

Entwicklung von Prozessstrategien zur homogenen Schichtung des Treberkuchens beim Läutern



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/Dr. Martina Gastl Technische Universität München - School of Life Sciences Forschungsdepartment Life Science Engineering Lehrstuhl für Systemverfahrenstechnik Prof. Dr. Heiko Briesen/Prof. Dr. Petra Först/ Dipl.-Ing. Peter Bandelt
Industriegruppe(n):	Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. (Wifö), Berlin VDMA-Fachverband Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen e.V., Frankfurt Weihenstephaner Förderverein für Brau-, Getränke- und Getreideforschung e.V. (WIG), Freising
Projektkoordinator:	Dr. Erika Hinzmann Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. (Wifö), Berlin
Laufzeit:	2017 - 2020
Zuwendungssumme:	€ 496.150,--

Ausgangssituation

Die Maischeseperation im Läuterbottich ist eine mechanische Fest/Flüssig-Trennung. Der Läuterbottich stellt in vielen Brauereien den zeitlich limitierenden Faktor im Produktionsplan dar; zusätzlich treten bei diesem Prozess immer wieder Filtrationsprobleme auf, deren Ursachen im Wechselspiel zwischen schwankenden Rohstoffqualitäten und verfahrenstechnischen Randbedingungen zu suchen sind. Ein weiteres Problem stellt die schwankende Extraktausbeute dar, die für die Brauereien neben qualitativen vor allem wirtschaftliche Folgen hat. Diese wird in signifikanter Weise vom Durchströmungsverhalten des Filterkuchens beim Separieren bestimmt. Es ist zwar bekannt, dass die ungleichmäßige, örtlich heterogene Durchströmung ein Grund für Extraktverluste ist, es fehlen aber hierfür bisher mechanistische Erklärungsansätze, über die sich das Prozessverhalten optimieren ließe.

Durch die breite Partikelgrößenverteilung der Feststoffpartikel und den Aufbau des Filterkuchens durch Sedimentation entstehen beim Läutern horizontale Schichten unterschiedlicher Eigenschaften. Eine besondere Rolle spielen dabei Feinpartikel < 500 µm, die über dem Filterkuchen eine Deckschicht (Feinteig) mit hohem Filterkuchenwiderstand und gelartiger Struktur ausbilden und daher limitierend für die Filtrationsgeschwindigkeit sind. Für die Struktur des Feinteigs spielen interpartikuläre Wechselwirkungen eine entscheidende

Rolle. Es wäre erstrebenswert, wenn diese Feinpartikel entweder gänzlich vermieden oder homogen in den Filterkuchen eingemischt werden könnten.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, ein detailliertes Prozessverständnis aufzubauen, um rohstoffbedingten Läuterproblemen gezielt entgegenwirken zu können und um Produktionsineffizienzen zu verhindern. Durch eine Agglomeration der Feinpartikel und eine Homogenisierung der Kuchenstruktur sollte eine Erhöhung der Ausbeute und eine Verkürzung der Prozesszeit beim Läutern erreicht werden. Als mögliche Strategien zur Kuchenhomogenisierung dienten u. a. der Einsatz von Filterhilfsmitteln sowie die gezielte Anpassung der Milieubedingungen zur Beeinflussung der Struktur der Feinpartikel.

Forschungsergebnis

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde zunächst eine umfangreiche chemische Charakterisierung der horizontalen Schichten des Filterkuchens durchgeführt. Über den zeitlichen Verlauf der Filtration konnte so die Auswaschung der verschiedenen Inhaltsstoffe ermittelt werden. Des Weiteren wurde die Zusammensetzung und Struktur der Feinpartikel durch mikroskopische Aufnahmen aufgezeigt.

Unter den untersuchten Einflussmöglichkeiten zur Agglomeration der Feinpartikel konnte einzig durch eine gröbere Schrotung die Kuchenhomogenität positiv beeinflusst werden. Keine positive Beeinflussung der Homogenität oder der Durchflussrate wurde durch die anderen Faktoren (z. B. pH-Änderungen) erreicht. Es wurde außerdem keine Korrelation zwischen Kuchenhomogenität und Filtrationsgeschwindigkeit ermittelt.

