

## Künstliche Intelligenz zur Automatisierung der Stückgare zur Herstellung von Backwaren

**Dr. Viktoria Zettel**

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,  
FG Prozessanalytik und Getreidewissenschaft

Einer der wichtigsten qualitätsbeeinflussenden Parameter in der Backwarenherstellung ist der Prozessschritt der Stückgare. Hierbei handelt es sich um einen Fermentationsprozess. Die Betriebsparameter haben hier einen direkten Einfluss auf die sensorische Qualität der Backwaren, da sie das Wachstum der zugegebenen Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae* beeinflussen, die hierbei die niedermolekulare Kohlenhydrate im Teig zu CO<sub>2</sub>, Ethanol und zahlreichen Nebenprodukten (u.a. Aromastoffe) verstoffwechselt. Standardmäßig variierte Betriebsparameter sind Temperatur, rel. Luftfeuchte und die Zeit der Fermentation. Um ein optimales Endprodukt zu erhalten, ist ein optimaler Reifegrad vor dem Backen erforderlich.

Zur kontinuierlichen Überwachung der Endgare wird hier die digitale Bildverarbeitung genutzt. Hierzu wurde ein Gärschrank mit einer Autofokus-Kamera versehen, mit der die Teiglinge kontinuierlich über die Fermentationsdauer beobachtet werden. Mit Hilfe dieses Versuchsaufbaues ist es möglich, Abweichungen im Fermentationsprozess zu bestimmen, beispielsweise, wenn der Teigling austrocknet. Auf dem Blech werden Teiglinge anhand ihrer Position in jedem Bild identifiziert und die Zunahme des rel. Volumens wird berechnet.

Im Rahmen des Beitrages werden zwei Strategien der Temperaturregelung der Fermentation präsentiert: Ein modellbasierter Ansatz und ein Expertensystem. Das Expertensystem verarbeitet die Regeln des erfahrenen Bedienpersonals mit Hilfe der Fuzzy-Logik. Die Bildverarbeitung, also die Segmentierung und Identifizierung der Teiglinge auf den Backblechen und die Bestimmung des Objektvolumens wird mit einer hohen Genauigkeit und Zuverlässigkeit durchgeführt. Die Volumenbestimmung von Teiglingen mit dem Kamerasystem liefert vergleichbare Ergebnisse wie die Bestimmung mit einem Volumenscanner ( $R^2=0,97$ ).

Die Vorhersage der Volumenentwicklung von Teiglingen mittels Blasenwachstumsmodell zeigte sich brauchbar zur Prozessbeschreibung. Hierbei wurde eine hohe Vorhersagegüte erreicht. Das relative Volumen von Teiglingen kann schon nach 600 s mit einem Fehler von nur 0,8 % vorhergesagt werden. Zusammen mit dem aufgestellten Fuzzy-Regelwerk und den Sollwertkurven optimaler Gärprozesse bildet diese hohe Modellgüte die Basis der Regelung des Fermentationsprozesses. Die Regelung des Gärprozesses hinsichtlich des Parameters Temperatur war im Rahmen der vorgestellten Arbeiten mit zufriedenstellenden Ergebnissen möglich. Abweichungen im Gärverlauf sind bereits nach 5 Minuten zuverlässig erfassbar und entsprechende Gegenmaßnahmen werden vom System vorgegeben. Die Arbeiten wurden im Rahmen des Projektes AIF 18123N in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie der Technischen Universität München durchgeführt.