

Zeitschrift: Bericht über die Tätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft
Band: 79 (1963)

Artikel: Chemische Methoden zur Bestimmung des Gelatinisationsgrades der Stärke
Autor: Holliger, Adolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-832782>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

CHEMISCHE METHODEN
ZUR BESTIMMUNG
DES GELATINISATIONSGRADES
DER STÄRKE

ADOLF HOLLIGER

Allgemeines

Die Stärke ist neben der Zellulose das wichtigste Assimilationsprodukt der Pflanzen. Während der intensiven Assimilationstätigkeit wird ein Vorrat von Stärke gebildet und in folgenden Reservebehältern abgelagert:

- a) Knollen und Wurzeln: Kartoffeln, Cassavastrauch etc.
- b) Früchte und Samen: Getreide, Mais, Bohnen, Erbsen, Linsen etc.
- c) Stamm: Sagopalme

Im Pflanzenbereich besitzt sie die typische Funktion eines Reservestoffes und spielt insbesondere bei der Ernährung der Jungpflanze eine ausschlaggebende Rolle.

Die Stärke ist ein feines weißes oder gelblich-weißes Pulver, das aus einfachen oder zusammengesetzten, verschieden geformten Körnern besteht. Diese Stärkekörner sind meist schon mit geringen Vergrößerungen im Mikroskop leicht zu erkennen.

Die kleinsten Körner sind 0,001 bis 0,002 mm groß, die größten erreichen einen Durchmesser von nahezu 0,2 mm.

Wie die Röntgenuntersuchung gezeigt hat, besitzen die Stärkekörner eine kristalline Struktur; sie bilden doppelbrechende Sphärorkristalle mit radial gestellten feinen Kristallnadeln. Im kalten Wasser, Alkohol und Äther ist Stärke nahezu unlöslich und muß deshalb im Bedarfsfall in der Pflanze durch Enzyme (Amylase, Phosphorylase) in den leicht transportierbaren Traubenzucker umgewandelt werden.

Die Stärke ist keine chemisch einheitliche Verbindung. Sie besteht in erster Linie aus den beiden Hauptbestandteilen

1. Amylose
2. Amylopektin

Grundbaustein der Stärke ist die Glucose (Traubenzucker).

Die Amylose macht 15 bis 25 % der meisten nativen Stärken aus und besteht aus zahlreichen (250 bis 300) Glucoseresten, die (1 → 4) α -glucosidisch verknüpft sind. Die resultierende geradlinige Glucosekette liegt in Schraubenform aufgewickelt vor.

Amylopektin ist dagegen buschartig verzweigt. Hier sind die Glucoseeinheiten α -(1 → 4) und α -(1 → 6)glucosidisch verbunden.

Sowohl bei der Amylose wie beim Amylopektin befinden sich Phosphatgruppen in geringer Zahl eingebaut, die den fermentativen oder enzymatischen Abbau ernstlich beeinträchtigen können und

zur Eliminierung spezielle Enzyme erfordern. Durch die thermische Behandlung wässriger Stärkesuspensionen bei 70 °C und höher verkleistert oder gelatinisiert die Stärke. Bei diesem thermischen Aufschlußprozeß handelt es sich um eine Hydratation (irreversible Quellung) und keine Hydrolyse, denn Dextrine, wie die höhermolekularen wasserlöslichen Abbauprodukte genannt werden, entstehen kaum. Dagegen erhalten wir die sogenannten Stärkekleister. Die gelatinöse Beschaffenheit dieser zum Teil hochviskosen, aus gequollenen und geplatzten Stärkekörnern bestehenden Massen rührt vom aufgequollenen Amylopektin her. Die Amylose (der Inhalt der Stärkekörner) geht kolloidal in Lösung.

