

(Aus der Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung, Detmold.)

Die Eignung deutscher Maissorten für die Stärkegewinnung.

Dr. E. LINDEMANN.

Einleitung und Ziel der Untersuchungen.

Die Stärkeindustrie der Bundesrepublik verarbeitet jährlich etwa 200 000 t Mais auf Stärke. Als Rohstoff wird Importmais vor allem aus Nordamerika, Argentinien, Nord- und Südafrika und Jugoslawien verwendet. Versuche in Belgien und Frankreich haben gezeigt, daß auch gewisse einheimische, in diesen Ländern angebaute Maissorten für die Stärkegewinnung geeignet sind. Ziel unserer Untersuchungen war es, zu prüfen, wie weit auch in Deutschland angebaute Maisvarietäten für den gleichen Zweck eingesetzt werden können.

Untersuchungsmethoden.

Wenn man die Eignung eines Maises für die Stärkegewinnung untersuchen will, muß zunächst einmal genau festgestellt werden, welche Anforderungen der Stärkefabrikant an seinen Rohstoff stellt. Die Wünsche der Stärkeindustrie lassen sich etwa folgendermaßen zusammenfassen:

1. Hohe Ausbeute an Stärke und Nebenprodukten
2. Gute verarbeitungstechnische Eignung des Maises
3. Vorzügliche Qualität der gewonnenen Stärke.

Um zu einem Gesamtwerturteil zu kommen, wird man also nacheinander diese aufgeführten Punkte zu studieren haben.

1. Bestimmung der Ausbeute.

Da es verständlicherweise nicht möglich war, die Ausbeuteversuche in einer Maisstärkefabrik durchzuführen, kam es als erstes darauf an, eine geeignete Laboratoriumsmethode zu entwickeln, die möglichst weitgehend dem technischen Prozeß ähnelt und zuverlässige

und gut reproduzierbare Ergebnisse liefert, die denen der Praxis gleichen oder aber zumindest parallel mit ihnen gehen.

Bei der Verarbeitung von Mais in den Stärkefabriken fallen neben der Stärke folgende Nebenprodukte an: Maiskeime, Maiskleber (Proteinfraktion) und die Schalenbestandteile. Die Keime enthalten 50—55% (i. Tr.) Rohfett und stellen ein wertvolles Rohmaterial für die Ölmühlen dar. Der technisch anfallende Maiskleber weist durchschnittlich einen Rohproteingehalt von 70—75% (i. Tr.) auf und läßt sich u. a. zur Gewinnung von Glutaminsäure oder anderen Aminosäuren einsetzen oder wird als Beimischung zu eiweißreichen Mischfuttern verwendet. Die Schalenbestandteile schließlich werden als Futtermittel verwertet.

Der technische Stärkegewinnungsprozeß stellt sich zusammengefaßt folgendermaßen dar:

Der gereinigte Mais wird in einer wässrigen ungefähr 0,2%igen SO_2 -Lösung 2 Tage bei rund 50° gequollen. Dann wird er in geeigneten Mahlvorrichtungen zur Freilegung des Keimlings gebrochen. Nach der anschließenden Abtrennung der Keime wird der Rückstand sehr fein zermahlen und auf Sieben mit Wasser ausgewaschen. Stärke und Maiskleber passieren das Sieb, während die Schalenbestandteile zurückbleiben. Die Trennung von Stärke und Eiweiß wird unter Ausnutzung der Unterschiede im spezifischen Gewicht schließlich auf schrägen langen Rinnen (sog. Fluten) oder mit Separatoren vorgenommen. Die letzte Stufe stellt die Trocknung dar.

In Anlehnung an diesen Prozeß haben PELSSENKE und LINDEMANN (1) eine geeignete Laboratoriumsmethode entwickelt, nach der sich die Ausbeuten an

Tabelle 1. Chemische Zusammensetzung der untersuchten Maissorten.

