

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

Auslese von Futterrüben auf Eiweißgehalt mit Hilfe der „Blauzahlmethode“

Von W. WÖHLERT und G. SENFF

Mit 4 Abbildungen

Einleitung

Das Eiweiß der Futterrüben findet in der Tierernährung kaum Beachtung, da die Runkeln fast ausschließlich als Kohlehydratträger betrachtet werden. Ihr Gehalt an verdaulichem Eiweiß wird noch von KELLNER-SCHEUNERT (1952) mit 0,1% angegeben. Andere Autoren (RICHARDSEN 1929, WECK 1933, ROTHES u. a. 1933, v. WIESE 1934, SCHNEIDER 1944, SIGLE 1952) rechnen mit der zwei- bis fünffachen Menge des von KELLNER-SCHEUNERT (1952) angegebenen Wertes. Daraus kann vermutet werden, daß sich der Eiweißgehalt der Futterrüben seit KELLNERS Untersuchungen durch unbewußte Auslese erhöht hat.

In der Futterrübenzüchtung beschränkt man sich meist auf refraktometrische Messungen des Gehaltes an löslicher Trockensubstanz. Einzelne Inhaltsstoffe und damit auch der Eiweißgehalt werden i. a. nicht bestimmt.

Wenn es nach v. WIESE (1934) auch nicht gelingen wird, aus der Futterrübe einen Eiweißträger mit hohem Gehalt zu machen, so könnte — in Anbetracht der hohen Gaben — durch eine Futterrübe mit gesteigertem Eiweißgehalt ein nicht unwesentlicher Teil der täglichen Eiweißrationen gedeckt werden. Für die Volkswirtschaft der DDR bedeutet eine Erhöhung des Gehaltes unserer Futterrüben an Eiweiß um 0,1% bei einer Gesamternte von 10,6 Millionen Tonnen¹ einen Gewinn von 10,6 Tausend Tonnen Eiweiß.

Aus diesen Gründen erscheint es geboten, die Möglichkeit der Steigerung der Eiweißleistung von Futterrüben durch Züchtung auf hohen Eiweißgehalt zu nutzen, zumal „in dieser Beziehung unselektierte Populationen vorliegen“ (SCHNEIDER 1944, S. 83).

Für die Eiweißbestimmung in pflanzlichem Material sind verschiedene Schnellmethoden und spezielle Apparaturen entwickelt worden. So gestalteten z. B. SCHWARZE und v. SENGBUSCH (1937) die Kjeldahlmethode, insbesondere das Destillationsverfahren, technisch derart um, daß 5 bis 6 gut eingearbeitete Kräfte und eine technische Assistentin täglich 350—400 Bestimmungen ausführen konnten. Das von WERR (1937) publizierte Verfahren der kolorimetrischen Bestimmung nach vorangegangener Neßlerisation des bei der Mineralisierung des Stickstoffs entstandenen Ammonium-Ions ist in erster Linie für die Untersuchung von Körnerfrüchten ausgearbeitet, aber auch an Runkeln erprobt worden. Nach dieser Methode analysierten 8 Arbeiterinnen, 2 Laborantinnen und ein Volontär in acht- bis neunstündiger Arbeitszeit pro Tag 330—350 Proben. PANSE (1942) berichtete über die Möglichkeiten der Steigerung der

Eiweißleistung bei Luzerne und beschrieb einen Mikro-Destillationsapparat für N-Analysen und die hierbei angewandte Arbeitsweise. Die Arbeitsleistung von 3 Personen betrug täglich 150 Bestimmungen. B. DIRKS (1935) genügte es nicht, nur auf Gehalt an Roheiweiß auszulesen, sondern er berücksichtigte auch verdauliches Roheiweiß und wirklich verdauliches Reineiweiß. Zu diesem Zweck wurde eine abgekürzte Methode zur Bestimmung von verdaulichem Roheiweiß und wirklich verdaulichem Reineiweiß ausgearbeitet. Für die Auswahl von Kreuzungsstämmen wurde ein abgekürztes Verfahren nach ALTEN (zit. nach DIRKS, 1935) angewandt, mit dem unter Verwendung einer besonderen Apparatur eine Person täglich 100 Stämme untersuchte.

Wenn diese aus der Vielzahl der bekannten Methoden herausgegriffenen wenigen Verfahren und die hier nicht erwähnten Methoden für die Eiweißbestimmung bisher noch keinen Eingang in der Futterrübenzüchtung gefunden haben, dann liegt das offenbar daran, daß die Eiweißbestimmungsmethoden trotz der geschilderten Vorzüge immer noch zu langwierig und arbeitsaufwendig sind und apparativ sowie personell gewisse Voraussetzungen fordern, die an den Futterrübenzüchtstätten heute noch nicht erfüllbar sind. Wenn also ein Eiweißbestimmungsverfahren Aussicht auf Anwendung in der Futterrübenzüchtung haben soll, dann muß es noch schneller und einfacher als die beschriebenen Methoden durchzuführen sein, des weiteren wenig Arbeitskräfte und einfache Gerätschaften erfordern.

Diese an die Methode zu stellenden Bedingungen lassen sich erfüllen, wenn dafür Zugeständnisse hinsichtlich der Genauigkeit gemacht werden. Solche Selbstbeschränkung in den Anforderungen an die noch fehlende Eiweißbestimmungsmethode wäre gegenüber dem jetzigen Zustand der Nichtberücksichtigung des Futterrübeniweißes immer noch ein Fortschritt. Es würde z. B. in der praktischen Züchtung zunächst durchaus genügen, mit Hilfe eines groben Testverfahrens aus dem Untersuchungsmaterial die Plusvarianten herauszulesen.

