

## 3D-Lebensmitteldruck: Herausforderungen bei der Produktentwicklung

Lena Franke, Cornelia Silcher und Astrid Klingshirn

### Kurzfassung

Der 3D-Lebensmitteldruck etabliert sich immer mehr zu einem Trend, jedoch ist die Auswahl druckfähiger Lebensmittel derzeit begrenzt. Basierend auf regionalen Rohstoffen werden ebensolche entwickelt und mittels extrusionsbasiertem Druckverfahren verarbeitet. Relevante Parameter wie Temperaturstabilität oder Viskositätsparameter werden abgeleitet. Um die Qualitätsentwicklung während einer Lagerung beurteilen zu können, werden physikalische und sensorische Messungen durchgeführt. Diese zeigen qualitative Einbußen auf, welche optimierte Lagerbedingungen fordern und Herausforderungen der Entwicklung offenlegen.

**Schlagerworte:** 3D-Lebensmitteldruck, additive Fertigung, Regionalität, Druckfähigkeit, Extrusion

## 3D-food printing: Challenges during the product development

### Abstract

3D-food printing more and more becomes a trend even if the choice of printable food is still restricted. Using regional raw materials, printable foods get developed and then processed by dint of an extrusion-based printer. Based on that, pertinent parameters for the product development, including temperature stability or viscosity characteristics, get deduced. Some physical and sensory measurements shed light on the quality development of the products during a subsequent storage. These measurements prove degradation whereby the importance of optimized storage conditions as well as the challenges in the product development are shown.

**Keywords:** 3D-food print, additive manufacturing, regionality, printability, extrusion process

## **3D-Lebensmittel: Herausforderungen bei der Produktentwicklung**

**Lena Franke, Cornelia Silcher und Astrid Klingshirn**

### **Einleitung**

Mit dem Wandel der Zeit lässt die heutige Gesellschaft immer mehr von Traditionen ab, das Interesse an neuartigen, transformativen Technologien steigt stetig an, die Modernisierung in sämtlichen Bereichen unseres Alltags, und damit auch im Bereich der Ernährung und Lebensmittelauswahl, ist die Folge. Der Fokus liegt damit immer mehr auf der Individualisierung, Differenzierung und den Möglichkeiten, dem Einzelnen etwas Besonderes zu bieten. Eine Möglichkeit, persönlichen Bedürfnissen gerecht zu werden und dabei individuelle Wünsche und Anforderungen an Lebensmittel und Ernährung zu berücksichtigen, stellt der 3D-Druck von Lebensmitteln dar (Nestlé 2015).

Ob im Einzelhandel, der Gastronomie oder in der Industrie - die Technologie etabliert sich gegenwärtig, obgleich die Verfügbarkeit bereits entwickelter, druckbarer Lebensmittel gering ist, und die 3D-Drucker oftmals auf wenige Massen und Verarbeitungsoptionen beschränkt sind (Bechtold 2016). Neben der Entwicklung universell einsetzbarer Drucksysteme ermöglichen auf bestimmte Produkte spezialisierte Systeme namhafter Lebensmittelhersteller die individuelle Gestaltung bereits erhältlicher Produkte. Während sich dabei vor allem Systeme für die Verarbeitung von Schokolade wiederfinden (Godoi et al. 2016), ist auch die Individualisierung von Fruchtgummi sowie herzhaften Produkten wie Pasta mithilfe geeigneter 3D-Drucksysteme umsetzbar (Vogt 2017a).

### **Anforderungen und Zielsetzung**

Mittels eines extrusionsbasierten 3D-Lebensmitteldrucksystems (Procusini, Hersteller: Print2Taste GmbH) werden zwei druckbare Massen entwickelt. Unter Einsatz regionaler Rohstoffe werden Produkte unterschiedlichen sensorischen Charakters generiert, die keiner weiteren Konservierung oder Kühlung bedürfen.