Maissorte bzw. Handelsbezeichnung	Botanische Klassifizierung	Tausend-korn-gewicht g	Stärke % i. Tr. (nach EWERS)	Robprotein % i. Tr.	Rohfett % i. Tr.	Rohfaser % i. Tr.
Gelber badischer Landmais	mittelspäter deutsch. Hartmais	390	75,7	9,2	4,8	3,4
Pfarrkirchner Körnermais	früher deutsch. Hartmais	343	71,8	9,8	4,9	3,9
Mahndorfer Körnermais	mittelfrüher deutsch. Hartmais	324	76,8	13,3	4,6	3,9
Chiemgauer Körnermais	sehr früher deutsch. Hartmais	266	72,0	7,4	4,4	2,9
USA-Gelbmais	gelbkörniger Zahnmais mit roter Spindel	308	71,4	9,5	4,8	3,1
Costa-Rica-Mais	weißkörniger Zahnmais oder Kreuzung mit Hartmais	343	72,7	9,1	4,8	3,1
La-Plata-Mais	orangefarbiger Zahnmais oder Kreuzung mit Hartmais	349	69,5	11,6	5,1	4,1
US 13 (jugosl.)	Hybridmais, gelbkörniger Zahnmais mit roter Spindel	337	70,7	10,3	4,7	3,8
Zlatini zuban (jugosl.)	gelbkörniger Zahnmais mit roter Spindel	305	72,9	9,0	4,7	2,9
Angola-Mais	weißkörniger Zahnmais oder Kreuzung mit Hartmais	237	73,3	10,8	4,3	3,3
Marokko-Gelbmais	Gemisch von gelbem Hartmais und orange-gelben Typen von Zahnmaischarakter	289	72,0	11,3	4,9	5,4

Stärke, Keimen, Kleber und Schalenbestandteilen mit sehr guter Reproduzierbarkeit bestimmen lassen. Die Ergebnisse gehen weitgehend parallel mit den industriell erreichbaren Ausbeuten.

2. Bewertung der verarbeitungstechnischen Eignung einer Maissorte.

Von Bedeutung sind hier vor allem die Mahlfähigkeit des Maises und die Eiweiß-Stärketrennung. Als Maß für die Mahlfähigkeit wurde der Stärkegehalt der ausgewaschenen Schalenbestandteile, als Maß für eventuelle Schwierigkeiten der Eiweiß-Stärketrennung der Eiweißgehalt der gewonnenen Stärken angesehen.

3. Bestimmung der Qualität der Stärken.

Die Qualität einer Stärke wird vor allem durch ihre Kleister-Viskosität und die Gelfestigkeit bestimmt. Die Viskosität ermittelten wir nach einer von LINDEMANN (2) beschriebenen Methode mit dem BRABENDER-Viskographen; zur Bestimmung der Gelfestigkeit wurde der Gelograph von BRABENDER nach Arbeitsvorschriften von PAGENSTEDT (3) und DOSTAL (4) und ferner eine Methodik von WEISS (5) herangezogen.

Untersuchungsmaterial.

Als Untersuchungsmaterial wählten wir vier bekannte deutsche Maissorten und zum Vergleich daneben eine Reihe von importierten Sorten, die während der letzten 12 Monate in Deutschland vornehmlich zur Stärkegewinnung verwendet wurden.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die untersuchten Maissorten und deren chemische Zusammensetzung wieder.

Untersuchungsergebnisse.

1. Ausbeute an Stärke und Nebenprodukten.

Bei der Beurteilung eines Maismusters hinsichtlich seiner Eignung für die Stärkefabrikation steht an erster Stelle die Stärkeausbeute. Daneben ist die Ausbeute an Keimen von Interesse. Sie stellen auf Grund des hohen Ölgehaltes ein wertvolles Nebenprodukt dar, das bei der Kalkulation ins Gewicht fällt.

In Tabelle 2 sind die Stärke- und Keimausbeuten der untersuchten deutschen und ausländischen Maissorten zusammengestellt.

Wenn wir die untersuchten Maissorten nach ihrer Stärkeausbeute ordnen und in vier Gruppen einteilen, ergibt sich die Reihenfolge der Tabelle 3.

Wie man sieht, liefern die untersuchten deutschen Sorten zwar nicht die höchsten Stärkeausbeuten, doch sind der Pfarrkirchner Körnermais und der Gelbe badische Landmais mit Stärkeausbeuten von über 65% noch als gut geeignet zu bezeichnen. Der Chiemgauer Körnermais mit etwas über 64% Stärkeausbeute dürfte dagegen weniger Interesse für die Stärkefabrikation haben. Als ungeeignet für diesen Zweck muß der Mahndorfer Körnermais angesehen werden, der überhaupt von allen untersuchten Maissorten die weitaus niedrigste Stärkeausbeute ergab.

