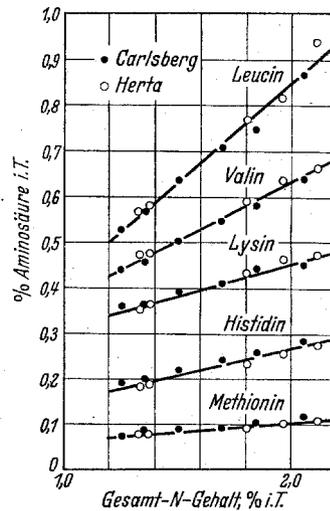


Abb. 8c. Leucin, Valin, Lysin, Histidin, Methionin.

Für das Cystin ergibt sich nur der geringe Zuwachs von etwas über 30%. Lysin ist diejenige Aminosäure, die dem Anstieg des Gesamt-N am wenigsten folgt: Die Sorte Carlsberg weist nur einen Lysinanstieg von 25% auf, Herta liegt mit 34% etwas besser.

Ein durch die ökologischen Faktoren bewirkter Anstieg in der Stickstoffsubstanz der Gerstencaryopsen spiegelt sich also — für die essentiellen Aminosäuren — in der bevorzugten Synthese der aromatischen und aliphatischen Aminosäuren

Verhältnisse können jedoch nicht ohne weiteres aus den Abbildungen abgelesen werden, da die Neigungen von Geraden nur dann etwas über den prozentualen Anstieg auszusagen vermögen, wenn sie von einer gleichen Basis ausgehen. Dies ist aber bei der unterschiedlichen Höhe der absoluten Mengen der einzelnen exogenen Aminosäuren hier keineswegs der Fall. Ein genaues Bild ergibt daher erst die Berechnung der prozentualen Zunahme, die die Aminosäuregehalte der Proben mit höchsten N-Gehalten (Finnland) gegenüber denen mit niedrigsten (Irland) aufweisen (Tab. 7).

wieder. Die Bildung der basischen Aminosäuren sowie der oxy- und schwefelhaltigen tritt dagegen zum Teil stark zurück.

Betrachtet man die essentiellen Aminosäuren als Gesamtheit, so zeigt sich, daß bei steigendem N-Gehalt diejenigen exogenen Aminosäuren, die dem prozentualen Anstieg des Gesamt-N nicht in gleichem Maße folgen, den Ausschlag geben (Tab. 8). Der Quotient Q,

Tabelle 7. Der unterschiedliche prozentuale Anstieg der einzelnen exogenen Aminosäuren bei steigendem Proteingehalt, dargestellt an der Zunahme (in %), die die Aminosäuren zweier So.-Gerstensorten am Standort Finnland (höchste N-Gehalte) gegenüber dem Standort Irland (niedrigste N-Gehalte) aufweisen. Zum Vergleich ist die prozentuale Zunahme des Gesamt-N mitangeführt.

Tabelle 8. Die Beziehung zwischen der Summe (S) der exogenen Aminosäuren und dem Gesamt-N-Gehalt (GN), dargestellt bei 2 Sorten von 6 klimatisch stark differenzierten Standorten.

	Carlsberg	Herta
Gesamt-N	63	58
Phenylalanin	83	81
Tryptophan	68	64
Leucin	64	65
Isoleucin	63	65
Histidin	50	48
Valin	45	41
Arginin	43	41
Threonin	40	36
Methionin	53	39
Cystin	33	31
Lysin	25	34

Standort	Carlsberg			Herta		
	GN	S	Q <sup>1</sup>	GN	S	Q <sup>1</sup>
Irland	1,26	3,481	2,76	1,34	3,595	2,68
England	1,36	3,680	2,71	1,38	3,699	2,68
Frankreich	1,51	4,021	2,66	—	—	—
Schweiz	1,70	4,474	2,63	1,81	4,644	2,56
Österreich	1,85	4,764	2,57	1,97	5,042	2,56
Finnland	2,06	5,299	2,57	2,12	5,461	2,58

<sup>1</sup> Q =  $\frac{\text{Aminosäuresumme, \% i. T.}}{\text{Gesamt-N-Gehalt, \% i. T.}}$

Den weitaus stärksten prozentualen Anstieg weist das Phenylalanin mit über 80% auf; es übertrifft als einzige exogene Aminosäure die Zunahme des Gesamt-N-Gehaltes von rund 60% beträchtlich. Die Zu-

nahme des Gesamt-N-Gehaltes ab. Die Tendenz dazu war bereits bei den Proben der ersten Serie bemerkbar. Die hier vorliegende große Spanne in den N-Gehalten läßt mit genügender Sicherheit erkennen, daß bei steigendem Proteingehalt die Gesamtsumme der exogenen Aminosäuren relativ zum Stickstoffgehalt abnimmt oder mit anderen Worten: Je höher der Gesamt-N-Gehalt, desto geringer der Anteil der exogenen Aminosäuren am Rohprotein. Die durch die ökologischen Faktoren bedingte Zunahme des Gesamt-N-Gehaltes kommt also, wenn man die essentiellen Aminosäuren

und die übrigen Stickstoffbestandteile als je eine Einheit betrachtet, mehr den letzteren zugute.

Die unter Punkt 2 gewonnenen Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die Gehalte der einzelnen exogenen Aminosäuren unterliegen an verschiedenen Standorten infolge der Einwirkungen unterschiedlicher ökologischer Faktoren großen Schwankungen. Sie sind jedoch mit dem Gesamt-N-Gehalt korrelativ verbunden. Alle Einflüsse ökologischer Art, aus denen eine Erhöhung des Rohprotein-gehaltes resultiert, bewirken auch ein Anwachsen der Gehalte der exogenen Aminosäuren. Die prozentuale Zunahme ist bei den einzelnen exogenen Aminosäuren jedoch sehr unterschiedlich: Bei den aromatischen und aliphatischen ist sie stark und übertrifft beim Phenylalanin sogar die des Rohprotein-gehaltes. Bei den basischen sowie den oxy- und schwefelhaltigen ist die prozentuale Zunahme dagegen nur gering und bleibt, besonders beim Lysin, weit hinter der des Rohprotein-gehaltes zurück.

Insgesamt gesehen kommt ein durch ökologische Faktoren bewirkter Anstieg im Rohprotein-gehalt der Gerstencaryopsen weniger den essentiellen Aminosäuren als dem übrigen Stickstoffanteil zugute.

Sortenunterschiede hinsichtlich der Gehalte an exogenen Aminosäuren sind zwar vorhanden, jedoch im Vergleich zu den durch ökologische Faktoren hervorgerufenen Veränderungen relativ gering.

3. Die Zusammensetzung des Rohproteins an exogenen Aminosäuren (Eiweißqualität)

a) Der Anteil der exogenen Aminosäuren am Rohprotein. Die vorangegangenen Abschnitte behandelten lediglich die prozentualen Aminosäuregehalte, ihre Beeinflussbarkeit durch Sorte und Standort und ihre Beziehungen zum Gesamt-N-Gehalt. Im folgenden wird nun die Zusammensetzung des Sommergersteneiweißes an exogenen Aminosäuren (g AS in 100g Rohprotein) besprochen werden.

Die Anteile der einzelnen exogenen Aminosäuren am Gesamteiweiß der Gerstencaryopsen sind wiederum sehr unterschiedlich; es ergibt sich aber verständlicherweise die gleiche Reihenfolge wie für die Absolutwerte (vgl. Abb. 7). Leucin weist auch hier die höchsten Werte auf; im Durchschnitt bestehen 8,5% des Rohproteins aus Leucin, Tryptophan und die beiden schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystin stellen mit 1,4% bzw. 1,1% und 1,2% die geringsten Anteile am Rohprotein. Insgesamt bestehen rund 42% des Gesamteiweißes der Gerstencaryopsen aus exogenen Aminosäuren.

b) Der Einfluß von Sorte und Standort auf die Rohproteinzusammensetzung. Tab. 9 enthält die anteilmäßige Zusammensetzung des Rohproteins an exo-

Tabelle 9. Die Anteile der exogenen Aminosäure am Rohprotein (g AS in 100 g Rohprotein) bei deutschen Sorten (7) von verschiedenen deutschen Standorten (6)

Sorte	Std. <sup>1</sup>	G-N <sup>2</sup>	Valin	Leucin	Isoleucin	Threonin	Arginin	Histidin	Lysin	Phenylalanin	Tryptophan	Methionin	Summe	Q <sup>3</sup>
Strengs Franken III R	S	1,76	5,33 ± 0,089	8,8 ± 0,11	4,4 ± 0,13	3,92 ± 0,056	5,3 ± 0,12	2,32 ± 0,030	4,41 ± 0,094	4,85 ± 0,079	1,43 ± 0,030	1,19 ± 0,049	41,95	2,62
	R	1,83	5,28 ± 0,090	8,9 ± 0,12	4,4 ± 0,12	3,80 ± 0,061	5,2 ± 0,12	2,28 ± 0,029	4,30 ± 0,067	4,92 ± 0,075	1,41 ± 0,017	1,20 ± 0,043	41,69	2,61
	B	1,88	5,30 ± 0,055	8,9 ± 0,10	4,3 ± 0,12	3,74 ± 0,059	5,3 ± 0,13	2,31 ± 0,045	4,24 ± 0,056	4,90 ± 0,083	1,48 ± 0,028	1,21 ± 0,041	41,68	2,61
	P	1,89	5,23 ± 0,059	8,8 ± 0,13	4,2 ± 0,13	3,78 ± 0,059	5,2 ± 0,12	2,25 ± 0,033	4,21 ± 0,072	5,22 ± 0,085	1,40 ± 0,024	1,15 ± 0,042	41,44	2,59
	H	1,89	5,25 ± 0,064	8,7 ± 0,12	4,3 ± 0,10	3,72 ± 0,045	5,2 ± 0,11	2,28 ± 0,043	4,24 ± 0,068	5,10 ± 0,080	1,46 ± 0,017	1,17 ± 0,039	41,42	2,59
Heines Haisa II	S	1,81	5,45 ± 0,049	9,3 ± 0,14	4,4 ± 0,11	3,84 ± 0,071	5,4 ± 0,15	2,40 ± 0,037	4,25 ± 0,071	4,82 ± 0,067	1,47 ± 0,022	1,30 ± 0,030	42,63	2,66
	D	1,90	5,34 ± 0,155	9,2 ± 0,10	4,5 ± 0,10	3,72 ± 0,052	5,3 ± 0,15	2,35 ± 0,021	4,12 ± 0,034	5,00 ± 0,049	1,51 ± 0,019	1,25 ± 0,031	42,29	2,64
	B	1,91	5,39 ± 0,068	9,3 ± 0,11	4,2 ± 0,08	3,76 ± 0,052	5,4 ± 0,15	2,39 ± 0,033	4,15 ± 0,056	4,93 ± 0,071	1,53 ± 0,026	1,29 ± 0,034	42,34	2,65
	P	1,93	5,35 ± 0,067	9,3 ± 0,10	4,4 ± 0,10	3,70 ± 0,047	5,3 ± 0,14	2,31 ± 0,033	4,12 ± 0,054	5,06 ± 0,063	1,47 ± 0,023	1,22 ± 0,034	42,23	2,64
	H	1,93	5,29 ± 0,081	9,3 ± 0,14	4,4 ± 0,11	3,73 ± 0,077	5,3 ± 0,14	2,36 ± 0,035	4,15 ± 0,074	4,97 ± 0,058	1,49 ± 0,014	1,27 ± 0,032	42,26	2,64
Ackermanns Isaria	S	1,95	5,30 ± 0,078	9,2 ± 0,12	4,3 ± 0,10	3,72 ± 0,062	5,3 ± 0,13	2,33 ± 0,028	4,05 ± 0,087	5,06 ± 0,057	1,51 ± 0,018	1,21 ± 0,027	41,98	2,62
	D	1,80	5,39 ± 0,115	9,0 ± 0,11	4,4 ± 0,11	3,76 ± 0,067	5,3 ± 0,11	2,34 ± 0,027	4,25 ± 0,082	4,86 ± 0,057	1,45 ± 0,015	1,16 ± 0,021	41,91	2,62
	H	1,85	5,42 ± 0,128	9,1 ± 0,10	4,4 ± 0,12	3,82 ± 0,063	5,3 ± 0,09	2,37 ± 0,034	4,20 ± 0,071	4,97 ± 0,063	1,50 ± 0,017	1,13 ± 0,019	42,21	2,64
	R	2,02	5,32 ± 0,097	9,2 ± 0,10	4,5 ± 0,10	3,77 ± 0,062	5,3 ± 0,09	2,35 ± 0,028	4,15 ± 0,046	5,01 ± 0,064	1,50 ± 0,017	1,10 ± 0,044	42,26	2,64
Heines Pirol	S	1,79	5,38 ± 0,095	9,2 ± 0,10	4,3 ± 0,13	3,71 ± 0,040	5,2 ± 0,11	2,36 ± 0,031	3,94 ± 0,050	5,31 ± 0,042	1,49 ± 0,016	1,14 ± 0,032	42,03	2,63
	R	1,85	5,35 ± 0,042	9,1 ± 0,11	4,4 ± 0,09	3,86 ± 0,102	5,4 ± 0,10	2,38 ± 0,027	4,28 ± 0,057	4,83 ± 0,070	1,43 ± 0,020	1,18 ± 0,034	42,21	2,63
	R	1,85	5,28 ± 0,104	9,2 ± 0,13	4,4 ± 0,09	3,83 ± 0,073	5,3 ± 0,14	2,35 ± 0,029	4,20 ± 0,113	4,90 ± 0,070	1,48 ± 0,022	1,15 ± 0,032	42,09	2,63
Hauters Pfälzer	R	1,87	5,28 ± 0,051	9,3 ± 0,12	4,3 ± 0,08	3,72 ± 0,060	5,5 ± 0,17	2,36 ± 0,029	4,21 ± 0,093	5,10 ± 0,051	1,45 ± 0,017	1,21 ± 0,033	42,43	2,65
	B	1,88	5,16 ± 0,100	9,1 ± 0,11	4,3 ± 0,10	3,76 ± 0,064	5,4 ± 0,16	2,28 ± 0,029	4,20 ± 0,079	4,96 ± 0,086	1,47 ± 0,026	1,23 ± 0,035	41,86	2,62
Morgenrot	R	1,95	5,22 ± 0,111	9,2 ± 0,11	4,4 ± 0,09	3,64 ± 0,058	5,2 ± 0,19	2,26 ± 0,044	4,35 ± 0,038	5,22 ± 0,058	1,47 ± 0,016	1,14 ± 0,030	42,10	2,61
Br. Granat I R	R	2,08	5,23 ± 0,067	9,0 ± 0,12	4,2 ± 0,11	3,60 ± 0,058	5,2 ± 0,16	2,28 ± 0,034	3,90 ± 0,069	5,37 ± 0,054	1,53 ± 0,009	1,14 ± 0,041	41,45	2,59

<sup>1</sup> Std. = Standort  
 S = Schöner/Hannover  
 R = Reithmar/Hannover  
 B = Brücklocherhof/Rheinh.

<sup>2</sup> G-N = Gesamt-N-Gehalt, % i. T.