Im Rahmen der Entwicklung rücken diverse Herausforderungen beim Druckprozess in den Fokus. Um ein optimales Druckergebnis sicherzustellen, sind die folgenden Parameter entscheidend: Neben der Viskosität des Lebensmittels und den Partikelgrößen der eingesetzten Rohstoffe, die auf die eingesetzte Düse abgestimmt sein müssen, um einen kontinuierlichen Produktfluss beim Druck zu gewährleisten, spielt vor allem die im vorliegenden extrusionsbasierten Drucksystem vorherrschende Wärme eine entscheidende Rolle.

Da im praktischen Einsatz mit zunehmender Druckdauer die Temperatur im Drucker nicht exakt konstant gehalten wird, sondern auch um mehrere Kelvin ansteigen kann, gilt es in der Produktentwicklung die Temperaturstabilität der Produkte zu berücksichtigen. Darüber hinaus führen die Temperaturen beim Druck z. T. auch zu deutlichen Veränderungen in Farbe, Textur und Geruch. So wird aus einer optimal viskosen Masse mit längerer Verweilzeit im Drucker bis zum vollständigen Aufbrauchen des Lebensmittels oftmals eine fast flüssige Masse, die beim und nach dem Druck nicht formstabil ist und verläuft. Ebenso sind die Produktqualität von Rohstoffen sowie deren natürliche Schwankungen für eine optimal viskose Masse und damit für das Druckergebnis entscheidend. All dies führt dazu, dass bei der Entwicklung druckfähiger Lebensmittel eine Vielzahl an Anforderungen berücksichtigt werden muss, auch in Abhängigkeit jener Ansprüche, die das spätere Druckobjekt erfüllen soll.

## Methodik

Anhand physikalischer und sensorischer Lebensmittelanalytik erfolgt die Qualitätsbewertung gedruckter Produkte im Lagerverlauf sowie die weitere Optimierung der Rezepturen vor dem Hintergrund der reproduzierbaren Druckbarkeit und Verkaufsfähigkeit, unter Simulation typischer Verpackungs- und Lagerszenarien in Gastronomie und Kleinbetrieben. Die physikalischen Bewertungsparameter umfassen dabei die Analyse des Feuchtegehalts und der Wasseraktivität, die Rückschlüsse auf die mikrobiologische Produktstabilität ermöglichen, und die Erfassung der Textur mittels Texture Analyser. Die Bestimmungen erfolgen dabei sowohl direkt nach der Herstellung als auch während einer Lagerdauer von zwei Wochen im Dreifachansatz. Dabei wird die Probe nach der Herstellung sowohl ohne weitere Verarbeitung als auch nach Ablauf eines entsprechenden Erhitzungsprogrammes im Drucksystem untersucht, was Rückschlüsse auf den Einfluss der Erhitzung ermöglicht. Alle physikalischen Messungen erfolgen zu jedem Zeitpunkt im Dreifachansatz an händisch ausgestochenen, zylinderförmigen Proben.



Die sensorische Qualität wird unter Durchführung von Profilprüfungen untersucht, welche die Produkte ebenfalls in frischem Zustand als auch nach einer und zwei Wochen Lagerung charakterisieren und Veränderungen in Optik, Struktur, Geruch, Geschmack und Textur aufzeigen sollen. Dabei wird jeweils zu Beginn jeder Messreihe eine ausführliche Attributeschulung vorgenommen, um das Panel von acht Prüfern auf die verwendeten Eigenschaften der Produkte gleichermaßen zu trainieren. Um die sensorische Qualität bestmöglich zu erfassen, finden zwischen den Bewertungen durch das Panel weitere Profilprüfungen im Kleinpanel von drei Personen statt.

Die statistische Auswertung der Profilprüfungen mittels ANOVA gibt abschließend Aufschluss darüber, ob die Veränderungen der Produkte während der Lagerdauer signifikante Unterschiede in den sensorischen Eigenschaften mit sich bringen. Die Darreichung der Proben erfolgt in gedruckten Formen, wobei jeweils eine Probe zur Verfügung gestellt wird. Dabei wird das Haselpan als kleiner Vogel, der Fruchtfondant als Maus verabreicht.

