

3D-Lebensmitteldruck im Berufsbereich Ernährung und Hauswirtschaft

Einführende Handreichung für Lehrkräfte und Lehramtsstudierende



19. JUNI 2024

**Professur für Ernährung und Hauswirtschaft und ihre berufliche Didaktik
der Europa-Universität Flensburg**

Markus Gitter, Birgit Peuker, Simon Vollmer

**In Kooperation mit:
Print4Taste GmbH**



**Europa-Universität
Flensburg**

Fakultät I

Institut für Gesundheits- und
Ernährungswissenschaften

Vorwort und Ziel der Handreichung

Die vorliegende Handreichung zur Integration des 3D-Lebensmitteldruck(er)s in den berufsbildenden Unterricht der Ernährung und Hauswirtschaft soll Ihnen eine Anleitung anbieten und Sie dabei unterstützen, komplexe Lehr-Lern-Szenarien rund um den 3D-Lebensmitteldruck(er) zu gestalten. Die Handreichung gibt Ihnen daher zunächst eine umfassende Einführung in den 3D-Lebensmitteldruck(er) sowie in verschiedene Legitimationsstränge der Thematik. Sie erhalten konkrete Vorschläge zur Einbindung des 3D-Lebensmitteldruck(er)s in ihren Unterricht und Impulse zur Weiterentwicklung bestehender Lehr-Lernkonzepte.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß und neue Ideen und freuen uns über Rückmeldung.

Das Autorenteam

Hinweise

Folgende Handreichung orientiert sich an den Ausführungen von QUA.LiS NRW (2016), Pro-cusini (2019), Lötzbeyer & Babel (o.J.), UKBW (2021), Vogt (2017) sowie der Landesinitiative n-21 (2020).

Kapitel 1 orientiert sich an: Gitter, Markus (2024): Digital agile Lehr-Lernsettings in Berufsfeldern – Eine Perspektive aus der Ernährung und Hauswirtschaft. In: Spöttl, Georg; Tärre, Michael (Hrsg.): Didaktiken der beruflichen und akademischen Aus- und Weiterbildung. Rückblick, Bestandsaufnahme und Perspektiven. Springer Gabler: Wiesbaden. S. 583-595.

Kapitel 2.3 orientiert sich an: Stephan Leich (2024): Lehren und Lernen mit dem 3D-Lebensmitteldrucker in Lehrküchen an allgemeinbildenden Schulen. Konzeption und Entwicklung einer fachdidaktischen Handreichung für Lehrpersonen. *Master-Thesis an der Universität Potsdam*.

Kapitel 3 orientiert sich an folgender Publikation: Peuker, B.; Gitter, M.; Vollmer, S. (2023). Robotik und KI-gestütztes Gastgewerbe - Implikationen für die berufliche Bildung, HiBiFo – Haushalt in Bildung & Forschung, 3-2023, S. 54-69.

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Dreiklang der Akteure in der beruflichen Bildung (eigene Darstellung)	2
Abbildung 2: Innovationspotentiale durch Robotik und KI (Gitter, Peuker, Vollmer 2023, S. 59)	3
Abbildung 3: Verallgemeinerter 3D-Druckfertigungsprozess (QUA.LiS NRW 2016, S. 10).....	4
Abbildung 4: Strukturierung möglicher 3D-Lebensmitteldruckverfahren (Vogt 2017, S. 3)	5
Abbildung 5: Hauptkomponenten des Procusini 5.0 (Print2Taste 2020, S. 6).....	6
Abbildung 6: Kartuschenaufbau des Procusinis 5.0 (Print2Taste 2020, S. 13)	7
Abbildung 7: QR-Code zum Video-Tutorial	10
Abbildung 8: 3D-gedruckte Hohlform „Hollow body“ (Procusini)	19
Abbildung 9: Zugänge zum Lerngegenstand (Meier et al. 2022, S. 80)	22
Abbildung 10: Auszug aus der Unternehmenspräsentation	32
Abbildung 11: Charakterisierung „Haselpan“ im Langerverlauf (Franke et al. 2018, S. 5)	35

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Historische Entwicklung des 3D-Drucks	8
Tabelle 2: Kompetenzmatrix in Anlehnung an Strotmann et al. 2020.....	23

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	1
1.1	Technik als Elemente gesellschaftlicher Transformation	1
1.2	Technische Innovationen im Berufsbereich Ernährung und Hauswirtschaft.....	2
1.3	Additive Fertigungsverfahren im 3D-Druck.....	3
1.4	Grundlagen des 3D-Lebensmitteldrucks	5
1.5	Aufbau eines 3D-Lebensmitteldruckers	6
1.6	Funktionen eines 3D-Lebensmitteldruckers.....	6
1.7	Geschichte des 3D-Drucks und des 3D-Lebensmitteldrucks	7
2	Praxis	10
2.1	Einführung	10
2.2	Anleitung zur Durchführung eines Druckvorgangs.....	10
2.3	Anwendungshinweise für den 3D-Lebensmitteldruck	11
2.3.1	Lebensmittelsicherheit beim 3D-Lebensmitteldruck.....	11
2.3.2	Hygiene- und Sicherheitshinweise für den 3D-Lebensmitteldruck.....	12
2.3.3	Rechtliche Vorgaben für den schulischen Einsatz.....	15
3	Gesellschaftliche und (Berufs-)Bildungsimplikationen.....	17
3.1	Gesellschaftliche Implikationen.....	17
3.1.1	Sicherung der Welternährung.....	17
3.1.2	Beibehaltung von Ernährungsgewohnheiten.....	18
3.2	Berufsbildungsimplikationen.....	19
3.2.1	Lebensmitteldruck als Unterstützung von Facharbeit	19
3.2.2	Neue Kompetenzprofile im Berufsbereich Ernährung und Hauswirtschaft	19
3.3	Zusammenführung	20
4	3D-Lebensmitteldruck in Schule und Unterricht	22
4.1	Zugänge für den 3D-Lebensmitteldruck	22
4.2	Kompetenzorientierung beim Lerngegenstand 3D-Lebensmitteldruck.....	23
4.2.1	Themenbereich: 1.1 „Technik“	24
4.2.2	Themenbereich: 1.2 „Produkte entwickeln und vermarkten“	25
4.2.3	Themenbereich: 2 „Der 3D-Lebensmitteldruck im betrieblichen Kontext“	26
4.2.4	Themenbereich: 3 „Gesellschaftliche Bedeutung des 3D-Lebensmitteldrucks“	27
5	Unterrichtsbeispiele.....	28
5.1	Erkundung des 3D-Lebensmitteldrucks in der Ausbildungsvorbereitung.....	28
5.1.1	Aufgabe 1 - Einführung: Analyse des Betriebsbedarf	28
5.1.2	Aufgabe 2 – Planen: Vorbereiten eines Druckvorgangs	28
5.1.3	Aufgabe 3 – Entscheiden: Auswahl des Designs und des Materials	29
5.1.4	Aufgabe 4 – Durchführen: Den ersten Druck durchführen.....	29
5.1.5	Aufgabe 5 – Kontrollieren: Reflexion und Verbesserungsvorschläge.....	29

5.2	Lebensmitteltechnologie und -physiologie am Beispiel des 3D-Lebensmitteldrucks in der Fachoberschule mit dem Schwerpunkt Ernährung	30
5.2.1	Aufgabe 1 – Informieren: Rohstoffe für den 3D-Druck kennenlernen	30
5.2.2	Aufgabe 2 – Planen: Vergleichskriterien definieren	31
5.2.3	Aufgabe 3 – Entscheiden: Auswahl geeigneter Rohstoffe	31
5.2.4	Aufgabe 4 – Durchführen: Testdruck mit ausgewählten Rohstoffen	31
5.2.5	Aufgabe 5 – Kontrollieren und Bewerten: Reflexion und Optimierung.....	32
5.3	Sensorische Prüfung 3D-gedruckter Lebensmittel in den dualen Ausbildungsberufen im Lebensmittelhandwerk.....	32
5.3.1	Aufgabe 1 - Informieren: Grundlagen des 3D-Lebensmitteldrucks	33
5.3.2	Aufgabe 2 – Planen und Entscheiden: Erprobung der Technologie	34
5.3.3	Aufgabe 3 – Durchführen: Produktentwicklung	35
5.3.4	Aufgabe 4 – Kontrollieren und Bewerten: Präsentation.....	35
6	Fazit und Ausblick	36
	Literaturverzeichnis	37

1 Theorie

1.1 Technik als Elemente gesellschaftlicher Transformation

Die Rolle der Technik in gesellschaftlichen Veränderungsprozessen ist von zentraler Bedeutung. Die Wechselwirkung zwischen Technik und Gesellschaft ist ein komplexes Phänomen, das nicht nur technische Innovationen, sondern auch soziale, kulturelle und politische Veränderungen umfasst (vgl. Zurawski 2015, S. 7). Neue Technologien sind symbolisch und ideologisch aufgeladen. Sie transportieren Bedeutungen und sind somit politisch und sozial nie neutral (vgl. ebd). Im Kontext der sich exponentiell entwickelnden Digitalisierung und deren Einbindung in die Lebens- und Arbeitswelt verändern sich viele Gewohnheiten, Routinen sowie Arbeits- und Lebensabläufe. Das Akronym der VUCA-Welt (engl.: Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity - dt.: Flüchtigkeit, Ungewissheit, Komplexität, Widersprüchlichkeit) steht symbolisch für die ablaufenden dynamischen Prozesse und beschreibt die Herausforderungen, vor denen Individuen und deren Zusammenleben, aber auch der Arbeitsmarkt und Bildungsinstitutionen stehen (vgl. Lévesque 2020, S. 19 ff.). Um diese Prozesse zu erforschen und zu ergründen, wird sich seit der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts vermehrt dem Konzept des soziotechnischen Systems bedient (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018, S.13). Aus einer soziotechnischen Systemperspektive heraus wird angenommen, „[...] dass sich im Zuge der digitalen Transformation nicht nur die eingesetzten Technologien verändern, sondern das gesamte soziotechnische System einem Wandel unterliegt.“ (Eichhorn & Stolz 2023, S. 244) Unter dieser Perspektive wird eine einseitige technikzentrierte Herangehensweise bei der Erforschung vermieden (vgl. Hirsch-Kreinsen 2018, S. 25). Dies ist von Bedeutung, da gesellschaftliche Auswirkungen technischer Innovationen sowie im Umkehrschluss der gesellschaftliche Einfluss auf technische Innovationen nur dann ergründet werden können, wenn sie als Teil gesellschaftlicher Prozesse erkannt werden (vgl. Zurawski 2015, S.7), da sich organisatorische, individuelle und technische Prozesse gegenseitig beeinflussen. Die Beziehung zwischen Mensch und Maschine steht bei der Betrachtung im Vordergrund.