P = Firmasens/Pfalz  
 H = Heugarten/Rheinland  
 D = Dreihof/Pfalz

<sup>3</sup> Q = Aminosäuresumme, % i. T.  
 \* Q = Gesamt-N-Gehalt, % i. T.

genen Aminosäuren für die Proben der ersten Versuchsserie. Im Vergleich zu den Absolutwerten (vgl. Tab. 6<sup>1</sup>) variieren diese Zahlen in viel engeren Grenzen, da durch Bezug der Aminosäuregehalte auf 16 g N die Verbindung zum Gesamt-N-Gehalt hergestellt ist.

Echte sortenspezifische Unterschiede hinsichtlich der Eiweißzusammensetzung an exogenen Aminosäuren lassen sich nur von diesen Werten direkt ableiten. Wie aus Tab. 9 hervorgeht, differieren diese Aminosäurewerte jedoch unter den verschiedenen Sorten, wie innerhalb einer Sorte, nur wenig. Dennoch findet man bei genauer Durchsicht einige sortencharakteristische Verschiedenheiten.

Für den summarischen Anteil der exogenen Aminosäuren am Rohprotein läßt sich feststellen, daß das Eiweiß von Haisa II und Isaria, aber auch von Pirol und Hauter etwas besser mit exogenen Aminosäuren ausgestattet sein dürfte, als das von Franken III, Morgenrot und Granat I. Die *Q*-Werte lassen logischerweise das gleiche erkennen, da sie definitionsgemäß ebenfalls eine Beziehung der Aminosäuresumme zu den Gesamt-N-Gehalten darstellen.

Wendet man sich den einzelnen exogenen Aminosäuren zu, so findet man ebenfalls zwischen den verschiedenen Sorten spezifische Unterschiede. So liegt der Leucinanteil sämtlicher Franken III-Proben niedriger als bei den Proben der übrigen Sorten. Dagegen ist der Lysinanteil am Franken III-Eiweiß deutlich höher. Die Proben von Haisa II weisen gegenüber den anderen höhere Methioninanteile am Rohprotein auf. Das Eiweiß der Sorte Granat I ist relativ arm an Lysin und Threonin, dafür ist es reichlicher mit Phenylalanin versehen. Die Sorte Morgenrot weist ebenfalls einen niedrigen Threoninwert auf, jedoch besitzt ihr Eiweiß genau wie das der Franken III gegenüber den anderen Sorten einen hohen Lysinanteil.

Im großen und ganzen muß man trotzdem feststellen, daß diese Sortenverschiedenheiten im Hinblick auf die praktische Verwendung der Sommergerste verhältnismäßig gering sind. Da die deutschen Sommergerstensorten zum großen Teil miteinander verwandt sind (vgl. GÖPP, 1949 und 1950; ROTHENBACH, 1950; AUFHAMMER, 1952), ist ein Vergleich ihrer Aminosäurengarnitur mit derjenigen der beiden ausländischen Sorten Carlsberg und Herta von Interesse. Bei einer Gegenüberstellung muß jedoch berücksichtigt werden, daß keine gemeinsamen Standorte vorliegen, so daß ein einzelner gehender Vergleich unmöglich ist. Außerdem sind sämtliche deutschen Sorten gegenüber den ausländischen auf einem verhältnismäßig eng begrenzten Gebiet angebaut worden, während letztere an klimatisch stark differenzierten Standorten Europas herangewachsen sind. Und nicht zuletzt ist zu berücksichtigen, daß die beiden Sortengruppen in zwei getrennten Serien untersucht wurden. Der Vergleich soll und darf daher lediglich darauf hinauslaufen, das grundsätzliche Bestehen größerer Unterschiede in der Aminosäurezusammensetzung verschiedener Sorten zu prüfen.

Die Gegenüberstellung der beiden Sortengruppen in Tab. 10 läßt in der Tat einige größere Unterschiede erkennen. Während die Summe der Anteile von Leucin und Isoleucin am Rohprotein bei den deutschen und ausländischen Sorten auf einen gleichen Wert von etwa 13—14% hinausläuft, ist der Anteil der einzelnen Isomeren sehr verschieden: Das Eiweiß der ersteren

enthält etwa doppelt soviel Leucin wie Isoleucin, dagegen liegt der Leucinanteil bei den letzteren nur wenig über dem des Isoleucins. Als weiterer Unterschied dürfte der höhere Threoninanteil der ausländischen Sorten gegenüber den deutschen zu werten sein; im Methioninanteil dürften letztere etwas überlegen sein. Alle anderen Aminosäuren liegen dagegen bei beiden Gruppen in einem gleichen Größenbereich.

Tabelle 10. Vergleich der Eiweißzusammensetzung deutscher und ausländischer Sommergerstensorten. (7 deutsche Sorten: 21 Proben, 6 klimatisch relativ wenig differenzierte Standorte; 2 ausländ. Sorten: 11 Proben, 6 klimatisch stark differenzierte Standorte).

	g Aminosäure in 100 g Rohprotein	
	Deutsche Sorten	Ausländ. Sorten
Valin	5,16—5,45	5,37—6,09
Leucin	8,7—9,3	7,0—7,6
Isoleucin	4,2—4,5	6,4—6,8
Threonin	3,60—3,92	4,14—4,88
Arginin	5,2—5,5	5,3—6,3
Histidin	2,25—2,40	2,24—2,58
Lysin	3,90—4,41	3,80—4,85
Phenylalanin	4,82—5,37	4,88—5,63
Tryptophan	1,40—1,53	1,14—1,50
Methionin	1,13—1,30	0,90—1,08

Dieser Vergleich der Eiweißzusammensetzung zwischen den untersuchten deutschen Sommergerstensorten und den beiden ausländischen dürfte somit das prinzipielle Bestehen genetisch bedingter größerer Verschiedenheiten in der Zusammensetzung des Gersteiweißes an exogenen Aminosäuren aufgezeigt haben. Der Hinweis AUFHAMMERS (1952), daß „die in Deutschland weit verbreitete Ansicht, die Sorten würden keinen sortenspezifischen Eiweißgehalt besitzen, erneut zu überprüfen sei“, findet sich somit nicht nur für den Eiweißgehalt, sondern in gewissem Grade auch für die Eiweißzusammensetzung an Aminosäuren in positivem Sinne bestätigt.

Wenden wir uns nun dem Einfluß der ökologischen Faktoren auf die Eiweißzusammensetzung an exogenen Aminosäuren bei Sorten deutscher Standorte zu! Da die Abhängigkeit dieser Faktoren großen Schwankungen unterliegenden prozentualen Gehalte an den einzelnen Aminosäuren mit den entsprechenden Gesamt-N-Gehalten positiv korrelieren, ist auch die Eiweißzusammensetzung mit der Höhe des N-Gehaltes eng verknüpft.

Die Werte der ersten Versuchsserie (Tab. 9<sup>1</sup>) lassen erkennen, daß die Anteile der einzelnen Aminosäuren innerhalb einer Sorte sich nur sehr wenig ändern. Sie liegen, wie die mittleren Fehler zeigen, meist innerhalb des methodischen Schwankungsbereiches. Dennoch ist die Tendenz einer Abnahme bei steigendem N-Gehalt ersichtlich, sowohl bei der Summe als auch bei einigen Aminosäuren, z. B. Valin, Threonin und Histidin. Deutlich ist sie beim Lysin ausgeprägt, jedoch läßt sie sich auch hier nur für Isaria sichern, deren N-Gehalte eine größere Spanne als bei Franken III und Haisa II aufweisen. Bei dem in Schnega erzielten N-Gehalt von 1,80% beträgt der Lysinanteil an 100 g Rohprotein  $4,25 \pm 0,082$  g, bei dem N-Gehalt von 2,02% der Rethmarprobe dagegen nur  $3,94 \pm 0,050$  g. Daraus errechnet sich ein *D/mD* von 3,2. Für Phenylalanin, dessen Anteil am Rohprotein mit steigendem

<sup>1</sup> S. 224.

<sup>1</sup> S. 227.

N-Gehalt größer wird, läßt sich ebenfalls nur bei Isaria mathematische Sicherung mit einem Wert für  $D/mD$  von 6,3 erzielen.

Daß bei größeren Spannen im N-Gehalt auch für Franken III und Haisa II die Veränderung im Lysin- und Phenylalaninanteil zu gesicherten Unterschieden führen würde, läßt sich ohne weiteres schließen. Daß aber nicht nur diese beiden Aminosäuren, sondern auch eine Mehrzahl anderer, die im vorliegenden Falle nur eine leichte Tendenz nach der einen oder anderen Richtung aufweisen, bei steigendem N-Gehalt mit diesem verbundene gesetzmäßige Veränderungen in ihren Anteilen am Gesamteiweiß erfahren, wird an dem Material der zweiten Versuchsserie genau untersucht und nachgewiesen werden.

c) Die korrelativen Beziehungen zwischen dem Gesamt-N-Gehalt und der Zusammensetzung des Rohproteins an exogenen Aminosäuren. Das differenzierte Anwachsen der einzelnen Aminosäuren bei steigendem N-Gehalt wirkt sich bei Berechnung des prozentualen Anteils der Aminosäuren am Gesamteiweiß der Gerste dahingehend aus, daß diejenigen Aminosäuren abfallen, deren Absolutwerte langsamer als die des Gesamt-N zunehmen, während umgekehrt der Anteil derjenigen Aminosäuren am Gesamteiweiß zunimmt, die einen stärkeren Anstieg als der Gesamt-N erfahren haben. Der Anteil der Aminosäuren, deren Zunahme nahezu parallel zu der des Gesamt-N verläuft, bleibt dagegen ziemlich gleich.

In den Abb. 9a—9c sind die Anteile der Aminosäuren am Rohprotein gegen die prozentualen Gesamt-N-Gehalte aufgetragen. Die große Spanne im Gesamt-N-Gehalt, die die einzelnen Proben der beiden Sorten Carlsberg und Herta durch den Anbau in den verschiedenen europäischen Ländern aufweisen, läßt die starke Verbundenheit der Eiweißzusammensetzung mit dem Rohproteingehalt deutlich hervortreten. Bei den meisten Aminosäuren ist mit steigendem Gesamt-N-Gehalt eine Abnahme ihres Anteils am Rohprotein zu verzeichnen; nur bei einer einzigen, dem Phenylalanin, wird der Anteil größer. Mit Ausnahme von Leucin und Isoleucin ist in allen Fällen die Korrelation zwischen Aminosäureanteil am Rohprotein und Gesamt-N-Gehalt linear. Inwieweit die in den Abb. 9a bis 9c gezeigten Verhältnisse mathematisch gesichert sind, soll in folgenden Abschnitten an Hand des genauen Zahlenmaterials besprochen werden.

1. Phenylalanin. Wie bereits erwähnt, bildet Phenylalanin gegenüber allen anderen Aminosäuren eine Ausnahme. Sie ist die einzige, deren Anteil am Rohprotein bei steigendem N-Gehalt höher wird. In Tab. 11 sind die Aminosäurewerte mit ihren mittleren Fehlern für die einzelnen Proben der beiden untersuchten Sorten nach steigendem Gesamt-N-Gehalt angeordnet.

Mit dem Anstieg des Gesamt-N-Gehaltes nimmt auch der Anteil des Phenylalanins am Rohprotein

Abb. 9a—9c. Die korrelativen Beziehungen zwischen dem Gesamt-N-Gehalt und der Zusammensetzung des Rohproteins an exogenen Aminosäuren; dargestellt bei 2 So.-Gerstensorten von 6 klimatisch stark differenzierten Standorten Europas.

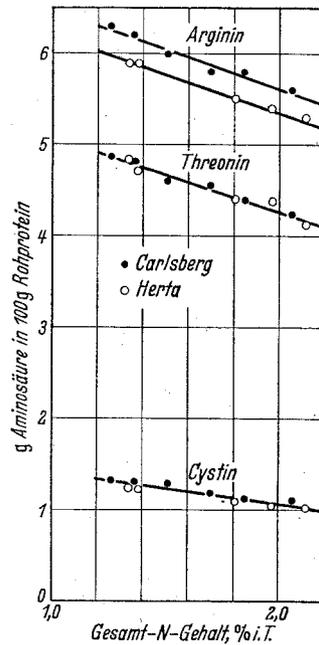


Abb. 9a. Arginin, Threonin, Cystin.

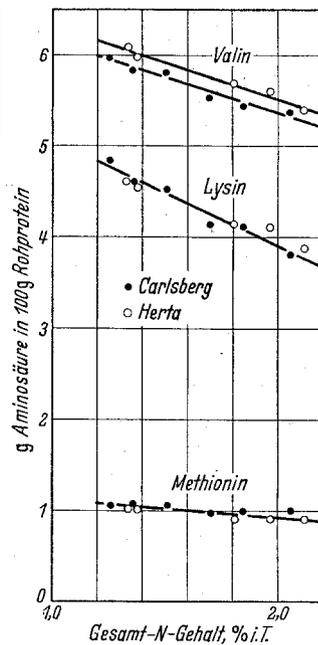


Abb. 9b. Valin, Lysin, Methionin.

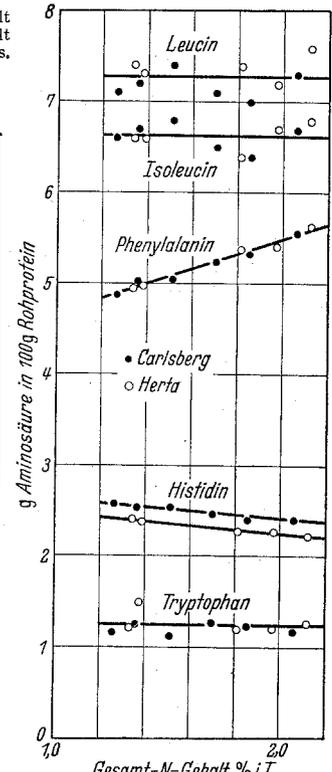


Abb. 9c. Leucin, Isoleucin, Phenylalanin, Histidin, Tryptophan.

von Probe zu Probe um einen gewissen Betrag zu. Diese schrittweise Zunahme des Phenylalaninanteils führt bereits zwischen den Proben Irlands (Gesamt-N-Gehalt 1,26% bzw. 1,34%) und denen der Schweiz (Gesamt-N-Gehalt 1,70% bzw. 1,81%) zu einem mathematisch einwandfrei gesicherten Unterschied ( $D/mD = 6,8$  bzw. 4,9). Bei noch größerer Spanne im N-Gehalt (Irland/Österreich; Irland/Finnland) muß dies logischerweise bei exakter Korrelation auch der Fall sein. Durch diese gesicherten Unterschiede ist der aus Abb. 9c ersichtliche starke Anstieg des Phenylalaninanteils am Rohprotein bei steigendem Gesamt-

Tabelle 11. Der Anteil von Phenylalanin am Rohprotein (g in 100 g Rohpr.) bei steigendem Gesamt-N-Gehalt (% i. T., in Klammern); dargestellt bei 2 ausländ. Sorten von 6 europäischen Standorten.