## Ergebnisse

Das Ergebnis der Produktentwicklung liefert zwei druckfähige Matrixsysteme, die sich mit dem eingesetzten extrusionsbasierten 3D-Drucker verarbeiten lassen. Angelehnt an Marzipan wird dabei ein Produkt auf Haselnussbasis entwickelt, ein Haselpan, das primär aus bayerischen Haselnüssen und Haushaltszucker besteht. Auf der Basis eines Fondants ist das zweite Produkt ein Fruchtfondant, gefertigt aus Fruchtsirup heimischer Himbeeren und Rhabarber (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Basisrezepturen und Druckbeispiele der entwickelten Matrixsysteme

Haselpan	Fruchtfondant
Zucker, Haselnüsse, Invertzuckersirup, Wasser	Puderzucker, Fruchtsirup heimischer Früchte, Xylit (gemahlen), Speisestärke, Fruchtpulver Himbeere, Wasser, Aroma-Öl Himbeere
	

Die sensorische Qualitätsbewertung des Haselpans zeigt, dass die Oberfläche des Produkts im Verlauf der Lagerung optisch als immer trockener bewertet wird, was sich in einem signifikanten Unterschied der Ergebnisse nach zwei Wochen Lagerung niederschlägt. Dass das Produkt austrocknet, spiegelt sich auch in der Beurteilung der Struktur der Proben wieder, die bereits eine Woche nach der Herstellung signifikant kompakter wahrgenommen wird. Vor allem die äußere Produktschicht trocknet deutlich spürbar aus und verhärtet, was sich ebenfalls durch einen signifikanten Unterschied zwischen der frischen Masse und den beiden gelagerten Proben zeigt. Während die äußere Schicht spürbar härter wird, verändert sich die Härte der inneren Schichten jedoch nicht in signifikantem Maße.

Abb. 1 zeigt diese Entwicklungen im Verlauf der Lagerung und gibt darüber hinaus Eindruck über die sensorische Charakterisierung des Haselpans, der sich demnach durch einen starken Geschmack nach Haselnuss, eine deutlich wahrnehmbare Süße und ein kristallines Mundgefühl auszeichnet.

