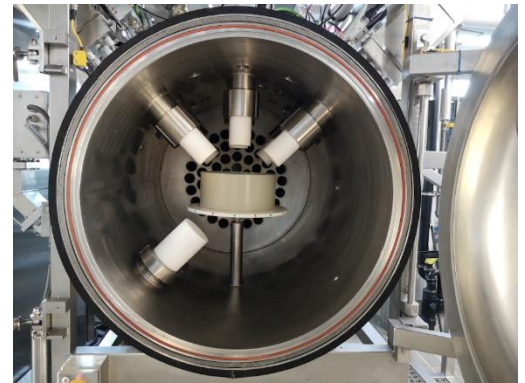


## Schnelle und produktschonende Erwärmung und Gefriertrocknung von Lebensmitteln und biogenen Wirkstoffen mittels Solid-State- Mikrowellengeneratoren



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik Prof. Dr. Heike P. Karbstein/PD Dr. Volker Gaukel  Technische Universität München School of Life Sciences Forschungsdepartment Life Science Engineering Professur Food Process Engineering Prof. Dr. Petra Först/Isabel Kalinke
Industriegruppe(n):	Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V. (AGF), Detmold Arbeitsgemeinschaft Pharmazeutische Verfahrenstechnik e.V. (APV), Mainz Bundesverband der Deutschen Eiprodukten-Industrie e.V. (BVEP), Bonn Fachverband der Gewürzindustrie e.V., Bonn VDMA-Fachverband Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen e. V., Frankfurt a.M. Vereinigung zur Förderung der Milchwissenschaftlichen Forschung an der TU München in Freising-Weihenstephan e.V., Freising
Projektkoordinator:	Dr. Jörg Kowalczyk Südzucker AG, Obrigheim/Pfalz
Laufzeit:	2021-2024
Zuwendungssumme:	€ 523.560,--

### **Forschungsziel**

Die Gefriertrocknung (GT) stellt eines der wichtigsten Verfahren zur Haltbarmachung hitzesensitiver Biomoleküle, Mikroorganismen und qualitativ hochwertiger Lebensmittel dar. Sie basiert auf der Sublimations-trocknung, bei der das Produkt zunächst eingefroren und im Anschluss das Eis direkt in den gasförmigen Zustand übergeht. Aufgrund der niedrigen Prozesstemperaturen, dem geringen oxidativen Stress und der Abwesenheit von freiem Wasser werden schädigende Reaktionen im Produkt unter Erhalt von Struktur, Farbe und Aktivität von Inhaltsstoffen minimiert. In der konventionellen GT wird die in der Primärtrocknung zur Wasserentfernung benötigte Sublimationsenthalpie durch beheizte Stellflächen in das Produkt eingebracht. Der GT-Prozess ist allerdings sehr zeit- und energieaufwändig und kann mehrere Stunden bis Tage dauern.

Ein Lösungsansatz zur Prozessbeschleunigung stellt der Einsatz von Mikrowellen (MW) zur Einbringung der Sublimationsenthalpie dar. In der Literatur sind dabei Verkürzungen der Trocknungszeiten von 36 - 96 % gegenüber der konventionellen GT beschrieben. Dies ermöglicht in Vakuum- oder GT-Prozessen eine deutliche Steigerung der Produktionskapazität und allein durch die Prozesszeitverkürzung eine Verringerung der Kosten. Allerdings sind die Vorteile des MW-Einsatzes in den genannten Prozessen noch nicht voll ausgeschöpft. Eine inhomogene Feldverteilung und produktspezifische Eigenschaften begünstigen die Bildung von über- und unterprozessierten Produktbereichen. Diese stehen einem breiten industriellen Einsatz entgegen, da sie die Produktsicherheit, Reproduzierbarkeit und Qualitätssicherung industrieller Produktionsketten beeinträchtigen. Darüber hinaus besteht bei MW-unterstützten GT-Prozessen die Gefahr der Plasmabildung durch elektrische Feldspitzen.