Dabei ist die Frage, auf welche Art und Weise technologische Innovationen in die Gesellschaft aufgenommen werden können, nicht eindeutig beantwortbar. Es können unterschiedliche Zugänge gefunden werden. Zum einen sind es Technikentwickelnde und -herstellende selbst, die über die Schaffung von Standards und die Vermarktung von Produkten den Einzug in Lebens- und Arbeitswelten realisieren (z.B. neue Kommunikationswerkzeuge, Softwares etc.). Ferner können über ordnungsrechtliche und (bildungs)politische Maßnahmen Regelungen getroffen werden, die einen Einbezug neuer Technologien in Institutionen und Lebensbereiche bestimmen. Über Medien oder Communities of Practice können zudem die Art und Weise, wie technische Innovationen dargestellt und genutzt werden, bestimmt und so die Wahrnehmung und Akzeptanz von Technologien in der Gesellschaft beeinflusst werden. Die Implementierung von technischen Innovationen in Bildungskontexten ermöglicht es, diese pädagogisch zu rahmen und einen kritischen sowie gesellschaftlich konstruktiven Umgang mit dem Gegenstand der Technologie einzunehmen. Ein Ergebnis dieser Auseinandersetzung kann eine reflektierte kritische Distanz oder aber auch eine begründete Akzeptanz der Technologie sein.

1.2 Technische Innovationen im Berufsbereich Ernährung und Hauswirtschaft

Auf welche Art und Weise technische Innovationen im Bildungskontext aufgegriffen werden, um so eine gesellschaftliche Teilhabe einer breiten Bevölkerung zu ermöglichen, bleibt oftmals unklar und einzel-fallbezogen. Im Fokus dabei steht die Frage, wer vorrangig in der Verantwortung einer proaktiven Gestaltung und eines Aufgreifens der Technologien ist. Neben den oben dargestellten Akteur:innen wie Politik (über ordnungs- und bildungspolitischen Maßnahmen), den Technikentwickelnden (über die Entwicklung der Technologien) und den Betrieben (über den Einsatz der Technologien) können im (beruflichen) Bildungskontext zudem noch die Hochschulen (erste Phase der Lehrkräfteausbildung) sowie die berufsbildenden Schulen identifiziert werden. Hochschulen, berufsbildende Schulen und Betriebe stellen dabei den Dreiklang dar, der den Rahmen einer möglichen Beantwortung der oben genannten Fragestellung stellt (vgl. Abb. 1).

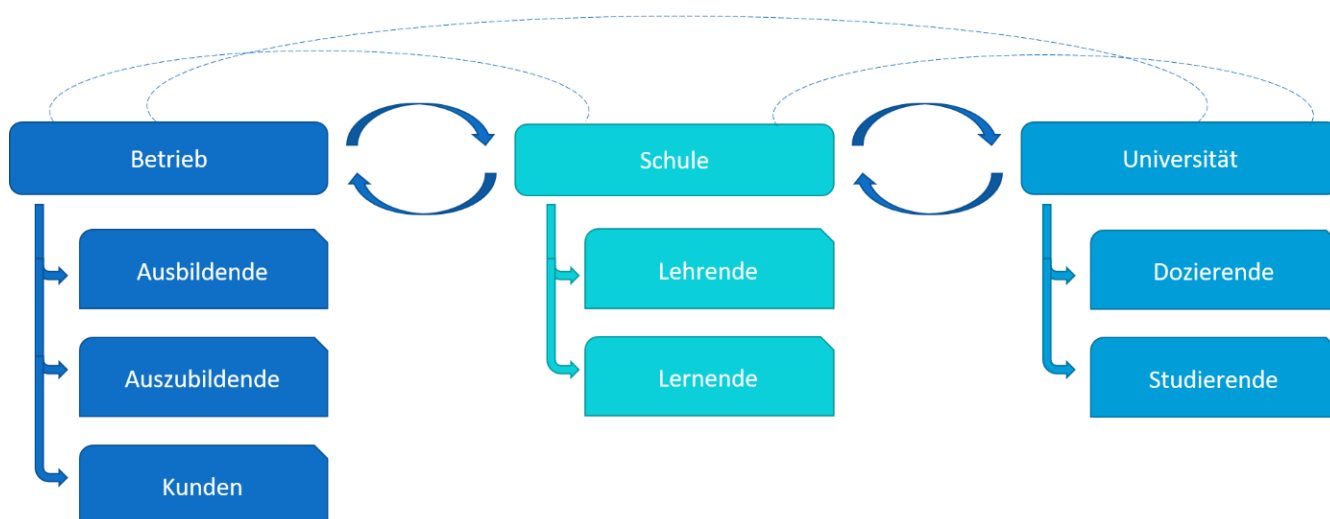


Abbildung 1: Dreiklang der Akteure in der beruflichen Bildung (eigene Darstellung)

Dabei stehen alle Akteure in der beruflichen Bildung durch getroffene Entscheidungen in einem wechselseitigen Bedingungs-feld. Setzt ein Betrieb bspw. neue Technologien ein, so sollten demnach auch die Schule und die Universität diese Technologie aufgreifen, um eine ganzheitliche – d. h. sämtliche Kompetenzbereiche umfassende (vgl. Ott 1999, S. 56) und eine nach dem Prinzip der Lernortkooperation und der phasenübergreifenden Ausbildung zeitgemäße und auch bedarfsorientierte Ausbildung anzubieten. Dies wäre ein möglicher Ansatz, um die oben genannte Fragestellung zu beantworten und soll im Folgenden für die Berufe im Berufsbereich der Ernährung und Hauswirtschaft am Beispiel von Robotik im Gastgewerbe expliziert werden. Diese Handreichung soll erste Antworten zur anbieten.

Die Corona-Pandemie hat digitale Geschäftsmodelle im Gastgewerbe gefördert und so die Bereitschaft und die Sensibilisierung der Unternehmen für die Implementierung digitaler technischer Innovationen begünstigt (vgl. Deutsche Telekom AG 2022, S. 2). Vorrangig wurde Technologien wie Online-Speisekarten, Online-Lieferservices oder kontaktloses Bezahlen implementiert (vgl. ebd., S. 3). Der zunehmende Fachkräftemangel befördert den Einsatz digitaler Technologien, sodass dieser um Online-Reservierungen, -Bestellungen und Bestellung á la carte am Platz erweitert wurde. Als nächster Schritt erfolgte und

erfolgt weiterhin eine stärkere Implementierung von Robotik-Technologien wie Service- und Reinigungsrobotik oder 3D-Lebensmitteldruckern, wodurch sich vielfältige Innovationspotentiale und auch neue Arbeitsprozesse ergeben (vgl. Peuker, Gitter, Vollmer 2023, S. 59ff.). Die Implementierung von Robotik in gastronomische Abläufe bedingt vor allem die vier gastronomischen Hauptarbeitsfelder der Managementaufgabe, der Gästeservice und -beratung, der Hygiene und Reinigung sowie der kulinarischen Innovation (vgl. Abb. 2).



Abbildung 2: Innovationspotentiale durch Robotik und KI (Gitter, Peuker, Vollmer 2023, S. 59)

Managementaufgaben können über intelligente Software innoviert werden, der Gästeservice kann über den Einsatz von Servicerobotik unterstützt werden. Die Reinigung erhält über den Einsatz von Reinigungsrobotik eine Entgrenzung der Arbeitszeit und eine Entlastung menschlicher Arbeitskraft. Im Kontext der kulinarischen Innovationen kann neben der Koch-Robotik der 3D-Lebensmitteldrucker implementiert werden und so die Kreation neuer Lebensmittelformen, frisch zubereiteter Kreationen sowie die eingeschränkte Personalisierungsmöglichkeit in Bezug auf Geschmack und Aussehen ermöglichen (vgl. ebd., S. 57).

Der 3D-Lebensmitteldruck kann dabei repräsentativ für die anderen genannten Technologien als eine recht junge Innovation im Berufsbereich der Ernährung und Hauswirtschaft genannt werden. In ihm liegen vielfältige Potentiale, die sowohl Gesellschaft als auch Arbeits- und Lebenswelten verändern können, sofern sie gesellschaftlich akzeptiert und in Lehr- und Lernsettings implementiert werden. Daher wird im Folgenden der 3D-Lebensmitteldruck als technische Innovation eingeführt, Grundlagen erläutert und dessen Potentiale multiperspektivisch betrachtet.

1.3 Additive Fertigungsverfahren im 3D-Druck

Im 3D-Druck existieren allgemein unterschiedliche Arten von Druckverfahren, die sich in ihrer Technik differenzieren. Unterschieden werden können die Schmelzschichtung (Fused Deposition Modeling (FDM), Fused Filament Fabrication (FFF)), die Stereolithografie (SL), das Lasersintern (LS) oder der Lebensmitteldruck (z.B. Paste Extrusion Modeling (PEM)) (vgl. Landesinitiative 2020). Das Grundprinzip ist

jedoch immer gleich (vgl. Abb. 3). Nach Auswahl des Objektes, welches gedruckt werden soll, muss dieses zuerst in ein digitales Modell überführt werden. Diese Druckvorlage wird z. B. in einem CAD-Programm (CAD = Computer Assisted Design) erstellt. Das kann zeichnerisch erfolgen oder auch mit sogenanntem 3D-Scan. Bei letzterem werden reale Objekte 360° rundherum abgescannt und es entsteht ein 360°-Modell. Die Datei der Druckvorlage wird als 3D- oder CAD-File bezeichnet. Bevor sie gedruckt werden kann, muss sie mit einer 3D-Drucksoftware – dem sogenannten Slicer – passend lesbar umgewandelt werden. Zunächst erfolgt eine digitale Modellierung eines Objektes, um so eine Druckvorlage zu erstellen. Diese besteht meistens aus einem 3D- bzw. CAD-File, welches weiterbearbeitet werden muss, um daraus eine Produktionsdatei (STL-Datei - Standard Triangulation Language) zu erstellen. Hierfür benötigt man entsprechende Software, die als Slicer bezeichnet wird. In diesem Umwandlungsschritt wird das Modell in Schichten aufgeteilt, die dann die entsprechenden Drucklagen für den Drucker abbilden. Ferner können in diesem Schritt notwendige Stützstrukturen eingefügt werden. Sie dienen zum einen dem später nicht sichtbaren Halt oder aber auch der Reduktion der Druckmasse, was sich auf Gewicht, Halt und Warenkosten auswirkt. Die einzelnen Punkte aus dem 3D-Modell werden mit einer Oberfläche überzogen werden (Triangulation) (vgl. Vogt 2017, S. 3; vgl. QUA.LiS NRW 2016, S. 10). Daraufhin kann mittels einer Drucksoftware die STL-Datei geöffnet und der Steuercode (auch G-Code genannt) für die Steuerung des Druckkopfes erstellt werden. Im Anschluss daran wird der Drucker mit dem Druckmaterial beladen, die fertige Datei an den Drucker versendet und der Produktionsprozess gestartet – Abbildung 3 gibt einen Überblick über den Prozess.

