Einfluss von biotischen und abiotischen Stressfaktoren auf Stärkesynthese und brautechnologische Verarbeitungsmerkmale von Gerste

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Technische Universität München - School of Life Sciences Forschungsdepartment Life Science Engineering Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie Prof. Dr. Thomas Becker/Dipl.-Ing. Christoph Neugrodda Technische Universität München - School of Life Sciences Department Molecular Life Sciences Lehrstuhl für Phytopathologie Prof. Dr. Ralph Hückelhoven/Felix Hoheneder
Industriegruppe(n):	Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. (Wifö), Berlin Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V. (GFPi), Bonn Weihenstephaner Förderverein für Brau-, Getränke- und Getreideforschung e. V. (WFBGG), Freising
Projektkoordinator:	Dr. Erika Hinzmann Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. (Wifö), Berlin
Laufzeit:	2024 – 2027
Zuwendungssumme:	€ 513.422,49

Forschungsziel

Die Ernteergebnisse der letzten Jahre haben gezeigt, dass der Klimawandel einen immensen Einfluss auf die Erntemengen und die Verarbeitungsqualitäten der deutschen Braugerste und damit der gesamten Wertschöpfungskette der Brauwirtschaft hat. Während der Vegetationsphase sind die Pflanzen verstärkt verschiedenen Stressfaktoren ausgesetzt, die maßgeblichen Einfluss auf die Menge und die Qualität der Braugerstenernte ausüben. Zwei Stressarten sorgen für suboptimale Wachstumsbedingungen der Braugerste: der abiotische Stress (beispielsweise Hitze, Trockenheit) und der biotische Stress (Pathogenbefall), welcher zudem durch den abiotischen Stress verstärkt werden kann. Als landwirtschaftlicher Rohstoff reagiert die Braugerste auf klimatische Veränderungen während der Vegetationsperiode, was in den vergangenen Jahren in Brauereien in Deutschland vermehrt zu rohstoffbedingten Prozessmängeln (z. B. geringe Ausbeuten, Verzuckerungs- und Vergärungsprobleme) und daraus resultierenden Qualitätsproblemen führte. Eine mögliche Ursache hierfür ist ein ungünstiges Verkleisterungs- und Verzuckerungsverhalten der Stärke im Gerstenmalz. Jedoch sind die genauen Einflussfaktoren der Witterung auf die Stärkequalität der Braugerste noch nicht ausreichend

wissenschaftlich verstanden, um auf Verarbeitungsprobleme sowohl züchterisch als auch prozesstechnisch ausreichend zu reagieren. Eine möglichst vollständige Verkleisterung der Stärke ist die Voraussetzung für eine rasche Verzuckerung im Brauprozess und gewährleistet eine hohe Extraktausbeute. Ist die Verkleisterungstemperatur zu hoch, divergiert dies zu den Temperaturkorridoren der amylolytischen Enzyme beim Maischen. Die Enzymaktivität der β-Amylase nimmt ab 65 °C rapide ab. Ist die Stärke bei dieser Temperatur im Maischprozess noch nicht verkleistert, kann sie nicht in vergärbare Zucker gespalten werden. Der Prozess der Verkleisterung ist stark abhängig von der mikroskopischen und makroskopischen Struktur der Stärke, welche durch das Zusammenspiel der Enzyme der Stärkesynthese in der Kornfüllungsphase bestimmt wird. Die Expression und Aktivität der beteiligten Enzyme wird in Abhängigkeit der biotischen und abiotischen Stressbedingungen während der Vegetationsphase der Gerste reguliert, wobei jedoch der Einfluss einzelner Synthese-Enzyme auf die Struktur der Stärke und damit auf den kumulativen Gesamtzusammenhang bisher unbekannt ist.

Durch den Klimawandel bedingte erhöhte Temperaturen und Perioden mit langanhaltender Trockenheit im Wechsel mit einzelnen Starkregenereignissen verstärken die Dynamik im Befall sowie den Verlauf und die Schwere von Pflanzenkrankheiten. Insbesondere die Infektion und Schwere von Ährenkrankheiten an Getreide, verursacht durch *Fusarium spp.*, stehen in enger Assoziation mit den Witterungsbedingungen. Prognosen deuten auf eine Zunahme von Fusarium-Krankheiten durch veränderte Klima und Witterungsbedingungen, sowie negative Effekte auf die Resistenz der Wirtspflanzen hin. Es wurde gezeigt, dass die *Fusarium*-Belastung von Gerste in den letzten Jahrzehnten in Deutschland zugenommen hat. Dieser biotische Stress führt zu verringerten Erträgen und einer verminderten Sortierung. Zudem kommt es zu erhöhten Pilz- und Mykotoxinbelastungen, welche die Qualität der Braugerste für die Malz- und Bierherstellung weiter reduzieren. So ändert eine Infektion mit *Fusarium*-Spezies die Stärkestruktur sowie die proteolytischen und cytolytischen Eigenschaften im Korn. Der Einfluss der Kombination von abiotischem Stress (Hitze, Trockenheit) und biotischem Stress (*Fusarium*-Infektion) und die resultierenden Einflüsse auf die Korn bzw. Braugerstenqualität sind dabei auf regulatorischer und physiologischer Ebene noch weitestgehend unbekannt.