Sog. MW-Solid-State-Generatoren (SS-Technik) stellen eine vielversprechende Alternative zum Erzeugen von Mikrowellen dar. Allerdings machen erst die günstigen Preis-/Leistungsentwicklungen der letzten Jahre deren Einsatz in industriellen Anwendungen denkbar. Daher ist die MW-SS-Technologie für den industriellen Einsatz im Lebensmittel- oder Pharmabereich in verschiedenen Grundprozessen, wie Erwärmen und vor allem Trocknen, bisher noch nicht umfassend untersucht. Die MW-SS-Technologie ermöglicht im Vergleich zu konventionellen MGs eine gleichmäßigere Feldverteilung, da Anregungsfrequenz, Phase und Leistungseintrag direkt und ohne zusätzliche mechanische Komponenten eingestellt werden können.

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Untersuchung und Bewertung der MW-SS-Technologie in Bezug auf die Möglichkeiten der flexiblen Frequenzanpassung zum Erzielen einer homogenen Temperaturverteilung beim Erhitzen und eines gleichmäßigen Phasenübergangs bei geringer Temperaturbelastung in der Mikrowellengefrier-trocknung. Es soll ein Modell zur Vorhersage der Feldhomogenität und Energieeffizienz des Prozesses etabliert werden, mit dem geeignete Steuerungskonzepte produktspezifisch vorhergesagt werden können.

### ***Wirtschaftliche Bedeutung***

Der Einsatz innovativer SS-Generatoren könnte eine wirtschaftlich interessante Alternative zur klassischen MG-Technologie darstellen und in der Mikrowellen-unterstützten Gefrier-trocknung durch eine optimierte Prozessführung dazu beitragen, die Prozesszeit und Plasmabildung zu reduzieren und dadurch Engpässen der Produktionskapazität sowie hohen Prozesskosten entgegenzuwirken.

Das Vorhaben liefert Erkenntnisse zu der Frage, wie sich eine Prozessführung mit frequenzbasierter Modulation und Leistungsanpassung des elektromagnetischen Feldes in der MW-gestützten Erwärmung und Gefrier-trocknung auf Erwärmungshomogenität, Prozessparameter, Produkteigenschaften sowie Energieeffizienz auswirken. Es werden prädiktive Modelle für die Auslegung von Anlagensteuerungskonzepten bereitgestellt, die insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) die Möglichkeit einer zielgerichteten, produktspezifischen Prozessauslegung und-steuerung des physikalisch komplexen Trocknungsprozesses bei gleichzeitigem Erhalt der Produktqualität bieten.

Das Produktionsvolumen getrockneter Lebensmittel hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Für den Weltmarkt beläuft sich die Schätzung der Wachstumsrate auf 4,6 % pro Jahr bei einem Gesamtvolumen von 284,4 Mrd. US-Dollar in 2020. Für die exportorientierte deutsche Lebensmittelindustrie bestehen gute Chancen, an diesem Wachstum teilzuhaben.

Die sichere Prozessierung sensitiver Biomoleküle unter Energie-, Zeit- und Kostenersparnis sowie die Erweiterung der Prozesskapazitäten durch Mikrowellen-unterstützte Gefrier-trocknung hat darüber hinaus auch für die pharmazeutische Industrie große wirtschaftliche Relevanz. Die Trocknung ist ein sehr teurer Prozessabschnitt, der wegen der langen Trocknungsdauer als Engpass die Durchsatzkapazität die gesamte Produktionskette limitiert. Die deutsche pharmazeutische Industrie erwirtschaftete 2019 einen Umsatz von 198 Mrd. € und ist mit einem KMU-Anteil von 91 % der Unternehmen stark mittelständisch geprägt.

### Weiteres Informationsmaterial

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik  
Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik  
Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe  
Tel: +49 721 608-42497  
Fax: +49 721 608-45967  
E-Mail: heike.karbstein@kit.edu

Technische Universität München - School of Life Sciences  
Forschungsdepartment Life Science Engineering  
Professur Food Process Engineering  
Weihenstephaner Berg 1, 85354 Freising  
Tel: +49 8161 71-4205  
Fax: +49 8191 71-4384  
E-Mail: petra.foerst@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:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde 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: © Isabel Kalinke, Lehrstuhl für Lebensmittel- und Bioprozesstechnik, TU München

Stand: 9. April 2024