Material und Methode

Bei der Suche nach einer Schnellmethode für die Futterrübenauslese auf Eiweiß fiel unsere Wahl auf die „Blauzahl-Methode“ von STANĚK und PAVLAS (1934/35). Es handelt sich bei dieser Methode um ein kolorimetrisches Verfahren, das von seinen Urhebern für die Bestimmung des schädlichen Stickstoffs der Amide und der Aminosäuren in der Rübe ausgearbeitet worden ist. Die Methode beruht auf der Eigenschaft der Amide und der Aminosäuren, mit Kupferoxyd stark blaue Verbindungen zu geben, auch wenn dieses als Nitrat — in Gegenwart eines großen Überschusses von Natriumacetat — vorliegt.

¹ Statistisches Jahrbuch der DDR 1958, 4. Jahrg. VEB Deutscher Zentralverlag Berlin 1959.

Die Klärung der Lösungen erfolgt mit Bleiessig. Die wichtigsten Amide und Aminosäuren geben bei gleicher Menge an schädlichem Stickstoff ziemlich gleiche Farbintensitäten, so daß die kolorimetrische Messung dieser Farbintensitäten für technische Zwecke brauchbare, informative Werte (für die Stickstoffwerte haben die Verfasser den Begriff „Blauzahl“ eingeführt) liefert. Die Blauzahl-Methode ist in der Zuckerrübenzüchtung zu einem Standardverfahren geworden.

In unseren Versuchen gelangten stets ausgewachsene Rüben von Handelssorten zur Untersuchung.

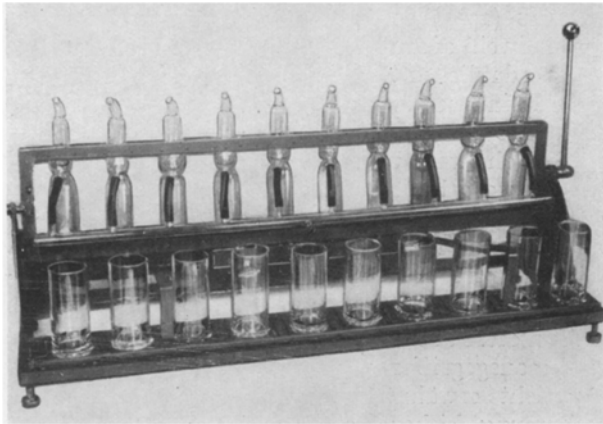


Abb. 1. Dekka-Bürette.

Soweit es sich um die Untersuchung von Sortenunterschieden handelte, wurde aus jeweils mindestens 100 Pflanzen mit Hilfe der Rübenbreisäge eine Durchschnittsprobe gewonnen, während bei Einzelpflanzen eine Spezialfräse Verwendung fand.

Für die Untersuchung von Zuckerrüben auf ihren Gehalt an schädlichem Stickstoff werden 26 g Rübenbrei abgewogen, mit 177 ml Bleiessiglösung versetzt und nach einer Digestionszeit von 15 Minuten bzw. nach 4 Minuten Schütteln filtriert. 50 ml Filtrat werden dann mit 5 bzw. 10 ml des sogenannten Kupfer-Reagenz versetzt und kolorimetriert. An Stelle der an den Zuckerrübenzuchtstätten gebräuchlichen und weniger gut haltbaren organischen Eichlösungen von Leucin, Asparaginsäure oder Glutaminsäure kann auch das von STANĚK und PAVLAS empfohlene stabile anorganische Gemisch von Kupfersulfat und Kobalt-Ammoniumsulfat verwendet werden. Für die Eichlösungen werden 66 g Kupfersulfat und 3 g Kobalt-Ammoniumsulfat in einer 1/2prozentigen Schwefelsäure gelöst und mit der verdünnten Säure zu 1 Liter aufgefüllt. Von dieser Grundlösung werden verschiedene Mengen (Tab. 1) abgemessen und zu 100 ml mit der verdünnten Säure ergänzt.

Tabelle 1. Eichlösungen für die Blauzahlmessung (nach STANĚK und PAVLAS).

Menge der zu 100 ml verdünnten Grundlösung	10	20	25	30	40	50	60	70	80
mg schädl. Aminostickstoff auf 100 g Rübe	10	20	30	40	50	60	70	80	90

Bleiessiglösung: 0,3 kg Bleiacetat + 0,1 kg Bleioxyd werden in heißem Wasser gelöst und nach Abkühlung auf 1 Liter aufgefüllt. Die fertige Lösung wird als Bleiessig bezeichnet. Dieser Bleiessig wird im Ver-

hältnis 1:25 mit Wasser verdünnt und diese Verdünnung als Bleiessiglösung verwendet.

Kupfer-Reagenz: 10g Kupfernitrat + 250g Natriumacetat werden in Wasser gelöst und zu einem Liter ergänzt. Die Lösung ist genügend stabil. Anfänglich ausgeschiedenes basisches Kupferacetat wird abfiltriert.