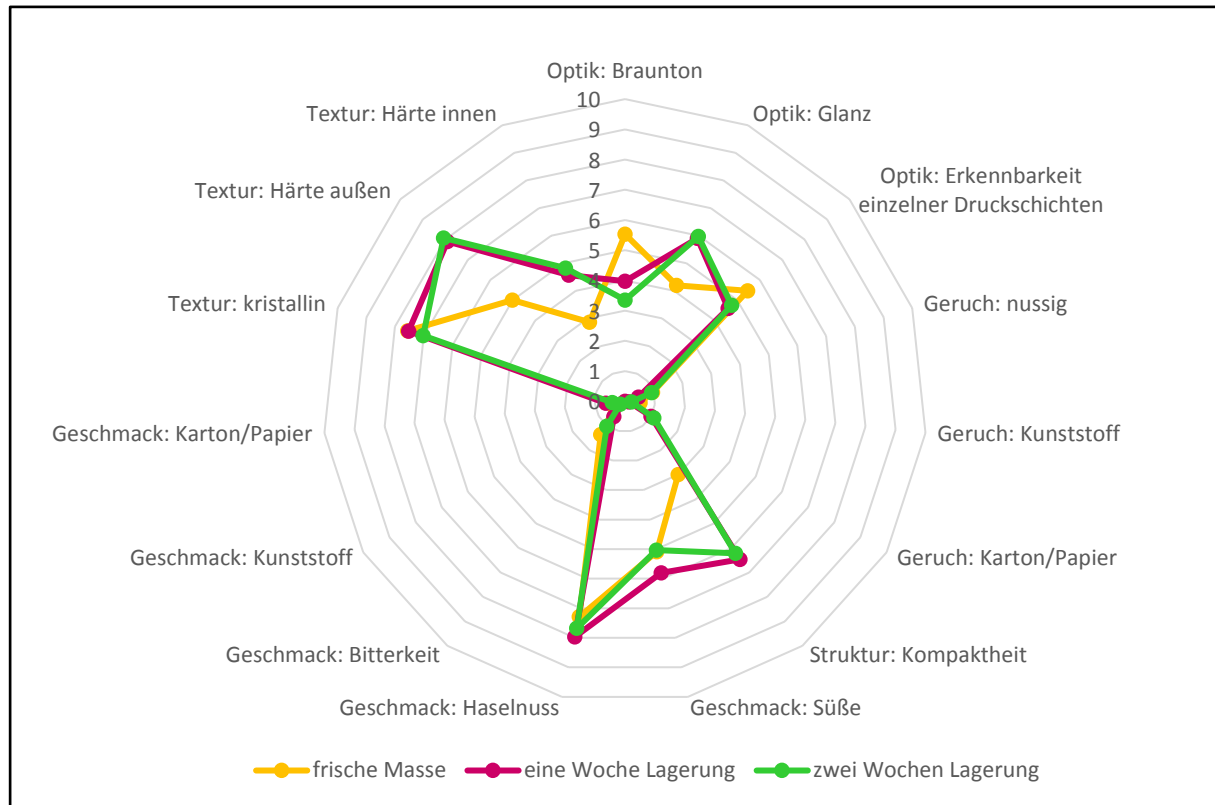


Abb. 1: Netzdiagramm zur sensorischen Charakterisierung "Haselpan" im Lagerverlauf

Die Profilprüfungen des Fruchtfondants zeigen im Lagerverlauf ähnliche Entwicklungen. Hierbei scheint die Oberfläche bereits innerhalb der ersten Lagerwoche optisch deutlich auszutrocknen, was zu einem signifikanten Unterschied zwischen frischer Masse im Vergleich zu Proben nach einer und nach zwei Wochen Lagerung führt. Ein solcher signifikanter Unterschied resultiert auch in Hinblick auf die Bröseligkeit der Fondantmasse.

Die Beurteilung der Härte der äußeren Produktschichten geht mit einer so stark wahrnehmbaren Aushärtung einher, dass zwischen der frischen Masse und den beiden gelagerten Proben ein signifikanter Unterschied entsteht. Anders als beim Haselpan resultiert dieser jedoch auch aus der Beurteilung der Härte der inneren Produktschichten. Darüber hinaus verändern sich im Lagerverlauf auch olfaktorische und gustatorische Eigenschaften deutlich. Der Geruch nach Rhabarber wird nach zwei Wochen Lagerung in signifikantem Maße geringer wahrgenommen als nach der Herstellung. Auch der Geschmack nach Rhabarber nimmt im Lagerverlauf signifikant ab (siehe Abb. 2).

Dabei wird deutlich, dass sich die charakteristischen Eigenschaften des Fruchtfondants durch eine starke Süße, einen dominierenden Geschmack und Geruch nach Himbeere sowie ein kristallines Mundgefühl auszeichnen, wohingegen der eingesetzte Rhabarber kaum charakteristisch für das Produkt ist.