2. Verarbeitungstechnische Eignung.

Die verarbeitungstechnische Eignung eines Maises ist im Laboratoriumsversuch nur unvollständig zu erfassen. Ein klares Bild ergibt sich hier nur bei der in-

Tabelle 2. Stärke- und Keimausbeute.

Maissorte	Stärkeausbeute (g Stärke aus 100 g Mais)	Keimausbeute (g Keime aus 100 g Mais)	Ölgehalt der Keime % i. Tr.
Gelber bad. Landmais	65,5	8,1	53,0
Pfarrkirchner Körnermais	66,5	9,0	43,1
Mahndorfer Körnermais	54,9	8,0	48,3
Chiemgauer Körnermais	64,2	7,5	50,2
USA-Gelbmais	68,5	7,9	50,2
Costa-Rica-Mais	68,2	9,3	44,3
La-Plata-Mais	62,5	9,3	51,4
US 13 (jugosl.)	67,4	8,4	48,2
Zlatini zuban (jugosl.)	70,0	8,4	50,9
Angola-Mais	69,5	8,0	54,2
Marokko-Mais	60,5	9,2	50,4

Tabelle 3. Bewertung der Maissorten nach Stärkeausbeute.

Maissorte	Stärkeausbeute % i. Tr.	Eignung
Zlatini zuban Angola-Mais USA-Gelbmais Costa-Rica-Mais	68,1 — 71,0	sehr gut
US 13 (jugosl.) Pfarrkirchner Körnermais Gelber bad. Landmais	65,1 — 68,0	gut
Chiemgauer Körnermais La-Plata-Mais	62,1 — 65,0	ausreichend
Marokko-Gelbmais Mahndorfer frühreifer Körnermais	unter 62,0	nicht geeignet

dustriellen Verarbeitung. Wenn in dieser Richtung doch Laboratoriumsversuche durchgeführt wurden, so mit dem Ziel, eventuelle extreme Unterschiede zu ermitteln.

Es war schon ausgeführt worden, daß wir zur Bewertung der verarbeitungstechnischen Eignung zwei Kriterien herangezogen haben, einmal den Stärkegehalt der zurückbleibenden ausgewaschenen Schalen als Maß für die Mahlfähigkeit und zum anderen den Eiweißgehalt der gewonnenen Stärken.

Es zeigte sich, daß der Pfarrkirchner Körnermais und der Chiemgauer Körnermais sowohl hinsichtlich des Anfalles an Schalenbestandteilen als auch in Bezug auf den Stärkegehalt der ausgewaschenen Schalen günstig zu beurteilen sind. Beide Größen liegen bei diesen Sorten unter dem Durchschnitt. Etwas ungünstiger verhalten sich der Gelbe bad. Landmais und der Mahndorfer Körnermais, die sich beide schwieriger vermahlen und auswaschen lassen. Diese Eigenschaften sollen jedoch nicht überbewertet werden, weil sich ein wirklich vollständiges Bild aus dem Laborversuch nicht ergibt.

Die Stärke-Eiweißtrennung ergab bei allen vier deutschen Mustern keine Schwierigkeiten. Die Untersuchungen haben ganz allgemein gezeigt, daß derartige gelegentlich beobachtete Schwierigkeiten der Trennbarkeit von Stärke und Eiweiß weniger von der verarbeiteten Maissorte abhängen, als vielmehr auf Schädigungen des Mais, z. B. durch zu hohe Trocknungstemperaturen zurückzuführen sind.

3. Qualität der gewonnenen Stärken.

Wenn man vom Eiweißgehalt der Stärke absieht, der für viele Verwendungszwecke gleichgültig ist und einwandfreien Geruch und Geschmack voraussetzt, ist die Qualität der Stärke im wesentlichen durch die rheologischen Eigenschaften, also Viskosität und Gelfestigkeit, bestimmt.