Für den von uns vorgeschlagenen Test auf Eiweiß, bei dem es ohnehin nicht auf absolute Werte ankommt, würde eine Relativzahl vollauf genügen und dementsprechend könnten auch die Maßbeziehungen anders gewählt werden. Für diese weitere Vereinfachungsmöglichkeit unterbreiten wir folgenden Vorschlag:

10 ml Saft (wie er für die refraktometrische Trokensubstanzbestimmung hergestellt wird) werden mit 80 ml Bleiessiglösung versetzt und filtriert. Vom Filtrat werden 50 ml abgemessen und nach Zugabe von 5 ml Kupfer-Reagenz wird der Farbvergleich durchgeführt.

Aus dieser kurzen Versuchsanordnung ist die Einfachheit des vorgeschlagenen Verfahrens ersichtlich. An Laborgeräten können die handelsüblichen verwendet werden. Darüber hinaus sind schließlich noch weitere Vereinfachungen der Blauzahlmethode möglich, wenn die jetzt im Kleinwanzlebener Labor entwickelten Laborgeräte für die kolorimetrische Stickstoffbestimmung angewendet werden können.

Bei den neuentwickelten Laborgeräten für die Flüssigkeitsabmessung und Filtration handelt es sich um zu Zehnersätzen zusammengefaßte Einzelgeräte. So besteht die Dekka-Bürette für die Bleiessigdosierung aus 10 auf einem gemeinsamen Rahmen befestigten Kippautomaten. Durch Öffnen eines Kükenhahnes werden aus einem höherstehenden Bleiessigvorrats-

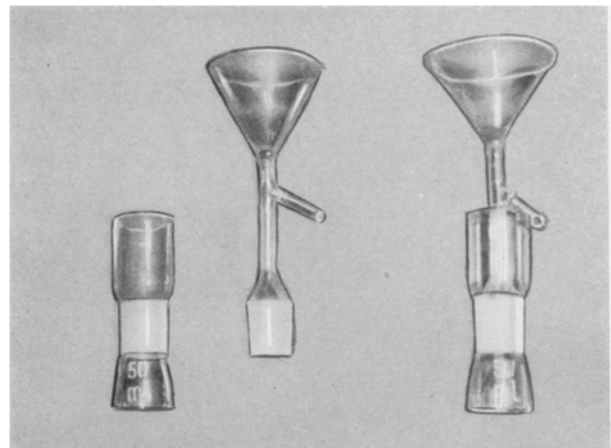


Abb. 2. Meßvorrichtung (einzelne) Erlenmeyerkolben mit Tulpe und Trichter mit seitlichem Überlauf.

behälter über eine gemeinsame Zuleitung der Reihe nach alle 10 Meßgefäße bis zum jeweiligen Überlauf mit Bleiessig gefüllt. Nach Befüllen des zehnten Automaten wird der Bleiessigzulauf durch Schließen des Kükenhahnes abgesperrt. In die Oberteile der Kippautomaten übergelaufene Flüssigkeit wird durch Betätigung eines zweiten Hahnes abgelassen. Dann wird schließlich der Rahmen mit den darauf befestigten 10 Automaten so gedreht, daß die abgemessenen Flüssigkeitsmengen aller 10 Gefäße auf einmal in untergesetzte, auf einem Gestell befindliche Filtrierstutzen abgefüllt werden (Abb. 1).

Die Filtration der eingemischten Proben erfolgt in der Weise, daß gleichzeitig 10 Proben auf einmal auf ein entsprechendes Filtriergestell aufgegossen werden.

Die auf einem Zehnergestell in Stützen befindlichen Filtrate werden von diesem Gestell aus in 10 hintereinander angeordnete Meßvorrichtungen abgekippt. Diese neuartigen Meßvorrichtungen bestehen aus Erlenmeyerkolben mit aufgesetzter Tulpe (Hülse) und einem aufsetzbaren Trichter (unten mit Kern), der seitlich am Trichterstiel einen Abfluß besitzt. Der Abfluß ist so angebracht, daß beide Glas-teile zusammengesetzt bis zum seitlichen Abfluß die Abmessung von 50 ml Filtrat ermöglichen (Abb. 2).

Der weitere Vorteil dieser Meßvorrichtung ergibt sich dadurch, daß nach Abnahme des Trichters zu

der im Erlenmeyerkolben befindlichen Flüssigkeit ohne jegliches Umfüllen die Reaktionsflüssigkeit (Kupfer-Reagenz) hinzugesetzt werden kann. Auch das Kupfer-Reagenz wird mittels Kippautomat abgemessen. Die zehn so vorbereiteten Lösungen werden dann kolorimetriert.

Mit Hilfe der beschriebenen Deka-Apparaturen können 4 Laborantinnen täglich bis zu 1000 Bestimmungen durchführen.

Untersuchungsergebnisse

Aus mehrjährigen Futterrübensortenversuchen sind in Abb. 3 die Ergebnisse von Stickstoffbestimmungen aus dem Jahre 1954 herausgegriffen.

Die grafische Darstellung zeigt Ergebnisse von Bestimmungen verschiedener Stickstoffformen in

Tabelle 2. Untersuchungen an DDR-Futterrübensorten über einige Stickstoffformen, Zucker und Trockensubstanz sowie verschiedene Beziehungen dieser Wurzelinhaltsstoffe. (Sämtliche Gehaltsangaben sind auf Frischsubstanz bezogen.)