Rein mengenmäßig ist Stärke das wichtigste Nahrungsmittel des Menschen. Man schätzt den täglichen Kohlenhydratbedarf der Erwachsenen auf etwa 500 g, wovon das meiste in Form von Stärke (Brot, Backwaren, Teigwaren, Breien usw.) eingenommen und von den Verdauungsfermenten (und der Salzsäure des Magens) sukzessive zu Traubenzucker abgebaut wird.

Besonders wichtig für die menschliche Ernährung ist das Faktum, daß der enzymatische Angriff auf Stärkekleister ungleich rascher erfolgt als auf rohe und native Stärke. Die Stärke muß deshalb, um dem Menschen (besonders im Kindesalter) zuträglich zu sein, zuerst gelatinisiert, das heißt gekocht, gedämpft, heiß extrudiert, gefrittet, gebacken usw., werden. Sehr mannigfaltig ist bereits der Maschinenpark der Lebensmittelindustrie für diese Aufgabe.

Wie läßt sich nun die Wirkung dieser Maschinen überwachen, oder anders ausgedrückt, was für Methoden stehen uns zur Überprüfung des Aufschlußgrades gekochter Stärke zur Verfügung?

Als hauptsächlichste Methoden wären hier zu nennen:

1. Direkte Messung des Gelatinisationsgrades der Stärkekörner auf chemischem oder physikalischem Wege.
2. Viskositäts- und Konsistenzmessungen und Bestimmung des Quellgrades.
3. Löslichkeitstests.

Uns interessieren in erster Linie die unter Punkt 1 erwähnten Methoden.

Zur Bestimmung des Gelatinisationsgrades an physikalischen Methoden haben wir die mikroskopische und die refraktrometrische. In neuester Zeit wurde auch die Dielektrizitätskonstante zur Beurteilung des Verkleisterungsverhaltens von Stärken vorgeschlagen.

Bis jetzt haben sich jedoch die zuletzt aufgeführten zwei Methoden kaum durchgesetzt, und die Hauptmethode für die Bestimmung bzw. Abschätzung des Gelatinisationsgrades ist nach wie vor die mikroskopische.

Diese Methode ist schnell durchführbar, besitzt aber einige entscheidende Nachteile, und zwar:

1. Sie erfaßt nur den Beginn des Verkleisterungsbereiches (Verlust der Doppelbrechung am Anfang der Quellungsperiode der Stärkekörner).

2. Es kann nur mit geringer Substanzmenge gearbeitet werden.

3. Es handelt sich um eine sogenannte Schätzungs-, bestenfalls Auszählmethode.

Der Bedarf an zuverlässigen Methoden zur Beurteilung der Verkleisterungsverhältnisse war demnach nach wie vor aktuell.

Die Basis der neuen analytischen Methode bildet der enzymatische Angriff auf Stärkemoleküle. Bereits ist erwähnt worden, daß dieser auf verkleisterte Stärke ungleich stärker erfolgt als auf native. In mühsamer Kleinarbeit konnte durch unsere Eigenversuche eindeutig bestätigt werden, daß der enzymatische Abbau direkt proportional dem Verkleisterungsgrad verläuft. Von den verwendeten Enzympräparaten ergaben nur gereinigte β -Amylasen (frei von α -Amylasen) eindeutige und reproduzierbare Ergebnisse.

Bekanntlich erfolgt der Angriff mit β -Amylase sowohl beim Amylopektin wie bei der Amylose an den nichtreduzierenden Enden der Ketten, wobei jeweils zwei Glucosereste als *Maltose* abgespalten werden. Da β -Amylase Verzweigungen nicht überspringen kann wie die α -Amylase, resultiert als Endprodukt neben der bereits erwähnten Maltose ein hochviskoses Dextrin. Als Maß für den Abbau von β -Amylasen dient die Menge an reduzierendem Zucker (ausgedrückt als mg Maltose pro Gramm Einwaage), bestimmt nach «Cereal Lab. Methods 7th Ed.».