Hier setzt das Forschungsprojekt an und untersucht, wie Hitze- und Trockenstress, sowie die Kombination von Hitzestress und einer *Fusarium*-Ähreninfektionen die Stärkestruktur der Braugerste beeinflusst und wie sich dies auf die resultierende Malzqualität auswirkt. Hierfür soll die globale transkriptionelle Antwort der Braugerste analysiert werden. Ein genaues Verständnis der Zusammenhänge aus Genexpression und Regulation, Stärkestruktur, Verkleisterungsverhalten, sowie Pathogenabwehr kann zukünftig helfen, neue und gesunde Braugerstensorten zu züchten, oder bereits bekannte klimatolerante und robuste Sorten zu identifizieren. Hierdurch kann der gesamten Wertschöpfungskette geholfen werden, den klimabedingten Veränderungen zu begegnen und den Braugerstenanbau in Deutschland nachhaltig zu sichern.

Wirtschaftliche Bedeutung

Durch den Klimawandel kommt es zu Veränderungen in den Anbaubedingungen, was zu Kornertragsverlusten, einer ungünstigen Stärkestruktur im Korn und folglich zu Verarbeitungsproblemen im Sudhaus. Dies kann zu Ausbeuteverlusten führen, die finanzielle Kosten verursachen können. So führt eine um 1 % schlechtere Ausbeute bei einer deutschen Brauerei mit einem Jahresausstoß von 500.000 hl, einer Schüttung von 16 kg/hl und einem durchschnittlichen Malzpreis von 540 €/t (Stand: 2022), zu jährlichen Mehrkosten in Höhe von 43.200 €. Auch kann es durch Verarbeitungsmängel zu Trübungsproblemen (Stärketrübung) und höhere Filtrationskosten kommen.

Aufgrund der starken Abhängigkeiten in der Wertschöpfungskette der Brauindustrie ergeben sich Probleme vom Saatgutzüchter, über den Landwirt, den Mälzereien und bis hin zu den Brauereien. Durch die Folgen des Klimawandels steigt das Anbaurisiko herkömmlicher nicht klimatoleranter Braugersten, da die Erntemenge und Qualität der Gerste durch Hitzeperioden und Trockenheit deutlich reduziert werden. Dies führt zu einer Versorgungsunsicherheit für Mälzereien und Brauereien. Ist regional keine geeignete Braugerste verfügbar, muss der Brauer auf ausländische Ware zurückgreifen und dies steht im Widerspruch zu der für kleine und

mittelständische Unternehmen (KMU) besonders wichtige Regionalität. Sowohl die Brau- als auch die Pflanzenzüchterbranche sind in Deutschland überwiegend mittelständisch geprägt. Etwa 80 % der 130 Saatzucht-Unternehmen in Deutschland sind den KMU zuzuordnen. Derzeit gibt es insgesamt 1507 Brauereien mit ca. 30.000 Beschäftigten, welche jährlich einen Bierabsatz von ca. 87,6 Mio. hl/a und einen Umsatz von ca. 8,43 Mrd. € erzielen. Davon sind ca. 66 % der Produktionsstätten den klein- und ca. 32 % den mittelständischen Unternehmen zuzuordnen [Quelle: Deutscher Brauerbund e. V., Stand 05/2023].

Detailliertes Wissen über die kritischen Gene der Stärkesynthese würde den Braugerstenzüchtern ein sehr leistungsfähiges Werkzeug für ihre weitere Züchtungsarbeit an die Hand geben, da dadurch bereits im frühen Stadium, Zuchtlinien schnell und kostengünstig anhand ihrer Expressionsmuster selektiert werden können. Ein starker Fokus der Züchtung auf eine unter variablen Umweltbedingungen robuste Krankheitsresistenz beziehungsweise Toleranz gegenüber abiotischem Stress gegen die Folgen des Klimawandels kann zukünftig dazu beitragen, die Erntemenge und -qualität neuer Braugersten trotz erhöhter Stressbedingungen zu erhalten bzw. zu steigern. Darüber können bereits bekannte auf dem Markt erhältliche Sorten dahingehend analysiert werden. Mit diesem Wissen und der Neuzüchtung und Selektion neuer Sorten mit hoher Resistenz gegen biotische und abiotische Stressfaktoren wird die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen wie beispielsweise künstlicher Bewässerung oder chemischem Pflanzenschutz verringert.

Das aus dem Projekt erworbene Wissen ermöglicht dem Mälzer und Brauer, bereits im Vorfeld bei Kenntnis der Braugerstensorte mögliche Prozessmängel aufgrund von Witterungsbedingungen abzuschätzen und technologisch darauf einzugehen. Kenntnisse über geeignete Sorten können zudem dem Vertragsanbau zwischen Landwirt und den Mälzereien direkt nützen, da bereits im Anbau durch eine geeignete Sortenwahl auf die genannten Probleme reagiert werden kann.

Weiteres Informationsmaterial

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

Technische Universität München - School of Life Sciences
Department Molecular Life Sciences
Emil-Ramann-Straße 2, 85350 Freising
Tel.: +49 8161 71-3682
Fax: +49 8161 71-4538
E-Mail: hueckelhoven@wzw.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:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

FORSCHUNGSKREIS DER ERNÄHRUNGSINDUSTRIE E.V.

INDUSTRIELLE GEMEINSCHAFTSFORSCHUNG

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: © Veronika Franz, Technische Universität München

Stand: 7. Juli 2025