

## Optimierung der Abreinigung von pumpfähigen Getreideteigen durch Cleaning-in-place (CIP)-Verfahren

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
<b>Forschungsstelle:</b>	Technische Universität München Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie Prof. Dr. Thomas Becker/Dr. Mario Jekle
<b>Industriegruppe(n):</b>	Weihenstephaner Institut für Getreideforschung (WIG) e.V., Freising VDMA - Fachverband Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen e. V., Frankfurt
	Projektkoordinator: Rudolf Hofer, Bühler GmbH, Braunschweig
<b>Laufzeit:</b>	2015 - 2017
<b>Zuwendungssumme:</b>	€ 223.620,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

### Ausgangssituation:

Die Produktion von Backwaren unterliegt einem hohen Qualitäts- und Kostendruck, der in den vergangenen Jahren zu einer gestiegenen Automatisierung bei Bäckereianlagen geführt hat. Die kontinuierliche Beförderung einzelner Teiginhaltsstoffe (Mehl, Wasser, Hefe etc.), pumpfertiger Teigvorstufen (Vorteige, Sauerteige, Quell- und Brühstücke) sowie teilweise auch der finalen Teige erlangt somit eine immer größere Bedeutung. Dem Vorteil einer effizienten und kostengünstigen Produktion steht jedoch die Erzielung und Erhaltung einer hohen Produktqualität gegenüber. Insbesondere die Einhaltung hygienischer Qualitätsmerkmale gilt als limitierender Faktor bei derzeitigen automatisierten Bäckereianlagen. Der Trend geht daher hin zu geschlossenen Reinigungsverfahren (Cleaning-in-Place, CIP), wie sie typischerweise in anderen Bereichen der Lebensmittelindustrie erfolgreich eingesetzt werden.

CIP-Verfahren führen jedoch wie alle anderen Reinigungsprozesse bei nicht ausreichender Reinigungsqualität zu nichttolerierbaren Produktrückständen. Bei solchen CIP-Reinigungsverfahren wird die Anlage ohne wesentliche Demontage auf produktberührten Flächen mittels definierter Reinigungssequenzen be-

stehend aus sauren, basischen und desinfizierenden Mitteln gereinigt. Bei geschlossenen Rohrleitungssystemen ist bisher die Beurteilung des Abreinigungserfolgs von stärke- und proteinbasierten Produkten nur limitiert detektierbar. Daher beruhen aktuelle CIP-Reinigungsverfahren auf empirischen Versuchen, die keinen wissenschaftlich belegten Zusammenhang zwischen Reinigungssequenzen und tatsächlicher Abreinigung hinsichtlich rheologischer Teigeigenschaften erlauben. Des Weiteren werden weder Parameter, wie die Reinigungszeit, die Menge an Reinigungsmittel noch die Fließgeschwindigkeit der Spülflüssigkeit (0,5 - 3,0 m/s) definiert betrachtet.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Abreinigung pumpfähiger realer Teigmatrizen durch Cleaning-in-Place (CIP) zu untersuchen und zu optimieren. In Hinblick auf die Bewertung der Abreinigungsqualität wurden qualitative und quantitative Rückstandsanalysen der Verschmutzung mittels Spektralphotometer, Inline-Sensortechnologie sowie gravimetrischer und bildanalytischer Verfahren durchgeführt. In Abhängigkeit der Zusammensetzung und des strukturellen Zustandes realer Teigmatrizen sollten definierte CIP-Sequenzen schrittweise entwickelt werden.

