

Entwicklung einer Schnellmethode sowie Ableitung geeigneter Prozessparameter zur Vermeidung von stärkebasierten Verarbeitungsschwierigkeiten im Brauprozess



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Technische Universität München School of Life Sciences Forschungsdepartment Life Science Engineering Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie Prof. Dr. Thomas Becker/Christoph Neugrodda
Industriegruppe(n):	Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e. V. (Wifö), Berlin Weihenstephaner Förderverein für Brau-, Getränke- und Getreidetechnologie e. V., Freising Braugersten-Gemeinschaft e.V., München
Projektkoordinator:	Daniel Wittek Augustiner-Bräu Wagner KG, München
Laufzeit:	2022 – 2025
Zuwendungssumme:	€ 274.108,--

Ausgangssituation

Die physiko-chemischen und strukturellen Eigenschaften der Stärke des Braumalzes sowie deren Verkleisterungstemperatur beeinflussen den Stärkelösungsprozess („Maischen“), die Filtrationsteilschritte, den Gärverlauf im Brauprozess und damit die Qualität des resultierenden Bieres maßgeblich. Die beiden klimatischen Extremjahrgänge 2018 und 2019 führten zu spürbaren Qualitätseinbußen hinsichtlich des Verzuckerungserfolges der Malzstärke im Sudhaus. Trotz guter enzymatischer Ausstattung kam es vermehrt zu Ausbeuteverlusten, niedrigen Endvergärungsgraden und verlängerten Verzuckerungszeiten, die die Bierqualität sowie den wirtschaftlichen Erfolg der beteiligten Unternehmen stark beeinträchtigten. Diese Problematik betrifft letztendlich die gesamte Verarbeitungskette von den Pflanzenzüchtern über die Mälzereien bis hin zu den Brauereien.

Eine Ursache liegt darin begründet, dass die trockene und heiße Witterung während der Kornfüllungsphase zu einer veränderten Stärkesynthese führt, welche in einem veränderten Aufbau der Stärke resultiert. Dieser äußert sich in den analytisch erfassbaren Stärkecharakteristika, d. h. in erhöhten Verkleisterungstemperaturen, veränderten A/B-Korn-Verhältnissen, erhöhten Stärkekrystallinitäten und verschobenen Amylose/Amylopektin-Verhältnissen. Diese These stützt sich auf wissenschaftliche Erkenntnisse verschiedener Forschergruppen, die den Zusammenhang zwischen Witterungsbedingungen und der Stärkesynthese bzw. der resultierenden Stärkestruktur untersucht haben und konnte auch in Vorversuchen bzw. in Untersuchungen von problematischen Industriechargen an der Forschungsstelle belegt werden. Die Vorarbeiten sowie die untersuchten Praxismuster untermauern, dass ein Zusammenhang zwischen Trockenheit bzw. Hitze während der Kornfüllungsphase und der resultierenden Verkleisterungstemperatur (Malzqualitätsmerkmal) besteht. In den Brauereien

führte die Verarbeitung dieser Chargen zu stark unterschiedlichen Endvergärungsgraden (analytisches Merkmal zur Indikation der vergärbaren Zucker) bzw. zu Fermentationsproblemen.

In Hinblick auf den Klimawandel ist davon auszugehen, dass Extremwetterereignisse und somit auch besonders heiße und trockene Sommer in Deutschland immer häufiger auftreten werden. Es kann demnach angenommen werden, dass damit einhergehende stärkeseitige Verarbeitungsschwierigkeiten die Brauwirtschaft zukünftig vermehrt herausfordern werden. Um auf „Problem-Chargen“ frühzeitig reagieren zu können, wäre deshalb eine frühzeitige analytische und praxistaugliche Identifizierung bzw. Bewertung von verarbeitungskritischen Stärkecharakteristika in den Rohstoffen und insbesondere zur Ableitung des zu erwartenden Verzuckerungserfolgs wichtig.

