



## AiF 19660 N

### **„Physikalische Untersuchungen zur Blasenkeimstabilität und Blasenbildung beim spontanen Überschäumen CO<sub>2</sub>-haltiger Getränke mittels optischer Methoden und multivariater Modellbildung zur Prädiktion des Gushing-Potentials“**

**Forschungsstelle I:** Technische Universität München  
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW  
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie  
Institutsleiter: Prof. Dr. T. Becker  
Projektleiter: Dipl.-Ing. Dominik Geier

**Koordinierung:** Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V., Berlin  
Dr. Erika Hinzmann

**Laufzeit:** 01. 09. 2017 – 31. 12. 2020  
**Förderung durch das BMWi über die AiF**

#### **Ausgangssituation:**

Das spontane Überschäumen von karbonisierten Getränken beim Öffnen nicht geschüttelter Flaschen ist ein Phänomen, das als Gushing bezeichnet wird. Seitens des Verbrauchers wird Gushing als gravierender Qualitätsfehler empfunden und führt daher zu einem nachhaltigen Imageverlust des Herstellers und empfindlichen wirtschaftlichen Einbußen aufgrund von Reklamationen und Rückrufaktionen. Die Problematik des unkontrollierten Überschäumens ist nicht nur für den Industriezweig der Bierherstellung von Relevanz, sondern betrifft die Herstellung sämtlicher CO<sub>2</sub>-haltiger Getränke, wie z.B. Schaumweine, Champagner, Limonaden aber auch Mineralwasser.

Aufgrund der komplexen Interaktion verschiedenster rohstoff- sowie technologiebasierter Faktoren konnten auch über 90 Jahre Forschung die Ursachen und Mechanismen für das Entstehen von Gushing nicht zweifelsfrei klären. Diese aufzuklären und darüber hinaus die Möglichkeit einer Prädiktion des Gushingpotentials betroffener Produkte vor ihrer Inverkehrbringung wäre sowohl von technologischer, aber insbesondere auch von großer ökonomischer Bedeutung und trifft auf starkes Interesse seitens der getränkeproduzierenden Industrie.



### **Forschungsziel:**

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Aufklärung und Bereitstellung eines tiefer gehenden Verständnisses der Mechanismen zur Bildung und Stabilisierung von Gasblasen auf mikroskopischer Ebene, welche zum Phänomen des unkontrollierten Übersäumens (Gushing) führen und hierüber Ansätze zur Prädiktion des Gushing-potentials sowie Handlungsmaßnahmen zur Vermeidung von Gushing zu entwickeln und abzuleiten.

Die Untersuchungen auf mikroskopischer Ebene erfolgen mit einer druckstabilen Messzelle, die mit einem Mikroskop und einer Highspeed-Kamera zur Erfassung der Morphologie und Stabilität von Gasblasen ausgestattet ist. Die Messzelle ermöglicht sowohl eine gezielte Erzeugung von Einzelblasen über eine Mikrokapillare als auch die Simulation der Druckentlastung beim Öffnen einer Flasche. Der Einfluss von potentiell Gushing-verursachenden, reaktiven Stoffgruppen wird durch die gezielte stufenweise Zugabe (Spiken) entsprechender Substanzen zuerst in Wasser und anschließend an Realproben in allen relevanten Herstellungsstufen bis zum Bier untersucht. Dadurch können Veränderungen und Auswirkungen auf die Blasenstabilität und -bildungsdynamik über den gesamten Herstellungsprozess erfasst und ausgewertet werden. Aus Gushing-positiven Getreideproben (Rückstellmuster aus Mälzereien) werden nach einem Standardverfahren Malz, Würze und Bier hergestellt und mit der Messzelle untersucht. Basierend auf diesen Ergebnissen erfolgt die Erstellung eines Modells zur Prädiktion von Gushing mittels multivariater Datenauswertung.

### **Ergebnisse:**

Die hier aufgebaute Versuchsanlage und Methode ermöglicht die bildanalytische Aufnahme von Gasblasendynamiken. Hierbei können verschiedene Parameter mit einem potentiellen Einfluss auf das Gushingverhalten ermittelt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Gasblasenform und -größe vom Umgebungsdruck (hier Zellendruck; gleichsetzbar dem Flaschendruck) abhängen. Bei höheren Zelldrücken, welche auch in einer geschlossenen Flasche herrschen können, findet eine Kompression der Gasblasen statt, was sie kugelförmiger und kleiner macht. Unter den gleichen Bedingungen erreichen Gasblasen bei einem Spontanentlastungszustand (Umgebungsdruck bei 0 bar) bis zu 35 Prozent größere Radien. Dies bestätigt die beiden bestehenden Theorien der stabilen Mikroblasen sowie Blasenkeime als Ursache für ein gesteigertes Gushingpotential. In Bezug auf das Spiken mit oberflächenaktiven Hydrophobinen konnte ein Unterschied in den resultierenden Gasblasenradien festgestellt werden.

Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurde eine neue Methode zur Analyse des Gasblasenverhaltens entwickelt. Mit dieser können erfolgreich Blasen in gespikten Bieren und anderen Flüssigkeiten analysiert werden. Die ermittelten Ergebnisse decken sich mit den bereits vorhandenen Erkenntnissen und Theorien. So kann diese Methode künftig als eine vielversprechende Ausgangsbasis für die Entwicklung einer zuverlässigen Gushinganalytik dienen. Der Entwurf eines Prädiktionsmodells ist möglich und zeigt vielversprechende Ergebnisse. Für eine robuste Aussage sowie Validierung müssen jedoch weitere Untersuchungen durchgeführt und in das Modell miteinbezogen werden, um bspw. jahgangsbedingte Rohstoffeinflüsse auf das primäre Gushing und den Einfluss von Multikollinearität der ermittelbaren Parameter integrieren zu können.

### **Wirtschaftliche Bedeutung:**

Gushing ist ein in den letzten Jahren häufig wiederkehrendes Qualitätsproblem, das seitens des Verbrauchers als gravierender Qualitätsfehler empfunden wird und zu einem nachhaltigen Imageverlust betroffener Brauereien und empfindlichen wirtschaftlichen Einbußen führt. Die zu erwartenden Ergebnisse sind insbesondere für die Malz-, Hopfen- und Brauindustrie von Interesse, welche überwiegend klein- und mittelständisch geprägt sind.



Eine Methodik zur Erstellung von Prädiktionsmodellen wurde entwickelt und getestet. Allerdings muss für eine robuste Prädiktion eine konsequente Erweiterung der zugrundeliegenden Datenbasis erfolgen. Weitergehende Arbeiten sind daher für eine praktische Umsetzung noch erforderlich

#### Veröffentlichungen:

- Becker, T.: Aktuelles am BGT, 51. Technologisches Seminar, Weihenstephan, Germany, 2018-02-20.
- Stadler, K., Werner, R.; Takacs, R., Geier, D.; Becker, T. Entwicklung eines Messsystems zur optischen Analyse zweiphasiger Fluidsysteme. Chemie Ingenieur Technik. 2018. 90. 9. 1316-1317. 10.1002/cite.201855399
- Werner, R., Fattahi, E., Takacs, R., Geier, D., Becker, T.: Entwicklung eines Messsystems zur optischen Analyse zweiphasiger Fluidsysteme, 33. DECHEMA – Jahrestagung der Biotechnologen 2018, Aachen, Germany, 2018-09-10.
- Geier, D., Werner, R., Becker, T.: Einsatz optischer Methoden und multivariater Modellbildung zur Untersuchung des Gushing-Potentials, 52. Technologisches Seminar, Weihenstephan, Germany, 2019-02-27.
- Werner, R.; Wiese, L.; Pribec, I.; Geier, D.; Fattahi, E.; Becker, T.: Überwachung der Blasenkeimstabilität und Blasenbildung – Ein optischer Ansatz zur Untersuchung von Gushing, in: Der Weihenstephaner, 1, 2020.
- Werner, R., Pribec, I., Fattahi, E., Geier, D., Becker, T.: Untersuchung der physikalischen Vorgänge beim Gushing – Teil 1: Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung gushingrelevanter Parameter bei der Entstehung von Gasblasen, Brauwelt, 49, 2020. 1310-1313.
- Werner, R., Pribec, I., Fattahi, E., Geier, D., Becker, T. Untersuchung der physikalischen Vorgänge beim Gushing – Teil 2: Bestimmung der Eigenschaften von Gasblasen in Bieren. Brauwelt, 18, 2021. 458-461.



Weitere Informationen:

Technische Universität München  
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW  
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](mailto:tb@tum.de)

Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V.  
Neustädtische Kirchstr 7A, 10117 Berlin  
Tel.: +49 30 209167-19, Fax: +49 30 209167-97  
E-Mail: [hinzmann@brauer-bund.de](mailto:hinzmann@brauer-bund.de)  
<http://www.wifoe.org>

Das o.g. Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung der Forschungsvereinigung Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. (Wifö) wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und Entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