Der enzymatische Abbau der thermisch aufgeschlossenen Stärkepräparate erfolgt in gepufferter schwach saurer wässriger Suspension (pH 4,6–4,8) in einem Erlenmeyerkolben bei 30 °C.

Kurz zusammengefaßt lautet das Prozedere der neuen enzymatischen Methode wie folgt:

- Zerkleinern des wärmebehandelten Musters
- Durchmischung des eingewogenen Musters mit geglühtem Seesand und Natriumazetatpuffer

- Beimischung der Enzymlösung
- Inkubation in einem thermostatisierten Wasserbad
- Beigeben von Schwefelsäure und Wolframatlösung zum Abtöten der Enzyme
- Filtration durch Weißbandfilter
- Titrimetrische Bestimmung der reduzierten Zucker
- Das Resultat wird als mg Maltose pro g Einwaage angegeben.

*Zusammenhang zwischen thermischem Aufschlußgrad
(Verkleisterungsgrad) und enzymatischem Abbau*

a) Beispiel Tapiokastärke

Die thermische Behandlung der Stärkesuspension geschah unter standardisierten Bedingungen im Kochtopf des Brabender Amylographen. Dabei ist die gleichmäßig durchgerührte 3 %ige wässrige Stärkesuspension kontinuierlich (1,5 °C pro Minute) aufgeheizt worden. Die Probeentnahme für die Analyse erfolgte während des Aufheizens bei den vorgesehenen Temperaturen. Der enzymatische Abbau der gezogenen Muster geschah sofort nach dem Erkalten auf 30 °C unter Zugabe von Enzymen und Puffersubstanzen.

Abb. 1 gibt uns die Ergebnisse der Versuche mit Tapiokastärke wieder. Wie ersichtlich, ist der enzymatische Abbau bis zum Beginn der Gelatinisation (etwa 50 °C) sehr gering, steigt dann aber plötzlich an. Anschließend erfolgt ein weiterer, allerdings verlangsamter Anstieg.

b) Beispiel Weizenstärke

Bei diesen Versuchen haben wir den enzymatischen Abbau während der Verkleisterungsphase mit Weizenstärke etwas genauer untersucht. Dabei haben wir den Beginn der Gelatinisation zusätzlich mikroskopisch verfolgt und die Ergebnisse der beiden Verfahren einander in Abb. 2 gegenübergestellt.

Deutlich ist ersichtlich, daß in dem Gebiet, wo die Doppelbrechung der Stärkekörner verlorenggeht, die Maltosebildung weitaus am stärksten zunimmt. Das Maximum der Zunahme (Wendepunkt) liegt dort, wo $\approx 50\%$ Stärkekörner die Doppelbrechung bereits verloren haben. Die entsprechende Aufheiztemperatur findet sich vielfach in der Literatur als sogenannte *Verkleisterungstemperatur*.