	S-N %	Eiw. N %	Bz. N %	Eiw. N S-N	Bz. N S-N	Bz. N Eiw. N	Zu. %	T. S. %	Zu. T. S.	Bz. N 100 Zu
1954										
Dickwanst	0,156	0,073	0,036	0,47	0,23	0,49	8,2	14,2	0,58	0,44
Teutonia	0,192	0,081	0,052	0,42	0,27	0,64	9,4	15,5	0,61	0,55
Ideal	0,153	0,075	0,035	0,49	0,23	0,47	8,8	14,2	0,62	0,40
Ovana	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rote Walze	0,147	0,071	0,030	0,48	0,20	0,42	7,8	13,3	0,59	0,39
Waldm. Futterkr.	0,158	0,073	0,038	0,46	0,28	0,52	8,8	14,2	0,62	0,43
Criewener Gelbe	0,140	0,068	0,027	0,49	0,19	0,40	6,1	11,2	0,55	0,44
Altenb. Tonnen	0,119	0,060	0,020	0,50	0,17	0,33	5,5	10,7	0,52	0,36
Frankes Rekord	0,140	0,076	0,025	0,54	0,18	0,33	7,4	13,0	0,57	0,33
						\bar{x} 0,45 $s_{\bar{x}}$ 0,037				\bar{x} 0,42 $s_{\bar{x}}$ 0,019
1955										
Dickwanst	0,108	0,067	0,015	0,62	0,14	0,22	8,7	14,3	0,61	0,17
Teutonia	0,120	0,073	0,015	0,61	0,13	0,21	9,3	14,6	0,64	0,16
Ideal	0,108	0,069	0,014	0,64	0,13	0,20	9,1	13,7	0,66	0,15
Ovana	0,131	0,078	0,018	0,62	0,14	0,23	9,4	15,6	0,60	0,19
Rote Walze	0,115	0,071	0,016	0,62	0,14	0,23	7,9	13,1	0,60	0,20
Waldm. Futterkr.	0,112	0,068	0,016	0,61	0,14	0,24	8,5	13,3	0,64	0,19
Criewener Gelbe	0,115	0,070	0,016	0,61	0,14	0,23	5,9	11,3	0,52	0,27
Altenb. Tonnen	0,102	0,061	0,014	0,60	0,14	0,23	5,4	10,4	0,52	0,26
Frankes Rekord	0,116	0,074	0,016	0,64	0,14	0,22	7,8	13,3	0,59	0,21
						\bar{x} 0,22 $s_{\bar{x}}$ 0,011				\bar{x} 0,20 $s_{\bar{x}}$ 0,014
1956										
Dickwanst	0,145	0,083	0,019	0,57	0,13	0,23	9,0	15,7	0,57	0,21
Teutonia	0,155	0,089	0,026	0,57	0,17	0,29	9,5	16,1	0,59	0,27
Ideal	0,140	0,084	0,020	0,60	0,14	0,24	8,5	15,4	0,55	0,24
Ovana	0,167	0,094	0,027	0,56	0,16	0,29	9,5	16,5	0,58	0,24
Rote Walze	0,134	0,072	0,019	0,54	0,14	0,26	7,9	13,8	0,57	0,24
Waldm. Futterkr.	0,138	0,074	0,022	0,54	0,16	0,30	6,6	13,5	0,49	0,33
Criewener Gelbe	0,140	0,076	0,019	0,54	0,14	0,25	7,0	12,7	0,55	0,27
Altenb. Tonnen	0,113	0,073	0,016	0,64	0,14	0,22	6,0	12,3	0,49	0,27
Frankes Rekord	0,147	0,082	0,028	0,56	0,19	0,34	5,8	13,5	0,43	0,48
						\bar{x} 0,27 $s_{\bar{x}}$ 0,012				\bar{x} 0,27 $s_{\bar{x}}$ 0,035
1957										
Dickwanst	0,165	0,068	0,034	0,41	0,21	0,50	7,4	10,5	0,71	0,46
Teutonia	0,166	0,074	0,034	0,45	0,21	0,46	8,2	11,2	0,73	0,42
Ideal	0,157	0,076	0,031	0,49	0,20	0,41	8,2	11,1	0,74	0,38
Ovana	0,179	0,081	0,038	0,45	0,21	0,47	9,2	12,1	0,76	0,41
Rote Walze	0,141	0,067	0,028	0,47	0,20	0,42	7,4	10,2	0,73	0,38
Waldm. Futterkr.	0,165	0,071	0,034	0,43	0,21	0,48	7,4	10,4	0,71	0,46
Criewener Gelbe	0,150	0,069	0,024	0,46	0,16	0,35	5,4	8,7	0,62	0,45
Altenb. Tonnen	0,131	0,062	0,024	0,47	0,18	0,39	5,7	8,5	0,67	0,42
Frankes Rekord	0,151	0,074	0,032	0,49	0,21	0,43	6,7	9,6	0,70	0,48
						\bar{x} 0,43 $s_{\bar{x}}$ 0,022				\bar{x} 0,43 $s_{\bar{x}}$ 0,009

Zeichenerklärung:

S-N = Gesamt-N, Eiw. N. = Eiweiß-N, Bz. N = „Blauzahl-N“, Zu. = Zucker, T. S. = Trockensubstanz (gravimetrisch)

Futterrüben aller seinerzeit in der DDR zum Handel zugelassenen Sorten. Auf der Abszisse sind die Sorten, auf der Ordinate die Gehalte an Gesamt-, Eiweiß- und

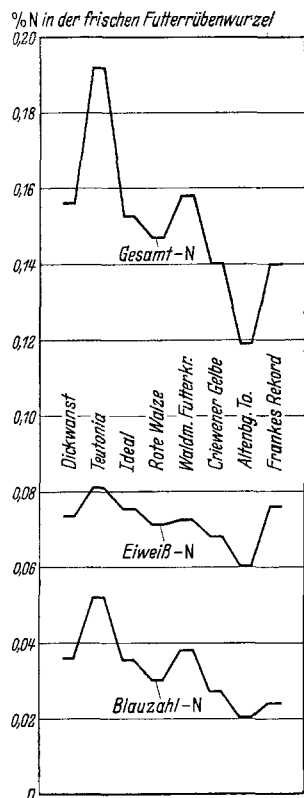


Abb. 3. Futterrüben-Sorten-Versuch Kleinwanzleben 1954. (Verschiedene Stickstoffformen.)