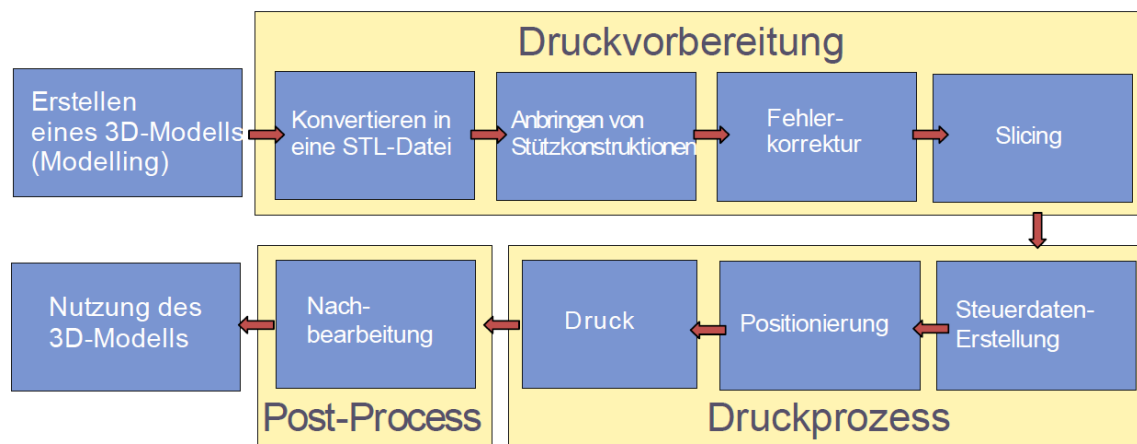


Abbildung 3: Verallgemeinerter 3D-Druckfertigungsprozess (QUA.LiS NRW 2016, S. 10)

Die verschiedenen additiven Fertigungsverfahren unterscheiden sich vor allem in der Art und Weise des Druckprozesses sowie in dem Druckmaterial. Beim *Schmelzschichtungs-Verfahren* (FFF – Fused Filament Fabrication oder FDM – Fused Deposition Modelling) wird ein Werkstoff-Draht („Filament“) geschmolzen und im Anschluss durch eine Düse auf eine ebene Baufläche bzw. auf eine Produktionsplattform (vgl. Abb. 5) gedrückt, an welcher der Kunststoff haftet (vgl. Landesinitiative n-21 2020, S. 5 f.). Beim *Stereolithografie-Verfahren* wird mit Hilfe eines Lasers schichtweise ein lichtempfindliches Kunstharz ausgehärtet (vgl. Landesinitiative n-21 2020, S. 8). Beim *Lasersintern-Verfahren* wird eine dünne Schicht eines vorgeheizten Kunststoffpulvers durch einen Laserstrahl lokal gesintert (Erhitzung unterhalb des Schmelzpunktes), wobei dann auf die gesinterten Bereiche weitere Pulverschichten aufgetragen werden, die dann wieder lokal gesintert werden (vgl. Landesinitiative n-21 2020, S. 9). Der

Lebensmitteldruck ist dem Schmelzschichtungsverfahren (FDM) sehr ähnlich, er differiert lediglich im Hinblick auf das Druckmaterial, welches meist aus einer essbaren Paste wie Marzipan, Schokolade o.ä. bestehen, die dann Schicht für Schicht aufeinander gedruckt wird. Daher wird das Druckverfahren oftmals auch als Paste Extrusion Modelling (PEM) bezeichnet.

1.4 Grundlagen des 3D-Lebensmitteldrucks

Auf Basis der beschriebenen Unterschiede zwischen den bestehenden additiven Fertigungsverfahren kann eine Definition für den 3D-Lebensmitteldruck konkretisiert werden.

„Der 3D-Lebensmitteldruck ist ein digital gesteuerter, robotergestützter Konstruktionsprozess, der Lebensmittel schichtweise herstellt, indem er Patronen verwendet, die mit weichem essbarem Material gefüllt sind (z. B. Lebensmittelpasten, Pürees, Pulver, Teige, Schlacken, Flüssigkeiten und Gelee) und aus verschiedenen Rohstoffen (z. B. Zucker, Schokolade, Käse, Mehl, Fleisch, Obst oder Gemüse) hergestellt werden.“

(Böring et al. 2020, S. 378)

Für den 3D-Druck von Lebensmitteln existieren unterschiedliche Produktionsverfahren, die nach verschiedenen Kriterien strukturiert werden können. Godoi et al. (2016) differenziert die Verfahren nach Beschaffenheit des Druckmaterials (vgl. Abb. 4). Sie unterscheiden zwischen Flüssigkeiten (Liquid), Pulver (Powder) und Zellen (Cells).

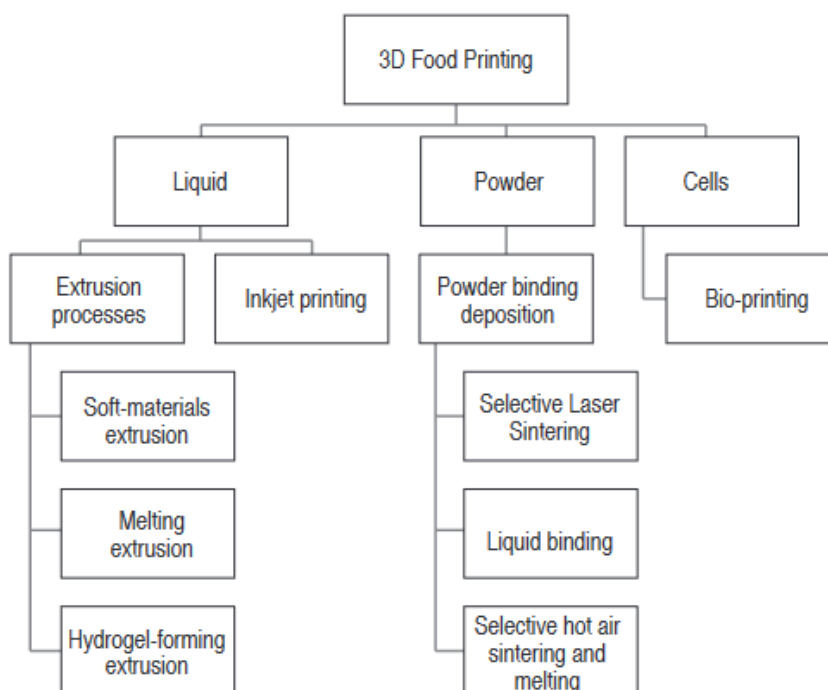


Abbildung 4: Strukturierung möglicher 3D-Lebensmitteldruckverfahren (Vogt 2017, S. 3)

Das aktuell weit verbreitetste und massentaugliche 3D-Lebensmitteldruckverfahren ist dem Bereich der Flüssigkeiten zuzuordnen. Hier wird nochmals zwischen Extrusionsprozessen und dem Tintenstrahl-druck unterschieden. In Bezugnahme auf die oben getroffene Definition wird der Tintenstrahl-druck (Druck von Bildern, Schriftzügen etc. mit Lebensmittelfarbe auf Ess- oder Oblatenpapier (Inkjet printing)) jedoch nicht dem 3D-Druckverfahren zugeordnet.

Im Bereich der Extrusionsprozesse kann man unterschiedliche Extrusionsmechanismen identifizieren, der weitverbreitetste 3D-Lebensmitteldruck kann vorrangig der „Soft-material extrusion“ zugeordnet werden (vgl. Vithani et al. 2019, S.2). Diese Zuordnung kann insofern legitimiert werden, als dass prinzipiell jede Art von frischen Lebensmitteln in 3D gedruckt werden, sofern sie in Pasten- oder Püreeform (also „soft-material“) gebracht werden. Beispielhaft können Schokolade, feste Desserts, flüssige Teige,

Marmeladen, Gelee, Käse, Zuckerguss, Fleischpaste, Sellerie, Xanthan, Gelatine (vgl. Vithani et al. 2019, S.7) oder auch Marzipan und Nudel- bzw. Pizzateig genannt werden. Dennoch ist die Auswahl an druckbaren Lebensmitteln momentan, insbesondere für stärke- und proteinbasierte Materialien, als begrenzt zu bezeichnen (vgl. Kühnl 2019, S.2).

1.5 Aufbau eines 3D-Lebensmitteldruckers

Um passende Materialien für den 3D-Lebensmitteldruck herstellen zu können, ist es von Bedeutung, sich den besonderen Charakteristika des Lebensmitteldrucks sowie dem technischen Aufbau bewusst zu sein. Die Komponenten, aus denen 3D-Drucker zusammengesetzt sind, sind nahezu identisch, wobei Aussehen und Anordnung bei gleicher Funktionsweise differieren können. Die weitverbreitetsten 3D-Drucker nutzen das FDM-Prinzip, so auch der 3D-Lebensmitteldrucker ProCusini 5.0 (vgl. Abb. 5), anhand dessen der technische Aufbau sowie besondere Charakteristika folgend beschrieben werden.

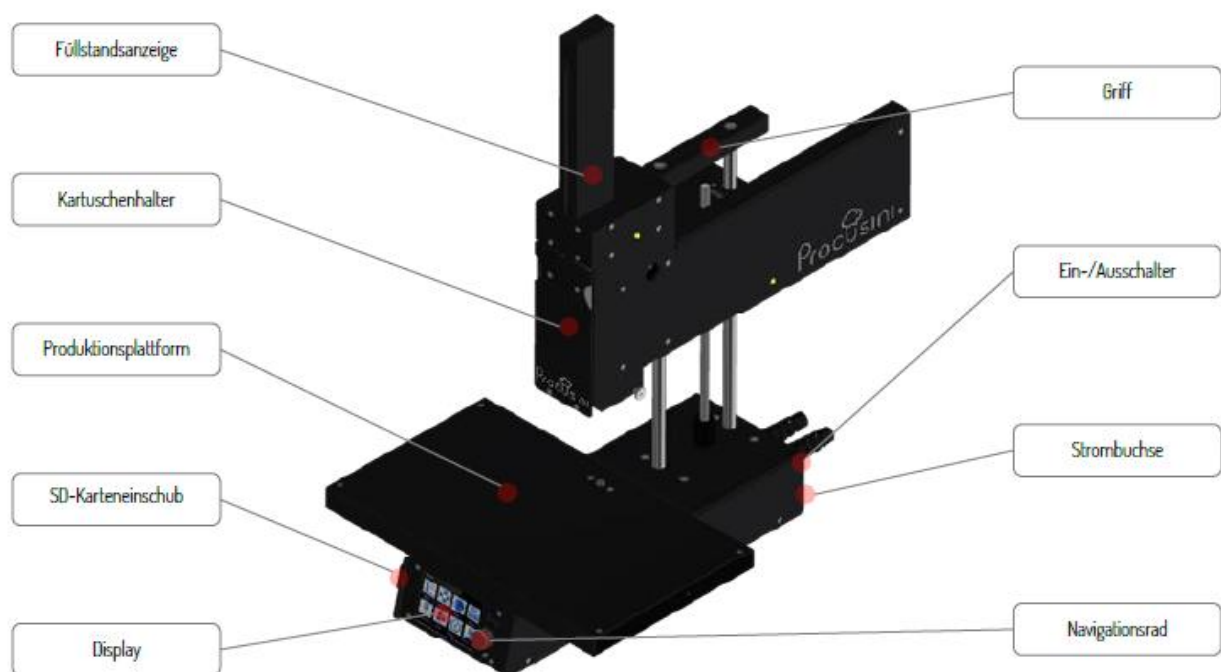


Abbildung 5: Hauptkomponenten des ProCusini 5.0 (Print2Taste 2020, S. 6)

1.6 Funktionen eines 3D-Lebensmitteldruckers

Charakteristisch und von besonderer Bedeutung für 3D-Drucker sind die *drei Achsen*. Diese ermöglichen eine Bewegung und Positionierung des *3D-Druckkopfes* in den Achsen X, Y und Z. Die X-Achse ermöglicht die Bewegung von links nach rechts, wohingegen die Y-Achse für die Positionierung des Druckkopfes in der Tiefe (vorne und hinten) sorgt.