### Forschungsergebnis:

Für die Untersuchungen zum Abreinigungsverhalten pumpfähiger Getreideteigmatrices wurden zunächst im Labormaßstab Abreinigungsversuche unter Variation der Strömungs-, Temperatur- und Reinigungsmittelkonzentrationsparameter durchgeführt, welche anschließend im Technikumsmaßstab überprüft wurden. Die Untersuchung der Abreinigungskinetik von pumpfähigen Getreideteigmatrices im Labormaßstab wurde im Searl-Rheometer durchgeführt. Dabei wurde die Verschmutzungsmatrix auf die Geometrie definiert und reproduzierbar mittels einer Schablone aufgetragen und im stehenden Reinigungsfluid in definierten Scherraten abgetragen. Die untersuchten Scherraten wurden zuvor mittels CFD für die vorgegebenen Durchflussgeschwindigkeiten der Reinigungsfluide simuliert. Der Vorteil am Searl-Rheometer lag darin, dass eine genaue Einstellung der Scherraten ermöglicht wurde und die Viskosität der Reinigungsfluide im Versuchszeitraum aufgezeichnet werden konnte. Des Weiteren konnte mit einem geringen ökonomischen und ökologischen Material- und Energieaufwand ein breites Spektrum an Reinigungsparametern untersucht werden. Im Rahmen dieser Versuche konnte eine Korrelation zwischen den Reinigungsgraden und den suspendierten Partikeln im Reinigungsfluid festgestellt werden, wodurch sich der Summenparameter TSS (Total Suspended Solids) für die Reinigungsvalidierung besonders gut eignete. Dabei wurde beobachtet, dass steigende Scherraten und sinkende Temperaturen der Spülwässer eine quantitative Erhöhung der TSS-Gehalte des Spülwassers induzierte und somit die Reinigungsleistung erhöhte. Weiterhin konnten mit steigenden Reinigungsmittelkonzentrationen an alkalischen und sauren Reinigungsfluiden bei gleichzeitig auf bis zu 75°C steigende Temperaturen höhere Reinigungsleistungen beobachtet werden, wobei die Reinigungsraten alkalischer Reinigungsvorgänge verglichen zu sauren Reinigungszyklen deutlich effektiver waren.

Zur Überprüfung der optimierten Prozessvariablen wurde im Technikumsmaßstab ein CIP-Versuchstand konstruiert. Da eine gestapelte CIP-Reinigung aus ökologischer wie auch ökonomischer Sicht das höchste Optimierungspotential besitzt, wurde diese CIP-Philosophie als Basis für die Planung und Konstruktion der CIP-Anlage im Technikumsmaßstab verwen-

det. In einem Vorlage- bzw. Druckentlastungsbehälter ließen sich die Reinigungsfluide vor und während der Abreinigungsversuche temperieren und aufbewahren. Mit einer Kreiselpumpe wird das Reinigungsfluid pulsationsarm in unterschiedlichen Durchflussgeschwindigkeiten durch das Kreislaufsystem gepumpt, deren Geschwindigkeit durch ein Ultraschall-Durchflusssystem erfasst und mittels einer Software geregelt wird. In einem längsseitig teilbaren Strömungskanal ließ sich die Verschmutzungsmatrix definieren und reproduzierbar auftragen und anschließend in das Kreislaufsystem integrieren. Im Rücklauf wurden Sensoren zur Inline-Messung der Trübung und elektrischen Leitfähigkeit wie auch ein Probenahmeventil zur Entnahme von Proben für die Offline-Reinigungsvalidierung integriert. Untersuchungen der optimierten Reinigungsparameter aus den Searl-Rheometerversuchen konnten im CIP-Versuchstand nachgestellt und bestätigt werden.

### Wirtschaftliche Bedeutung:

Die Entwicklung optimaler Reinigungsverfahren für teil- bzw. vollautomatisierte Produktionsanlagen ist ein essentieller Aspekt hinsichtlich einer ökonomischen und hygienischen Produktion von Backwaren. Erhöhte Kosten ergeben sich für kleine und mittelständische Betriebe derzeit durch schwer kalkulierbare Produktionsstopps und Ausgaben für Reinigungspersonal und Reinigungsmittel.

Die Ermittlung von Hintergründen zur CIP-Fähigkeit getreidebasierter Teige in kontinuierlichen Rohrleitungssystemen war ein bislang weitgehend unerforschtes Gebiet. Die Korrelation zwischen der Abreinigbarkeit realer Teigmatrices unterschiedlicher rheologischer Eigenschaften und der Auslegung einzelner CIP-Sequenzen (Zeit, Temperatur, Art und Konzentration des Reinigungsmittels, Volumenstrom) bietet insbesondere für Hersteller von Bäckereimaschinen als auch für backwarenproduzierende Firmen eine enorme Weiterentwicklung. Neben einer erheblichen Kosteneinsparung durch Reduktion von Reinigungskosten und Produktionsausfällen wird das Risiko für die Herstellung ekelregender sowie gesundheitsschädigender Lebensmittel minimiert.

Die Ergebnisse könnten auch auf andere Industriezweige mit ähnlichen Inhaltsstoffen

bzw. (zäh-)flüssigen Produkteigenschaften (Klebstoffindustrie, Hersteller von Hydrokolloiden etc.) übertragen werden und der deutschen Industrie zu Wissensvorsprüngen verhelfen.

#### Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2017.

#### Weiteres Informationsmaterial:

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)

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)  
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn  
Tel.: +49 228 3079699-0  
Fax: +49 228 3079699-9  
E-Mail: [fei@fei-bonn.de](mailto:fei@fei-bonn.de)

... ein Projekt der **Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

gefördert durch/via



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 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.