Bis dato zur Verfügung stehende Methoden sind zeitaufwändig und teuer. In der Routineanalyse der Mälzereien und Brauereien wird derzeit lediglich die Verkleisterungstemperatur als Beurteilungskriterium herangezogen. Die Verkleisterungstemperatur gibt die Temperatur an, bei der die Stärkekörner eine tangentielle Quellung erfahren und gleichzeitig ihre kristalline Eigenschaft verlieren. Unterhalb dieser kritischen Temperatur können die Stärkekörner nur sehr langsam hydrolysiert werden. Die Angreifbarkeit der Stärke ist somit abhängig von der Verkleisterungstemperatur. Die derzeit in der Praxis eingesetzten rotationsviskosimetrischen Analysenmethoden für Gerste/Rohfrucht und Malz nach MEBAK erlauben allerdings lediglich eine Aussage über den Beginn der Verkleisterungstemperatur, nicht jedoch über das Verkleisterungs- bzw. Verzuckerungsverhalten im Prozessverlauf. Kritische Chargen, die ggf. im Prozess nachverzuckern bzw. deren Stärkeangreifbarkeit erst außerhalb des Aktivitätsbereichs der amylolytischen Enzyme gegeben ist, können bis dato nicht erkannt werden.

Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung einer praxistauglichen Schnellmethode zur frühzeitigen analytischen Erfassung des Verkleisterungsverhaltens aller Stärkefraktionen eines Braugetreides über den Prozessverlauf und die systematische wissenschaftliche Analyse der Veränderungen dieses Verkleisterungsverhaltens durch die zugrundeliegende rohstoffbedingte Stärkestruktur.

Forschungsergebnis

Durch die Analyse der Stärkeeigenschaften verschiedener Gerste- und Weizenmalzen und deren Verzuckerungsverhaltens konnte gezeigt werden, dass die mittels der DSC-Methode gewonnenen Werte (Onset-, Peak-, Endset-Temperatur, Enthalpie) signifikant mit dem Verzuckerungserfolg der Stärke in Malzen korrelieren und damit als kritische Merkmale gesehen werden können. Ferner wurde festgestellt, dass die Ergebnisse der viskosimetrischen Bestimmung der Verkleisterungstemperatur mittels Rapid-Visco-Analyser (RVA) kein hohes Vorhersagepotenzial für den Verzuckerungserfolg aufweist und somit als alleinige Stärkecharakterisierung in Braumalzen ungeeignet ist.

Durch eine methodische Weiterentwicklung der ursprünglichen RVA-Methode gelang es, den gesamten Verkleisterungsprozess zu erfassen. Dies wurde durch eine reduzierte Heizrate, die enzymatische Inaktivierung mittels Silbernitrat sowie einer angepassten Auswertung erreicht. Analog zu den DSC-Parametern konnten Onset-, Peak- und Endset-Temperaturen sowie die maximale Viskositätsänderung beschrieben werden, die Auskunft über den Anteil verkleisternder Stärke zur Peak-Temperatur gibt. Die Validierung der erweiterten RVA-Methode anhand praxisrelevanter Musterproben zeigte eine deutliche Korrelation der neuen RVA-Kennwerte mit dem Verzuckerungsverhalten im Maischprozess. Insbesondere die maximale Viskositätszunahme erwies sich als hoch aussagekräftig für die Identifizierung kritischer Malzchargen. Die neue RVA-Methode bietet zudem auch ein hohes Vorhersagepotential für den Verzuckerungserfolg.

Im Bereich der technologischen Prozessoptimierung wurden verschiedene Maischverfahren bei kritischem Malzen sowohl im Labor- als auch im Praxismaßstab erfolgreich getestet. Infusionsverfahren mit niedriger Eimaischtemperatur und anschließender Kombirast führten dabei zu den höchsten Gehalten an vergärbaren Zuckern. Die analytischen Bierparameter zeigten insgesamt nur geringe Unterschiede zwischen den Verfahren; allein die Trübungswerte fielen bei einem der angepassten Verfahren günstiger aus. Ergänzende sensorische

Prüfungen bestätigten darüber hinaus Verbesserungen im Mundgefühl und in der Gesamtbewertung, sodass ein technologisch optimiertes Maischverfahren für den Umgang mit kritischen Malzqualitäten abgeleitet werden konnte.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Problematik betrifft eine Vielzahl von an der gesamten Verarbeitungskette beteiligten Unternehmen (Pflanzenzüchter, Mälzereien, Brauereien), die weit überwiegend zu den kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) gehören.