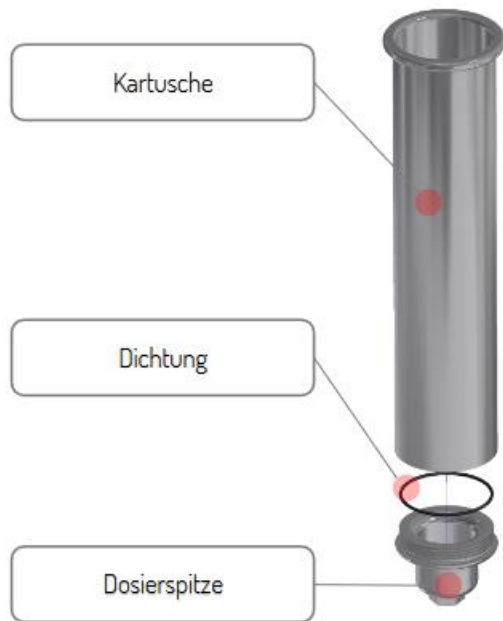


Abbildung 6: Kartuschenaufbau des Procusini 5.0
(Print2Taste 2020, S. 13)

Dies geschieht insofern, als dass an der X-Achse der Druckkopf befestigt ist und die Y-Achse über die Bewegung der *Produktionsplattform* arbeitet. Die Z-Achse ermöglicht eine Positionierung des Druckkopfes in der Höhe/Tiefe (vgl. Caroli 2014, S. 18). All diese Bewegungen werden über Motoren realisiert, die über die *Elektronik* gesteuert werden (vgl. ebd.). Dabei werden die X- und Y-Achse mittels eines Zahnriemens bewegt, während die Z-Achse und der Extruder durch Gewindestangen in Bewegung gesetzt werden. Über die Elektronik erfolgt ebenfalls die Kommunikation mit dem PC (z.B. über WLAN-Verbindung oder externen Datenträger) zur Übermittlung der benötigten Druckdaten sowie die Steuerung des Extruders.

Das Druckmaterial wird beim Procusini 5.0 in eine *Kartusche* eingesetzt, welche sich wiederum im *Kartuschenhalter* befindet. Eine Kartusche besteht aus insgesamt drei Bestandteilen (vgl. Abb. 6): Aus der (1) beheizten

Kartusche, in der das Druckmaterial eingesetzt wird und in deren Inneren der Stempel das Druckmaterial nach unten presst, der (2) Dichtung, sodass das Druckmaterial gebündelt nach unten in die (3) Dosierspitze geführt wird, durch die das Druckmaterial dann auf die Produktionsplattform gedruckt wird. Innerhalb des Kartuschenhalters erfolgt die Temperierung auf eine für das Lebensmittel definierte Temperatur. Dabei hat das in der Kartusche befindliche Lebensmittel keinen Kontakt zum Gerät, sondern nur zu der Kartusche. Beim 3D-Lebensmitteldruck spielt Hygiene eine zentrale Rolle. Daher werden die Lebensmittel nicht direkt auf die Produktionsplattform gedruckt, sondern auf eine Matte. Im Fall des Procusini 5.0 erfolgt der Druck auf eine Silikonmatte, die auf die Produktionsplattform gelegt wird. Diese Produktionsmatte sorgt zum einen für die notwendige hygienische Unterlage und zum anderen für eine stabilere Haftung des Druckmaterials auf der Produktionsplattform und leichtem Loslösen des Endproduktes.

1.7 Geschichte des 3D-Drucks und des 3D-Lebensmitteldrucks

Erste Innovationen zu druckfähigem Material und den zugehörigen 3D-Druckverfahren gibt es bereits seit mehr als 70 Jahren. Die nachfolgende Tabelle zeigt überblicksartig die historische Entwicklung der 3D-Drucktechnologie und Eckpunkte bei der Entwicklung des 3D-Lebensmitteldrucks. Grundlage für die Zusammenfassung ist das Kapitel 1 zur Geschichte und Hintergründen des 3D-Drucks aus einem online verfügbare Lernkurs der virtuellen Hochschule Bayern (Kurstitel: 3D-Druck – Warum? Wofür? Wie?). Der Kurs ist kostenfrei nach einer vorherigen Anmeldung unter folgendem Link abrufbar: <https://shorturl.at/erxZ3>

Tabelle 1: Historische Entwicklung des 3D-Drucks

Jahr	Ereignis	Beschreibung
1950	Photopolymeres Harz	Erfindung von photopolymerem Harz durch DuPont. Dieses wird später im 3D Druck eingesetzt. Ein Photopolymer ist ein Polymer, das seine Eigenschaften ändert, wenn es mit Licht aus dem UV-VIS-Bereich des elektromagnetischen Spektrums bestrahlt wird (Einsatz u.a. in der Zahnklinik) (vgl. Reichmanis & Crivello)
1960	Erste Druckversuche	Aus Photopolymeren und Lasern soll ein festes Objekt hergestellt werden.
1984	US Patent von Charles Hull	Patentanmeldung "Apparatur for Production of Three-Dimensional Objects by Stereolithography" (SLA).
1986	Gründung von 3D Systems Inc.	Firmengründung und Akzeptanz des Patents.
1987	Erste Druckeinheit	Beginn der kommerziellen Verwendung der Stereolithographie.
1991	Weitere Technologien	Drei weitere Technologien der Additiven Fertigung werden kommerzialisiert: Fused Deposition Modeling (FDM) von Stratasys Solid Ground Curing (SGC) von Cubital Laminated Object Manufacturing (LOM) von Helisys
1996	3D Drucker	3D Systems verkauft ersten 3D Drucker, welcher Wachs Schicht für Schicht ablegt.
2000	Neue 3D Drucker und Technologien	Verkauf von Farb-3D-Druckern, welcher auf der Pulver- und Bindertechnologie beruhen sowie erste kommerzielle Mehrfarb-3D-Drucker
	Tortenverzierungen	Erstmalige Patentanmeldung zur Herstellung von Tortenverzierungen
2001	Neue Druckmaterialien	Keramik, Metalle und verschiedene zusammengesetzte Materialien werden in Pastenform transferiert; Polycarbonat, ABS, Polyphenylsulfone und eine Polycarbonat-ABS können produziert werden, Verschmelzung von Sand (z.B. für den Metallguss)
2002	Bioplotter	Verwendung von Biomaterialien zur Herstellung von Gewebe
2004	Erschließung neuer Branchen	3D Drucker für die Schmuckbranche, Hörakustikindustrie etc.
	3D-Lebensmitteldruck für die Raumfahrt	3D-Lebensmitteldruck Anwendungen für Weltraum-Reisen, mit dem Ziel das Volumen der Lebensmittel an Bord zu verringern, indem einzelne Lebensmittelinhaltsstoffe in pulvriger Form transportiert werden, um mit Wasser angemischt zu

		werden und mittels 3D-Druck in Form gebracht zu werden
2006	Weitere Entwicklungen	Unter anderem 3-D-Drucker und Scanner für die Zahntechnik
2008	Hörgeräte-, Zahntechnik- und Medizinindustrie	Weiterentwicklung und Erforschung des 3-D-Drucks für die genannten Bereiche
2009	Metalldruck	Verarbeitung von Edelstahl, Werkzeugstahl, Kobalt-Chrom und Gold
2011	Additive Manufacturing (AM) und OP Planung	AM als Hauptmethode in der Produktion in der Hörakustikindustrie; 3-D-Scanner und Drucker finden vermehrt Einsatz in Operationen
2012	Kundenorientierte Drucker	Vorstellung eines kundenorientierten, single-material 3D Druckers ; Kabellose Verbindung und digitale Design Bibliothek
	3D-Lebensmitteldruck als medizinische Anwendung	Identifikation der Technologie für die Herstellung von Gerichten für Menschen mit Schluckbeschwerden (Dysphagie), um Lebensmittel mit einer einheitlichen Konsistenz herzustellen
2014	Die ersten essbaren Objekte	3D Systems entwickelt zusammen mit der Hershey Company 3D gedruckte, essbare Produkte.
	Gründung von Print4Taste	Spin-Off der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf im Kontext des 3D-Lebensmitteldrucks sowie Gründung des deutschen Startups Print4Taste in Freising
2015	Druck in Schwerelosigkeit	Druck von 25 Teile in Schwerelosigkeit auf der ISS
	Dezember 2015 Erste Generation von Procusini Lebensmitteldrucker	Verkauf der ersten Generation universeller 3D Lebensmitteldrucker (Procusini)
2019	Anfang 2019: Launch Procusini 5.0	Lebensmitteldrucker mit intuitiver mehrsprachiger Bedienoberfläche sowie einem erweiterten Portfolio druckbarer Lebensmittel
	Sommer 2019: Launch 3D Schokodrucker mycusini,	Erster 3D Schokoladendrucker für den Heimgebrauch; erste Generation für Hobbybäcker:innen
2021	Dezember 2021 Launch 3D Schokodrucker mycusini 2.0	
Seit 2021	Stetige Weiterentwicklung der 3D-Lebensmitteldrucker von Procusini sowohl für das Gewerbe als auch den Hausgebrauch	

2 Praxis

2.1 Einführung

Bei der Einführung in die praktische Anwendung des 3D-Lebensmitteldrucks bezieht sich die vorliegende Handreichung auf die Geräte der Firma Procusini. Dies ist ein einfach zu bedienender 3D-Lebensmittel-Drucker für den Einsatz in der gewerblichen Küche, z. B. im Catering, der Event-Gastronomie und in der Bäckerei/Konditorei. Er besteht aus einem beheizbaren Druckkopf, welcher an einer Positioniereinheit montiert ist und über einen integrierten Prozessor sowie einem SD-Kartenslot zur Einspeisung von Druckdateien betrieben wird. Dabei werden die X- und Y-Achse mittels eines Zahnriemens gesteuert, während die Z-Achse und der Extruder durch Gewindestangen in Bewegung gesetzt werden. Der Druckkopf sitzt am Ende der Y-Achse und wird mittels des Z-Motors während des Produktionsvorgangs Schicht für Schicht nach oben bewegt. Die Produktionsplatte stellt die X-Achse dar und dient als Auflagefläche für die zu bedruckenden Unterlagen (Flexible Produktionsunterlage; Teller; Brote etc.).

Die Lebensmittel werden in lebensmittelechte Kartuschen gefüllt bzw. sind als lebensmittelechte Nachfüllsets, sogenannte Refills für Kartuschen erhältlich. Diese Kartuschen werden in den Kartuschenhalter eingesetzt und gegebenenfalls auf eine für das Lebensmittel definierte Temperatur erwärmt. Dabei hat das in der Kartusche befindliche Lebensmittel keinen Kontakt zum Gerät. Auf eine ausführliche Beschreibung des Druckvorgangs anhand von exemplarischen Bildern wird an dieser Stelle verzichtet. Stattdessen empfehlen die Autorin und die Autoren die vom Hersteller des 3D-Lebensmitteldruckers als Video-on-Demand zur Verfügung gestellten Erläuterungen. Diese können über den nachfolgend aufgeführten QR-Code bzw. Link von der Videoplattform Youtube.com abgerufen werden.

