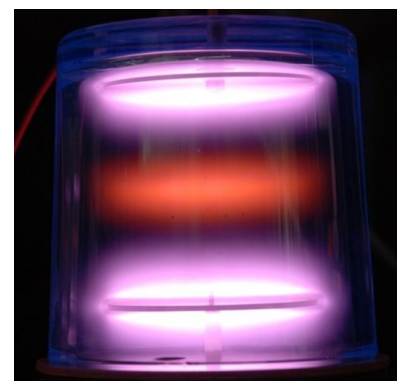


## Anwendung von atmosphärischer kalter Plasma-Technologie auf Weizenmehl zur Quantifizierung der Auswirkungen auf die Netzwerkfunktionalität von Teigen und Qualität von Backerzeugnissen



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Universität Erlangen-Nürnberg Department Chemie- und Bioingenieurwesen Lehrstuhl für Strömungsmechanik, Erlangen Prof. Dr. Andreas Wierschem/Prof. Dr. Antonio Delgado/Dr. Vojislav Jovicic  Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Prozessanalytik und Getreidewissenschaft Prof. Dr. Bernd Hitzmann/Dr. Viktoria Zettel
Industriegruppe(n):	VDMA-Fachverband Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen e. V., Frankfurt Verband der Getreide-, Mühlen- und Stärkewirtschaft e. V. (VGMS), Berlin
Projektkoordinator:	Florian Paschen Diosna Dierks & Söhne GmbH, Osnabrück
Laufzeit:	2019 – 2022
Zuwendungssumme:	€ 411.600,--

### Ausgangssituation

Die Qualität von Mehl unterliegt insbesondere hinsichtlich seiner funktionellen Eigenschaften natürlichen Schwankungen. Um diese zu kompensieren bzw. um die Mehlqualität und -funktionalität zu verbessern, ohne dabei nährwertbezogene und sensorische Charakteristika zu beeinträchtigen, wurde bereits eine Vielzahl an Mehlbehandlungsverfahren (Oxidationsmittel, oxidierende Enzyme, Autoklaven, Mikrowellen-, IR- und UV-Technik) untersucht. Die für die Nutzung dieser Verfahren z. T. erforderlichen, aufwändigen Verarbeitungsschritte und die damit verbundenen Kosten stehen einem Einsatz der meisten dieser Behandlungsmethoden jedoch entgegen. Eine Alternative, insbesondere zur Verwendung chemischer Oxidationsmittel, könnte sich durch den Einsatz atmosphärischen kalten Plasmas bieten. Kaltes Plasma erfordert nur einen geringen Energieeinsatz ( $0,19 \text{ W/cm}^2$ ) und ist rückstandsfrei. Voruntersuchungen mit diesem Verfahren zeigten eine Verbesserung der elastischen und viskosen Eigenschaften von Mehlen und hieraus resultierend Verbesserungen in der Netzwerkfunktionalität, der optimalen Knetzeit und der rheologischen Eigenschaften von Teigen.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, aufbauend auf diesen Voruntersuchungen ein Betriebsfenster für eine Anwendung der kalten Plasma-Technologie bei Mehl zu ermitteln. Hierfür sollte ein Versuchsstand, bestehend aus einem rotierenden Zylinder mit Elektroden, genutzt werden, der so gestaltet ist, dass die Plasmabehandlung des Mehls über verschiedene Parameter (Plasmaeinheit: Behandlungsdauer, Drehgeschwindigkeit, Leistung und Elektrodenabstände; Probenmaterial: Mehltyp, Qualitätssorte) eingestellt werden kann. Es sollten die Auswirkungen der Plasmabehandlung auf die Funktionalität von resultierenden Teigen sowie auf die Qualität der Backerzeugnisse untersucht werden.