	Carlsberg	$\frac{D^1}{mD}$	Herta	$\frac{D^1}{mD}$	$\left(\frac{D}{mD}\right)_s$
Ir1	(1,26) 4,88 ± 0,030		(1,34) 4,95 ± 0,048		1,2
Eng	(1,36) 5,00 ± 0,047	2,2	(1,38) 4,98 ± 0,081	0,3	0,2
Fr	(1,51) 5,05 ± 0,071	2,2	—	—	—
Sch	(1,70) 5,25 ± 0,045	6,8	(1,81) 5,37 ± 0,070	4,9	1,4
Öst	(1,85) 5,33 ± 0,055	7,2	(1,97) 5,41 ± 0,039	7,4	1,2
Fi	(2,06) 5,56 ± 0,085	7,6	(2,12) 5,63 ± 0,102	6,0	0,5

<sup>1</sup> Die  $D/mD$ -Werte beziehen sich auf Unterschiede, die durch steigenden Gesamt-N-Gehalt bedingt sind (vgl. unter „Methodisches: 5. Fehlerrechnung...“).

<sup>2</sup> Die  $(D/mD)_s$ -Werte beziehen sich auf etwa bestehende Unterschiede zwischen den beiden Sorten.

N-Gehalt auch von der Seite der Fehlerrechnung her erwiesen. Die bedeutsamen Veränderungen im Phenylalaninanteil des Gersteneiweißes bei unterschiedlichem N-Gehalt läßt die Tatsache erkennen, daß das Rohprotein der Proben mit dem höchsten Gesamt-N-Gehalt (Finnland: 2,06% bzw. 2,12%) rund 14% mehr Phenylalanin enthält als das der Proben mit dem niedrigsten Gesamt-N-Gehalt (Irland: 1,26% bzw. 1,34%).

Daß zwischen den beiden Sorten Carlsberg und Herta hinsichtlich des Phenylalanins kein Unterschied besteht, geht sowohl aus Abb. 9c als auch aus den in Tab. 11 angeführten Werten für  $(D/mD)_s$  hervor.

2. Lysin, Threonin, Valin, Arginin und Histidin. Die Anteile dieser Aminosäuren am Rohprotein nehmen mit steigendem Proteingehalt ab.

Aus den Abb. 9a bis 9c geht hervor, daß der Abfall des Anteils der limitierenden Aminosäure Lysin am Rohprotein bei steigendem Proteingehalt von allen exogenen Aminosäuren am stärksten ist, denn die Gerade für das Lysin sinkt am steilsten ab. Auch die Zahlen der Tab. 12 beweisen diese Feststellung. Bei der Sorte Carlsberg ist bereits zwischen den beiden benachbarten Proben aus Irland und England mit einem Gesamt-N-Gehalt von 1,26% bzw. 1,36% eine gesicherte Abnahme des Lysinanteils zu verzeichnen ( $D/mD = 3,2$ ). Je größer die Spanne im Gesamt-N-Gehalt wird, desto größer werden auch die  $D/mD$ -Werte, ein Zeichen für die starke und kontinuierliche Abnahme des Lysinanteils am Rohprotein bei stei-

gendem N-Gehalt. Bei der Sorte Herta scheint er nicht ganz so stark abzufallen wie bei Carlsberg, doch zeigen die  $(D/mD)_s$ -Werte keinen gesicherten Unterschied zwischen den beiden Sorten auf, und auch in Abb. 9b ließen sich die Werte recht gut einer Geraden zuordnen. Ein eindrucksvolles Bild über den starken Abfall des Lysinanteils bei steigendem N-Gehalt vermittelt der Vergleich der Proben mit niedrigstem und höchstem N-Gehalt. Während der Lysinanteil bei den Proben aus Irland (Gesamt-N 1,26% bzw. 1,34%) 4,85% bzw. 4,61% des Rohproteins ausmacht, ist er bei den Proben aus Finnland (Gesamt-N 2,06% bzw. 2,12%) auf 3,80% bzw. 3,88% gesunken. Das bedeutet, daß das Eiweiß der ersteren im Durchschnitt 23% mehr Lysin enthält als dasjenige der letzteren. Auf die ernährungsphysiologischen Konsequenzen, die sich daraus ergeben, wird an späterer Stelle hingewiesen werden.

Die Aminosäuren Threonin, Valin und Arginin zeigen etwa einen gleich starken Abfall bei steigendem Proteingehalt (vgl. Abb. 9a und 9b). Während sich beim Threonin die einzelnen Werte der beiden Sorten einer Geraden zuordnen lassen, liegen die Werte beim Valin und Arginin für jede Sorte getrennt auf zwei von einander abgesetzten, annähernd parallel verlaufenden Geraden. Dies spricht für einen Sortenunterschied; das Arginin dürfte im Carlsberg-Eiweiß, das Valin dagegen im Herta-Eiweiß reichlicher vertreten sein. Jedoch ist dieser Unterschied relativ gering, denn die Werte für  $(D/mD)_s$  zeigen (s. Tab. 12), daß er sich nicht sichern läßt.

Dagegen ist die Abnahme der Anteile dieser Aminosäuren bei steigendem N-Gehalt wieder einwandfrei mathematisch zu beweisen. Beim Threonin und Valin sind die Unterschiede schon zwischen den Proben aus Irland und denen aus der Schweiz gesichert, für Threonin ist es bei der Sorte Carlsberg sogar noch früher der Fall (s. Tab. 12). Obwohl der Anteil des Arginins am Rohprotein bei steigendem N-Gehalt nach Abb. 9a in etwa gleicher Stärke abfällt wie der des Threonins und Valins, läßt sich erst zwischen den Proben mit niedrigstem und höchstem N-Gehalt (Irland—Finnland) ein gesicherter Unterschied feststellen, was auf dem verhältnismäßig hohen mittleren Fehler beim Arginin beruht.

Ein Bild über die größenordnungsmäßige Abnahme der Anteile dieser drei Aminosäuren am Rohprotein bei steigendem Gesamt-N-Gehalt vermitteln folgende Zahlen: Die Proben mit niedrigstem Gesamt-N-Gehalt (Irland) enthalten gegenüber den Proben mit höchstem Gesamt-N-Gehalt (Finnland) im Mittel der beiden Sorten rund 17% mehr Threonin und 12% mehr Valin und Arginin.

Das Histidin, die dritte Hexonbase, verhält sich genau so wie die beiden anderen, Lysin und Arginin. Abb. 9c zeigt jedoch, daß seine Abnahme am Gesamteiweiß bei steigendem N-Gehalt nur schwach ist. Trotzdem ist sie noch ge-

Tabelle 12. Der Anteil von Lysin, Threonin, Valin, Arginin und Histidin am Rohprotein (g in 100 g Rohpr.) bei steigendem Gesamt-N-Gehalt (% i. T., in Klammern); dargestellt bei 2 ausländ. Sorten von 6 europäischen Standorten.

		Carlsberg		$\frac{D^1}{mD}$	Herta		$\frac{D^1}{mD}$	$\left(\frac{D}{mD}\right)_s$
Lysin	Irl	(1,26)	4,85 ± 0,054		(1,34)	4,61 ± 0,069		2,7
	Eng	(1,36)	4,60 ± 0,057	3,2	(1,38)	4,56 ± 0,065	0,5	0,5
	Fr	(1,51)	4,52 ± 0,039	4,9	—	—	—	—
	Sch	(1,70)	4,14 ± 0,105	6,0	(1,81)	4,14 ± 0,061	5,1	0
	Öst	(1,85)	4,12 ± 0,070	8,3	(1,97)	4,10 ± 0,072	5,1	0,2
	Fi	(2,06)	3,80 ± 0,057	13,4	(2,12)	3,88 ± 0,026	9,9	1,3
Threonin	Irl	(1,26)	4,88 ± 0,026		(1,34)	4,84 ± 0,069		0,5
	Eng	(1,36)	4,82 ± 0,054	1,0	(1,38)	4,72 ± 0,081	1,1	1,0
	Fr	(1,51)	4,61 ± 0,070	3,6	—	—	—	—
	Sch	(1,70)	4,56 ± 0,073	4,1	(1,81)	4,42 ± 0,082	3,9	1,3
	Öst	(1,85)	4,39 ± 0,051	8,6	(1,97)	4,38 ± 0,050	5,4	0,1
	Fi	(2,06)	4,25 ± 0,071	8,3	(2,12)	4,14 ± 0,030	9,3	1,4
Valin	Irl	(1,26)	5,96 ± 0,060		(1,34)	6,09 ± 0,087		1,2
	Eng	(1,36)	5,84 ± 0,050	1,5	(1,38)	5,98 ± 0,067	1,0	1,7
	Fr	(1,51)	5,82 ± 0,065	1,6	—	—	—	—
	Sch	(1,70)	5,54 ± 0,037	6,0	(1,81)	5,68 ± 0,038	4,3	2,6
	Öst	(1,85)	5,43 ± 0,023	8,3	(1,97)	5,61 ± 0,032	5,2	4,6
	Fi	(2,06)	5,37 ± 0,031	8,7	(2,12)	5,40 ± 0,059	6,6	0,4
Arginin	Irl	(1,26)	6,3 ± 0,13		(1,34)	5,9 ± 0,13		2,2
	Eng	(1,36)	6,2 ± 0,14	0,5	(1,38)	5,9 ± 0,07	0	1,9
	Fr	(1,51)	6,0 ± 0,13	1,6	—	—	—	—
	Sch	(1,70)	5,8 ± 0,14	2,6	(1,81)	5,5 ± 0,17	1,9	1,4
	Öst	(1,85)	5,8 ± 0,16	2,4	(1,97)	5,4 ± 0,15	2,5	1,8
	Fi	(2,06)	5,6 ± 0,14	3,7	(2,12)	5,3 ± 0,14	3,1	1,5
Histidin	Irl	(1,26)	2,58 ± 0,042		(1,34)	2,41 ± 0,018		3,7
	Eng	(1,36)	2,54 ± 0,036	0,7	(1,38)	2,39 ± 0,035	0,5	2,9
	Fr	(1,51)	2,54 ± 0,019	0,9	—	—	—	—
	Sch	(1,70)	2,48 ± 0,020	2,1	(1,81)	2,28 ± 0,027	4,0	5,9
	Öst	(1,85)	2,42 ± 0,021	3,4	(1,97)	2,28 ± 0,027	4,0	4,1
	Fi	(2,06)	2,41 ± 0,042	2,9	(2,12)	2,24 ± 0,041	3,8	2,9

<sup>1</sup> Die  $D/mD$ -Werte beziehen sich auf Unterschiede, die durch steigenden Gesamt-N-Gehalt bedingt sind (vgl. unter „Methodisches“ 5. Fehlerrechnung ...).

<sup>2</sup> Die  $(D/mD)_s$ -Werte beziehen sich auf evtl. bestehende Unterschiede zwischen den beiden Sorten.

sichert, wie aus Tab. 12 zu ersehen ist. Das Eiweiß der Irland-Proben enthält etwa 7% mehr Histidin als das der Finnland-Proben.

Zwischen den beiden Sorten Carlsberg und Herta, deren Histidinwerte sich wie bei Valin und Arginin zwei Geraden zuordnen ließen (vgl. Abb. 9c), besteht ein deutlicher Unterschied; denn in sämtlichen Fällen enthält Carlsberg einen gesichert höheren Histidinanteil am Rohprotein als Herta (vgl.  $(D/mD)_s$  in Tab. 12).

3. Methionin und Cystin. Diese beiden Aminosäuren sind nicht nur wegen ihrer chemischen Verwandtschaft, sondern auch wegen ihres ähnlichen Verhaltens bei steigendem N-Gehalt zusammengestellt. Nach Abb. 9a und 9b ergibt sich für beide eine leichte Abnahme ihres Anteils am Rohprotein bei steigendem N-Gehalt.

Beim Methionin ist sie allerdings nur ganz schwach ausgeprägt. Tab. 13 zeigt, daß wohl bei der Sorte Herta die Methioninwerte der Proben mit höherem N-Gehalt deutlich tiefer liegen als bei den Proben mit niedrigen N-Gehalten, jedoch läßt die Sorte Carlsberg keine eindeutigen Schlüsse mehr zu, denn hier überschneiden sich die Werte und lassen die Tendenz zur Abnahme kaum noch erkennen. Im großen und ganzen wird man nicht fehlgehen, wenn man den Methioninanteil am Rohprotein innerhalb eines gewissen Schwankungsbereiches als ziemlich konstant ansieht, selbst bei größeren Unterschieden im Eiweißgehalt.

Die in Abb. 9a für das Cystin erhaltene Gerade senkt sich mit zunehmendem Eiweißgehalt etwas mehr als die des Methionins (Abb. 9b). Dennoch läßt sich die Abnahme des Cystinanteils am Rohprotein bei steigendem N-Gehalt nicht mathematisch sichern. Dies ist als Folge des hohen Bestimmungsfehlers anzusehen. Die regelmäßige Abnahme der Cystinwerte bei steigendem N-Gehalt sowie die stetige Zunahme der  $D/mD$ -Werte, je größer die N-Spanne wird, läßt aber ein Absinken des Cystinanteils sehr wahrscheinlich erscheinen.

Ein Unterschied zwischen den beiden Sorten Carlsberg und Herta bezüglich der Anteile dieser beiden S-haltigen Aminosäuren am Rohprotein ist nicht festzustellen.

4. Leucin, Isoleucin und Tryptophan. Die Anteile dieser drei Aminosäuren am Gesamteiweiß lassen mit steigendem Gesamt-N-Gehalt weder eine Abnahme noch eine Zunahme erkennen. In Abb. 9c stellen die bei diesen Aminosäuren gezeichneten Geraden den Mittelwert aller Proben dar.

Die Leucin- und Isoleucin-Werte streuen zum Teil recht beachtlich um diesen Wert, ohne irgendeine Beziehung zum Gesamt-N-Gehalt aufzuweisen. Die in Tab. 14 angegebenen Zahlen zeigen dasselbe unregelmäßige Bild.

Beim Tryptophan ordnen sich dagegen fast alle Werte angenähert auf der horizontalen Geraden an.

Tabelle 13. Der Anteil von Methionin und Cystin am Rohprotein (g in 100 g Rohpr.) bei steigendem Gesamt-N-Gehalt (% i. T., in Klammern); dargestellt bei 2 ausländ. Sorten von 6 europäischen Standorten.

		Carlsberg		$\frac{D^1}{mD}$	Herta		$\frac{D^1}{mD}$	$(\frac{D}{mD})_s^2$
Methionin	Irl	(1,26)	1,06 ± 0,022		(1,34)	1,03 ± 0,023		0,9
	Eng	(1,36)	1,08 ± 0,021	0,7	(1,38)	1,03 ± 0,032	0	1,3
	Fr	(1,51)	1,06 ± 0,061	0	—	—	—	—
	Sch	(1,70)	0,98 ± 0,023	2,5	(1,81)	0,91 ± 0,019	4,0	2,3
	Öst	(1,85)	0,99 ± 0,026	2,1	(1,97)	0,91 ± 0,014	4,4	2,7
	Fi	(2,06)	1,01 ± 0,020	1,7	(2,12)	0,90 ± 0,032	3,3	2,9
Cystin	Irl	(1,26)	1,33 ± 0,079		(1,34)	1,25 ± 0,073		0,7
	Eng	(1,36)	1,30 ± 0,065	0,3	(1,38)	1,23 ± 0,070	0,2	0,7
	Fr	(1,51)	1,29 ± 0,084	0,3	—	—	—	—
	Sch	(1,70)	1,20 ± 0,090	1,1	(1,81)	1,11 ± 0,077	1,3	0,8
	Öst	(1,85)	1,13 ± 0,076	1,8	(1,97)	1,06 ± 0,076	1,8	0,7
	Fi	(2,06)	1,11 ± 0,078	2,0	(2,12)	1,03 ± 0,082	2,0	0,7

<sup>1</sup> Die  $D/mD$ -Werte beziehen sich auf Unterschiede, die durch steigenden Gesamt-N-Gehalt bedingt sind (vgl. unter „Methodisches: 5. Fehlerrechnung...“).