2.2 Anleitung zur Durchführung eines Druckvorgangs

Das Video-Tutorial mit dem Titel „Procusini® Tutorial total“ enthält folgende Inhalte:

- Einführung und Einsatzmöglichkeiten
- Einsatz und Herstellung druckfähiger Lebensmittel (u. a. Marzipan, Schokolade, Kartoffelbrei)
- Lieferumfang
- Rüsten des 3D-Lebensmitteldruckers und Druckvorbereitung
- Vordosierung und Druckvorgang
- Reinigung
- Nutzeroberfläche *Procusini-Club* (online-Nutzung) zur Erstellung von Druckdateien
- Kundenservice und Einstellungen



Abbildung 7: QR-Code zum Video-Tutorial

2.3 Anwendungshinweise für den 3D-Lebensmitteldruck

Die Anwendung des 3D-Lebensmitteldrucks bringt zugleich eine Reihe von Herausforderungen mit sich. Bedenken hinsichtlich der Sicherheit und Hygiene sind wichtige Aspekte, die thematisiert werden müssen. Grundsätzlich zu berücksichtigende und insbesondere für den technikbezogenen Unterricht geltenden Regelungen zur Arbeitssicherheit und Gesundheit im Unterricht werden mit den Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht (KMK 1994) beschrieben. Die als Empfehlung formulierten Richtlinien werden fortlaufend aktualisiert (aktueller Stand: 21.09.2023). Da beim 3D-Lebensmitteldruck verzehrfähige Lebensmittel verarbeitet werden, müssen insbesondere Vorgaben zur Produkt-, Personal- und Betriebshygiene eingehalten werden. Bislang liegt noch keine spezifische Umsetzungsempfehlung zum Einsatz des 3D-Lebensmitteldrucks im Unterricht vor. Eine erste Handreichung hierzu wurde von der Universität Potsdam im Rahmen einer Master-Abschlussarbeit entwickelt. Die Inhalte der Handreichung sind Gegenstand der folgenden Kapitel zur Anwendung des 3D-Lebensmitteldrucks.

2.3.1 Lebensmittelsicherheit beim 3D-Lebensmitteldruck

Der 3D-Lebensmitteldrucker muss lebensmittelsicher sein. Dieser Aspekt bezieht auf die Materialien, aus denen der 3D-Lebensmitteldrucker besteht sowie dessen Reinigungsmöglichkeit. Hierbei wird in spezialisierte 3D-Lebensmitteldrucker und 3D-Drucker mit Lebensmitteldruckfunktion unterschieden, wobei spezialisierte 3D-Lebensmitteldrucker als lebensmittelsicher gelten. Spezialisierte 3D-Lebensmitteldrucker zeichnen sich dadurch aus, dass sie nur auf das 3D-Drucken von Lebensmitteln ausgelegt sind. Ihre Bauteile, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen, bestehen aus lebensmittelsicheren Materialien, vor allem aus rostfreiem Stahl, da dieses Material einfach zu reinigen ist. Insbesondere dem Aspekt der Reinigung wird bei den spezialisierten 3D-Lebensmitteldruckern hohe Bedeutung beigemessen, was sich auch auf deren Aufbau niederschlägt. So kann bspw. bei einigen dieser spezialisierten 3D-Lebensmitteldrucker die metallische Düse abmontiert und im Geschirrspüler gereinigt werden. 3D-Drucker mit Lebensmitteldruckfunktion sind hingegen gewöhnliche 3D-Drucker, die neben Plastikfilamenten und anderen Materialien auch Lebensmittelmaterial drucken können – das Funktionsprinzip ist schließlich dasselbe. Da sie jedoch nicht primär für Lebensmittel ausgelegt sind, bestehen sie aus Plastik oder anderen Materialien, die nicht lebensmittelsicher sind. Bei Hitze können daher toxische oder gesundheitsgefährdende Stoffe freigesetzt werden. Zudem ist eine hygienische Reinigung dieser mitunter schwierig, da sich Lebensmittelreste in möglichen Ritzen und anderen Zwischenräumen ansammeln und zu mikrobiologischem Wachstum führen können.

Insofern gilt bei der Anschaffung eines 3D-Lebensmitteldrucks darauf zu achten, dass es sich um einen spezialisierten 3D-Lebensmitteldrucker handelt. Diese mögen in der Anschaffung zwar teurer sein, die Mehrausgaben sind für die Lebensmittelsicherheit jedoch gerechtfertigt.

Das Material für den 3D-Lebensmitteldruck – Lebensmittel – ist zugleich das Abgrenzungs- bzw. Alleinstellungsmerkmal des 3D-Lebensmitteldrucks und stellt gleichzeitig eine große Herausforderung dar. Denn anders als beim 3D-Druck muss, das 3D-Lebensmitteldruckmaterial nicht nur verformbar sein und direkt nach dem Materialauftrag seine Struktur bewahren, was bei Lebensmitteln bereits eine große

Herausforderung ist, sondern es muss auch noch genießbar sein. Das 3D-Lebensmitteldruckmaterial spielt daher eine sehr entscheidende Rolle. Bei der Beschaffung bzw. Herstellung des Lebensmittelmaterials stehen Ihnen drei Optionen zur Verfügung. Zum einen kann es vom Hersteller bezogen werden, indem abgefüllte und verschlossene Lebensmittelkartuschen gekauft werden. Zum anderen kann das Lebensmittelmaterial bei offenen Lebensmittelkartuschen bzw. einer Materialöffnung im 3D-Lebensmitteldrucker nach einem Rezept des Herstellers zubereitet werden. Dies kann dann in die offene Lebensmittelkartusche abgefüllt und anschließend verschlossen oder vor dem Druck in die Materialöffnung gegeben werden. Daneben besteht noch die Option, dass das Lebensmittelmaterial selbst hergestellt wird, ohne ein Rezept des Herstellers. Von letzter Option ist abzuraten, da dadurch Probleme wie bspw. Verstopfungen o. ä. auftreten können, weil bspw. das Material nicht von der 3D-Lebensmitteldrucker-Software unterstützt wird. Zudem können mögliche Garantieansprüche verfallen werden, da keine Nutzung entsprechend den Herstellerangaben erfolgte. Was die mögliche Lebensmittelauswahl an Druckmaterialien betrifft, so bieten sich insbesondere solche an, die bei Raumtemperatur oder niedrigerer Hitze gedruckt werden können. Hierzu zählen u. a. Gemüsepürees wie Erbsen- oder Kartoffelpüree oder Marzipan. Schnell verderbliche Lebensmittel, hierunter zählen insbesondere tierische Lebensmittel wie Fleisch, sollten nicht gedruckt werden, da der 3D-Druckprozess ein zeitintensiver Prozess sein kann, bei dem das Lebensmittelmaterial höheren Temperaturen ausgesetzt ist, was mikrobiologisches Wachstum begünstigen könnte. Das vermutlich beste und vielseitigste Lebensmittelmaterial, das Sie wählen können und Ihnen hiermit auch nahegelegt wird, ist: Schokolade. Schokolade gilt von seinen Materialeigenschaften als das ideale 3D-Lebensmitteldruckmaterial, sodass nahezu alle 3D-Lebensmitteldrucker dieses Lebensmittel drucken können. Zudem kann Schokolade (i.d.R.) von allen Schülerinnen und Schülern gegessen werden. Es ist zudem ein beliebtes Lebensmittel, das eigenständig und ohne weitere Zutaten oder Lebensmittel angeboten und verzehrt werden kann.

2.3.2 Hygiene- und Sicherheitshinweise für den 3D-Lebensmitteldruck

Die Hygiene- und Sicherheitshinweise werden in Arbeitsplatz-, Lebensmittel-, und Personalhygiene unterteilt und dargestellt. Dabei werden die Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Personalhygiene vorab dargestellt, denn diese gelten über den gesamten Ablauf des 3D-Druckprozesses.

Bezüglich der Personalhygiene ist darauf zu achten, dass bei den Schülerinnen und Schülern eine allgemeine Körperhygiene vorherrscht. Des Weiteren zählen zur Körperhygiene kurze Fingernägel, die ohne Nagellack sind (ggf. können Einweghandschuhe benutzt werden), das Abnehmen von Schmuck und Uhren, das Zurückbinden von Haaren. Die Kleidung der Schülerinnen und Schüler muss sauber sein und eine hygienische Schutzkleidung, wie ggf. eine gewaschene Küchenschürze, übergezogen werden. Zudem ist bei der Personalhygiene auf den Gesundheitszustand der Schülerinnen und Schüler zu achten. Schülerinnen und Schüler, die Symptome einer Infektionskrankheit aufweisen und mit einer solchen infiziert sind, sind vom Unterricht auszuschließen. Offene Wunden müssen mit einem Pflaster abgeklebt werden. Unabhängig vom Gesundheitszustand der Schülerinnen und Schüler muss die Husten- und Niesetikette beachtet werden. Nach jedem Verarbeitungsschritt müssen die Hände gewaschen bzw. desinfiziert werden. Diese Anforderung an die Personalhygiene müssen Sie vor und während des gesamten

3D-Druckprozesses sicherstellen. Sie werden im Folgenden nicht für jeden einzelnen Schritt des 3D-Druckprozesses erneut dargestellt. Sofern Abweichungen vorliegen, werden diese benannt.

Zu- und Vorbereitung der Druckmaterialien

Bei der Zu- und Vorbereitung der Materialien, wird das Lebensmittelmaterial für den 3D-Lebensmitteldruck vorbereitet. Dieser Schritt ist nur dann notwendig, wenn nicht druckfertiges Material vom Hersteller verwendet wird. Bei der Arbeitsplatzhygiene ist darauf zu achten, dass die Lehrküche und die benötigten Geräte, bspw. Küchenmesser, Pfannen, Schnittbretter etc., sich in einem hygienisch einwandfreien Zustand befinden. Etwaige Arbeitsgeräte müssen über einen sicheren Stand verfügen, so dass ein sicheres Arbeiten ermöglicht wird. Hinsichtlich der Lebensmittelhygiene ist allgemein ein sogenanntes HACCP Konzept zu entwickeln, um etwaigen Gefährdungen durch Lebensmittel frühzeitig entgegenzuwirken.

Das HACCP-Konzept (Hazard Analysis and Critical Control Points) ist ein Qualitätsmanagementsystem zur Feststellung für die Lebensmittelsicherheit. Hierfür sind sieben Schritte zu beachten:

- 1.) Mögliche Gefahren analysieren,
- 2.) Kritische Kontrollpunkte identifizieren,
- 3.) Grenzwerte festlegen,
- 4.) Überwachungssystem einführen,
- 5.) Korrekturmaßnahmen für den Fall von Abweichungen umsetzen,
- 6.) Evaluierungsmaßnahmen durchführen und abschließend ist
- 7.) eine Dokumentation erstellen.

Bei den zu verarbeitenden Lebensmittelmaterialien ist auf deren Haltbarkeit und Zustand – Riech- und Sichtprobe anwenden – sowie auf eine hygienische Lagerung zu achten. Die Lebensmittel müssen gründlich gewaschen und verschiedene Lebensmittel, wie bspw. Fleisch und Gemüse, getrennt verarbeitet werden. Sollte abgeschmeckt werden, muss auf ein hygienisches Abschmecken geachtet werden. Die Lebensmittel müssen bei der Verarbeitung gut durcherhitzt werden, um etwaige Mikroorganismen abzutöten. Verarbeitete Lebensmittel dürfen nicht mit den bloßen Händen angefasst werden. Hierfür müssen entweder Einweghandschuhe oder Küchenutensilien verwendet werden. Dies gilt insbesondere beim Einfüllen der Druckmasse in die Materialöffnung oder Kartusche.