Durch die im Projekt gewonnenen Ergebnisse ergeben sich in den einzelnen Zulieferindustrien erhebliche wirtschaftliche Vorteile. Die Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen Stärkestruktur und Verzuckerungsverhalten können in der Züchtung neuer Braugerstensorten berücksichtigt werden, um Braugersten mit günstigen Stärkeeigenschaften zu selektieren. In einem Folgeprojekt wird zudem die regulatorische Antwort von Braugerste auf biotischen und abiotischen Stress untersucht und mit resultierenden Stärkeeigenschaften korreliert, um so Kandidaten für Markergene zu finden, welche die Selektion neuer klimatoleranter Braugerstensorten mit günstigen Stärkeeigenschaften beschleunigen.

Durch die Züchtungserfolge profitieren die Mälzereien, da sie nun die Möglichkeit haben, Braugerstensorten zu kaufen, welche durch günstige Stärkeeigenschaften charakterisiert sind. Zudem können eventuelle Malzchargen mit ungünstigen Stärkeeigenschaften, gezielt Brauereien angeboten werden, die außerhalb des Reingebotes arbeiten und mit technischen Enzymen den Verzuckerungserfolg unabhängig von Stärkeeigenschaften sicherstellen können. So bekommen die deutschen Brauereien Braumalz mit höchstmöglicher Qualität und mit günstigen Stärkeeigenschaften. Regressforderung durch schlechte Vergärungsgrade können so vermieden werden, da das Malz als Ursache ausgeschlossen werden kann.

Brauereien profitieren direkt von den Effekten des Projektes auf die Mälzereien. Diese sichern eine hohe Rohstoffausbeute und damit ein reduziertes Verarbeitungsrisiko und eine gleichbleibend hohen Endproduktqualität. Des Weiteren verfügen Brauereien durch die im Projekt erarbeitete neuen RVA-Methode über eine bessere Bewertung des Verkleisterungsverhaltens von Malzproben. Nun ist es möglich mithilfe eines RVAs ähnliche Aussagen zu treffen wie mit der DSC, wobei die Kosten für das RVA-Gerät deutlich geringer sind. So können kritische Chargen frühzeitig erkannt werden.

Zudem konnten im Projekt Maischverfahren erarbeitet werden, die bei möglichen stärkebedingte Verzuckerungsproblemen eingesetzt werden können, um so die Defizite der Stärke auszugleichen. Dies trägt zu einer möglichst hohen Ausbeute vergärbaren Zucker und somit zu einer hohen Bierqualität trotz ungünstiger Stärkeeigenschaften der Malzcharge bei. Dadurch kann ein hoher wirtschaftlicher Schaden für die Brauereien verhindert werden. Ein stärkebedingter Rückgang der Rohstoffausbeute um lediglich 1 % führt in einer Brauerei bei einem Jahresausstoß von 500.000 hl, einer Schüttung von 16 kg/hl und einem durchschnittlichen Malzpreis von 800 €/t (Stand: 2025) zu jährlichen Mehrkosten in Höhe von 64.000 €. In Anbetracht der steigenden Malzpreise der letzten Jahre ist eine zuverlässige Verzuckerung im Maischprozess entscheidend, um potenzielle Mehrkosten zu vermeiden.

Aufgrund der Struktur der deutschen Brauereien leisten die im Vorhaben erzielten Ergebnisse in vielerlei Hinsicht einen Beitrag zur Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen und helfen die Gefahr einer geringen Rohstoffausbeute und damit einhergehenden Kosten zu minimieren.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2025.
2. Franz, V., Schneiderbanger, J., Neugrodda, C. & Becker, T.: Die Stärke im Fokus der Forschung. BRAUWELT 2025, 1, 12-15 (2025).
3. Franz, V., Neugrodda, C., Hoheneder, F., Hückelhoven, R. & Becker, T.: Einfluss von Stressfaktoren auf die Stärkesynthese in Braugerste. Der Weihenstephaner 2025, 1 (2025).

Weiteres Informationsmaterial

Technische Universität München
School of Life Sciences
Forschungsdepartment Life Science Engineering
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Weihenstephaner Steig 20, 85354 Freising
Tel.: +49 8161 71-3262
Fax: +49 8161 71-3883
E-Mail: tb@tum.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 125, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 3079699-0
Fax: +49 228 3079699-9
E-Mail: fei@fei-bonn.de

Förderhinweis

... ein Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bildnachweis - Seite 1: © yurakp - Fotolia.com #76767846

Stand: 27. Februar 2026