Eine tiefergehende Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Einflussfaktoren auf die Feinpartikel zeigte, dass beispielsweise eine Temperaturerhöhung zu einem geringeren Filterkuchenwiderstand führte. Andererseits führen beispielsweise Scherkräfte zu einer Erhöhung des Filterkuchenwiderstands. Als Ursache konnte eine Verschiebung in der Partikelgrößenverteilung der Feinpartikel identifiziert werden. Eine enge Verteilung resultiert in einem geringeren Filterkuchenwiderstand, wohingegen eine breitere Verteilung zu einem höheren Filterkuchenwiderstand führt. Der Effekt konnte mittels eines Glaspartikel-Modellversuchs verifiziert werden.

Da durch die Kuchenhomogenisierung keine Verringerung der negativen Auswirkungen der Feinpartikel erreicht werden konnte, wurde eine detaillierte Untersuchung der durch die Deckschicht verursachten Komprimierung des Filterkuchens vorgenommen. Dazu wurde eine neue optische Methode zur Bestimmung der Porosität eingeführt. Dies ermöglichte es, die Verringerung der Kuchenporosität während der Filtration zu untersuchen. Durch Änderungen in der Prozedur (Malzsorte, Oxidation) konnte der durch die Feinpartikel verursachte Stempelfekt nachgewiesen werden. Dieser ist für die Komprimierung der Bodenschicht verantwortlich, wodurch die Durchflussrate während der Filtration sinkt. Nach dem Nachweis des Stempelfektes wurde eine neue Läutermethode entwickelt. Diese ermöglichte durch ein Absaugen der Feinpartikelsuspension über dem Filterkuchen vor Beginn der Filtration eine Verringerung des Stempelfektes. Dadurch konnten die negativen Auswirkungen der Feinpartikel auf den Filtrationsprozess vermieden werden. Durch Zentrifugation der abgesaugten Suspension wurde die Würze zurückgewonnen, wodurch sich keine negativen Auswirkungen auf die Produktqualität oder Ausbeute ergaben. Die Methode wurde im Pilotmaßstab verifiziert.

Aus Sicht der Systemverfahrenstechnik konnten folgende Ergebnisse erzielt werden: Partikelgrößenverteilung und Verteilungsdichte im Treberkuchen wurden durch Laserbeugung, Sieb- und Bildanalyse gemessen. Weitere hochauflösende Messungen zur Aufklärung der inneren Struktur wurden nach Entwicklung einer erfolgreichen Methode für die Probenahme mit einem μ CT durchgeführt und mit bildbearbeitender Software ausgewertet. Somit wurden Ergebnisse zur örtlichen Kuchenporosität und Porenverteilung erzielt.

Die Treberkuchenschichten wurden außerdem mit Filtrations- und Durchströmungsanalysen charakterisiert. Somit konnte der Zusammenhang zwischen Kuchenhöhe und Permeabilität untersucht werden. Eine sinnvolle und detaillierte Aufzeichnung des Kompressionsverhaltens von Treberkuchen wurde mit einem innovativen Versuchsaufbau durchgeführt und der Treberkuchen wurde als hochkompressibel eingestuft.

Weder die Änderung der Feststoffkonzentration in der Maische noch die intermittierende Sedimentation der Maischepartikel waren vielversprechend. Jedoch wurde durch Anwendung verschiedener Flockungsmittel in unterschiedlichen Konzentrationen die Sedimentation der Feinpartikel beschleunigt und somit auch die Läutergeschwindigkeit.

Des Weiteren wurde der Einsatz von natürlichen Filterhilfsmitteln und metallischen, inerten Füllkörpern untersucht. Statische Füllkörperkonfigurationen wurden gefunden, die die Läutergeschwindigkeit durch Kompressionsverhinderung deutlich verbesserten, ohne an Würzequalität einzubüßen oder ein Hackwerk anzuwenden.

Die Ergebnisse einer zeitlichen Auflösung der Zuckerextraktion zeigten, dass erhöhte Waschgeschwindigkeiten günstig für den Läuterprozess sind. Dazu wurde die Dynamik der Extraktion durch Rührkesselversuche untersucht.

Aus vorgenannten Gründen wurde nach Gesamtbetrachtung der Parameter der Füllkörpereinsatz als weitere optimale Prozessstrategie vorgeschlagen. Biere mit und ohne Füllkörperstruktur wurden daher in größerem Maßstab hergestellt. Es zeigten sich in Bezug auf die Sensorik keine negativen Auswirkungen durch den Einsatz von Füllkörpern, die zukünftig in der Praxis als sinnvolle Strategie Anwendung finden könnten.