## Forschungsergebnis

Im Rahmen des Projekts wurde ein Funktionsmuster für eine diskontinuierliche Plasmabehandlung (nicht-thermisches Plasma, Typ Dielectric Barrier Discharge, DBD) von Mehl fertiggestellt und unter verschiedenen Arbeitsbedingungen (Plasmaleistung, Behandlungszeit, Mehlmasse, Lufttemperatur) evaluiert. Es beinhaltet einen zylindrischen Rotationsreaktor, der mit einem Plasmagenerator gekoppelt wurde. Das Hauptmerkmal des entwickelten Reaktorkonzepts ist die In-situ-Produktion der reaktiven Plasmaspezies, die zu einer direkten Einwirkung auf die untersuchten Mehlproben führt. Parallel dazu wurde ein Versuchsaufbau für die Mehlbehandlung mit Ozon fertiggestellt. Zur Ozonbehandlung kam ein herkömmlicher Ozongenerator zum Einsatz. Die Staubexplosionsgefahr für die Plasma- und Ozonbehandlungsanlage wurde evaluiert und entsprechend adaptiert. Als wichtigste Mehl- und Teigbehandlungsparameter wurden Behandlungszeit, Ozonstufe und die Lagerzeit des behandelten Mehls identifiziert.

Beide getestete Behandlungsmethoden, d.h. eine Behandlung mit nicht-thermischem Plasma und mit Ozon, haben sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf das Mehl und die daraus hergestellten Teige sowie die aus diesen resultierenden Backerzeugnisse:

Mit zunehmender Plasmabehandlungsdauer von **Mehl** wurde eine Verbesserung der Hydratationseigenschaften festgestellt. Die Analyse mittels Rasterelektronenmikroskop zeigte die Oberflächenmodifikation von Mehlpartikeln. Hierbei wurde deutlich, dass die Agglomeration und die Oberflächenmodifikation von Mehlpartikeln mit der Leistung der Plasmabehandlung zunimmt. In Hinblick auf die stofflichen Veränderungen konnten bei der Ozonbehandlung von Mehl teilweise Änderungen der Verkleisterungseigenschaften beobachtet werden. Die Ozonbehandlung von Mehl führte zu einer erhöhten Peak- und End-Viskosität sowie zu erhöhten Fallzahlen. Gesteigert wurde der Effekt durch die Lagerung des behandelten Mehls. Dies deutet auf ein höheres Quellvermögen der Stärke hin. Des Weiteren wurde eine starke Reduktion des Quellvermögens des Klebers festgestellt. Der Feuchtklebergehalt blieb unverändert bzw. war tendenziell abnehmend. Die Lagerzeit des ozonbehandelten Mehls stellte sich als wichtiger Faktor heraus, wodurch Effekte intensiviert wurden.

Plasma hat einen wichtigen Einfluss auf die rheologischen Eigenschaften des **Teiges** aus behandeltem Mehl, d.h. sowohl das Speicher- ( $G'$ ) als auch das Verlustmodul ( $G''$ ) im LVE-Bereich waren deutlich höher als bei Teigen aus unbehandeltem Mehl, was auf eine verbesserte Stabilität hinweist. Die rheologischen Eigenschaften sind direkt von der Behandlungszeit, der Mehlmenge und von der Gastemperatur abhängig. Weiter wurde festgestellt, dass die Plasmabehandlung die rheologischen Eigenschaften von Mehl der Type 550 im Vergleich zu Mehl der Type 1050 verbessern kann. Die optimale NTP-Behandlungszeit wurde ermittelt, bei der die potenzielle Veränderung der viskoelastischen Eigenschaften ihren maximalen Wert erreichte. Die Experimente zeigten den Einfluss der Lufttemperatur auf die durch die Plasmabehandlung hervorgerufenen Veränderungen. Die Ozonbehandlung von Mehl äußerte sich in Bezug auf die Teig rheologie durch verringerte Teigentwicklungszeiten sowie der Erhöhung des Dehnwiderstandes und der Verringerung der Dehnbarkeit der Teige. Wurde während des Knetens mit Luft und Ozon begast, konnte die Teigentwicklungszeit, Stabilität und Wasseraufnahme der Teige gesteigert werden. Ebenso nahm der Dehnwiderstand der Teige zu und die Dehnbarkeit ab. Durch die Begasung können teigrheologische Eigenschaften beeinflusst werden und die Viskoelastizität gesteigert werden. Dies kann auf eine Stärkung des Klebernetzwerks hinweisen. Potenziell kann aber auch ein Einfluss von oxidierte Stärke auf die Teigkonsistenz nicht ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass bereits durch Luftbehandlung die Teigrheologie beeinflusst werden kann.