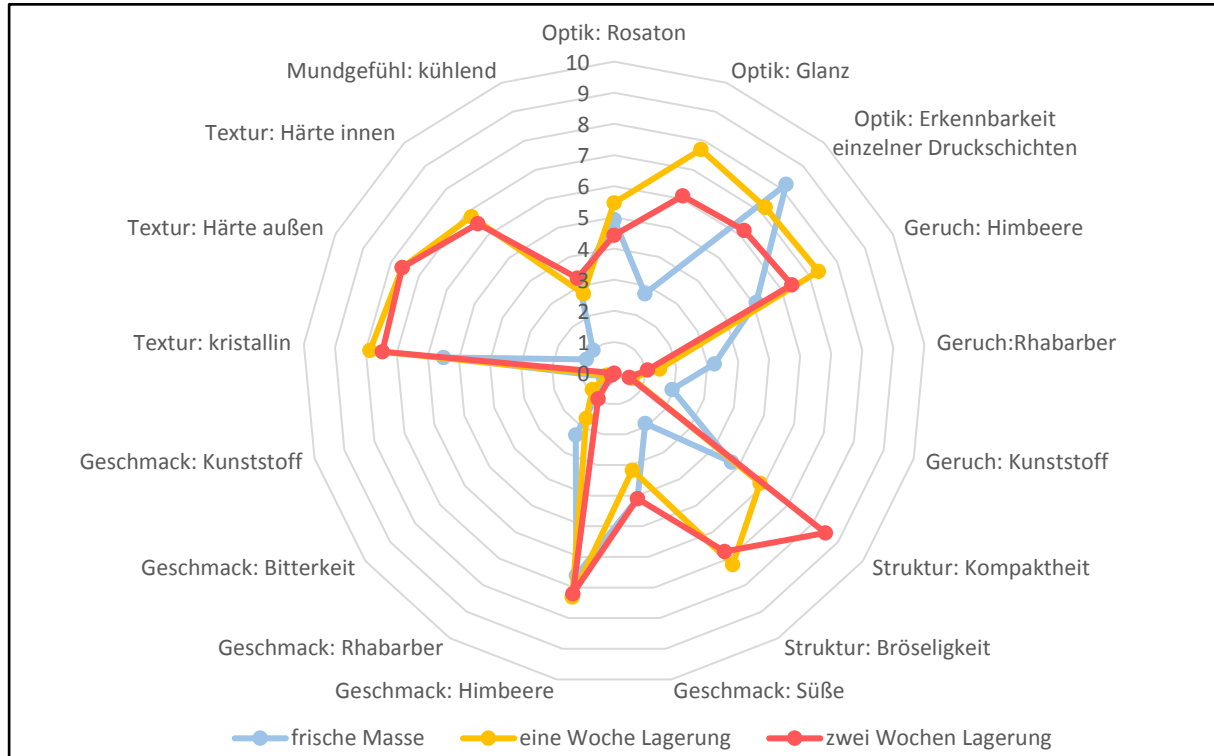


Abb. 2: Netzdiagramm zur sensorischen Charakterisierung "Fruchtfondant" im Lagerverlauf

Anhand der durchgeführten physikalischen Messungen wird die im Rahmen der sensorischen Bewertung festgestellte Aushärtung der beiden Lebensmittel weiter bestätigt, was in Abb. 3 veranschaulicht wird.