Die Viskositätsmessungen wurden nach einer von uns früher veröffentlichten Methode (2) mit dem BRÄNDER-Viskographen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Tabelle 4. Kleisterviskositäten von Stärken aus deutschen und ausländischen Maissorten.

Maissorte bzw. Handelsbezeichnung	Viskositätsmaximum bei 93° C (25 g Stärke, 400 ccm Wasser)	Ergiebigkeit %
Gelber bad. Landmais	610 V. E.	101,5
Pfarrkirchner Körnermais	600 „	101,0
Mahndorfer Körnermais	670 „	104,5
Chiemgauer Körnermais	660	104,0
US 13 (jugosl.)	680	105,0
Costa-Rica-Weißmais	640	103,0
Zlatini zuban (jugosl.)	630	102,5
USA Gelbmais	630	102,5
La-Plata-Mais	570	99,7
Angola-Weißmais	560	98,6
Marokko-Gelbmais	560	98,6

Zum besseren Verständnis haben wir außerdem auf Grund der Viskositätswerte die jeweiligen Ergiebigkeiten berechnet.

Die Berechnung und Angabe der Ergiebigkeit wurde von uns in einer früheren Arbeit (2, 6) behandelt, bei der wir von etwa 100 handelsüblichen Maisstärkemustern die Viskosität bestimmten. Der ermittelte Durchschnittswert der Viskosität von Maisstärke betrug bei einer Konzentration von 25 g Stärke auf 400 ccm Wasser 575 V. E. (Viskograph-Einheiten). Stärken, deren Viskosität gerade diesem Durchschnittswert entsprechen, werden von uns mit der Ergiebigkeit von 100% bewertet. Alle Stärken, deren Viskosität unter 575 V. E. liegt, erhalten Ergiebigkeitszahlen unter 100%, solche, deren Viskosität höher liegt, entsprechend Ergiebigkeitswerte über 100%. Die Ergiebigkeitszahlen geben an, um wieviel Prozent man die Stärkekonzentration erhöhen oder erniedrigen muß, um die Durchschnittsviskosität zu erreichen.

Aus Tabelle 4 geht zunächst einmal ganz allgemein hervor, daß die Kleisterviskositäten aus den unter gleichen Bedingungen gewonnenen Maisstärken eine deutlich erkennbare Abhängigkeit von der verarbeiteten Maissorte zeigen. Ferner zeigen die Untersuchungen, daß die Viskositäten der Stärkekleister aus den verarbeiteten deutschen Maissorten über der Durchschnittsviskosität von 575 V. E. liegen und damit in dieser wichtigen Eigenschaft den ausländischen Rohstoffen nicht unterlegen sind.

Eine weitere wichtige Eigenschaft, die man bei der Bewertung einer Stärke zu berücksichtigen hat, ist deren Gelfestigkeit. Sie ist besonders wichtig, wenn die Stärke für Puddingpulver verwendet werden soll. Obwohl eine ganze Reihe von Methoden zur Bestimmung der Gelfestigkeit veröffentlicht worden sind, ist es doch wesentlich schwieriger, diese physikalische Eigenschaft eines Stärkegeles exakt und gut reproduzierbar zu erfassen als beispielsweise eine Viskositätsmessung an einem Stärkekleister durchzuführen.

Wir haben versucht, die Gelfestigkeit der aus den verschiedenen Maissorten gewonnenen Stärken nach der Methode von WEISS (5) und mit dem Gelometer nach dem Vorschlag von PAGENSTEDT (3) und DOSTAL (4) zu bestimmen. Von einer Wiedergabe dieser Zahlen möchten wir absehen, da sich auf Grund sehr zahlreicher Versuche gezeigt hat, daß die Unterschiede in der Gelfestigkeit der verschiedenen untersuchten Stärken durchweg nicht größer waren als die Fehlergrenzen der Methoden.

Die Stärken aus den deutschen Maissorten zeigten jedenfalls keine negativen Abweichungen hinsichtlich ihrer Gelfestigkeit gegenüber den anderen untersuchten Sorten.

Zusammenfassung.