Wirtschaftliche Bedeutung

Ein beachtlicher Teil der Unternehmen der Getränkeindustrie, speziell der Brauwirtschaft, sind kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), bei denen die Läuterbottich-Technik weit verbreitet ist. Das Vorhaben dient sowohl der Schaffung von Basiswissen zum Läuterprozess als auch der Beschleunigung und Ausbeutesteigerung dieses Prozessschrittes durch die Anpassung verfahrenstechnischer Stellschrauben, wie dem Schroten, des Maischens und der Milieubedingungen. Durch einen beschleunigten Prozess werden die Produktionsanlagen besser ausgenutzt und Energiekosten verringert; eine erhöhte Ausbeute wird die Rohstoffeffizienz (Malz und Wasser) erhöhen. Eine effiziente Produktion ist insbesondere für KMU essentiell, da diese im Wettbewerb mit internationalen Großunternehmen stehen. Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau ist weltweit führend im Bereich der Herstellung von Brauereianlagen. Das generierte Basiswissen kann von Anlagenherstellern genutzt werden, um durch technische Neuerungen den Prozess weiter zu verbessern. Da hier nicht nur große Konzerne, sondern im Zuge der Craft-Beer-Bewegung auch zunehmend kleine und mittelständische Firmen weltweit aktiv sind, stellen effiziente Läuteranlagen für diese Firmen einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil dar. Unabhängig vom jeweiligen Hersteller für Sudhausanlagen werden im Rahmen des Projektes vorwettbewerblich Prozessregimes festgelegt, die zur Optimierung des Läuterprozesses führen. Besonders geeignet ist neben der Definition verfahrenstechnischer Anlagenanforderungen die angestrebte Homogenisierung der Filterkuchenstruktur. Die untersuchten Ansätze können darüber hinaus auch in anderen Industriezweigen zum Einsatz kommen.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht (2020).
2. Bandelt, P., Kuhn, M., Briesen, H., Först, P. & Streit Bertazzoni, J.: Effekte von Füllkörpern auf die Läuterleistung und Würzequalität (Teil 1). Brauw. 162, 5, 129-132 (2022).
3. Hennemann, M., Gastl, M. & Becker, T.: Jedes Grad zählt: Optimierung des Läuterns/Every degree counts: optimising lautering. Brauw. 162, 5, 133-136 (2022).
4. Bandelt, P., Kuhn, M., Briesen, H., Först, P. & Streit Bertazzoni, J.: Effekte von Füllkörpern auf die Läuterleistung und Würzequalität (Teil 2). Brauw. 162, 6/7, 158-160 (2022).
5. Hennemann, M., Gastl, M. & Becker, T.: Schneller Läutern: alternatives Läuterverfahren. Brauw. 5/6, 115-118 (2021).
6. Bandelt, P., Hohmann, M., Briesen, H. & Först P.: Filtrieren, Waschen, Extrahieren – Untersuchungen der Extraktgewinnung beim Läutern. Der Weihenstephaner (3), 106-108 (2020).

7. Bandelt-Riess, P. M., Kuhn, M., Briesen, H. & Foerst, P.: Möglichkeiten zur Beschleunigung des Läuterprozesses durch Flockung des Feinpartikelanteils. *Brauw.* 159, 26, 728–732 (2019).
8. Hennemann, M., Gastl, M. & Becker, T.: Inhomogeneity in the lauter tun: a chromatographic view. *Eur. Food Res. Technol.* 245 (3), 521-533 (2019).
9. Bandelt, P., Kuhn, M., Briesen, H. & Först, P.: Increasing Wort Flow by Flocculation of Fine Particle Fractions. *Brew. Sci.* 71 (7/8), 68-72 (2018).
10. Bandelt, P., Hohmann, M., Briesen, H. & Först P.: Filtrieren, Waschen, Extrahieren – Untersuchungen der Extraktgewinnung beim Läutern. *Der Weihenstephaner* (4), 156-159 (2018).

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 71-3261
Fax: +49 8161 71-3883
E-Mail: tb@tum.de

Technische Universität München
School of Life Sciences
Forschungsdepartment Life Science Engineering
Lehrstuhl für Systemverfahrenstechnik
Gregor-Mendel-Str. 4, 85354 Freising
Tel.: +49 8161 71-3272
Fax: +49 8161 71-4510
E-Mail: briesen@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/via



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