Die **Gebäcke** aus behandeltem Mehl wurden hinsichtlich qualitätsbestimmender Parameter evaluiert. Die Plasmabehandlung hat einen Einfluss auf die spezifischen Volumina, Krustenhelligkeit und Porenstruktur der Krume. Die Mehlbehandlung mit Ozon hatte eher einen geringen Einfluss auf die Gebäcke mit Tendenz zu höherem Volumen durch Ozon und höherer Krumenelastizität nach der Lagerung. Hierbei überwiegen jedoch die sensorischen Beeinträchtigungen.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Plasmabehandlung deutlich kürzere Behandlungszeiten erfordert (kürzer als 5 Minuten vs. länger als 30 Minuten), während die erhaltenen Backwaren Eigenschaften aufweisen, die für die Endverbraucher akzeptabler sein könnten als bei den durch Ozonbehandlung hergestellten.

### **Wirtschaftliche Bedeutung**

---

Die deutsche Mühlenwirtschaft vermahlt pro Jahr ca. 8 Mio. t. Brotgetreide. Der Durchsatz an gemahlenem Getreide liegt, abhängig von der Größe der Anlagen, zwischen 150 und 1.000 t pro Tag, wobei eine gleichbleibende Qualität gewährleistet sein muss.

Die Ergebnisse des Vorhabens zeigen die Vor- und Nachteile des Verfahrens auf. Durch die Behandlung mittels kalter Plasmatechnologie ließen sich die Mehlfunktionalitäten gezielt verändern, ohne chemische Zusatzstoffe zugeben zu müssen. Hiermit würden den rd. 185 Mühlenbetrieben (2020/21) in Deutschland neue Marktsegmente (Clean-Label-Produkte) eröffnet und es ihnen ermöglicht, Mehle mit dem Etikett „ohne Zusatzstoffe“ zu produzieren.

### **Publikationen (Auswahl)**

---

1. FEI-Schlussbericht 2022.
2. Khan, M.J., Jovicic, V., Zbogar-Rasic, A. & Delgado, A.: Enhancement of Wheat Flour and Dough Properties by Non-Thermal Plasma Treatment of Wheat Flour. *Appl. Sci.* 12, 7997 (2022).
3. Moll, S., Zettel, V., Delgado, A. & Hitzmann, B.: Rheological evaluation of wheat dough treated with ozone and ambient air during kneading and dough formation. *Intern. J. Food Sci. Technol.* 57, 6130–6142 (2022).

### **Weiteres Informationsmaterial**

---

Universität Erlangen-Nürnberg  
Department Chemie- und Bioingenieurwesen  
Lehrstuhl für Strömungsmechanik  
Cauerstraße 4, 91058 Erlangen  
Tel.: +49 9131 85-29500  
Fax: +49 9131 85-29503  
E-Mail: antonio.delgado@fau.de

Universität Hohenheim  
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie  
FG Prozessanalytik und Getreidewissenschaft  
Garbenstraße 23, 70599 Stuttgart  
Tel.: +49 711 459-23286  
Fax: +49 711 459-23259  
E-Mail: bernd.hitzmann@uni-hohenheim.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:



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 Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

*Bildnachweis - Seite 1: © Universität Erlangen-Nürnberg*

Stand: 1. September 2022