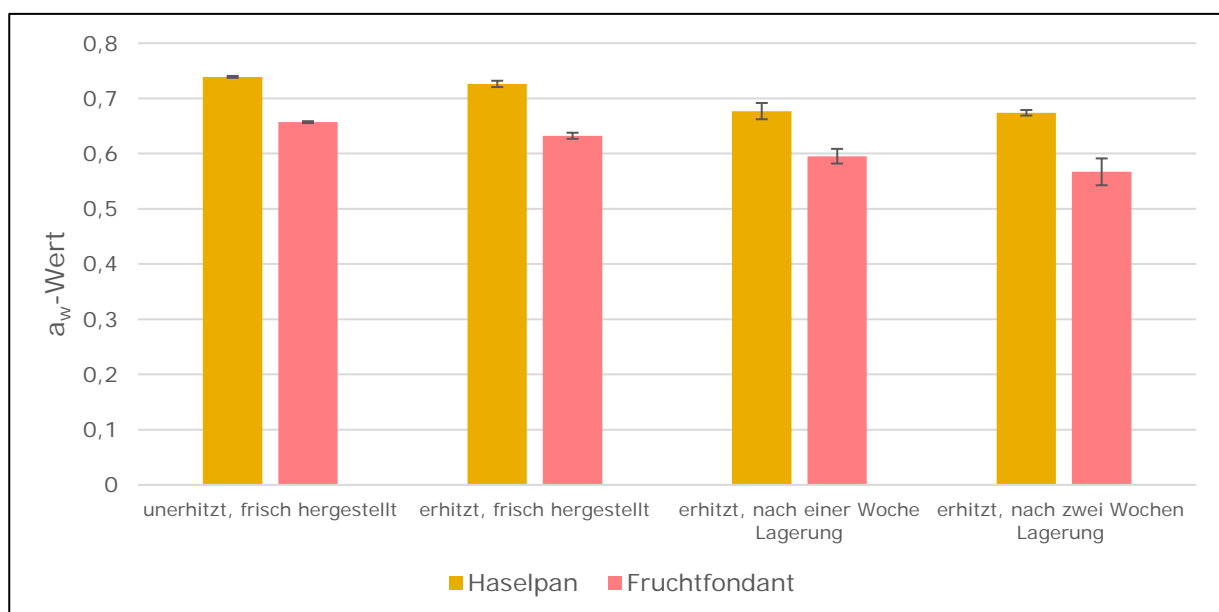


Abb. 3: Ergebnisse der Wasseraktivitätsmessung über die Lagerung

Bei beiden Produkten ist die Wasseraktivität mit zunehmender Lagerdauer rückläufig. Dies lässt vermuten, dass die Lagerung eine Abnahme der Gesamtfeuchte mit sich bringt, was durch die Messung der Feuchte belegt und durch das Verdampfen von Wasser während der Lagerung verursacht wird.

Darüber hinaus zeigt die wöchentlich durchgeführte Texturanalyse einen mit der Lagerung einhergehenden Anstieg jener Kraft, die benötigt wird, eine vordefinierte Strecke im Produkt anhand eines Druckversuches zurückzulegen. Dieser ansteigende Kraftaufwand spiegelt erneut die Aushärtung der beiden Produkte im Lagerverlauf wieder. Bei der Verknüpfung der Ergebnisse hinsichtlich Aushärtung und Austrocknung aus den physikalischen als auch sensorischen Untersuchungen der Produkte gilt es stets, die unterschiedlichen geometrischen Formen zu berücksichtigen.

## Diskussion

Die in den sensorischen Untersuchungen beider Produkte wahrgenommene Austrocknung kann auf die Lagerung der Proben und der damit einhergehenden Verdampfung des enthaltenen Wassers zurückgeführt werden. Dass dabei das Haselpan mit der Dauer eine weitaus kompaktere Struktur und der Fruchtfondant eine zunehmend starke Bröseligkeit aufweist, unterstützt diese Annahme. Beide Produkte härten vor allem in ihren äußeren Druckschichten deutlich wahrnehmbar aus. Dies kann in deren direktem Kontakt mit der Umgebung begründet werden, während die inneren Schichten noch länger durch die äußeren Produktschichten vor einem Austrocknen geschützt sind.

Die Ergebnisse der sensorischen Charakterisierung des Fruchtfondants zeigen, dass der Geruch und Geschmack nach Rhabarber von Beginn an nur gering wahrgenommen wird. Hier gilt zu überlegen, ob dessen Einsatz überhaupt notwendig ist.

Die Ergebnisse der physikalischen Messungen zeigen die von den Panellisten im Rahmen der sensorischen Untersuchung wahrgenommene Austrocknung erneut auf und lassen so auf eine gute Panelschulung schließen.

Anhand der Standardabweichungen der Dreifachmessungen zeigt sich, dass bereits durch die Erhitzung der Produkte größere Schwankungen zwischen den Messproben auftreten als zuvor. Mit zunehmender Lagerdauer nehmen diese zu, obgleich nicht einheitlich, was in einer unzureichenden Homogenisierung der Proben nach der Erhitzung vor der Einlagerung begründet werden kann. Beide Produkte können aufgrund ihrer Wasseraktivität bereits ab der Herstellung als gering verderblich eingestuft werden.