Maschinen-Setup

Beim Maschinen-Setup wird der 3D-Lebensmitteldrucker für den 3D-Lebensmitteldruck vorbereitet. Die Vorbereitung des 3D-Lebensmitteldruckers hat entsprechend den Herstellerangaben zu erfolgen. Dabei wird u.a. auch das Lebensmittelmaterial eingesetzt. Bei der Arbeitsplatzhygiene muss darauf geachtet werden, dass die Lehrküche sowie der 3D-Lebensmitteldrucker sauber sind, ggf. müssen diese gereinigt werden. Dies betrifft beim 3D-Lebensmitteldrucker insbesondere die Druckfläche. Der 3D-Lebensmitteldrucker muss zudem über einen sicheren Stand verfügen und auf einer feuerfesten Arbeitsfläche/Unterlage stehen. Hinsichtlich der Lebensmittelhygiene muss beim Materialeinsatz entsprechend den Herstellerangaben darauf geachtet werden, dass das Lebensmittelmaterial dabei nicht kontaminiert wird,

indem es bspw. mit bloßen Händen angefasst wird. Dies gilt auch bei den weiteren Einstellungen am 3D-Lebensmitteldrucker. So sollten ggf. Einweghandschuhe getragen werden. Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass nicht bspw. die zuvor vorbereitete Druckfläche kontaminiert wird.

Druck

Dieser erfolgt autonom, es muss lediglich darauf geachtet werden, dass kein Softwarefehler auftritt oder das Lebensmittelmaterial zum 3DDrucken ausgeht. Das potenzielle Nachfüllen des Lebensmittelmaterials ist dabei nach Herstellerangaben durchzuführen. Bei der Arbeitsplatzhygiene muss darauf geachtet werden, dass während des Druckprozesses die zuvor erwähnten Aspekte, saubere/r Lehrküche und Lebensmitteldrucker, sicherer Stand sowie eine feuerfeste Arbeitsfläche/Unterlage, nicht nachträglich kontaminiert bzw. verändert werden. Hinsichtlich der Lebensmittelhygiene muss beim möglichen Nachfüllen des Lebensmittelmaterials, entsprechend den Herstellerangaben, darauf geachtet werden, dass das Lebensmittelmaterial dabei nicht kontaminiert wird, indem es bspw. mit bloßen Händen angefasst wird. Außerdem sollte aus Sicherheitsgründen während des 3D-Druckprozesses darauf geachtet werden, dass weder in den Bauraum noch an den Extruder gegriffen wird. Es besteht Verletzungs- bzw. Verbrennungsgefahr. Zur Minimierung dieser Gefahrenquelle ist der eingehaute Bauraum von Vorteil.

Produktentnahme

Bei der Produktentfernung wird das 3D-gedruckte Lebensmittel aus dem Bauraum des 3D-Lebensmitteldruckers entnommen. Zudem kann ein Vergleich zwischen dem erstellten CAD-Modell und dem 3D-gedruckten Lebensmittelobjekt erfolgen. Bei der Arbeitsplatzhygiene muss darauf geachtet werden, dass das 3D-gedruckte Lebensmittel auf eine saubere Arbeitsfläche bzw. Unterlage abgestellt wird. Hinsichtlich der Lebensmittelhygiene muss darauf geachtet werden, dass das 3D-gedruckte Lebensmittel nicht mit den bloßen Händen angefasst wird. Hierfür bietet sich bspw. Handschuhe oder eine Küchenzange an. Aus Sicherheitsgründen bzw. um die Verbrennungsgefahr zu minimieren, sollte nach Abschluss des 3D-Lebensmitteldrucks kurz gewartet werden. Dadurch kann auch das 3D-gedruckte Objekt noch etwas abkühlen. Sollte ein Vergleich zwischen dem erstellten CAD-Modell und dem 3D-gedruckten Lebensmittelobjekt erfolgen, muss darauf geachtet werden, dass dabei das 3D-gedruckte Lebensmittel nicht kontaminiert wird.

Nachverarbeitung

Bei der Nachverarbeitung wird das 3D-gedruckte Lebensmittel ggf. weiterverarbeitet. Zu diesen Nachbearbeitungsschritten können die gewöhnlichen Zubereitungsverfahren wie Kochen, Braten, Backen etc. zählen. Bei der Arbeitsplatzhygiene ist darauf zu achten, dass die Lehrküche und die benötigten Geräte, bspw. Küchenmesser, Pfannen, Schnittbretter etc., sich in einem hygienisch einwandfreien Zustand befinden. Etwaige Arbeitsgeräte müssen über einen sicheren Stand verfügen, sodass ein sicheres Arbeiten ermöglicht wird. Bei der Verarbeitung der 3D-gedruckten Lebensmittel ist zunächst deren Zustand zu prüfen, indem bspw. die Riech- und Sichtprobe durchgeführt wird. Verschiedene Lebensmittel, wie bspw. Fleisch und Gemüse, müssen getrennt verarbeitet werden. Sollte abgeschmeckt werden, muss auf ein hygienisches Abschmecken geachtet werden. Die Lebensmittel müssen bei der Verarbeitung gut durcherhitzt werden, um etwaige Mikroorganismen abzutöten. Verarbeitete Lebensmittel dürfen nicht mit den bloßen Händen angefasst werden. Hierfür müssen entweder Einweghandschuhe oder

anderweitige Küchenutensilien verwendet werden. Verarbeitete Lebensmittel sollten entweder schnell abkühlt und abdecken oder verbraucht werden.

Verkostung

Bei der Verkostung wird das gedruckte und ggf. nachbearbeitete Lebensmittel angerichtet und verzehrt. Bei der Arbeitsplatzhygiene ist darauf zu achten, dass die Lehrküche und die benötigten Geräte sich in einem hygienisch einwandfreien Zustand befinden. Abschließende Reinigungsmaßnahmen am 3D-Lebensmitteldrucker sind entsprechend den Herstellerangaben durchzuführen. Hinsichtlich der Lebensmittelhygiene ist darauf zu achten, dass 3D-gedruckte Lebensmittel nicht mit den bloßen Händen angefasst werden. Zudem sollten die 3D-gedruckten Lebensmittel schnell gekühlt und anschließend abgedeckt, gelagert oder schnell verbraucht werden. Restliches Druckmaterial gilt es entsprechend den Herstellerangaben zu entsorgen.

2.3.3 Rechtliche Vorgaben für den schulischen Einsatz

Im Folgenden werden eine Auswahl an Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften, die Sie für einen hygienischen und sicheren 3D-Lebensmitteldruck beachten müssen, dargestellt. Für die bauliche Ausstattung und das Arbeiten in der (Lehr-)Küche müssen eine Vielzahl an Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften beachtet werden. Hierzu zählen u.a.:

- Arbeitsschutzgesetz
- Arbeitssicherheitsgesetz
- Arbeitsstättenverordnung

Eine Zusammenfassung dieser Gesetze, Verordnungen und Vorschriften für die bauliche Ausstattung und das Arbeiten in der (Lehr-)Küche ist:

- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg.) (2019): Branche Küchenbetrieb. DGUV Regel 110-003. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3571> (letzter Aufruf am 01.07.2024).

Für das Betreiben eines 3D-Druckers, ein 3D-Lebensmitteldrucker ist die Verbindung von 3D-Druckern mit Lebensmitteln, müssen Sie eine Vielzahl an Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften beachtet werden. Hierzu zählen u.a.:

- Arbeitsschutzgesetz
- Betriebssicherheitsverordnung
- EG-Maschinenrichtlinie (Richtlinie Nr. 2006/42/EG)

Eine Zusammenfassung dieser Gesetze, Verordnungen und Vorschriften für das Betreiben eines 3D-Druckers in der Schule ist:

- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung Baden-Württemberg & Unfallkasse Baden-Württemberg (Hrsg.) (2021): Sicherer Umgang mit 3D-Druckern in der Schule. Handreichung für allgemeinbildende Schulen und vergleichbare Fächer an beruflichen Schulen in Baden-Württemberg.

https://www.ukbw.de/fileadmin/user_upload/Sicherer-Umgang-mit-3D-Druckern-in-der-Schule.pdf (letzter Aufruf am 01.07.2024).

Für einen hygienisches Lernen in der Lehrküche müssen eine Vielzahl an Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften beachtet werden. Hierzu zählen u.a.:

- Infektionsschutzgesetz
- Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch
- Verordnung (EG) Nr. 852/2004 zur Lebensmittelhygiene – Lebensmittelhygieneverordnung

Eine Zusammenfassung dieser Gesetze, Verordnungen und Vorschriften für ein hygienisches Lernen in der Lehrküche in der Schule ist:

- Kultusministerkonferenz (Hrsg.) (2023): Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU). Empfehlung der Kultusministerkonferenz. Beschluss der KMK vom 09.09.1994 i.d.F. vom 21.09.2023. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf (letzter Aufruf am 21.02.2024).

3 Gesellschaftliche und (Berufs-)Bildungsimplicationen

3.1 Gesellschaftliche Implikationen

Vor dem Hintergrund der technologischen Voraussetzungen und Möglichkeiten sowie Einschränkungen des 3D-Lebensmitteldrucks wird im Folgenden ein Diskurs über verschiedene Anwendungs- und Einsatzszenarien dieser Technologie eröffnet. Im Mittelpunkt steht die Frage, inwieweit der 3D-Lebensmitteldruck einen Beitrag zur gesellschaftlichen Teilhabe leisten kann. Hierfür werden vier unterschiedliche Perspektiven eröffnet, die sich aus möglichen bzw. bereits existierenden Einsatzszenarien ergeben. Einen ersten Zugang eröffnet die Diskussion der mit dem 3D-Lebensmitteldruck verbundenen Potentiale zur Sicherstellung der globalen Ernährung. In diesem Kontext werden die Aspekte der Über- und Unterernährung sowie die Erschließung neuer Proteinquellen diskutiert. Einen weiteren Zugang eröffnet der Fachkräftemangel und die Diskussion darüber, welche Potentiale zur Einbindung von Fachkräften in den Berufsbereich der Ernährung und Hauswirtschaft bietet. Ein dritter Zugang spannt die kontrovers zu erörternde Fragestellung auf, ob der 3D-Lebensmitteldruck und die damit verbundenen Möglichkeiten zur Herstellung von Fleischersatzprodukten oder Fleischprodukten auf Basis tierischen Zellmaterials einen Beitrag dazu leistet, bisher bestehende Ernährungsgewohnheiten beizubehalten. Die Kontroverse schließt ebenso die funktionelle Anwendung des 3D-Lebensmitteldrucks hinsichtlich der medizinischen Potentiale von strukturmodifizierten Lebensmitteln für Patient:innen mit Schluckbeschwerden ein.