Rote Walze wurden einzeln untersucht und der Eiweißgehalt (nach der Methode STUTZER-BARNSTEIN, HERMANN 1951, S. 20—21) sowie die zugehörige Blauzahl ermittelt (Abb. 4).

Die obigen Feststellungen erfuhren in diesem Versuch im großen und ganzen ihre erneute Bestätigung.

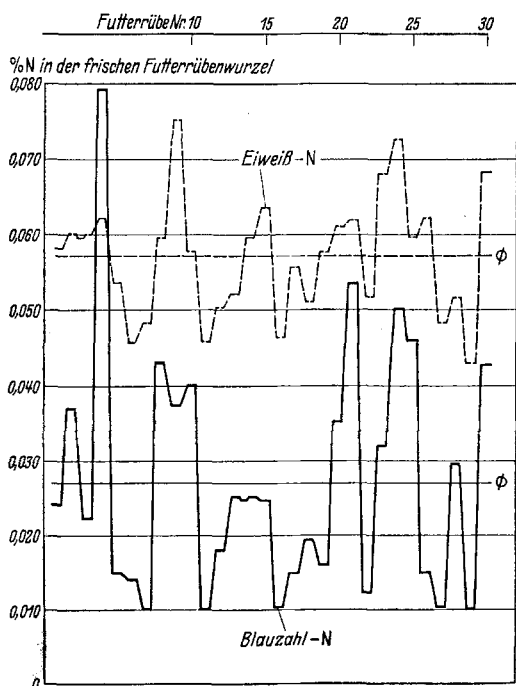


Abb. 4. Futterrüben-Untersuchung April 1959 — Rote Walze. (Eiweiß- und Blauzahl-Stickstoff.)

und schädlichem Stickstoff („Blauzahl-N“) aufgetragen. Aus den dargestellten Ergebnissen, die einer besseren Übersicht wegen zu Schaulinien verbunden sind, ist zu entnehmen, daß zwischen Gesamt-, Eiweiß- und dem durch die Blauzahl ausgedrückten Amid- und Aminosäurenstickstoff eine recht weitgehende Gleichläufigkeit besteht.

Die Untersuchungsergebnisse anderer Jahre (Tab. 2) ergaben ähnliche Bilder.

Da in vielen Zuchtstationen die Selektion der Mutterrüben im zeitigen Frühjahr durchgeführt wird, stellten wir im April 1959 einen Methodenvergleich zur Ermittlung der zu diesem Zeitpunkt bestehenden Verhältnisse an 30 Rüben der Sorte

Für die praktische Durchführung der Untersuchung und Selektion nach der Blauzahl-Methode sind die Kenntnis der Fehlerquellen sowie der Einfluß von Außenfaktoren auf die Höhe der Blauzahl wichtig.

Besonders eingehend ist dieser Fragenkomplex von STEHLÍK und ČERNÝ (1934/35) untersucht worden. So fanden die Genannten eine wesentliche Beeinflussung des Blauzahlstickstoffes durch den Boden. Einige Ergebnisse der Kleinwanzlebener Fabrikrübenuntersuchungen 1958 (Tab. 3) mögen die Verhältnisse veranschaulichen, wobei wir gleichzeitig die Abhängigkeit des Blauzahlstickstoffes von der Vegetationsdauer zeigen.

Bei Anwendung der kalten Digestion, die wir aus Vereinfachungsgründen hier vorschlagen, können die Filtrate durch enzymatische Vorgänge — hauptsächlich durch Polyphenoloxydase — eine Eigenfärbung annehmen, die zu falschen Resultaten führt. Diesem Mißstand kann man durch Behandlung der Breiprobe mit Fermentgiften, Narkotika o. ä. von vornherein begegnen. In unserem Labor hat sich hierfür ein Besprühen der Breiprobe kurz nach ihrer Abnahme von der Breisäge mit Toluol bewährt.

Tabelle 3. Abhängigkeit des schädlichen Aminostickstoffes einer Rübensorte vom Boden und von der Vegetationsdauer. (Kleinwanzlebener Fabrikrübenuntersuchungen 1958. Zahlenangaben in % schädlicher Aminostickstoff in der Frischsubstanz.)