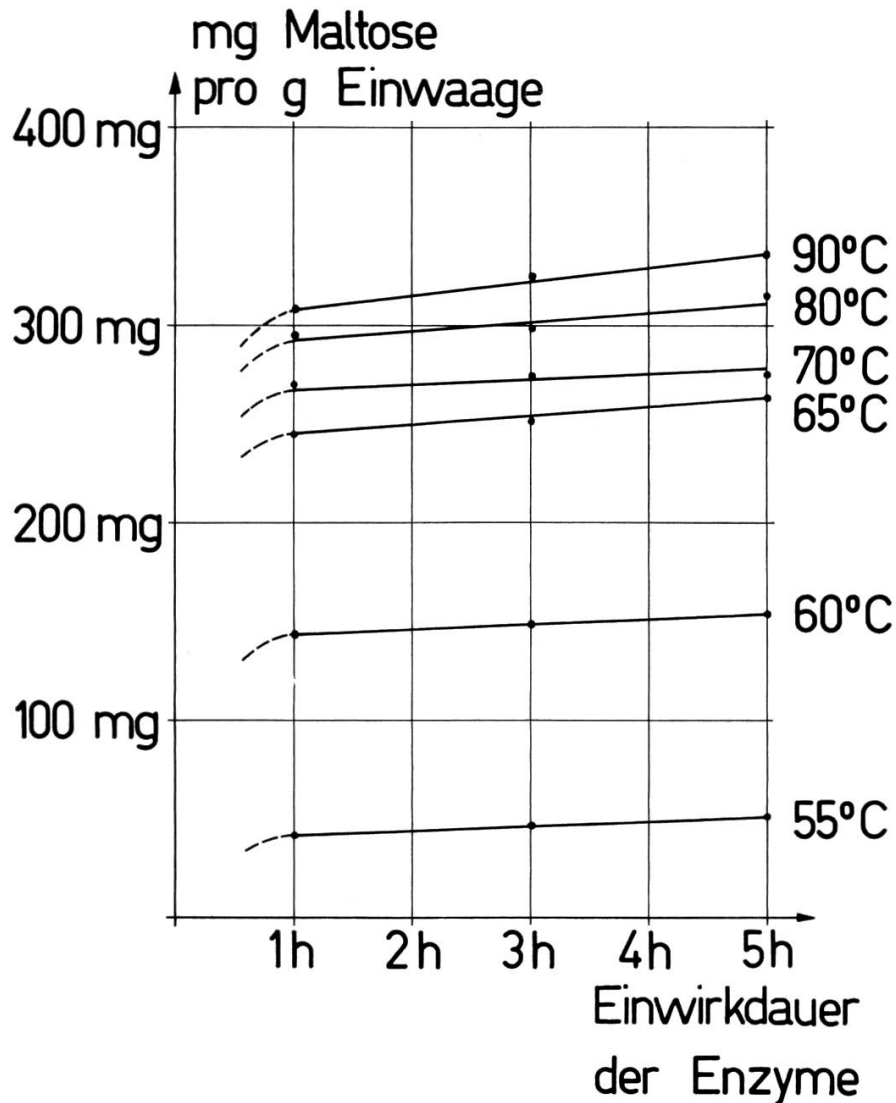