<sup>2</sup> Die  $(D/mD)_s$ -Werte beziehen sich auf evtl. bestehende Unterschiede zwischen den beiden Sorten.

Tabelle 14. Der Anteil von Leucin, Isoleucin und Tryptophan am Rohprotein (g in 100 g Rohpr.) bei steigendem Gesamt-N-Gehalt (% i. T., in Klammern); dargestellt bei 2 ausländ. Sorten von 6 europ. Standorten.

		Carlsberg		$\frac{D^1}{mD}$	Herta		$\frac{D^1}{mD}$	$(\frac{D}{mD})_s^2$
Leucin	Irl	(1,26)	7,1 ± 0,07		(1,34)	7,4 ± 0,12		2,1
	Eng	(1,36)	7,2 ± 0,23	0,4	(1,38)	7,3 ± 0,17	0,5	0,3
	Fr	(1,51)	7,4 ± 0,18	1,6	—	—	—	—
	Sch	(1,70)	7,1 ± 0,14	0	(1,81)	7,4 ± 0,11	0	1,7
	Öst	(1,85)	7,0 ± 0,39	0,3	(1,97)	7,2 ± 0,08	1,4	0,5
	Fi	(2,06)	7,3 ± 0,12	1,4	(2,12)	7,6 ± 0,14	1,1	1,6
Isoleucin	Irl	(1,26)	6,6 ± 0,15		(1,34)	6,6 ± 0,20		0
	Eng	(1,36)	6,7 ± 0,14	0,5	(1,38)	6,6 ± 0,29	0	0,3
	Fr	(1,51)	6,8 ± 0,20	0,8	—	—	—	—
	Sch	(1,70)	6,5 ± 0,15	0,5	(1,81)	6,4 ± 0,09	0,9	0,6
	Öst	(1,85)	6,4 ± 0,16	0,9	(1,97)	6,7 ± 0,09	0,5	1,6
	Fi	(2,06)	6,7 ± 0,15	0,5	(2,12)	6,8 ± 0,15	0,8	0,5
Tryptophan	Irl	(1,26)	1,16 ± 0,014		(1,34)	1,24 ± 0,020		3,3
	Eng	(1,36)	1,26 ± 0,020	4,1	(1,38)	1,50 ± 0,026	7,9	7,3
	Fr	(1,51)	1,14 ± 0,021	0,8	—	—	—	—
	Sch	(1,70)	1,28 ± 0,013	6,3	(1,81)	1,22 ± 0,020	0,7	2,5
	Öst	(1,85)	1,25 ± 0,024	3,2	(1,97)	1,22 ± 0,028	0,6	0,8
	Fi	(2,06)	1,19 ± 0,024	1,1	(2,12)	1,28 ± 0,008	1,9	3,6

<sup>1</sup> Die  $D/mD$ -Werte beziehen sich auf Unterschiede, die durch steigenden Gesamt-N-Gehalt bedingt sind (vgl. unter „Methodisches: 5. Fehlerrechnung...“).

<sup>2</sup> Die  $(D/mD)_s$ -Werte beziehen sich auf evtl. bestehende Unterschiede zwischen den beiden Sorten.

Der Tryptophananteil am Rohprotein ist also ein vom Gesamt-N-Gehalt unabhängiger, ziemlich konstanter Wert. Dies geht auch aus den Zahlen der Tab. 14 hervor.

Die Sorten Carlsberg und Herta lassen in diesen drei Aminosäuren keine Unterscheidung zu.

5. Summe der exogenen Aminosäuren. Die Summe der exogenen Aminosäuren wird sich notwendigerweise genau so verhalten wie die Mehrzahl der sie zusammensetzenden Aminosäuren.

Tabelle 15. Der Anteil der Summe der exogenen Aminosäuren, einschließlich Cystin, am Rohprotein (g in 100 g Rohprotein) bei steigendem Gesamt-N-Gehalt (% i. T., in Klammern); dargestellt bei 2 ausländ. Sorten von 6 europäischen Standorten.

	Carlsberg	Herta
Irl	(1,26) 46,70	(1,34) 46,32
Eng	(1,36) 46,54	(1,38) 46,19
Fr	(1,51) 46,23	—
Sch	(1,70) 44,83	(1,81) 44,43
Öst	(1,85) 44,26	(1,97) 44,27
Fi	(2,06) 44,30	(2,12) 44,20

Der mit einem durch ökologische Faktoren bedingten Anstieg im Gesamt-N-Gehalt verbundene starke Anstieg des Phenylalanins und das indifferente Verhalten des Leucins, Isoleucins und Tryptophans kann daher die Abnahme des Anteils der Summe der exogenen Aminosäuren am Rohprotein, die aus Tab. 15 ersichtlich ist, nur etwas abschwächen. Das Eiweiß der Gerstencaryopsen ist also bei hohem Gesamt-N-Gehalt schlechter mit exogenen Aminosäuren ausgestattet als bei niedrigem. Die sich daraus ergebenden Folgerungen in ernährungsphysiologischer Hinsicht werden in folgendem Abschnitt besprochen.

**d) Die Biologische Wertigkeit des Gersteneiweißes.**

1. Die Veränderungen der Biologischen Wertigkeit des Gersteneiweißes bei unterschiedlichem Rohproteingehalt. Da das Rohprotein bei steigendem N-Gehalt der Caryopsen ärmer an exogenen Aminosäuren wird, besonders an dem limitierenden Lysin, läßt sich bereits auf einen deutlichen Abfall der Biologischen Wertigkeit schließen. Einen genauen Einblick hierüber soll die Berechnung der Biologischen Wertigkeit nach dem „Spezifischen Aminosäure-(SAS-)Wert“<sup>1</sup> und der EAS-Index<sup>1</sup> bieten. In Tab. 16 sind diese Werte zusammengestellt. Als SAS-Wert gilt im Falle der Gerste das Eiweißverhältnis des Lysins. Die Biologische Wertigkeit wurde daraus nach  $y = 32,34 + 0,6969 x$  errechnet<sup>1</sup>. Dem EAS-Index wurden sämtliche 10 exogenen Aminosäuren zugrunde gelegt, einschließlich Cystin. Von einer Modifizierung des EAS-Indexes im Hinblick auf die unterschiedlichen Bedürfnisse der verschiedenen Tiergruppen und des Menschen wurde abgesehen, da es hier lediglich auf die grundsätzlichen Änderungen der Biologischen Wertigkeit bei steigendem Gesamt-N-Gehalt ankommt.

Tabelle 16. SAS-Wert, Biologische Wertigkeit (BW) und EAS-Index bei steigendem Gesamt-N-Gehalt (N); dargestellt bei 2 ausländ. Sorten von 6 europäischen Standorten.

	Carlsberg				Herta			
	N	SAS-Wert	BW	EAS-Index	N	SAS-Wert	BW	EAS-Index
Irl	1,26	69	80	78	1,34	66	78	78
Eng	1,36	66	78	78	1,38	65	78	79
Fr	1,51	65	78	77	—	—	—	—
Sch	1,70	59	74	76	1,81	59	74	75
Öst	1,85	59	74	75	1,97	59	74	74
Fi	2,06	54	70	75	2,12	55	71	74

Wie aus Tab. 16 ersichtlich ist, fällt die nach dem SAS-Wert errechnete Biologische Wertigkeit ab, von 80 bzw. 78 bei den Proben mit niedrigen Gesamt-N-Gehalten (Irland, England) auf 70 bzw. 71 bei den Proben mit den höchsten Gesamt-N-Gehalten (Finnland). Der Abfall des EAS-Indexes ist indessen nicht so stark. Dies ist verständlich, da der limitierenden Aminosäure keine Sonderstellung eingeräumt wird, so daß die starke Abnahme des Lysins durch den weniger starken Abfall eines Teiles der anderen Aminosäuren abgeschwächt und durch die gleichbleibende bzw. steigende (Phenylalanin) Tendenz der restlichen zum Teil kompensiert wird. Dennoch geht der EAS-Index von 78 bzw. 79 bei niedrigem Proteingehalt (Irland, Eng-

<sup>1</sup> Vgl. Allg. Teil.

land) auf 75 bzw. 74 bei hohen Proteingehalten (Österreich, Finnland) zurück. Beide Berechnungsmaßstäbe stimmen auch in ihrer zahlenmäßigen Höhe sehr gut überein.

Daß der Gesamtanteil der exogenen Aminosäuren am Rohprotein bei steigendem N-Gehalt abnimmt, wurde bereits erwähnt.

Es dürfte somit kein Zweifel mehr bestehen, daß bei steigendem Rohproteingehalt die Biologische Wertigkeit des Gersteneiweißes abnimmt.

2. Die Korrelation zwischen der limitierenden Aminosäure Lysin und dem Gesamt-N-Gehalt. Dem Lysin kommt als dem die Eiweißqualität limitierenden Faktor bei allen Getreidearten besondere Bedeutung zu. Da sein Anteil am Rohprotein bei steigendem N-Gehalt am stärksten abnimmt, schien es angebracht, diese gegensinnige Korrelation durch Errechnung des Korrelationskoeffizienten schärfer zu fassen. Dieselbe kann nur vorgenommen werden, wenn sich, wie in diesem Falle, auf lineare Korrelation schließen läßt (vgl. Abb. 9b). Für die Berechnung wurden sämtliche Lysinwerte der ersten und zweiten Versuchsserie herangezogen. Die in eine Korrelationstafel (Tab. 17) eingeordneten Werte weisen deutlich diagonale Verteilung auf, ebenfalls ein Zeichen für lineare Korrelation. Die Berechnung vom  $M_x (= 4,23)$  und  $M_y (= 1,81)$  ergibt die Lage des Achsenkreuzes. Die mathematischen Unterlagen für die Errechnung des Korrelationskoeffizienten wurden bereits im methodischen Teil<sup>1</sup> angeführt.

Tabelle 17. Korrelationstafel.

G-N <sup>1</sup>	Kl <sup>2</sup>	g Lysin in 100 g Rohprotein										z <sub>y</sub>		
		3,85	3,95	4,05	4,15	4,25	4,35	4,45	4,55	4,65	4,75		4,85	
		a <sub>x</sub>	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
1,25		-6												1
1,35		-5								1	2			3
1,45		-4												0
1,55		-3								1				1
1,65		-2												0
1,75		-1				1	1		1					3
1,85		0				2	9	1						12
1,95		1			1	6		1						8
2,05		2	1	2										3
2,15		3	1											1
		z <sub>x</sub>	2	2	1	9	10	2	1	2	2	0	1	32

<sup>1</sup> G-N = Gesamt-N-Gehalt, % i. T.  
<sup>2</sup> Kl = Klassengröße.

Für die einzelnen Ausdrücke der Berechnungsformel ergeben sich an Hand der Korrelationstafel folgende Zahlenwerte:

$$\begin{aligned} \sum z a_x a_y &= -140 & n &= 32 \\ b_x &= -0,03125 & b_y &= -0,3125 \\ \sigma_x &= \pm 2,236 & \sigma_y &= \pm 2,192 \end{aligned}$$

Daraus errechnet sich ein Korrelationskoeffizient von

$$r = -0,92.$$

Die Größe des Korrelationskoeffizienten  $r$  ist so normiert, daß  $-1$  vollkommene gegensinnige Korrelation bedeutet. Der vorliegende Korrelationskoeffizient  $r = -0,92$  ist somit sehr hoch. Für die Sicherheit der Korrelation bürgt der Wert  $t = -12,8$ , daraus  $P \ll 0,01$ , sowie der Wert  $\frac{z}{\sigma_z} = 8,5$ .

<sup>1</sup> S. unter „Methodisches: 4. Fehlerrechnung...“

Dieser hohe, statistisch gesicherte Korrelationskoeffizient ist somit ein erneuter und eindeutiger Beweis für das Absinken des Lysinanteils am Rohprotein bei steigendem N-Gehalt. Er läßt erwarten, daß an Hand einer Regressionsgleichung bei Kenntnis des Gesamt-N-Gehaltes einer Probe mit ziemlicher Sicherheit auf den Lysinanteil ihres Eiweißes geschlossen werden kann. Die Regressionsgleichung ergibt sich aus folgender Formel (vgl. WEBER, 1948):

$$x = M_x + R_x (y - M_y);$$

$$R_x = r \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = -0,9387;$$

$$M_x = 4,23; \quad M_y = 1,81;$$

Eingesetzt:  $x = 4,23 - 0,9387 (y - 1,81)$  und umgeformt:

$$x = 5,929 - 0,9387 y.$$

Setzt man in diese Regressionsgleichung für  $y$  den Gesamt-N-Gehalt (% i. T.) einer Gerstenprobe ein, so erhält man in  $x$  mit großer Wahrscheinlichkeit einen ziemlich genauen Wert des Lysinanteils am Rohprotein (g Lysin in 100 g Rohprotein). In Abb. 10 ist die Regression graphisch dargestellt.

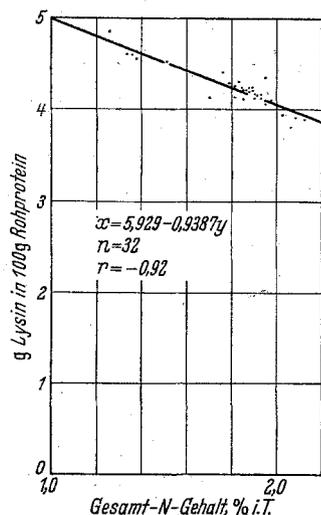


Abb. 10. Die Regression zwischen dem Lysinanteil am Rohprotein und dem Gesamt-N-Gehalt; ermittelt an 32 Sommergerstenproben (9 Sorten, 12 zum Teil klimatisch stark differenzierte Standorte).

Die Regression graphisch dargestellt. Die analytisch ermittelten Werte weichen nur wenig von der Regressionsgeraden ab. Es besteht also gute Übereinstimmung zwischen den analytischen und den aus der Gleichung hervorgehenden rechnerischen Werten.

Dieses Ergebnis zeigt also, daß es möglich ist, vom Gesamt-N-Gehalt aus auf den Anteil einer Aminosäure am Rohprotein zu schließen, vorausgesetzt, daß die genauen korrelativen Verhältnisse zwischen ihr und dem Gesamt-N-Gehalt bekannt sind. Ein komplizierender Faktor ist jedoch der Umstand,

daß mit mehr oder weniger großen sortenbedingten Verschiebungen bei einem Teil der Aminosäuren gerechnet werden muß. Im allgemeinen wird man somit den Gesamt-N-Gehalt nur innerhalb einer Sorte als Kriterium für die Zusammensetzung des Rohproteins und somit als Kriterium für die Eiweißqualität ansehen dürfen.

Die unter Punkt 3 gewonnenen Ergebnisse können folgendermaßen zusammengefaßt werden:  
Die Zusammensetzung des Gersteneiweißes an exogenen Aminosäuren unterliegt in Abhängigkeit von den ökologischen Faktoren, insbesondere vom Klima, wesentlichen Veränderungen. Dieselben sind mit der Höhe des Rohproteingehaltes korrelativ verbunden.