Feld-Nr.	4	8	9	Bemerkungen
1. August	0,028	0,024	0,045	
11. August	0,027	0,026	0,045	
21. August	0,022	0,017	0,036	
1. September	0,029	0,021	0,031	
11. September	0,018	0,012	0,033	
22. September	0,028	0,023	0,035	
2. Oktober	0,028	0,018	0,035	
10. Oktober	0,043	0,040	0,050	starke Niederschläge
21. Oktober	0,052	0,042	0,071	
31. Oktober	0,025	—	0,058	
11. November	0,010	—	0,039	
21. November	0,015	—	0,034	

Diskussion

Daß in der Regel „Proportionalität“ zwischen den verschiedenen Stickstoffformen besteht, ist bekannt. So berichteten beispielsweise SPENGLER, BÖTTGER und LINDNER (1933, 1934) über ihre Untersuchungen der Verarbeitungsfähigkeit verschiedener Zuckerrübensorten, daß alle Untersuchungserien eine auffällige Parallelität zwischen den Kurven für Gesamt-, mit (Cu(OH)₂) nichtfällbaren, Ammoniak- + Amid- und schädlichen Stickstoff zeigen, d. h. zwischen den Stickstoffverbindungen besteht eine auf physiologischen Ursachen beruhende gesetzmäßige Korrelation, so daß die Vermehrung der einen Stickstoffform gleichzeitig eine annähernd proportionale Zunahme der anderen bedingt. Zur Prüfung des Zusammenhanges zwischen Eiweißstickstoff und Blauzahlstickstoff wurde mit den in Abb. 4 dargestellten Werten der Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN errechnet.

Er beträgt $r_s = + 0,757$.

Dieser Wert ist hoch signifikant.

Zwischen den beiden Stickstoffwerten besteht danach eine stark positive Korrelation. Wir hätten

also mit der Ermittlung der Blauzahl zwar keinen absoluten Zahlenwert des Eiweißstickstoffgehaltes, jedoch für den praktischen Züchter ein genügend genaues Maß für die Auslese eiweißreicher Typen. Die besonders eiweißreichen Pflanzen Nr. 4, 21, 24 und 30 wären mit der Blauzahl-Methode klar erkannt worden. Sämtliche Pflanzen, deren Blauzahl über dem Durchschnitt lag, wiesen auch einen überdurchschnittlichen Eiweißgehalt auf.

Man könnte sogar noch einen Schritt weiter gehen und auf eine genaue kolorimetrische Messung der Blauzahl verzichten und sich wie die Urheber dieser Methode eine Etalonreihe mit einigen Eichlösungen anfertigen, mit denen die Meßlösungen verglichen werden. Damit wäre eine weitere Vereinfachung und ein Arbeiten ohne ein kostspieliges Kolorimeter möglich. Um bei dem Beispiel der letzten Meßreihe (Methodenvergleich Blauzahl-N und Eiweiß-N an Futterrüben Rote Walze) zu bleiben, hätten in diesem Fall 5 Standardlösungen mit einer Anzeige von 10, 20, 30, 40 und 50 mg Aminosäure (s. o.) vollkommen genügt. Gegen diese Eichlösungen — zweckmäßig in Etalons befindlich — werden die einzelnen Meßlösungen verglichen und je nach der Farbintensität der Meßlösung erfolgt die Zuordnung zu einer vorgelegten Blauzahl. Im angeführten Beispiel wären bei einer errechneten durchschnittlichen Blauzahl von 0,027% Aminosäuren-Stickstoff alle den Eichlösungen von 30, 40 und 50 mg Blauzahl-Stickstoff entsprechenden Meßlösungen als eiweißreich zu bonitieren. Die helleren Meßlösungen mit unterdurchschnittlichen Stickstoffgehalten müßten umgekehrt als eiweißarm bezeichnet werden.

In Tab. 2 haben wir den Gehaltswerten einige Spalten mit Relationen verschiedener Inhaltsstoffe beigelegt. Hauptsächlich soll uns dabei das Verhältnis der Blauzahl zum Eiweißstickstoff interessieren. Wir sehen, daß dieser Quotient keinen konstanten Wert besitzt, sondern z. B. innerhalb der hier behandelten vier Jahre 1954 bis 1957 im Durchschnitt zwischen 0,22 und 0,45 schwankt. Das Maximum ergibt sich für die Sorte Teutonia im Jahre 1957 mit 0,64, während der niedrigste Quotient im darauffolgenden Jahr mit 0,20 für die Sorte Ideal errechnet wurde. Innerhalb eines Jahres ist, von einigen Ausnahmen abgesehen, die Schwankung zwischen den Sorten nicht so groß wie zwischen den Verhältniswerten der einzelnen Jahre. Das Mengenverhältnis von „Blauzahl-Stickstoff“ zu Eiweiß-Stickstoff hängt offensichtlich auch vom Zuckergehalt ab. Das fällt besonders bei einem Vergleich der Blauzahl/Eiweiß-Quotienten mit den Verhältniswerten Blauzahl/100 Zucker auf. Es besteht hier eine weitgehende Übereinstimmung der Blauzahl/Eiweiß-Quotienten einerseits mit den Verhältniswerten Blauzahl/100 Zucker andererseits. In den Jahren 1956 und 1957 sind die Mittelwerte aller Sorten der beiden verglichenen Quotienten sogar völlig gleich. Von einigen Sorteneigenarten abgesehen, scheint es demnach so zu sein, daß höhere Zuckergehalte die Eiweißbildung begünstigen, wodurch umgekehrt die Eiweißbausteine mengenmäßig zurücktreten und der Blauzahl-N/100 Zucker-Quotient einen niedrigen Wert annimmt. Zuckerärmere Futterrüben hingegen verschieben dieses Gleichgewicht zugunsten der niedermolekularen N-Verbindungen, wodurch umgekehrt der

Betrag des Verhältnisses Blauzahl-N/100 Zucker höher als beim ersterwähnten Beispiel ausfällt. Dieses Gleichgewicht der verschiedenen Stickstoffformen wird nicht unwesentlich durch die Witterung beeinflusst. Das ist besonders gut an den Werten des Jahres 1955 ersichtlich. In dem genannten Jahr verzeichneten wir einen relativ warmen Sommer und einen milden, trockenen Herbst.