Vier deutsche Maissorten, und zwar Gelber bad. Landmais, Pfarrkirchner Körnermais, Mahndorfer Körnermais und Chiemgauer Körnermais wurden im Vergleich zu sieben ausländischen Stärkesorten hinsichtlich ihrer Eignung als Rohstoff für die Stärkefabrikation untersucht. Die Untersuchungen erstreckten sich entsprechend den Anforderungen der Stärkeindustrie an den Mais auf die Bestimmung der Ausbeute an Stärke und Nebenprodukten, auf die verarbeitungstechnische Eignung und auf die Qualität der gewonnenen Stärke.

Die Versuche ergaben, daß Pfarrkirchner Körnermais und Gelber badischer Landmais gute Stärkeausbeuten lieferten. Während die Ausbeute an Stärke aus Chiemgauer Körnermais schon etwas unter dem gewünschten Wert lag, lieferte Mahndorfer Körnermais unbefriedigende Ergebnisse und kommt als Rohstoff für die Stärkeindustrie nicht in Frage.

Die Trennbarkeit von Stärke und Eiweiß gelang bei den vier deutschen Maissorten ohne Schwierigkeiten. Die Mahlfähigkeit und die Auswaschbarkeit der Stärke aus den Schalen war bei dem Gelben badischen Landmais und dem Mahndorfer Körnermais etwas erschwert. Hinsichtlich der Viskosität und Gelfestigkeit der Kleister standen die Stärken aus den untersuchten deutschen Maissorten den ausländischen Rohstoffen nicht nach.

Zusammenfassend ergibt sich, daß vor allem Pfarrkirchner Körnermais und Gelber badischer Landmais als Rohstoff für die Stärkefabrikation gut geeignet sind.

Literatur.

1. PELSSENKE, P. F. u. LINDEMANN, E.: Untersuchungen über die Eignung verschiedener Maissorten für die Stärkefabrikation. Die Stärke 6, 177—182 (1954). — 2. LINDEMANN, E.: Ein Überblick über die Viskosität von handelsüblichen Kartoffel- und Getreidestärken der letzten zwei Jahre und ein neuer Vorschlag zur Bestimmung der Ergiebigkeit. Die Stärke 4, 150—155 (1952). — 3. PAGENSTEDT, B.: Bestimmung der Gelfestigkeit von

Stärkekleistern mit dem Gelographen. Getreide und Mehl 1, 74—76 (1951). — 4. DOSTAL, L.: Weitere Erfahrungen über die Gelfestigkeitsbestimmung von Stärken mit dem Brabender Gelographen. Die Stärke 5, 4—7 (1933). — 5. WEISS, H.: Neuere Erfahrungen über die Bestimmung des Dickungsvermögens von Nährmitteln. Getreide, Mehl und Brot 3, 97—98 (1949). — 6. LINDEMANN, E.: Die Bestimmung der Ergiebigkeit von Weizen-, Mais- und Milostärke. Die Stärke 5, 62—64 (1953).

(Aus dem Institut für Acker- und Pflanzenbau Müncheberg/Mark der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin.)

Feldversuchswesen: die Gitterquadratmethode in praktischer Anwendung.

Von KARL F. ZIMMERMANN.

Von den neueren, sich auf der Anwendung der Varianzanalyse (VA) aufbauenden Methoden des Feldversuchs verdient die Gitterquadratmethode (GM) besondere Beachtung. Daß sie bisher in Deutschland nicht in größerem Maße angewendet wurde, hat seine Ursache hauptsächlich in einer gewissen Scheu der Versuchsansteller, sich mit der größeren Kompliziertheit des Verrechnungsganges vertraut zu machen. Fördernd auf diesen Umstand wirkt, daß die bisherigen deutschen Veröffentlichungen über dieses Thema nicht dazu angetan sind, diese Scheu zu überwinden. Den praktischen Versuchsansteller interessiert weniger die theoretische Grundlage einer Versuchsmethode als vielmehr ein Rezept für die Anwendung.