Mit steigendem Rohproteingehalt nehmen die Anteile von Lysin, Threonin, Valin, Arginin und Histidin am Eiweiß der Gerstencaryopsen ab. Methionin und Cystin neigen zur Abnahme, jedoch konnte dieselbe nicht mathematisch gesichert werden.

Phenylalanin ist die einzige Aminosäure, deren Anteil am Gersteneiweiß bei steigendem Eiweißgehalt zunimmt.

Die Anteile von Leucin und Isoleucin am Rohprotein streuen stark; eine Tendenz zur Zu- oder Abnahme war bei steigendem N-Gehalt nicht zu erkennen.

Der Tryptophananteil am Rohprotein bleibt bei unterschiedlichem N-Gehalt nahezu konstant.

Insgesamt nimmt der Anteil der exogenen Aminosäuren am Rohprotein bei steigendem Gesamt-N-Gehalt ab.

Die Zusammensetzung des Gersteneiweißes an exogenen Aminosäuren wird durch die Sorte beeinflusst.

Grundsätzliche Veränderungen in der Relation zwischen Gesamt-N-Gehalt und den Aminosäureanteilen am Rohprotein treten nicht ein; es handelt sich um Verschiebungen gradueller Art.

Besonders zwischen den untersuchten deutschen und den beiden ausländischen Sorten scheinen größere Unterschiede zu bestehen.

Gesamtanteil der exogenen Aminosäuren am Rohprotein, EAS-Index und SAS-Wert sprechen dafür, daß die Biologische Wertigkeit des Gersteneiweißes mit steigendem Rohproteingehalt abnimmt. Der Anteil des limitierenden Lysins am Rohprotein fällt am stärksten ab. Für die gegensinnige Korrelation zwischen Gesamt-N-Gehalt und Lysinanteil am Rohprotein ergab sich der hohe und statistisch gesicherte Korrelationskoeffizient von  $r = -0,92$ .

Am Beispiel des Lysins wurde gezeigt, daß es möglich ist, vom Eiweißgehalt der Gerstencaryopsen aus auf die Eiweißzusammensetzung und damit auf die Eiweißqualität zu schließen.

### C. Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit haben gezeigt, daß nicht nur der Eiweißgehalt, sondern auch die Eiweißzusammensetzung der Sommergerste durch den Einfluß der genetischen und ganz besonders der ökologischen Faktoren wesentlich beeinflusst wird, eine Feststellung, die für die Verwendung der Sommergerste in Mälzerei und Brauerei von nicht geringerem Interesse sein dürfte als für Ernährungs- bzw. Fütterungslehre, für die nach unseren heutigen diesbezüglichen Kenntnissen eine direkte Auswertung möglich war.

In ernährungsphysiologischer Hinsicht steht der Nachweis im Mittelpunkt, daß die Biologische Wertigkeit des Gersteneiweißes absinkt, sobald der Rohproteingehalt durch den Einfluß ökologischer Faktoren ansteigt. Bereits NEHRING (1941) und NEHRING und SCHRAMM (1941) waren dieser Frage in Fütterungsversuchen mit jungen Schweinen nachgegangen. Obwohl ein Teil ihrer Zahlenwerte zumindest die Tendenz zur Abnahme der Biologischen Wertigkeit bei höherem Proteingehalt aufzeigt, hatten sie gefolgert, daß die Biologische Wertigkeit des Gersteneiweißes von der Höhe des Proteingehaltes unabhängig sein dürfte. Es ist einleuchtend, daß der mit großen Schwankungen behaftete Tierversuch, der besonders bei Schweinen nur eine beschränkte Anzahl von Parallelen gestattet, keine so eindeutige Differenzierung des Eiweißes von Proben mit hohem und solchen mit niedrigem Proteingehalt zuläßt wie die biochemische Bewertung aufgrund der analytischen Ermittlung des Anteils der essentiellen Aminosäuren am Rohprotein.

Ein Analogon hierzu stellen die amerikanischen Befunde beim Mais dar. Trotz der erwiesenen höheren Eiweißqualität von „low protein corn“ gegenüber „high protein corn“ (MITCHELL, HAMILTON und BEADLES, 1952; SAUBERLICH, CHANG und SALMON, 1953a und 1953b) konnten DOBBINS, KRIDER, HAMILTON, EARLEY und TERRILL (1950b) im Fütterungsversuch mit wachsenden Schweinen keine großen Unterschiede in der Eiweißqualität von Maisproben mit 8,6%, 11,2% und 13,5% Rohprotein feststellen.

Die derzeitigen Kenntnisse über die essentiellen Aminosäuren und die Möglichkeit zu ihrer quanti-

tativen Routinebestimmung gestatten uns somit heute viel exaktere Angaben als der Tierversuch (vgl. MITCHELL, 1954), so daß die seinerzeit von NEHRING (1941) und NEHRING und SCHRAMM (1941) geäußerte Ansicht durch die vorliegenden Untersuchungsergebnisse erweitert und präzisiert worden ist.

Wie in überzeugender Weise dank des entsprechenden Untersuchungsmaterials nachgewiesen werden konnte, beruht die Abnahme der Biologischen Wertigkeit des Gersteneiweißes bei steigendem Proteingehalt — bedingt durch ökologische Faktoren — darauf, daß dabei die Anteile von Lysin, Threonin, Valin, Arginin und Histidin am Rohprotein abnehmen. Besonders hervorzuheben ist das Lysin, dem als limitierende Aminosäure eine Sonderstellung zukommt und dessen Anteil am Rohprotein bei steigendem Gesamt-N-Gehalt am stärksten abfällt. Während sich auch einige exogene Aminosäuren indifferent verhalten, nimmt bei steigendem Gesamt-N-Gehalt nur der Anteil einer einzigen exogenen Aminosäure am Rohprotein zu, nämlich der des Phenylalanins.

Wie in einer demnächst zur Veröffentlichung kommenden Arbeit gezeigt werden wird, lassen sich diese korrelativen Beziehungen zwischen der Höhe des Rohproteingehalts und den einzelnen exogenen Aminosäuren durch die unterschiedliche Aminosäurezusammensetzung des Eiweißes der Außenbezirke der Gerstencaryopse — vornehmlich Aleuronschicht, Embryo und Scutellum — und des Mehlkörpers und die ungleiche Zunahme des Eiweißes in diesen beiden Bezirken der Caryopse bei steigendem N-Gehalt causal erklären.

Die hinzukommenden Veränderungen durch sortencharakteristische Verschiedenheiten wirken sich in dieser Relation zwischen der Höhe des Rohproteingehalts und den Aminosäureanteilen am Rohprotein als graduelle Verschiebungen aus.

Für die Praxis läßt sich feststellen, daß neben der Sortenwahl auch entsprechende Anbaumaßnahmen — trotz des dominierenden Einflusses der klimatischen Verhältnisse — Mittel in die Hand geben, Eiweißgehalt und Eiweißzusammensetzung bis zu einem gewissen Grade zu lenken. Als Beispiel sei die Stickstoffdüngung erwähnt. Unter normalen Witterungsbedingungen steigert sie vor allem den Ertrag, drückt daher den Proteingehalt und ist deshalb auf Eiweißertrag und Eiweißqualität von positivem Einfluß. Sobald sie aber durch entsprechende Anwendung oder ungünstige Witterungsverhältnisse den Proteingehalt erhöht, ist sie die Ursache für eine mit dem höheren N-Gehalt verknüpfte niedrigere Biologische Wertigkeit des Eiweißes.

Da für Ernährungs- und Fütterungszwecke höchste Eiweißgehalte angestrebt werden, verdient diese gegensinnige Beziehung zwischen Gesamt-N-Gehalt und Eiweißqualität besondere Beachtung. Eine echte Überlegenheit eines hohen Proteingehaltes gegenüber einem niedrigen ist nur durch Mischung sich gegenseitig ergänzender Eiweißstoffe zu erzielen. Dabei muß der limitierenden Aminosäure Lysin wegen ihrer starken Abnahme bei steigendem Proteingehalt besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Vom Blickpunkt der gegenseitigen Ergänzung der Eiweißstoffe ist die Abnahme der Biologischen Wertigkeit bei steigendem Gesamt-N-Gehalt kein allzu ernstes Problem.

Die korrelative Verbundenheit des Eiweißgehaltes mit dem Ertrag sollte dennoch nicht übersehen werden,

zumal letzterer der ausschlaggebende Faktor für den Eiweißflächenertrag ist. Eine Erhöhung des Proteingehaltes, die mit einer Verminderung des Ertrages verbunden ist, führt nicht nur zu einer geringeren Eiweißqualität, sondern auch zu einem geringeren Eiweißertrag pro Flächeneinheit. Durch praktische Anbaumaßnahmen sollte daher erst dann eine Erhöhung des Proteingehaltes angestrebt werden, wenn die Mittel zur Erzielung eines höchstmöglichen Ertrages erschöpft sind.

Die Züchtung, die das Maximum der Ertragshöhe im wesentlichen erschlossen hat und sich daher mehr und mehr den Qualitätsfragen zuwendet, wird in Zukunft neben dem Eiweißgehalt auch die Eiweißzusammensetzung an exogenen Aminosäuren und das zwischen beiden bestehende korrelative Verhältnis zu berücksichtigen haben.

Die vorliegenden Untersuchungen über Abhängigkeit und Beeinflussbarkeit des Eiweißgehaltes und der Eiweißzusammensetzung der Sommergerstencaryopsen haben somit eine Reihe von Ergebnissen gebracht, die sowohl Züchtung und praktischem Anbau als auch Ernährungs- und Brauwissenschaft Hinweise für ihre künftige Arbeit geben können.

Ferner dürften die Ergebnisse im Grundprinzip auch für Weizen und Roggen Gültigkeit haben, da diese beiden Getreidearten analoge Eiweißverhältnisse wie die Sommergerste aufweisen. Dem Hafer kommt jedoch, infolge seiner völlig anderen Eiweißverhältnisse, eine Sonderstellung unter unseren einheimischen Getreidearten zu.

### III. Zusammenfassung

1. In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluß genetischer und ökologischer Faktoren auf den Eiweißgehalt und die Eiweißzusammensetzung an exogenen Aminosäuren von Sommergerstencaryopsen untersucht.

2. Die Höhe der Eiweißgehalte wird in ausschlaggebendem Maße von den ökologischen Faktoren, insbesondere vom Klima, bestimmt. Ein Einfluß der genetischen Faktoren auf die Gesamt-N-Gehalte ist mit Sicherheit vorhanden; die sortenspezifischen Unterschiede können jedoch in der Praxis durch Standorteinflüsse mehr oder weniger stark überdeckt werden.

3. Die bekannte gegensinnige Korrelation zwischen Eiweißgehalt und Ertrag fand sich bestätigt. Für den Eiweißflächenertrag erwies sich der Körnerertrag als ausschlaggebender Faktor.

Eine eindeutige Beziehung zwischen Eiweißgehalt und Tausendkorngewicht wurde nicht gefunden.

4. Die Gehalte der einzelnen exogenen Aminosäuren unterliegen an verschiedenen Standorten infolge der Einwirkung unterschiedlicher ökologischer Faktoren großen Schwankungen. Sie sind jedoch mit dem Gesamt-N-Gehalt korrelativ verbunden.

Alle Einflüsse ökologischer Art, aus denen eine Erhöhung des Eiweißgehaltes resultiert, bewirken auch ein Anwachsen der Gehalte der exogenen Aminosäuren. Die prozentuale Zunahme ist bei den einzelnen exogenen Aminosäuren jedoch sehr unterschiedlich: Bei den aromatischen und aliphatischen ist sie stark und übertrifft beim Phenylalanin sogar die des Gesamt-N-Gehalts. Bei den basischen sowie den oxy- und schwefelhaltigen ist die prozentuale Zunahme dagegen nur gering und bleibt, besonders beim Lysin, weit hinter der des Gesamt-N zurück.

Insgesamt gesehen kommt ein durch ökologische Faktoren bewirkter Anstieg im Rohproteingehalt der Gerstencaryopsen weniger den essentiellen Aminosäuren als dem übrigen Stickstoffanteil zugute.

Sortenunterschiede hinsichtlich der Gehalte an exogenen Aminosäuren sind zwar vorhanden, jedoch im Vergleich zu den durch ökologische Faktoren hervorgerufenen Veränderungen relativ gering.

5. Die Zusammensetzung des Gersteneiweißes an exogenen Aminosäuren unterliegt in Abhängigkeit von den ökologischen Faktoren, insbesondere vom Klima, wesentlichen Veränderungen. Dieselben sind mit der Höhe des Rohproteingehalts korrelativ verbunden. Mit steigendem Rohproteingehalt nehmen die Anteile von Lysin, Threonin, Valin, Arginin und Histidin am Eiweiß der Gerstencaryopsen ab. Methionin und Cystin neigen zur Abnahme, jedoch konnte dieselbe nicht mathematisch gesichert werden.

Phenylalanin ist die einzige Aminosäure, deren Anteil am Gersteneiweiß bei steigendem Eiweißgehalt zunimmt. Die Anteile von Leucin und Isoleucin am Rohprotein streuen stark; eine Tendenz zur Zu- oder Abnahme war nicht zu erkennen.

Der Tryptophananteil am Rohprotein bleibt bei unterschiedlichem N-Gehalt nahezu konstant.

Insgesamt nimmt der Anteil der exogenen Aminosäuren am Rohprotein bei steigendem Gesamt-N-Gehalt ab.

6. Die Zusammensetzung des Gersteneiweißes an exogenen Aminosäuren wird durch die Sorte beeinflusst.

Grundsätzliche Veränderungen in der Relation zwischen der Höhe des Gesamt-N-Gehalts und den Anteilen der einzelnen exogenen Aminosäuren am Rohprotein treten nicht ein; es handelt sich um Verschiebungen gradueller Art.

Besonders zwischen den untersuchten deutschen und den beiden ausländischen Sorten scheinen größere Unterschiede zu bestehen.

7. Gesamtanteil der exogenen Aminosäuren am Rohprotein, EAS-Index und SAS-Wert sprechen dafür, daß die Biologische Wertigkeit des Gersteneiweißes mit steigendem Rohproteingehalt abnimmt. Der Anteil des limitierenden Lysins am Rohprotein fällt am stärksten ab. Für die gegensinnige Korrelation zwischen Gesamt-N-Gehalt und Lysinanteil am Rohprotein ergab sich der hohe und statistisch gesicherte Korrelationskoeffizient von  $r = -0,92$ .

8. Am Beispiel des Lysins wurde gezeigt, daß es möglich ist, von der Höhe des Eiweißgehalts der Gerstencaryopsen aus auf die Eiweißzusammensetzung und damit auf die Eiweißqualität zu schließen.

9. Es wurde darauf hingewiesen, daß die Ergebnisse für Züchtung und praktischen Anbau sowie für Ernährungs- und Brauwissenschaft von Interesse sein dürften.