3.1.1 Sicherung der Welternährung

Der Ernährungsreport des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (vgl. BMEL 2020, 2023) erfasst die Zustimmung der befragten Personen zu möglichen Maßnahmen, um eine wachsende Weltbevölkerung zu ernähren. Neben der Reduktion von Lebensmittelabfällen (Zustimmung: 92 %) wird auch der verstärkte Konsum von pflanzlichen Ersatzprodukten (Zustimmung: 58 %) als Möglichkeit gesehen. Neben dem Verzicht auf Fleisch (Zustimmung: 58 %) wird vor allem die Verringerung des Fleischkonsums (Zustimmung: 82%) als wirkungsvolle Maßnahme betrachtet. Immerhin 26 % der Befragten sehen eine Möglichkeit im verstärkten Konsum von In-vitro-Fleisch bzw. im verstärkten Konsum von Lebensmitteln, die aus Insekten hergestellt sind (Zustimmung: 44 %).

Der Fleischkonsum in den Industrienationen liegt bei 56,5 kg pro Jahr, während derjenige von Entwicklungsländern nur etwas mehr als ein Drittel davon (22,3 kg) beträgt. Der weltweite Durchschnitt liegt bei 28,5 kg pro Jahr (vgl. OECD-FAO 2023, S. 186; vgl. Statista 2023). Diese Zahlen verdeutlichen, dass eine Reduktion von oder Verzicht auf Fleischkonsum in Industrienationen ein erhebliches Einsparpotential für den tierzuchtbezogenen Flächenverbrauch in denjenigen Nationen (u. a. des globalen Südens) hat, in denen Flächen im großen Stil für den Anbau von Tierfutter genutzt werden. Insofern der 3D-Lebensmitteldruck eine Möglichkeit bietet, Fleischersatzprodukte auf Basis ressourcen- und flächenschonender Proteinquellen herzustellen, mit deren Hilfe der Fleischkonsum in den Industrieländern reduziert werden kann, kann diese Technologie unter den beschriebenen Umständen auch eine globale Ernährungslage verbessern. Geht die Herstellung von pflanzenbasierten Fleischalternativen mittels 3D-Lebensmitteldruck jedoch mit einem erhöhten Verbrauch von primären und sekundären Ressourcen einher, muss im Zusammenhang mit der 3D-Technologie von negativen Rebound-Effekten gerechnet werden (vgl. Umwelt Bundesamt 2019, o. S.). Ein Verlust primärer Ressourcen würde z. B. dann

eintreten, wenn für die Herstellung von Massen für Fleischersatzprodukte Protein aus Hülsenfrüchten extrahiert werden muss, dabei aber ein erheblicher Teil des Proteins verloren geht. Sekundäre Ressourcenverluste ergeben sich aus den Anschaffungs-, Wartungs- und Betriebskosten der 3D-Lebensmitteldrucktechnologie (z. B. Energie- und Materialverbrauch).

3.1.2 Beibehaltung von Ernährungsgewohnheiten

Neben dem Potential des 3D-Lebensmitteldrucks für die Sicherung der globalen Ernährung durch den Druck von Fleischersatzprodukten steht auch die Beibehaltung bisheriger Ernährungsgewohnheiten im Fokus. Basierend auf den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V. (vgl. DGE o. J.) soll der Tageskostplan nicht grundsätzlich auf tierischen Produkten basieren, sondern durch diese ergänzt werden. Für Personen, die auf Fleisch nicht verzichten wollen, können Fleischimitationsprodukte, die mittels 3D-Lebensmitteldruck hergestellt werden, eine Möglichkeit darstellen, den eigenen Tageskostplan pflanzenbasiert zu optimieren.

Während der 3D-Lebensmitteldruck die Möglichkeiten eröffnet, einen bereits gewohnten Tageskostplan beizubehalten, kann erkrankten Personen mit Schluckbeeinträchtigung (Dysphagie) mit Hilfe der Technologie die Wiederaufnahme einer ursprünglichen Ernährungsgewohnheit ermöglicht werden. Insbesondere bei Älteren stellt die Nahrungsaufnahme eine wichtige Tagesroutine dar, die zur Gesunderhaltung beiträgt. Kann diese Routine aufgrund von motorischen und muskulären Einschränkungen z. B. nach einem Schlaganfall nicht mehr aufrechterhalten werden, sind die Betroffenen nicht nur physisch, sondern auch psychisch und sozial beeinträchtigt (vgl. Rusu et al. 2020, S. 239). Die Nahrungsaufnahme wird aufgrund der Schwierigkeiten beim Kauen, Schlucken und der Koordination mit der Atmung unter anderem als „schmerzhaft [... und] beschämend“ (ebd., S. 242) beschrieben, sodass in der Folge die Betroffenen die Nahrungsaufnahme verweigern oder diese nicht mehr als soziales Erlebnis wahrnehmen können.

Eine personalisierte Ernährung ist aus medizinischer Sicht insbesondere für Personen relevant, die aufgrund spezifischer Krankheitsbilder sehr genau auf die Zusammensetzung ihrer Ernährung achten müssen (z. B. bei Zöliakie- oder Diabetes-Patient:innen). Für diese Personengruppen werden zwar zunehmend Lebensmittelprodukte entwickelt, eine uneingeschränkte Lebensmittelauswahl ist jedoch nicht möglich. Durch den 3D-Lebensmitteldruck könnte diese Gruppe von Konsument:innen die Produktzusammensetzung individuell erstellt und in der gewünschten Menge produziert bekommen. Der Einbezug der individuellen Bedarfe in den Herstellungsprozess bringt einige Herausforderungen mit sich. So muss ein für den Zweck geeignetes gesetzliches Umfeld sowie geeignete Diagnose- und Servicelösungen geschaffen werden (vgl. Bröring et al. 2020, S. 385). Der 3D-Lebensmitteldruck kann demnach als ein aktueller Evolutionsschritt in der Lebensmittelindustrie gesehen werden, mit einem mittel- bis langfristigen Potential zur Einflussnahme auf gegenwärtige Ernährungsgewohnheiten (vgl. Denkel & Rudolph 2015).

3.2 Berufsbildungsimplicationen

3.2.1 Lebensmitteldruck als Unterstützung von Facharbeit

Die Unterstützung von Facharbeit durch technologische Entwicklung im Berufsbereich Ernährung und Hauswirtschaft ist auf unterschiedlichste Anwendungsszenarien zurückzuführen (vgl. Peuker, Gitter, Vollmer 2023, S. 56). In Bezug auf den 3D-Lebensmitteldruck ist an dieser Stelle unter anderem die Innovationskraft der Technologie sowie der Erhalt von Facharbeitsprozessen hervorzuheben. Durch den 3D-Lebensmitteldruck wird die Produktion sehr geringer Stückzahlen von individualisierten Lebensmitteln und Produkten möglich. In Verbindung mit weiteren technologischen Anwendungen wie zum Beispiel der Datenverarbeitung mit Hilfe neuronaler Netzwerke (generative Künstliche Intelligenz) können neue Speisenkreationen entwickelt und produziert werden. Eine Weiterentwicklung der 3D-Drucktechnologie in Verbindung mit intuitiv steuerbarer Robotik ermöglicht es, einzelne Arbeitsschritte, die einen hohen Grad an Präzision erfordern, zugleich aber durch die Eintönigkeit stark ermüdenden Charakter aufweisen – z. B. das kunstvolle Dekorieren von Torten und Gebäck in der Patisserie –, zu automatisieren (vgl. Abb.

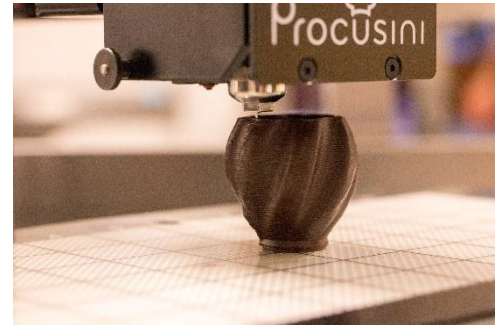


Abbildung 8: 3D-gedruckte Hohlform „Hollow body“ (ProCusini)

8). Durch die präzise automatisierte Produktion können repetitive Prozesse der Facharbeit den Fachkräften abgenommen werden, ohne dass es zu einer De-Professionalisierung kommt. Die grundlegenden Arbeitsprozesse der Facharbeit sind dabei nach wie vor notwendig, um die Programmierung und Kalibrierung von 3D-Lebensmitteldruckern vornehmen zu können. Dies wird in ersten kommerziellen Anwendungsszenarien deutlich (vgl. Guthardt 2023, o.S.). Facharbeit besteht dann wieder mehr in der kreativen Ausgestaltung und der Schaffung von genussvollen und bedarfsgerechten Speisen, dem Experimentieren mit Geschmack, Form und Texturen von druckfähigen Massen.

3.2.2 Neue Kompetenzprofile im Berufsbereich Ernährung und Hauswirtschaft

„Lebensmitteldrucker werden in der Industrie für Großproduktionen verwendet, kommen aber auch in den Bereichen Catering, Event-Gastronomie oder Konditorei zum Einsatz. Die Verwendung eines solchen Geräts ermöglicht die Herstellung von individuell gefertigten Kleinserien mit moderner, leicht zu bedienender Technologie, die große Spielräume bietet. An Schulen können entsprechende Geräte an hauswirtschaftlichen und gewerblichen Schulen der Fachrichtungen Nahrung, Gastronomie und Hauswirtschaft eingesetzt werden, wobei von der Berufsfachschule über die duale Berufsausbildung und das Berufliche Gymnasium bis zur Meisterschule Einsatzbereiche bestehen. Ziel ist dabei einerseits die Vorbereitung auf den Arbeitsmarkt, der auch im Lebensmittelbereich immer stärker technologisiert wird, aber auch ganz allgemein die Förderung des technischen Verständnisses und der räumlichen Vorstellungskraft.“

Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung Baden-Württemberg, o. J.
<https://3d-erleben.kultus-bw.de/,Lde/Startseite/3D-Druck/Lebensmitteldruck>

Der 3D-Lebensmitteldruck ist eine innovative Technologie, die ein erhebliches transformatives Potential für die Lebensmittelverarbeitung zur Deckung aktueller und zukünftiger ernährungsphysiologischen Bedarfe sowie Ernährungsgewohnheiten bietet (vgl. Gitter & Vollmer 2024, S. 116). Der 3D-Druck als additives Fertigungsverfahren ist im non-Food-Bereich bereits etabliert (vgl. Dickel/Hillerbrandt 2021, S. 302). Die Industrie- und Handelskammern halten z. B. im Rahmen von zertifizierten Angeboten Fort- und Weiterbildungen, u. a. zur „Fachkraft für 3D-Drucktechnologien (IHK)“ (vgl. WIS o.J.), vor und befördern eine regelgeleitete Implementation der Technologie im non-Food-Bereich.

Als Gegenstand der beruflichen Bildung kann die 3D-Lebensmitteldrucktechnologie exemplarisch für die Diskussion über Prozesse der Professionalisierung sowie De-Professionalisierung verwendet werden, um einerseits den originären Wert der Facharbeit zu schärfen und andererseits mögliche Professionalisierungsbedarfe aufzudecken. Diese Debatte muss vor dem Hintergrund der modernisierten Berufsbildpositionen auch berufsübergreifend geführt werden (vgl. BIBB 2021). Im Fokus dabei steht die systematische Identifikation möglicher Kompetenzen im Kontext des 3D-Lebensmitteldrucks sowie die curriculare und handlungsorientierte Umsetzung dieser Kompetenzen.