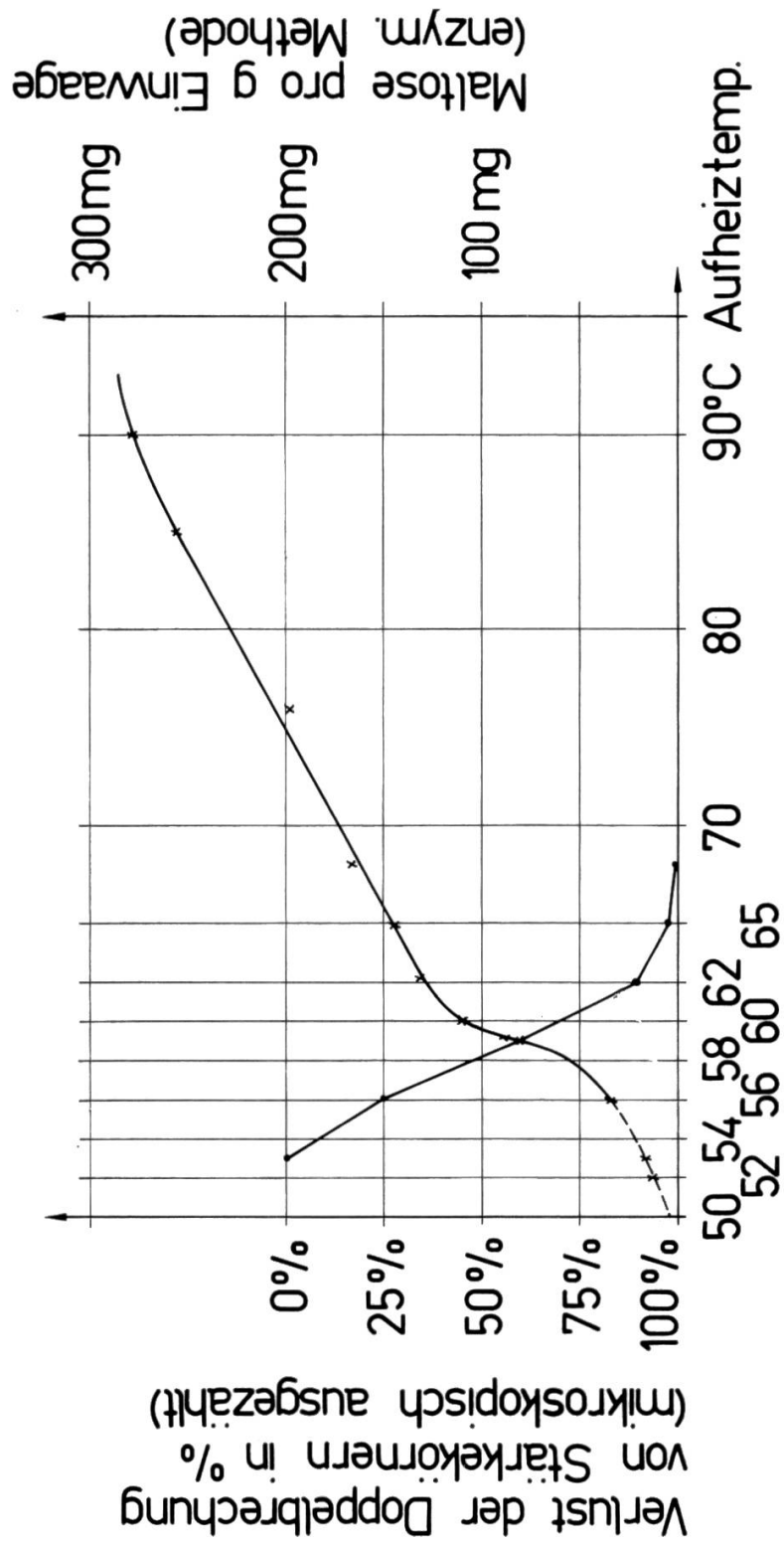