#### IV. Anhang

##### I. Untersuchungsmaterial

*Erste Versuchsserie:* Bei dem Untersuchungsmaterial der ersten Versuchsserie handelt es sich ausnahmslos um zugelassene, im Bundesgebiet angebaute Sommergerstensorten. Ein großer Teil der Untersuchungsproben wurde mir durch Vermittlung von Herrn Prof. Dr. SCHUPHAN von dem Leiter der Braugerstenstelle Rheinland/Pfalz in Bad Kreuznach, Herrn Dr. GÖPP, überlassen. Dieses Material stammt aus den im Rah-

men der „European Brewery Convention“ durchgeführten Internationalen Sortenversuchen, wobei es sich um exakt angelegte Parzellenversuche in sechsfacher Wiederholung handelt, sowie in geringer Anzahl aus Großanbauversuchen.

Weiteres Untersuchungsmaterial, das mir Herr Prof. Dr. SCHUPHAN zur Verfügung stellte, entstammte vergleichenden Anbauversuchen des Bundessortenamtes Rethmar.

Bei der Auswahl der Proben wurde darauf geachtet, daß einzelne Sorten an möglichst vielen Standorten vergleichend angebaut worden waren, um einmal etwa bestehende Sortenunterschiede sicherer zu erkennen, andererseits um evtl. Einflüsse des Standorts wahrzunehmen.

Über die Sorten, ihr Anbaujahr und ihre Herkunft gibt folgende Aufstellung Auskunft:

##### 1. Saatzucht F. Heine, Schnega/Hannover:

Ernte 1952

- a) Strenges Franken III
- b) Heines Haisa II
- c) Ackermanns Isaria
- d) Heines Pirol

##### 2. Versuch bei P. Breuer, Hergarten/Rheinland:

Ernte 1952

(Durchgeführt vom Verein zur Förderung des Braugerstenanbaus, Voreifel/Prof. Dr. PIELEN, Bonn)

- a) Strengs Franken III
- b) Heines Haisa II
- c) Ackermanns Isaria

##### 3. Saatzucht Ökonomierat D. HAUTER, Dreihof/Pfalz:

Ernte 1952

- a) Heines Haisa II
- b) Ackermanns Isaria

##### 4. Bundessortenamt Rethmar/Hannover:

Ernte 1951

- a) Strengs Franken III
- b) Heines Haisa II
- c) Ackermanns Isaria
- d) Heines Pirol
- e) Hauters Pfälzer
- f) Morgenrot
- g) Breustedts Granat I

##### 5. Großanbauversuch in Pirmasens/Pfalz:

Ernte 1952

- a) Strengs Franken III
- b) Heines Haisa II

##### 6. Großanbauversuch in Brücklocherhof/Rheinl.:

Ernte 1952

- a) Strengs Franken III
- b) Heines Haisa II
- c) Hauters Pfälzer

Mit Ausnahme von Breustedts Granat I, einer vierzeiligen Sommergerste, sind alle Sorten zweizeilig.

*Zweite Versuchsserie:* Bei dem Untersuchungsmaterial für die zweite Versuchsserie kam es mir innerhalb einer Sorte auf größte Unterschiede im Eiweißgehalt an. Hierfür lag mir wiederum Material aus Internationalen Sortenversuchen der „European Brewery Convention“ vor, das ebenfalls Herr Dr. GÖPP<sup>1</sup> besorgt hatte. Es wurden zwei Sorten ausgewählt, die in verschiedenen Ländern Europas vergleichend

<sup>1</sup> Herrn Dr. GÖPP sei für die Bereitstellung dieses seltenen Materials hier nochmals gedankt.

angebaut worden waren, nämlich die beiden zweizeiligen Sommergersten Carlsberg und Herta. Die Herkunftsländer waren Irland, England, Schweiz, Österreich, Finnland und für Carlsberg noch Frankreich. Vegetationsjahr 1953.

Durch diese Auswahl wurden innerhalb der beiden Sorten Gerstenproben mit großen Unterschieden im Eiweißgehalt erzielt.

#### Literatur

1. ÅGREN, G.: Microbiological determination of amino acids in foodstuffs I. Acta Chem. Scand. **3**, 931—938 (1949). — 2. ÅGREN, G. Microbiological determination of amino acids in foodstuffs III. Acta Chem. Scand. **6**, 608—609 (1952). — 3. ALBANESE, A. A.: The amino acid requirements of man. Advances in Protein Chemistry III, 227—268 (1947). — 4. ALMQUIST, H. J.: Evaluation of amino acid requirements by observations on the chick. Jour. Nutr. **34**, 543—563 (1947). — 5. ALMQUIST, H. J.: Amino acid requirements of chickens and turkeys — a review. Poultry Science **31**, 966—981 (1952). — 6. ALMQUIST, H. J. Proteins and amino acids in animal nutrition. New York, U. S. Industrial Chemicals, Inc. (1953). — 7. ALMQUIST, H. J. und E. MECCHI: Glycine requirement of the chick. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. **49**, 541—543 (1942). — 8. ANDERSON, J. A., H. R. SALLAS und C. A. AYRE: Sortenunterschiede bei Gersten und Malzen. Beziehungen zwischen N-Gehalt und verzuckernder Wirkung. Canad. Jour. Res. **1938**, 456, ref. Wochenschr. f. Brauerei **1939**, 36. — 9. AUFHAMMER, G.: Züchtung und Umweltgestaltung zur Gewinnung qualitativ hochwertiger Brau- und Futtergerste. Landw. Forschung, 2. Sonderheft, 93—103 (1952). — 10. BANSI, H. W. und L. LUDWIG: Die Aminosäuren und ihre Bedeutung für Ernährung und Therapie. Sonderausgabe aus „Ergebnisse der physikalisch-diätetischen Therapie.“ Steinkopff-Verlag, Dresden und Leipzig (1951). — 11. BARTON-WRIGHT, E. C.: Über den Stickstoff-Stoffwechsel. Brauerei, wissenschaftl. Beilage **1952**, 126 (1952a). — 12. BARTON-WRIGHT, E. C.: The microbiological assay of the vitamin B-complex and amino acids. Sir Isaac Pitman & Sons, LTD London (1952b). — 13. BERLINER, E. und R. RÜTER: Mehlmikroskopie. 5. Über einige mikroskopische Beobachtungen an den Aleuronzellen des Getreidekorns. Ztschr. f. d. ges. Mühlenwesen **6**, 160—164 (1930). — 14. BISHOP, L. R.: Jour. Inst. Brew. **1928**, 101; **1930**, 336; zit. bei Fink und Kunisch, 1937 (1928 und 1930). — 15. BISHOP, L. R.: Die Vorhersage der Extraktausbeute. Jour. Inst. Brew. **1930**, 421 ref. Wochenschr. f. Brauerei **1932**, 242—245 (1930). — 16. BLOCK, R. J. und D. BOLLING: The amino acid composition of proteins and foods. Springfield, Ill. (1951). — 17. BLOCK, R. J. und H. H. MITCHELL: The correlation of the amino acid composition of proteins with their nutritive value. Nutr. Abstr. Rev. **16**, 249—278 (1946/47). — 18. BROHULT, S.: Quelques problèmes de recherche en brasserie. Brasserie **8**, Nr. 78, 39—46 (1953). — 19. BRÜNE, H.: Aufwertung der Mühlennachprodukte zu hochwertigen Futtermitteln. Mühle **90**, H. 28 u. 29 (1953). — 20. BRÜNE, F.: Versuche über Eiweißanreicherung des Getreides durch zusätzliche späte Stickstoffdüngung nach SELKE. Bodenk. u. Pflanzenern. **24**, (69), 1—5 (1941). — 21. BURGEVIN, H. und J. SARAZIN: Über den Einfluß der Aussaatzeit auf Ertrag und Kornqualität und auf die Ausnutzung von Stickstoffdünger durch die Braugerste. Brass. Franc. **1939**, 94 ref. Wochenschr. f. Brauerei **1939**, 136 (1939a). — 22. BURGEVIN, H. und J. SARAZIN: Versuche mit steigenden Stickstoffgaben. Brass. Franc. **1939**, 211 ref. Wochenschr. f. Brauerei **1939**, 256 (1939b). — 23. CANNON, P. R., C. H. STEFFEE, L. R. FRAZIER, D. A. ROWLEY und R. C. STEPTO: The influence of time of ingestion of essential amino acids upon utilization in tissue-synthesis. Fed. Proc. **6**, 390 (1947). — 24. CHAPMAN, A. CH.: Über die Gersten-Stickstoff-Frage. Brew. Jour. **64**, 117 ref. Wochenschr. f. Brauerei **1929**, 312 (1929). — 25. CHICK, H.: The nutritive value of proteins and a survey of the methods in use for its determination. Ernähr. u. Verpflegung **1**, 88 (1949). — 26. CHRISTENSEN, H. N., J. A. STREICHER und R. L. ELBINGER: Effects of feeding individual amino acids upon the distribution of other amino acids between cells and extracellular fluid. Jour. Biol. Chem. **172**, 515—524 (1948). — 27. CLANDININ, D. R., J. M. STEVENS, A. B. MORRISON und A. R. ROBBLEE: Liberation of lysine by acid and enzymes from heated lysine-glucose mixture. Jour. Biol. Chem. **190**, 219—222 (1951). — 28. CLERCK, J. DE: Lehrbuch der Brauerei. Versuchs- und Lehranstalt f. Brauerei, Berlin (1950). — 29. COLUMBUS, A.: Problematik der Methoden zur Bestimmung der biologischen Eiweißwertigkeit, Wissenschaftl. Abhandl. d. dtsh. Akademie der Landwirtschaftswiss. Berlin, Bd. V/2, 337—354 (1954). — 30. CRAMER, F.: Papierchromatographie, 2. Aufl., Chemie-Verlag, Weinheim (1952). — 31. CUTHBERTSON, W. F. J.: Recent developments in microbiological methods. Anal. Chim. Acta **2**, 761—769 (1948). — 32. DIETRICH, E.: Neuere Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Umweltbedingungen auf die Ausbildung wertgebender Bestandteile im Gerstenkorn. Wochenschr. f. Brauerei **1927**, 509, 521, 535, 548, 568. — 33. DOBBINS, F. A., J. L. KRIDER, T. S. HAMILTON, E. B. EARLEY und S. W. TERRILL: Comparison of high and low protein corn as evaluated by the biological value method. Jour. Animal Sci. **9**, 654 (1950a). — 34. DOBBINS, F. A., H. L. KRIDER, T. S. HAMILTON, E. B. EARLEY und S. W. TERRILL: Comparison of high and low protein corn for growing-fattening pigs in drylot. Jour. Animal Sci. **9**, 625—633 (1950b). — 35. DRESSLER, D.: Der Einfluß steigender Stickstoffgaben auf den Eiweißhaushalt reifer Getreidefrüchtchen, unter besonderer Berücksichtigung der exogenen Aminosäuren, Diss. Hamburg (1952). — 36. DREYSPRING, C., H. KURTH und F. HEINRICH: Der Einfluß der Phosphorsäuredüngung auf Ertrag und die Qualität von Braugersten I. Ztschr. f. Pflanzenern., Düngung und Bodenk. **10**, 217—237 (1931a). — 37. DREYSPRING, C., H. KURTH und F. HEINRICH: Der Einfluß der Phosphorsäuredüngung auf Ertrag und die Qualität von Braugersten II. Ztschr. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenk. **10**, 267—289 (1931b). — 38. DUNN, M. S., M. N. CAMIEN, S. SHANKMANN und H. BLOCK: Investigations of amino acids, peptides, and proteins. XXVI. The determination of methionine in protein hydrolysates with *Lactobacillus fermenti* 36. Jour. Biol. Chem. **163**, 577—587 (1946). — 39. EARLE, F. R., J. J. CURTIS und J. E. HUBBARD: Composition of the component parts of the corn kernel. Cereal Chem. **23**, 504—511 (1946). — 40. EGGERT, R. G., M. J. BRINEGAR und C. R. ANDERSON: The quality of normal and high protein corn for growing swine. Jour. Animal Sci. **12**, 281 (1953). — 41. ENDERS, C.: Die Eiweißstrübungen im Bier. Wochenschr. f. Brauerei **1937**, 405. — 42. ENGELHARD, C.: Eiweiß in Gerste, Malz und Bier. Wochenschr. f. Brauerei **1935**, 192. — 43. FINK, H. und G. KUNISCH: Die Zusammensetzung des Stickstoffgehaltes verschiedener Braugerstensorten, ihre Veränderung beim Reifen und Keimen und ihre Bedeutung für den Eiweißlösungsgrad. Wochenschr. f. Brauerei **1937**, 193, 305, 365. — 44. FISHER, R. A.: Statistical methods for research workers. Tenth edition, Oliver and Boyd, Edinburgh und London (1948). — 45. FREY, K. J. und L. S. ROBERTSON: The effect of fertilizer application and analysis on certain criteria of malting quality in barley. Cereal Chem. **30**, 31—39 (1953). — 46. FRIEDMAN, L. und O. L. KLINE: The relation of the amino acid-sugar reaction to the nutritive value of protein hydrolysates. Jour. Nutr. **40**, 295—307 (1950). — 47. FRÖIER, K.: Kritik einiger bisher veröffentlichter südkandinavischer Versuche über späte Stickstoffdüngung zu Getreide als qualitätssteigerndem Faktor. Pflanzenbau **19**, 16—42 (1942). — 48. GEIGER, E.: Experiments with delayed supplementation of incomplete amino acid mixtures. Jour. Nutr. **34**, 97 (1947). — 49. GEIGER, E.: The role of the time factor in feeding supplementary proteins. Jour. Nutr. **36**, 813—819 (1948). — 50. GEIGER, E. und E. B. HAGERTY: Importance of time factor upon utilization of amino acids in 'maintenance' of adult rats. Fed. Proc. **9**, 359 (1950). — 51. GIESECKE, F. und F. WIENHUES: Feldversuche über den Einfluß steigender und zeitlich gestaffelter Stickstoffgaben auf den Ertrag und den Eiweißgehalt von Sommergerste und Winterroggen. Bodenk. u. Pflanzenern. **30** (75), 306—316 (1943). — 52. GÖPP, K.: Gerstenzüchtung und Braugerstenanbau. Brauerei **3**, 246 (1949). — 53. GÖPP, K.: Gerstenzüchtung und Braugerstenanbau. Brauerei, wissenschaftl. Beilage **3**, 33—37