Die unterschiedliche Probenform und damit einhergehende Uneinheitlichkeit in deren Dicke und Größe kann das Ausmaß der Veränderungen maßgeblich beeinflussen und sollte stets berücksichtigt werden.

## Fazit

Das Drucken von eigenen Produkten erfordert ein gewisses Knowhow in der Produktentwicklung. Dabei spielt vor allem das Heizsystem des verwendeten Gerätes eine bedeutsame Rolle. Dabei gilt es, die beim Druck eventuell auftretenden, teils hohen Temperaturen zu berücksichtigen und die thermische Stabilität der Produkte sowie die damit einhergehende Einschränkung in der Rohstoffauswahl bereits zu Beginn der Entwicklung miteinzubeziehen. Diese hängen jedoch vom verwendeten Drucksystem ab, was keinerlei universell gültigen Rückschlüsse aus den vorliegenden Ergebnissen zulässt. Oftmals kann dabei die Temperatur und Temperaturentwicklung während des Druckvorgangs nicht weiter vom Anwender beeinflusst oder gar eingesehen werden, was die Entwicklung der Massen als auch deren Zustand während des Prozesses maßgeblich beeinflusst. Darüber hinaus muss die Verwendung und Fortlagerung der späteren Endprodukte klar definiert sein, zeigen die Untersuchungen doch deutliche Qualitätseinbußen. Der Einsatz eines 3D-Lebensmitteldrucksystems ermöglicht es jedoch, individuelle und spezielle Wünsche umzusetzen.

## Literatur

- Bechtold L, Wassermann N, Mokoonlall A, Hinrichs J (2016): Dreidimensionales Drucken (3D-Drucken) von Lebensmitteln – Kochst du noch oder druckst du schon? Die Milchwirtschaft – Fachzeitschrift für die deutsche, österreichische und schweizerische Milch- & Lebensmittelwirtschaft, 7, 77-81.
- Godoi FC, Prakash S, Bhandari BR (2016): 3d printing technologies applied for food design: Status and prospects. Journal of Food Engineering, 179 (2016), 44-54.
- Nestlé Deutschland AG (2015): Klare Trends für 2030: Gesund, wertorientiert und die Ressourcen schonend – unsere Ernährung wird sich wandeln. <https://www.nestle.de/zukunftsstudie/uebersicht> (zuletzt abgerufen am 02.04.2018)
- Vogt S (2017a): 3D-Lebensmitteldruck: Welche Möglichkeiten sich mit der neuen Technologie bieten. DLG-Expertenwissen, 4/2017.
- Vogt S (2017b): Essen in der Zukunft – Lebensmittel aus dem 3D-Drucker. Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung, Vol. 69, 10, 345-348.



## Autorinnen

Lena Franke BSc (Korrespondenzautorin), Cornelia Silcher MSc und Prof. Dr. Astrid Klingshirn, Hochschule Albstadt-Sigmaringen, Fakultät Life Sciences

Kontakt: [lenschafr@gmail.com](mailto:lenschafr@gmail.com)



© L. Franke

## Interessenkonflikt und Anmerkung

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht. Die Arbeit beruht auf der Bachelorarbeit der Erstautorin mit dem Titel „Matrixentwicklung 3D-druckfähiger Massen unter regionalem Bezug der Rohstoffe“ (Erstgutachterin: Prof. Dr. Astrid Klingshirn).

## Zitation

Franke L, Silcher C, Klingshirn A (2018): 3D-Lebensmitteldruck: Herausforderungen bei der Produktentwicklung. *Hauswirtschaft und Wissenschaft* 66 (2018), ISSN 2626-0913. <https://haushalt-wissenschaft.de> DOI: [https://doi.org/10.23782/HUW\\_23\\_2018](https://doi.org/10.23782/HUW_23_2018)