Abb. 1 Enzymatischer Abbau aufgeheizter Stärkesuspensionen (3%ig aufgeheizt)
Stärkeart: Tapiokastärke

Im letzten Abschnitt betrachten wir die durch Wärmeeinwirkung bereits gelatinisierten Stärkeprodukte der Praxis. Von besonderem Interesse sind dabei die bei höheren Temperaturen extrudierten Mehl- und Stärkemischungen mit und ohne Expansion.

Untersuchung von Extruderprodukten

Abb. 3 gibt uns die Ergebnisse von vier verschiedenen Extruderprodukten wieder. Diese Produkte sind direkt (ohne Aufheizen im Kochtopf des Amylographen) enzymatisch abgebaut worden.



Einwirkdauer der Enzyme: 2 h bei 30°C

Abb. 2 Vergleich der enzymatischen mit der mikroskopischen Methode
Stärkeart: Weizenstärke (3% ige Suspension aufgeheizt)

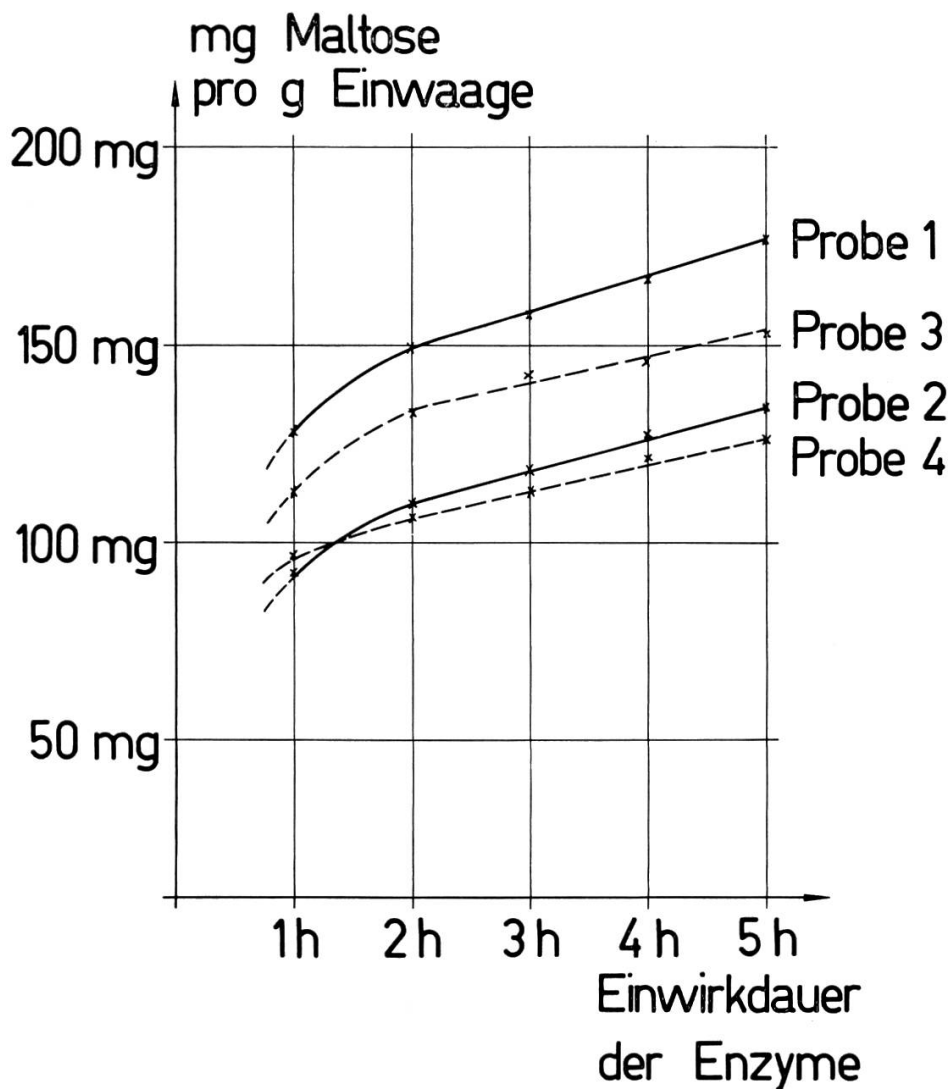


Abb. 3 Enzymatischer Abbau von suspendierten Extruderprodukten

Dabei handelt es sich um die folgenden Muster:

Probe 1: Bei hohen Temperaturen im Plastikextruder verpreßtes Durumweizenprodukt.

Probe 2: Bei mäßigen Temperaturen im erhitzten Teigwarenextruder verpreßtes Durumweizenprodukt.

Probe 3: Bei relativ hohen Temperaturen im geheizten Teigwarenextruder verarbeitetes Maisprodukt.

Probe 4: Bei relativ niederen Temperaturen im geheizten Teigwarenextruder verarbeitetes Maisprodukt.

Wie ersichtlich, spricht die enzymatische Methode deutlich auf die Hitzeeinwirkung während des Extrusionsprozesses an.

Mit dieser Methode steht nun generell dem Verfahrenstechniker und dem Maschinenbauer ein Hilfsmittel zur Verfügung, den Vorgang in Maschinen, in welchen eine Stärkeverkleisterung stattfindet, in technologischer Hinsicht beurteilen und verändern zu können, wo die bisherigen Methoden nur unzulängliche Informationen bringen konnten.

Adresse des Verfassers:
Adolf Holliger
Dr. chem.
Uzwil / Schweiz