- (1950). — 54. GRASSMANN, W. und K. HANNIG: Trennung von Stoffgemischen auf Filtrierpapier durch Ablenkung im elektrischen Feld. Hoppe Seyler's Ztschr. f. physiol. Chem. **292**, 32—50 (1953). — 55. GREENHUT, J. T., B. S. SCHWEIGERT und C. A. ELVEHJEM: The amino acid requirements of *Streptococcus faecalis* and the use of this organism for the determination of threonine in natural products. Jour. Biol. Chem. **162**, 69—76 (1946). — 56. GRISWOLD, R. M.: Effect of heat on the nutritive value of protein. Jour. Am. Diet. Assoc. **27**, 85 (1951). — 57. GRÜSS, J.: Über Reserve-Eiweiß. Wochenschr. f. Brauerei **1899**, 532—533. — 58. HAASE, G.: Die Braugerste, ihre Kultur, Eigenschaften und Verwertung. Wochenschr. f. Brauerei **1906**, 35. — 59. HALVERSON, A. W. und O. E. OLSON: The protein composition of barley grown in South Dakota. S. Dakota Agric. Exp. Stat. Tech. Bull. **13**, 18, ref. Nutr. Abstr. Rev. **24**, 299 Nr. 1650, 1954 (1953). — 60. HEGSTEDT, D. M.: The amino acid requirements of *Lactobacillus arabinosus* 17—5. Jour. Biol. Chem. **152**, 192—200 (1944). — 61. HENDERSON, R. und R. S. HARRIS: Concurrent feeding of amino acids. Fed. Proc. **8**, 385 (1949). — 62. HENDERSON, L. M. und E. E. SNELL: A uniform medium for determination of amino acids with various microorganisms. Jour. Biol. Chem. **172**, 15—29 (1948). — 63. HINTON, J. J. C.: The distribution of protein in the maize kernel in comparison with that in wheat. Cereal Chem. **30**, 441—445 (1953). — 64. HIRSCH, J. A., A. D. NILES und A. R. KEMMERER: The essential amino acid content of several vegetables. Food Res. **17**, 442 ref. Nutr. Abstr. Rev. **23**, 275 (1952). — 65. HÖHENBERGER, F.: Über Qualität und Ertrag von Braugersten unter dem Einfluß steigender Stickstoffgaben, verschiedener Saatzeiten und Saatstärken. Diss. München (1951). — 66. HOFMANN, E. und A. AMBERGER: Die Wirkung der Stickstoffdüngung bei verschiedenen Winterweizen- und Sommergerstensorten. I. Mitteilung. Ztschr. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **4**, (48), 124 (1953). — 67. HOFMANN, E. und F. HÖHENBERGER: Die Beziehungen zwischen Düngung, Eiweiß- und Enzymgehalt der Braugerste. Brauwelt H. **13** (1952). — 68. HOLLAND, B. R. und W. W. MEINKE: The serine requirement of *Streptococcus faecalis* R. as a function of the basal medium. Jour. Biol. Chem. **178**, 7—15 (1949). — 69. HOLMES, P.: The amino acid composition of certain seed proteins. Austral. Jour. Exp. Biol. Med. Sci. **31**, 595—602. (1953). — 70. HONECKER, L.: Die Stellung der Gerste in der Erzeugungsschlacht, mit besonderer Berücksichtigung der Braugerste. Allg. Brauer- u. Hopfenztg. **77**, 127 bis 128. (1937). — 71. HOPKINS, R. H.: Die Stickstoff-Assimilation durch Brauereihefe. Wochenschr. f. Brauerei **1935**, 414. — 72. HORN, M. J., D. B. JONES und A. E. BLUM: Microbiological determination of histidine in proteins and foods. Jour. Biol. Chem. **172**, 149—154 (1948a). — 73. HORN, M. J., D. B. JONES und A. E. BLUM: Microbiological determination of arginine in proteins and foods. Jour. Biol. Chem. **176**, 59 bis 63 (1948b). — 74. HORN, M. J., D. B. JONES und A. E. BLUM: Microbiological determination of leucine in proteins and foods. Jour. Biol. Chem. **177**, 697 (1949). — 75. HUNTER, H.: Relation of ear survival to the nitrogen content of certain varieties of barley. Jour. Agr. Sci. **28**, 472—495 (1938). — 76. HUNTER, H.: High protein feeding barley. Agriculture, Jour. Minist. Agric. Engl. **59**, 536—540 (1953). — 77. IWANOW, N. N. und W. A. KIRSANOWA: Die qualitative Abschätzung von Stärke und Eiweiß der Gersten verschiedener Abstammung. Wochenschr. f. Brauerei **1936**, III. — 78. JENSEN, R.: On isolation and amino acid composition of „ $\beta$ -Globulin“ extracted from seeds of barley (*Hordeum vulgare*). Acta Chem. Scand. **6**, 771—781 (1952). — 79. KESE, H.: Feldversuche über die Anreicherung des Getreides durch zusätzliche späte Stickstoffdüngung. Bodenk. u. Pflanzenern. **24** (69), 5—11 (1941). — 80. KELLEY, E. G. und R. R. BAUM: Protein amino acids contents of vegetable leaf proteins. Jour. Agric. Food Chem. **1**, 680—683 ref. Nutr. Abstr. Rev. **24**, 51 Nr. 243, 1954 (1953). — 81. KLEBER, W.: Siehe Methodenbuch Bd. XV. (1953). — 82. KLUNGSØYR, M., R. J. SIRNY und C. A. ELVEHJEM: Effect of incomplete hydrolysis on microbiological determination of amino acids. Jour. Biol. Chem. **189**, 557—569 (1951). — 83. KOBLET, R.: Über die Reservestoffbildung in landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Experientia **3**, 95—105 (1947). — 84. KÖNIG, F.: Gefäßversuche über den Einfluß später Stickstoffgaben auf den Korn- und Eiweißertrag bei Weizen und Gerste. Bodenk. u. Pflanzenern. **30** (75), 273—288. (1943). — 85. KOFRANYI, E.: Eine Methode der Proteinhydrolyse bei Anwesenheit von Kohlenhydraten. Hoppe-Seyler's Ztschr. f. physiol. Chem. **287**, 170 (1951). — 86. KOHLBACH, P.: Der heutige Stand der Eiweißfrage. Wochenschr. f. Brauerei **1935**, 209. — 87. KRATZER, F. H. und D. E. WILLIAMS: The glycine requirement of young poult. Jour. Nutr. **35**, 315—320 (1948). — 88. KRÜGEL, C., C. DREYSPRING und F. HEINRICH: Über die wechselseitigen Beziehungen des Eiweiß- und Stärkegehaltes bei Braugersten. Landwirtsch. Vers. Stat. **129**, 157—163 (1938). — 89. KRÜGEL, C., C. DREYSPRING und H. KURTH: Der Einfluß der Phosphorsäuredüngung auf den Ertrag und die Qualität von Braugersten. Ztschr. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenk. **B 12**, 12—32 (1933). — 90. KÜHNAU, J.: Biochemie des Nahrungseiweißes. Angew. Chem. **61**, 357 (1949). — 91. KÜHNAU, J.: Über den Aminosäuregehalt der Getreidearten und der Sojabohne. Ztschr. f. Lebensmittelunters. u. -forschung **90**, 434—441 (1950). — 92. KUJIKEN, K. A., W. H. NORMAN, C. M. LYMAN, F. HALE und L. BLOTTER: The microbiological determination of amino acids. I. Valine, leucine and isoleucine. Jour. Biol. Chem. **151**, 615—626 (1943). — 93. LAER, M. VAN: Die Stickstoff-Frage. Wochenschr. f. Brauerei **1931**, 54. — 94. LAMPE, B. und R. DEFLANQUE: Eiweißgehalt und diastatische Kraft in Gerstengrünmalzen. Ztschr. f. Spir. Indust. **58**, Nr. 26, 188, 190—191 (1935). — 95. LANG, K. und H. D. CREMER: Die Bedeutung von Eiweiß und Fett für die Ernährung des Menschen. Ztschr. f. Lebensmittelunters. u. -forschung **88**, 633—649 (1948). — 96. LANG, K. und H. D. CREMER: Die Bedeutung von Getreide und Leguminosen für die Ernährung des Menschen. Getreide, Mehl und Brot **3**, 59—62 (1949). — 97. LEA, C. H.: Non-enzymatic browning. Food Ind. South Afrika **6**, 36—40 ref. Ztschr. f. Lebensmittelunters. u. -forschung **98**, 153, 1954 (1953). — 98. LEBERLE, H.: Die Bierbrauerei I. Enke-Verlag, Stuttgart (1930). — 99. LINTZEL, W.: Ernährungsphysiologische Untersuchungen über das Proteiweiß I. u. II. Ztschr. f. d. ges. Getreidewesen **31**, 1—3 und 42—45 (1944). — 100. LINTZEL, W. und J. RECHENBERGER: Über Erhaltungseiweiß und Regenerationsseiweiß. Dtsch. Ztschr. f. Verdauungs- u. Stoffwechsellkrankh. **12**, 31 bis 43 (1952). — 101. LJUNGDAHL, L. und E. SANDEGRÉN: Die quantitative Bestimmung von Aminosäuren in Gerste, Malz und Bier. Sonderdruck der „European Brewery Convention“ — Nice 1953 (Herr Dr. Göpp, Braugerstenstelle Bad Kreuznach, gestattete mir freundlicherweise Einsicht in diese Arbeit). — 102. LÜDECKE, H.: Ertrag und Beschaffenheit verschiedener Gerstensorten bei wechselnden Kaligaben unter Berücksichtigung des aufgenommenen Kalis. Ernähr. d. Pfl. **32**, 245—250, 273—278 (1936). — 103. LÜERS, H.: Die Proteine im Werdegang des Bieres. Hans Carl-Verlag, Nürnberg (1949). — 104. LÜERS, H., F. STRICKER und E. SCHILD: Die kolorimetrische Bestimmung einzelner Aminosäuren im Werdegang des Bieres. Wochenschr. f. Brauerei **1938**, 41. — 105. LUNDEGÅRDH, H.: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Fischer-Verlag, Jena (1949). — 106. MARIANI, E.: Étude chromatographique des amino-acides présents dans la bière et les drèches. Brass. Malt. Belgique **3**, 50—53 (1953). — 107. McALLISTER, R. E.: The effect of fertilizers on the yield and composition of crops from the wooded soils of Alberta. Scientific Agric. **14**, 249—256 (1934). — 108. McCANCE, R. A.: Lancet I, 77; zit. bei Kühnau, 1950 (1946). — 109. McDONALD, J. W.: The extent of conversion of food protein to microbial protein in the rumen of the sheep. Biochem. Jour. **56**, 120—125 (1954). — 110. McELROY, L. W., D. R. CLANDININ, W. LOBAY und S. I. PETHYBRIDGE: Nine essential amino acids in pure varieties of wheat, barley and oats. Jour. Nutr. **37**, 329—336 (1949). — 111. McMAHAN, J. R. und E. E. SNELL: The microbiological determination of amino acids. I. Valine and arginine. Jour. Biol. Chem. **152**, 83—95 (1944). — 112. Methodenbuch Bd. IV: Methoden zur chemischen und biologischen Qualitätsbestimmung von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Erzeugnissen; von L. SCHMITT und M. OTT, neu bearbei-