Die große Bedeutung der GM liegt darin, daß es mit ihr möglich ist, eine große Zahl von Versuchsgliedern auf geringstem Raum mit der größtmöglichen Effektivität auf ihre Leistungseigenschaften zu prüfen. Diese Möglichkeit sollte sich der Pflanzenzüchter in stärkerem Maße zunutze machen. Gerade er steht oft vor der Notwendigkeit, zahlreiche, zuweilen Hunderte von Zuchtstämmen auf ihre Anbauwürdigkeit zu prüfen. Bei der heute meist hierfür benutzten Langparzellenmethode entsteht durch die Einschaltung zahlreicher Standardparzellen eine erhebliche Belastung des Versuchsbetriebes. Auch bei Unterteilung des Materials und Anlegung von vielen kleineren Versuchen (z. B. nach der Blockmethode) muß in jeder Gruppe ein Standard als Versuchsglied geführt werden, um mit dessen Hilfe die Erträge aller Versuchsglieder auf gleiches Niveau umrechnen zu können. Bei der GM fällt jede überflüssige Arbeit auf dem Versuchsfeld weg, da nur die Versuchsglieder, von denen eins zum Vergleich verwendet wird, angebaut werden. Es können 9—225 (oder mehr) Versuchsglieder in einem einheitlichen Versuch geprüft werden.

Wie sich weiter unten zeigen wird, ist der Verrechnungsgang bei weitem nicht so kompliziert, wie es zunächst den Anschein hat. Da er beim einheitlichen Versuch nur 1 mal durchgeführt zu werden braucht und nicht wie bei der erwähnten Unterteilung viele kleine Versuche verrechnet werden müssen, ist der Gesamtaufwand an Rechenarbeit nicht größer als bei anderen Methoden, wenn die Zahl der Versuchsglieder gegeben ist.

Es ist unumgänglich, etwas über die Prinzipien der GM zu sagen, wenn hier auch nicht der Ort ist, ihre

theoretischen Grundlagen zu erörtern. Interessenten mögen sich anhand der Literatur informieren (COCHRAN and COX). Wesentlich ist, daß die Anwendung der Methode ohne eingehende Kenntnis ihres geistigen Gehalts möglich ist, wenn eine gewisse Schematisierung verwendet wird.

Die GM ist eine Methode der unvollständigen Blocks, d. h., daß in einem „Block“ nicht wie bei der FISHER-Blockmethode u. a. Verfahren alle Versuchsglieder 1 mal vertreten sind, sondern sie kommen nur 1 mal in einem Quadrat vor. Die Verteilung der Versuchsglieder innerhalb des Quadrates erfolgt auf Grund des Strukturplanes in der Weise, daß jedes Versuchsglied mit jedem anderen 1 mal bzw. 2 mal in einem Block oder einer Säule vorkommt.

Der Aufbau eines Strukturplanes ist bei manchen Gitterquadratversuchen schwierig. Es soll deswegen nicht darauf eingegangen werden, zumal für alle vorkommenden Gitterquadrate Strukturpläne in der Literatur veröffentlicht sind (COCHRAN and COX, MUDRA, ZIMMERMANN).

Die Zahl der Versuchsglieder (v) liegt bei der GM fest. Sie sind immer Quadratzahlen, wie aus der Tabelle 1 hervorgeht.

Tabelle 1.

Nr.	v	k	Formel	q	Parzellen
1	9	3	$k + 1/2$	2	18
2	16	4	$k + 1$	5	80
3	25	5	$k + 1/2$	3	75
(4)	(36)	(6)	$(k + 1)$	(7)	—
5	49	7	$k + 1/2$	4	196
6	64	8	$k + 1$	9	576
7	81	9	$k + 1/2$	5	405
(8)	(100)	(10)	$(k + 1)$	(11)	—
9	121	11	$k + 1/2$	6	726
10	144	12	$k + 1$	13	1872
11	169	13	$k + 1/2$	7	1183
12	196	14	$k + 1$	15	2940
13	225	15	$k + 1/2$	8	1800
14	256	16	$k + 1$	17	4352

Dies ergibt sich daraus, daß die Zahl der Versuchsglieder in Block und Säule wie bei anderen quadratischen Versuchsanlagen (z. B. lat. Quadrat) gleich sind. Von den Quadraten der Zahlen 3, 4, 5, 6, 7, 8 . . . (k) fallen die Zahlen 6 und 10 aus, da es bisher nicht gelungen ist, Strukturpläne für diese Versuchsgrößen aufzustellen, welche die genannte Bedingung, daß jedes Versuchsglied mit jedem anderen 1 oder 2 mal in