Der resultierende Zuckerreichtum führte gleichzeitig zu vermehrter Eiweißbildung, was sich in dem mittleren Verhältniswert von Eiweiß-N zu Gesamt-N in Höhe von 0,62 zu erkennen gibt. Die zugehörigen Zahlen für die löslichen Stickstoffverbindungen (Amide, Aminosäuren usw.) fallen dementsprechend niedriger als sonst aus.

Der relativ feuchte Herbst des Jahres 1954 zeigt die entgegengesetzte Wirkung auf den Stickstoffspiegel. Überdurchschnittliche Temperaturen im Juni, August und September dieses Jahres vermochten wohl die Zuckerbildung zu fördern, die Eiweißbildung jedoch erfuhr durch die besonders im September übernormal feuchte Witterung (Niederschläge mit über 250% der Norm) eine Benachteiligung, so daß die Stickstoffbilanz zugunsten der Aminosäuren verschoben wurde.

Wie aus Tab. 3 ersichtlich ist, wurden 1958 bei den verschiedenen Feldern die Minimalwerte des schädlichen Aminostickstoffes Anfang September gemessen. Die Maxima sind durch Starkregenfälle (45 mm) hervorgerufen worden. Im allgemeinen werden zu diesem Zeitpunkt derart hohe Blauzahlen nicht gemessen, sondern Werte, die geringfügig um die Minima herum differieren. Die Tabellenwerte geben deutliche Unterschiede der Blauzahlen von den einzelnen Feldern wieder.

Für den Züchter kann aus diesen Beobachtungen abgeleitet werden, daß er sein Zuchtmaterial auf einem gleichmäßigen Versuchsfeld anlegt und unter möglichst einheitlichen Witterungsbedingungen erntet. Äußere Einflüsse können sonst bei der Auslese zu Fehlschlüssen führen.

Wir haben in unseren Ausführungen das Eiweiß summarisch betrachtet und die biologische Wertigkeit desselben, wie sie z. B. von SCHWARZE (1944) und NEHRING (1952) behandelt wird, noch nicht berücksichtigt. Auf diesem Gebiet werden in unserem Institut die vorbereitenden Arbeiten durchgeführt und weitere Erörterungen darüber können erst zu einem späteren Zeitpunkt angestellt werden.

Zusammenfassung

Da es aus volkswirtschaftlichen Gründen geboten erscheint, den Eiweißgehalt der Futterrüben zu erhöhen, wird die in der Zuckerrübenzüchtung gebräuchliche Blauzahl-Methode nach STANĚK und PAVLAS (1934/35) in abgeänderter Form für die Auslese von Futterrüben nach ihrem Eiweißgehalt vorgeschlagen. Diese Methode hat gegenüber allen anderen Eiweißbestimmungsmethoden den Vorteil, daß sie ohne Fachpersonal und kostspielige Apparate Serienuntersuchungen gestattet. Ihre Ergebnisse dienen zu grober Auslese des bisher in dieser Hinsicht nicht selektierten Materials.

Zwischen Eiweißstickstoff und Blauzahlstickstoff konnte eine hohe positive Korrelation nachgewiesen werden. Da das Verhältnis dieser beiden Kompo-

nenten zueinander in verschiedenen Jahren und bei verschiedener Witterung Unterschiede aufweist, wird darauf hingewiesen, diese zu beachten und in geeigneter Weise innerhalb der Untersuchungsreihen zu eliminieren.

Literatur

1. DIRKS, B.: Bestimmung von verdaulichem Eiweiß und Futterwert. *Kühh-Archiv* **39**, 135—144 (1935). — 2. HERRMANN, R.: Handbuch der landwirtsch. Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch). Radebeul und Berlin **3**, 20—21 (1951). — 3. KELLNER-SCHEUNERT: Grundzüge der Fütterungslehre. Berlin und Hamburg (1952). 11. Aufl. — 4. NEHRING, K.: Probleme der Eiweißforschung in der Tierernährung. Sitzungsber. Dt. Akad. Landwirtschaftswissenschaften, Bd. 1, H. 11 (1952). — 5. PANSE, E.: Möglichkeiten der Steigerung der Eiweißleistung bei Luzerne durch Züchtung auf hohen Eiweißgehalt. *Z. Pflanzenzüchtung* **24**, 229—274 (1942). — 6. RICHARDSEN, A.: Zur Bewertung unserer Futterrüben (Runkelrüben) im Wettbewerb mit Silomais. *DLP* **56**, 444 u. 454 (1929). — 7. ROTHES, G., und W. MEINHOLD: Vergleichende Anbau- und Fütterungsversuche mit Futterkohl- und Runkelrübensorten. *Landw. Jb.* **78** 81—102 (1933). — 8. SCHNEIDER, F.: Züchtung der *Beta*-Rüben. In ROEMER-RUDOLF, Hdb. Pflanzen-