- tet von W. SCHUPHAN, 2. Auflage Neumann-Verlag, Radebeul und Berlin, 1952. — 113. Methodenbuch Bd. XV: Die Untersuchung von Getreide, Mehl, Braugerste, Wurzel- und Knollengewächsen; von P. PELSSENKE, G. HAMPPEL, W. SCHÄFER, W. KLEBER, H. LÜDECKE, E. HEUER; Neumann-Verlag, Radebeul und Berlin, 1953. — 114. MITCHELL, H. H.: The dependence of the biological value of food proteins upon their content of essential amino acids. Wissenschaftl. Abhandl. d. Dtsch. Akad. d. Landwirtschaftswiss., Berlin, Bd. V/2, 279—325 (1954). — 115. MITCHELL, H. H. und R. J. BLOCK: Some relationships between the amino acid content of proteins and their nutritive values for the rat. Jour. Biol. Chem. 163, 599—620 (1946). — 116. MITCHELL, H. H., T. S. HAMILTON und J. R. BEADLES: The relationship between the protein content of corn and the nutritional value of the protein. Jour. Nutr. 48, 461—476 (1952). — 117. MOORE, S. und W. H. STEIN: Chromatography of amino acids on starch columns. Solvent mixtures for the fractionation of protein hydrolysates. Jour. Biol. Chem. 178, 53—91 (1949). — 118. MYRBBÄCK, K.: Amylasegehalt der Gerste — eine Sorteneigenschaft. Svenska Bryggeriförenings Manadsblad 1936, 453 ref. Wochenschr. f. Brauerei 1937, 136 (1936a). — 119. MYRBBÄCK, K.: Über den Amylasegehalt von Gerste reiner Linien. Enzymologia 1, 280 ref. Wochenschr. f. Brauerei 1937, 248 und Chem. Zentralblatt 1937, I, 4517 (1936b). — 120. NEHRING, K.: Über den Einfluß von Wasser- und Stickstoffversorgung auf den Eiweißgehalt verschiedener Gerstensorten. Bodenk. u. Pflanzenern. 9/10 (54/55), 395—423 (1938). — 121. NEHRING, K.: Über den Einfluß von Wasser- und Stickstoffversorgung auf den Eiweißgehalt verschiedener Gerstensorten (Nachbauversuche). Bodenk. u. Pflanzenern. 15, (60), 336—345 (1939). — 122. NEHRING, K.: Die Biologische Wertigkeit des Gersteneiweißes bei Schweinen und ihre Beeinflussung durch Stickstoffdüngung. Forschungsdienst Sonderheft 15, 141—150 (1941). — 123. NEHRING, K.: Probleme der Eiweißforschung. Wissenschaftl. Ztschr. d. Univers. Rostock, Reihe Math. u. Naturwiss. 1, 39—46 (1952). — 124. NEHRING, K.: Die Bestimmung der Biologischen Wertigkeit des Eiweißes. Landwirtschaftl. Forschung, 4. Sonderheft 123—141 (1953). — 125. NEHRING, K. und W. SCHRAMM: Der Einfluß der Stickstoffdüngung auf Eiweißbildung, Verdaulichkeit und Biologische Wertigkeit des gebildeten Eiweißes bei verschiedenen Gerstensorten. Bodenk. u. Pflanzenern. 20 (65), 50—67 (1941). — 126. NEHRING, K. und E. SCHWERDTFEGER: Die quantitative Bestimmung der essentiellen Aminosäuren in Nahrungs- und Futtermitteln. Pharmazie 9, 913—921 (1954). — 127. NEHRING, K., E. SCHWERDTFEGER und G. ZIMMERMANN: Wege zur Bausteinanalyse der Pflanzenproteine. Pharmazie 9, 221—236 (1954). — 128. NYMON, M. C. und W. A. GORTNER: Some culture studies on *Lactobacillus arabinosus* and *Lactobacillus casei*. Jour. Biol. Chem. 163, 277—282 (1946). — 129. OLSON, W. J. und B. A. BURKHART: Latest research findings on barley, malt quality and brewing evaluations. Mod. Brew. Age 51, 63—64, 101—102 (1954). (Unter diesem Titel sind vom Herausgeber zwei Arbeiten vereinigt: 1. W. J. OLSON: Research on barley and malt quality; 2. B. A. BURKHART: Pilot brewing evaluations of some barley selections). — 130. OPITZ, K.: Über die Steigerung der Eiweißbildung der Sommergerste durch Stickstoffdüngung. Bodenk. u. Pflanzenern. 17 (62), 340—358 (1940). — 131. OSBORNE, TH.: Die Proteide des Gerstenkorns. In GRIESSMAYER, V.: Die Proteide der Getreidearten, Hülsenfrüchte und Ölsamen sowie einiger Steinfrüchte. Carl Winters Universitätsbuchhandl., Heidelberg (1897). — 132. OSER, B. L.: Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. Jour. Amer. Diet. Assoc. 27, 396—402 (1951). — 133. OVERBY, L. R. und D. V. FROST: Effects of heat on nutritive value of protein hydrolysates with dextrose. Fed. Proc. 10, 391 (1951). — 134. PAWLOWSKI-SCHILD: Die brautechnischen Untersuchungsmethoden, 7. Auflage, Hans Carl-Verlag, Nürnberg (1953). — 135. PELSSENKE, P. F.: Neuere Ergebnisse und Erfahrungen über den Aufbau und die Zusammensetzung des Getreidekorns. Getreide u. Mehl 6, 45—50 (1951). — 136. PFAFF, C.: Einfluß von Wasser- und Stickstoffversorgung auf die Eiweißbildung in der Gerste. Bodenk. u. Pflanzenern. 9/10 (54/55), 424—431 (1938). — 137. PIELEN, L.: Versuche über den Einfluß zeitlich und mengenmäßig gestaffelter (zusätzlicher später) Stickstoffgaben auf den Eiweißgehalt und Eiweißtrag von Sommergerste, Sommerweizen und Hafer. Bodenk. u. Pflanzenern. 24 (69), 12—24 (1941). — 138. PREECE, J. A.: Unsere derzeitigen Kenntnisse von den brautechnisch wichtigen Stickstoffverbindungen. Brauwiss. 1951, 176. — 139. PRESCOTT, J. M., B. S. SCHWEIGERT, C. M. LYMAN und K. A. KUIKEN: The effect of *l*-tryptophan on the utilization of the *l*-isomer by some lactic acid bacteria. Jour. Biol. Chem. 178, 727—732 (1949). — 140. QUENSEL, O.: Untersuchungen über die Gerstenglobuline. Diss. Uppsala (1942). — 141. RICHARDSON, A. E. V. und H. C. GURNEY: The effect of nitrogenous fertilizers on the growth and yield of wheat and barley in South Australia. II. The effect of a previous crop on the response of wheat to nitrogenous fertilizers and the effect of increasing amounts of nitrogen on barley. Empire Jour. Exp. Agric. 1, 325—332 (1933). — 142. RIESEN, W. H., B. S. SCHWEIGERT und C. A. ELVEHJEM: Microbiological determination of methionine in proteins and foodstuffs. Jour. Biol. Chem. 165, 347—358 (1946). — 143. ROSE, W. C.: Amino acid requirements of man. Fed. Proc. 8, 546—552 (1949). — 144. ROSE, W. C.: Half-century of amino acid investigations. Chem. Eng. News 30, 2385—2388 (1952). — 145. ROSE, W. C., W. J. HAINES und D. T. WARNER: The amino acid requirements of man. III. The role of isoleucine: additional evidence concerning histidine. Jour. Biol. Chem. 193, 605—612 (1951). — 146. ROSE, W. C., W. J. HAINES, D. T. WARNER und E. J. JOHNSON: The amino acid requirements of man. II. The role of threonine and histidine. Jour. Biol. Chem. 188, 49—58 (1951). — 147. ROSE, W. C., J. E. JOHNSON und W. J. HAINES: The amino acid requirements of man. I. The role of valine and methionine. Jour. Biol. Chem. 182, 541—556 (1950). — 148. ROSE, W. C., D. T. WARNER und W. J. HAINES: The amino acid requirements of man. IV. The role of leucine and phenylalanine. Jour. Biol. Chem. 193, 613—620 (1951). — 149. ROTHENBACH, E. F.: Die brautechnische Analyse. Brauerei, wissenschaftl. Beilage 3, 76—78 (1950). — 150. RUDOLPH, W.: Über die physiologische Bedeutung der Aminosäuren. Dtsch. Lebensmittelrundschau 44, 8—11 (1948). — 151. RUSSEL, E. J. und L. R. BISHOP: Der Einfluß von Boden, Jahrgang, Düngung und anderen Faktoren auf Ernte, Zusammensetzung und Wert des Gerstenkorns. Jour. Inst. Brew. 1933, Nr. 7 (Beilage) ref. Wochenschr. f. Brauerei 1933, 294—296, 300—303, 308—309. — 152. RUSSEL, E. J. und D. J. WATSON: The Rothamsted field experiments on barley 1852—1937. III. The composition and quality of the barley grain. Empire Jour. Exp. Agric. 7, 193—220. (1939). — 153. SANDEGREN, E.: Praktische Ergebnisse aus den Gebieten der Eiweißforschung. Brauwiss. 1951, 197. — 154. SANDEGREN, E., H. S. SUOMINEN und D. EKSTRÖM: Polarographic investigation of proteins in the brewing process. Acta Chem. Scand. 3, 1027—1034. (1949). — 155. SATAVA, J.: Beurteilung der Gersten vom Praktiker. Wochenschr. f. Brauerei 1938, 214. — 156. SAUBERLICH, H. E., W. Y. CHANG und W. D. SALMON: The amino acid and protein content of corn as related to variety and nitrogen fertilization. Jour. Nutr. 51, 241—250 (1953a). — 157. SAUBERLICH, H. E., W. Y. CHANG und W. D. SALMON: The comparative nutritive value of corn of high and low protein content for growth in the rat and chick. Jour. Nutr. 51, 623—635 (1953b). — 158. SCHMPPF, K.: Wodurch wird der Eiweißgehalt der Braugerste beeinflusst? Mitteil. d. dtsh. Landw. Ges. 68, 310 Stuttgart-Hohenheim (1953). — 159. SCHJERNING, H.: On the protein substances of barley, in the grain itself and during the brewing processes. Comptes-rendus d. trav. d. Laborat. d. Carlsberg, 6. Vol., 4. Liv., 229 (1906). — 160. SCHMITT, L. und W. SCHNEIS: Beiträge zur Frage des Einflusses der Wasser- und Stickstoffversorgung auf die Eiweißbildungsmöglichkeit verschiedener Gerstensorten. Bodenk. u. Pflanzenern. 9/10 (54/55), 432—457 (1938). — 161. SCHMITT, L. und W. SCHNEIS: Feldversuche über Eiweißanreicherung bei Getreide durch zusätzliche späte Stickstoffdüngung nach W. SELKE. Bodenk. u. Pflanzenern. 26 (71), 137—150 (1942). — 162. SCHORMÜLLER, J. und J. KREMPIEN: Über den Einfluß der Glucose auf den Threonin-, Serien- und Stickstoffgehalt des Caseins beim Erhitzen. Ztschr. f. Lebensmittelunters. und -forschung 98, 1—18 (1954). — 163. SCHROPP, W. und B. ARENZ: Gefäßversuche über den Einfluß zusätzlicher und zeitlich

gestaffelter Stickstoffzufuhr auf den Ertrag und die Eiweißbildung zweier Gerstensorten bei verschieden hoher Wasserversorgung. *Bodenk. u. Pflanzenern.* **11** (56), 317 bis 343 (1938). — 164. SCHROPP, W. und B. ARENZ: Gefäß- und Feldversuche über den Einfluß verschiedenartiger Düngung auf den Ertrag und die Eiweißbildung der Sommergerste bei verschieden hoher Wasserversorgung. *Bodenk. u. Pflanzenern.* **23** (68), 201—225 (1941a). — 165. SCHROPP, W. und B. ARENZ: Feldversuche über die Eiweißanreicherung des Getreides durch zusätzliche späte Stickstoffzufuhr. *Bodenk. u. Pflanzenern.* **24** (69), 24—34 (1941b). — 166. SCHUPHAN, W.: Gemüsebau auf ernährungswissenschaftlicher Grundlage. Keune-Verlag, Hamburg (1948). — 167. SCHWANITZ, F. und P. SCHWARZE: Die physiologischen Grundlagen für die Züchtung von ertrags- und eiweißreichen Sorten bei unseren Getreidearten. *Forschungsdienst* **4**, 19—31 (1937a). — 168. SCHWANITZ, F. und P. SCHWARZE: Die genetischen Grundlagen für die Züchtung von ertrag- und eiweißreichen Sorten bei unseren Getreidearten. *Forschungsdienst* **4**, 60—81 (1937b). — 169. SCHWEIGERT, B. S. und E. E. SNELL: Microbiological methods for the estimation of amino acids. *Nutr. Abstr. Rev.* **16**, 497—510 (1946/47). — 170. SELKE, W.: Neue Möglichkeiten einer verstärkten Stickstoffdüngung zu Getreide. *Bodenk. u. Pflanzenern.* **9/10** (54/55), 506—535 (1938). — 171. SELKE, W.: Die Wirkung zusätzlicher späterer Stickstoffgaben auf Ertrag und Qualität der Ernteprodukte. *Bodenk. u. Pflanzenern.* **20** (65), 1—49 (1941). — 172. SHANKMAN, S., M. S. DUNN und L. B. RUBIN: The microbiological analysis of seven amino acids with *Lactobacillus casei*. *Jour. Biol. Chem.* **151**, 511—514 (1943). — 173. STEELE, B. F., H. E. SAUBERLICH, M. S. REYNOLDS und C. A. BAUMANN: Media for *Leuconostoc mesenteroides* P-60 and *Leuconostoc citrovorum* 8081. *Jour. Biol. Chem.* **177**, 533—544 (1949). — 174. STEVEN, A.: Über den Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Eiweißgehalt von Braugerste. *Ztschr. f. Pflanzenern., Düngung und Bodenk.* **9**, 35 (1930). — 175. STOKES, J. L., M. GUNNESS, J. M. DWYER und M. C. CASWELL: Microbiological methods for the determination of amino acids. II. An uniform assay for the ten essential amino acids. *Jour. Biol. Chem.* **160**, 35 (1945). — 176. TÄUFEL, K.: Eiweißmängel und Eiweißergänzung. *Dtsch. Lebensmittel-Rundschau* **45**, 219—221

(1949). — 177. THOMAS, K.: Über die Biologische Wertigkeit der Stickstoffsubstanzen in verschiedenen Nahrungsmitteln. *Beiträge zur Frage nach dem physiologischen Stickstoffminimum.* *Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt.* **1909**, 219—302. — 178. THORNE, S. W.: Die Assimilation von Stickstoff aus Aminosäuren durch Hefe. *Jour. Inst. Brew.* **1937**, 288 ref. *Wochenschr. f. Brauerei* **1937**, 396. — 179. THUNAEUS, H. und J. SCHRÖDERHEIM: Über die Sorteneigenschaften der Braugerste. *Wochenschr. f. Brauerei* **1935**, 357, 369. — 180. URION, M. E.: L'azote, problème majeur en brasserie. *Pet. Jour. Brass.* **1952**, 888—892. — 181. VANDECAVEYE, S. C.: Effects of soil type and fertilizer treatments on the chemical composition of certain forage and small grain crops. *Soil Sci. Soc. Amer., Proc.* **5**, 107—109 (1940). — 182. WALTER, H.: Einführung in die Phytologie. III, Grundlagen der Pflanzenverbreitung. Eugen Ulmer-Verlag, Stuttgart und Ludwigsburg (1951). — 183. WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik. Gustav Fischer-Verlag, Jena, (1948). — 184. WEINMANN, H.: Über die gegenseitige Beeinflussung von Stickstoff und Kali bei der Ernährung der Sommergerste. *Ernähr. d. Pfl.* **29**, 261 (1933). — 185. WEIGERT, J. und H. SCHAEFFLER: Ergebnisse von zweijährigen Feldversuchen über den Einfluß von zusätzlicher späterer Stickstoffdüngung auf Ertrag und Qualität bei Sommerweizen, Sommergerste und Hafer. *Bodenk. u. Pflanzenern.* **26** (71), 151 bis 179 (1942). — 186. WIMMER, G. und H. LÜDECKE: Einfluß wechselnder Kaligaben auf Ertrag und Beschaffenheit verschiedener Gerstensorten unter besonderer Berücksichtigung der Ausnutzung des aufgenommenen Kalis. *Landw. Vers. Stat.* **125**, 129—200 (1936). — 187. WINDISCH, W.: Empirie und Wissenschaft im Brauereiwesen. *Wochenschr. f. Brauerei* **1927**, 1, 15 (1927). — 188. WISS, O.: Mikrobiologische Vitamin- und Aminosäurebestimmungen. *Mitteil. a. d. Geb. d. Lebensmittelunters. u. Hygiene* **41**, 225—258 (1950). — 189. WOMACK, M. und W. C. ROSE: Partial replacement of dietary methionine by cystine for purposes of growth. *Jour. Biol. Chem.* **141**, 375 (1941). — 190. ZIMMERMANN, G.: Die Wirkung der Hitzebehandlung auf den Nährwert des Eiweißes in Nahrungs- und Futtermitteln. *Diss. Zürich* (1952).

(Aus dem Institut für Tierernährung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode)

## Untersuchungen zur Ermittlung der gesundheitsschädlichen Grenze des Alkaloidgehaltes von Süßlupinen

Von K. RICHTER und K. SCHILLER

Für die Zulassung weißer und blauer Lupinen (*Lup. albus* und *Lup. angustifolius*) als Süßlupinensorte wird ein Höchstgehalt von 0,04% Alkaloid, für die gelbe Lupine (*Lup. luteus*) ein solcher von 0,06% zugrunde gelegt. Systematische Versuche zur Feststellung der gesundheitsschädlichen Grenze des Alkaloidgehaltes von Süßlupinen, die eine solche Forderung gegenüber dem Lupinenzüchter begründeten, liegen nach unserer Kenntnis jedoch nicht vor.

In zahlreichen praktischen Fütterungsversuchen mit Süßlupinen als Eiweißfuttermittel in üblichen Mengen zeigte sich lediglich, daß die geringe noch in der Süßlupine verbleibende Alkaloidmenge für die verschiedenen Haustiere keinerlei gesundheitsschädigende Wirkung ausübt und daß die Süßlupine gern gefressen wird. Irgendwelche Schlüsse auf die verträgliche Alkaloidhöchstgrenze sind aus diesen Versuchen jedoch nicht abzuleiten.

COLUMBUS (1) prüfte in Versuchen an Ratten über 4 Generationen, ob bei einem höheren als dem gebräuchlichen Süßlupinanteil im Futter Schädigungen nachzuweisen sind. Eine Steigerung dieses Anteils bis zu 100% ließ erwartungsgemäß kein normales Wachstum mehr erzielen. Die Sektion der

Tiere ergab keinerlei pathologische Veränderungen an den einzelnen Organenteilen.

v. SENGBUSCH (2) verfütterte bittere Lupinenkörner an verschiedene Laboratoriums- und Haustiere. Schweine und Mäuse verweigerten das Futter, während Meerschweinchen zwar davon fraßen, aber nach 14 Tagen verendeten. Rektale Zufuhr von Lupinenextrakt führte bei Meerschweinchen in kurzer Zeit zum Tode. Dies war nach Versuchen von GORDON und HENDERSON (3) zu erwarten, die feststellten, daß die geringste letale Dosis eines vorher isolierten Alkaloids, das durch Injektion in das Bauchfell verabfolgt wurde, für eine 100 g schwere Ratte 25 mg für eine Alkaloidlösung von 25 mg in 100 cm<sup>3</sup> und 22,5 mg für eine solche von 100 g in 100 cm<sup>3</sup> beträgt. Es scheint hiernach außer der absoluten Menge auch die Konzentration eine Rolle zu spielen. Mit ziemlicher Sicherheit ist aber anzunehmen, daß eine über das Futter allmählich aufgenommene Alkaloidmenge weniger schädlich sein wird, als eine durch Injektion plötzlich massiert zugeführte. Andererseits sind die Krankheitssymptome der Lupinose chronischer Art, wie DOBBERSTEIN und WALKIEWICZ (4) zeigen konnten, so daß sich wiederum durch eine fortdauernde Zu-