züchtung **4**, 1—95 (1944). — 9. SCHWARZE, P., und R. v. SENGBUSCH: Eine Methode zur Bestimmung des Rohproteingehaltes in Zuchtmaterial. *Der Züchter* **9**, 256 bis 266 (1937). — 10. SCHWARZE, P.: Über die Methodik der Auslese eiweißreicher Zuchtstämme und die Variabilität der Eiweißqualität in Zuchtmaterial. *Z. Pflanzenzüchtung* **26**, 1—55 (1944). — 11. SIGLE, K.: Einiges über das Eiweiß der *Beta*-Rüben. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* **95**, 389—400 (1952). — 12. SPENGLER, O., St. BÖTTGER und G. LINDNER: Untersuchungen über die Verarbeitungsfähigkeit verschiedener Zuckerrübensorten. *Z. Ver. Zuckerind.* **83**, 895—931 (1933) und **84**, 365—399 (1934). — 13. STANĚK, VL. und P. PAVLAS: Über eine schnelle, informative Methode zur Bestimmung des schädlichen Stickstoffs der Amide und der Aminosäuren in der Rübe. *Z. Zuckerind. ČSR* **59**, 129—142 (1934/35). — 14. STEHLÍK, V., und M. ČERNÝ: Anwendung der neuen Methode zur Bestimmung des „schädlichen Aminostickstoffes“ in Versuchen mit Zucker- und Futterrüben. *Z. Zuckerind. ČSR* **59**, 284—288, 292—296 (1934/35). — 15. WECK, R.: Gehaltsmaßstäbe und Gehaltsänderungen von *Beta*-Sorten bei zunehmender Lagerdauer, sowie Bemerkungen über Einmietung und Futterwert. *Zuckerrübenbau* **15**, 135—143 (1933). — 16. WERR, F.: Ein Verfahren zur serienmäßigen Bestimmung des Eiweiß in Getreide. *Landwirtsch. Jahrbücher* **84**, 27—60 (1937). — 17. WIESE, v.: Methoden der Gehaltsbestimmung bei Runkeln. *Der Züchter* **6**, 172—176 (1934).

Aus dem Institut für Landwirtschaftliche Botanik der Universität Bonn

Untersuchungen über die Befruchtungsverhältnisse von *Vicia faba* mit Hilfe einer früh erkennbaren Mutante

Von WERNER GOTTSCHALK

Mit 2 Abbildungen

1. Einleitung

In den vergangenen Jahren wurden die morphologischen, entwicklungsgeschichtlichen und genetischen Eigenarten einer unifoliaten Mutante von *Vicia faba minor* bearbeitet, die sowohl in der Blatt- als auch der Blütengestaltung auffallend von der Normalform abweicht (SCHEIBE und GOTTSCHALK 1956, GOTTSCHALK 1958). Bei der Vermehrung bzw. Erhaltung dieser Mutante liefen in den Nachkommenschaften homozygoter Individuen in wechselnden Anteilen normalblättrige Ackerbohnen auf, die nur durch spontane Bastardierungen entstanden sein können. In die gleiche Richtung deuten die Spaltungsverhältnisse einer Letalmutante von *Vicia faba*: Nach Eintütung heterozygoter Individuen und Selbstung von Hand lagen die Spaltungsverhältnisse im Bereich der Erwartungswerte für eine 3:1-Spaltung, bei freiem Abblühen hingegen war ein erhebliches Defizit an Mutanten feststellbar, das durch einen wechselnden Anteil von Fremdbefruchtungen leicht erklärbar ist. Die Unterschiede gegenüber den Selbstungswerten waren in einigen Familien so extrem, daß eine sehr hohe Fremdbefruchtungsrate angenommen werden muß.

In der Literatur liegen hinsichtlich der Befruchtungsverhältnisse der Ackerbohne sehr widersprechende Angaben vor. Ältere Autoren halten *Vicia faba* teils für einen reinen Selbstbefruchter (GARTON 1899), teils für einen ausgesprochenen Fremdbefruchter (DARWIN 1900). Später wird allgemein die Ansicht vertreten, daß der reiche Insektenbesuch wohl gelegentlich zu Fremdbefruchtungen und damit

zu ungewollten Bastardierungen führt, daß dadurch jedoch in erster Linie auf rein mechanischem Wege eine Förderung oder sogar Sicherung der Selbstbefruchtung erzielt wird (LANG 1908, FRÖLICH 1909, FRUWIRTH 1910, 1915, 1924, TRITSCHLER 1913, KIESSLING 1914, SIRKS 1920, REISCH 1952). BECKER-DILLINGEN (1929) schätzt den Anteil der Fremdbefruchtungen auf maximal 10%. TSCHERMAK (1925a, b) und SIRKS (1931) betonen demgegenüber, daß die Fremdbefruchtung bei *Vicia faba* „eine bei weitem größere Rolle spiele als bisher vielfach angenommen“. Sie ist nach TSCHERMAK (1925b) „außerordentlich häufig“, er fordert daher, die Ackerbohne müsse bei Züchtungsarbeiten wie ein Fremdbefruchter beurteilt werden. In Verbindung mit der Bearbeitung von Inzucht-Erscheinungen bei *Vicia faba* rechnet ROWLANDS (1958) ebenfalls mit einem sehr hohen Anteil an Fremdbefruchtungen, den er auf 30—40% schätzt.

Da die Befruchtungsverhältnisse nicht nur für genetische, sondern auch für züchterische Arbeiten an der Ackerbohne von großem Interesse sind, erschien es angebracht, mit Hilfe einer frühzeitig erkennbaren Mutante auf genetischer Basis Untersuchungen über das Ausmaß der Fremdbefruchtungen vorzunehmen. Es wurde hierfür eine Blattmutante verwendet, die bereits in frühesten ontogenetischen Entwicklungsstadien zuverlässig von der Normalform unterschieden werden kann. Für die Auswertung umfangreicher Befruchtungsversuche ist infolgedessen die Aufzucht der auf den Versuch folgenden Generation nicht notwendig, die Versuchs-