3.3 Zusammenführung

Der 3D-Lebensmitteldruck repräsentiert eine innovative Technologie, die das Potenzial hat, tiefgreifende Veränderungen in der Ernährungsbranche und darüber hinaus auszulösen. Die Diskussionen um die Sicherung der Welternährung und die Möglichkeit, Ernährungsgewohnheiten beizubehalten oder anzupassen, werfen Fragen nach der Rolle des 3D-Lebensmitteldrucks in der gesellschaftlichen Transformation auf. Hierbei gilt es, sowohl ethische als auch nachhaltigkeitsbezogene Implikationen zu berücksichtigen und bei der Anwendung des 3D-Lebensmitteldrucks zu thematisieren.

Ein Grund, warum sich der 3D-Lebensmitteldruck im Vergleich zum etablierten 3D-Druck für Non-Food-Anwendungen bislang noch nicht durchgesetzt hat, liegt in den spezifischen Herausforderungen der Technologie. Während der klassische 3D-Druck mit Materialien wie Kunststoffen, Metallen oder Keramiken arbeitet, sind die Anforderungen an lebensmitteltaugliche Materialien ungleich komplexer. Lebensmitteldrucker müssen strengen hygienischen Standards entsprechen, und die verwendeten Rohstoffe müssen nicht nur sicher, sondern auch sensorisch ansprechend und stabil während des Druckprozesses sein. Darüber hinaus besteht die Herausforderung, dass gedruckte Lebensmittel eine konsistente Textur und Geschmack bieten müssen, um von Konsumenten akzeptiert zu werden.

Ein weiterer Aspekt ist der Kostenfaktor: Während 3D-Drucker für Non-Food-Anwendungen bereits in vielen Bereichen kosteneffizient eingesetzt werden können, sind die Geräte und Materialien für den 3D-Lebensmitteldruck häufig noch teuer und schwer zugänglich. Auch die Geschwindigkeit des Druckprozesses stellt eine Hürde dar, da sie bislang nicht mit traditionellen Herstellungsverfahren konkurrieren kann. Hinzu kommt eine vergleichsweise geringe Akzeptanz in der breiten Bevölkerung, die bei Lebensmitteln häufig traditionellen Herstellungsweisen den Vorzug gibt und skeptisch gegenüber „gedruckten“ Speisen ist.

Die Unterschiede zwischen 3D-Lebensmitteldruck und klassischem 3D-Druck sind vielfältig. Technisch betrachtet erfordert der 3D-Lebensmitteldruck die Verarbeitung von Pasten, Pulvern oder Flüssigkeiten, die entweder auf Basis natürlicher Rohstoffe oder synthetisch hergestellt sind. Im Gegensatz dazu arbeitet der klassische 3D-Druck primär mit festen Materialien wie Filamenten oder Pulvern, die durch physikalische oder chemische Prozesse erhitzt, geschmolzen oder gehärtet werden. Der 3D-Lebensmitteldruck hat zudem eine andere Zielsetzung: Während der Fokus des traditionellen 3D-Drucks häufig auf Funktionalität, Stabilität oder Design liegt, spielen im Bereich der Lebensmitteldrucktechnologie sensorische und ernährungsphysiologische Eigenschaften sowie die Akzeptanz durch den Endverbraucher eine zentrale Rolle.

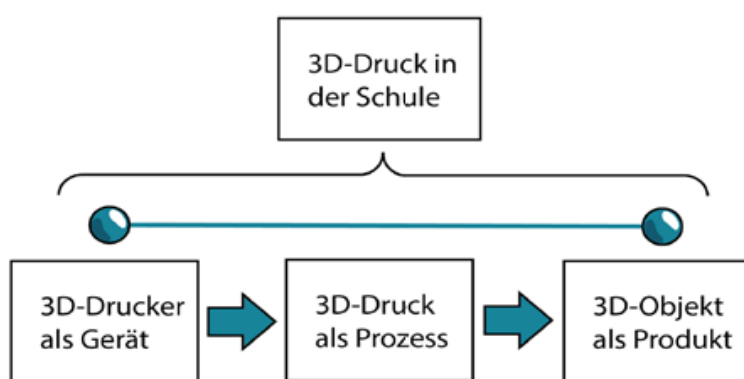
In der beruflichen Bildung bietet der 3D-Lebensmitteldruck die Möglichkeit, Schülerinnen und Schülern einen praxisnahen Zugang zu modernen Technologien zu vermitteln, ihre kreativen Fähigkeiten zu fördern und sich digitale Kompetenzen anzueignen. Die Integration des 3D-Lebensmitteldrucks in die berufliche Bildung, insbesondere im Berufsbereich Ernährung und Hauswirtschaft, macht die Entwicklung von Curricula und die Schulung von Lehrkräften erforderlich. Dabei ist sicherzustellen, dass die Schülerinnen und Schüler bzw. Auszubildenden ein umfassendes Verständnis für die Technologie und deren Auswirkungen auf die Ernährungsindustrie entwickeln und diese proaktiv gestalten und weiterentwickeln können.

4 3D-Lebensmitteldruck in Schule und Unterricht

Angelehnt an die Überlegungen von Meier et al. (2022) zum 3D-Druck in der Schule sollen folgende zentralen Fragen beantwortet werden: (1) Welche Fachinhalte können von, mit und durch den 3D-Druck erarbeitet werden? (2) Welche didaktisch-methodischen Zugänge bestehen? (3) Welche Einsatzszenarien können konzipiert werden?

„In den letzten Jahren wurden die Technologien für das Ausdrucken von Objekten (3D-Druck) erheblich verbessert. Gleichzeitig sanken Anschaffungs- und Betriebskosten, so dass der Einsatz von 3D-Druckern im Schulunterricht nunmehr möglich ist und ein enormes Potenzial [...] bietet“

(Haslinger & Schröder 2020, S. 137)



Dieses von Haslinger & Schröder (2020) benannte Potential gilt es weiter zu spezifizieren und in den Unterricht einzubetten. Der 3D-Druck als Lerngegenstand im Unterricht kann aus unterschiedlichen Perspektiven, angelehnt an die Überlegungen von Meier et al. (2022), betrachtet werden und bietet dadurch unterschiedliche Zugänge (vgl. Abb. 9).

Abbildung 9: Zugänge zum Lerngegenstand (Meier et al. 2022, S. 80)

4.1 Zugänge für den 3D-Lebensmitteldruck

Zunächst ist es möglich, den *3D-Lebensmitteldrucker in seiner Ganzheitlichkeit* zu betrachten. Inhalte und Fragen zu Einsatzmöglichkeiten, Aufbau, Zukunftsrelevanz, Erfahrungen, Potentiale, Hindernisse usw. sind denkbare Aspekte, die im berufsbildenden Unterricht thematisiert werden können. Ein weiterer Zugang wird durch den *3D-Lebensmitteldruckprozess* gegeben. Hier liegen Potentiale in der Ausdifferenzierung und Einarbeitung in unterschiedlichen Druckverfahren, dem Verstehen einzelner Druckprozesse, dem eigentlich Drucken sowie in der Möglichkeit des Erforschens neuer Druckmaterialien (vgl. Franke et al. 2018, S. 8). Insbesondere im letzten Aspekt liegt das Potential der Individualisierung von Nahrungsmitteln und Präferenzen inne, die erlebbar umgesetzt werden können. Ferner kann über die Endprodukte, die jeweiligen *3D-gedruckten Lebensmittel* ein Zugang geschaffen werden, um eine kritische ernährungssoziologische sowie -physiologische Bewertung hoch verarbeiteter Lebensmittel zu eröffnen. Über die Konzeption und Modellierung neuer 3D-Modelle kann hier zudem ein erlebbares Verständnis von Statik, Druckeigenschaften und das Ausleben von Kreativität erlangt werden. So stellt sich der 3D-Lebensmitteldruck als Technologie dar, die ein breites Konvolut an Kompetenzen bei den Lernenden und Lehrenden fordert und fördert, sich somit passgenau in aktuelle bildungspolitische und ordnungsrechtliche Vorgaben (z. B. KMK Strategiepapier 2016, S. 57f.) einreicht und Potentiale entfaltet.

4.2 Kompetenzorientierung beim Lerngegenstand 3D-Lebensmitteldruck

Zur Identifikation und Systematisierung von Kompetenzen, die bei und mit der Anwendung des 3D-Lebensmitteldrucks angeeignet werden können, wird im Folgenden in Anlehnung an Strotmann et al. (2020 und 2021) eine Kompetenzmatrix vorgestellt. In dieser sind die zentralen Handlungskompetenzen Fach-, Sozial- und Selbstkompetenz spaltenweise sowie die Arbeitsprozesse zeilenweise (hier aufgeteilt in den Technikeinsatz sowie die Produktinnovation, unternehmerische Aspekte und die Gesellschaftliche Ebene) angeordnet.

Den einzelnen Ebenen werden Kompetenzen zugeordnet, die verschiedene Kompetenzbereiche adressieren. In der nachfolgenden Erläuterung werden die einzelnen Ebenen hinsichtlich konkreter Kompetenzziele sowie unterrichtlicher Umsetzungsmöglichkeiten beschrieben. Im Anschluss wird eine Lernsituation vorgestellt, die sich an einem realen betrieblichen Anwendungsszenario (vgl. Projekt „3D-Druck im Handwerk“) orientiert.

Tabelle 2: Kompetenzmatrix in Anlehnung an Strotmann et al. 2020

		Handlungskompetenz im Umgang mit dem 3D-Lebensmitteldrucker als Fähigkeit zu ...		
...in den Handlungsfeldern		...sachgerechtem Handeln	...sozial verantwortlichem Handeln	...selbstverantwortlichen und sinnstiftenden Handeln.
Unmittelbare, berufsspezifische Arbeitsprozesse	Technikeinsatz	1.1.a) Den 3D-Lebensmitteldrucker in Betrieb nehmen, beschicken und warten	1.1.b) Arbeitsprozesse mit dem 3D-Lebensmitteldrucker planen und steuern	1.1.c) Sich kritisch mit den arbeits- und produktions-technischen Implikationen für die eigene Facharbeit auseinandersetzen
	Produkte entwickeln und vermarkten	1.2.a) Lebensmitteleigenschaften als Bedingungsfeld für die Entwicklung neuer Produkte erkennen	1.2.b) Erweiterung und Beschränkung von Arbeitsprozessen identifizieren	1.2.c) Potentiale und Grenzen des 3D-Lebensmitteldrucks erkennen (Erweiterung der eigenen Facharbeit)
... unternehmerische und organisationale Entscheidungen		2.a) Einsatzmöglichkeiten und Bedarfsanalyse für den eigenen Betrieb durchführen	2.b) Personalbedarf und Fortbildungsbedarf für den Einsatz ermitteln	2.c) Mensch-Maschine- Interaktion sinnstiftend steuern
... gesellschaftliche Entwicklungen und politische Entscheidungen		3.a) Veränderte Kundenwünsche (Individualisierung) erkennen	3.b) Mit Technikskepsis umgehen	3.c) Vor- und Nachteile für Ernährungsgewohnheiten identifizieren

4.2.1 Themenbereich: 1.1 „Technik“

Kompetenzziele

Auszubildende handeln sachdienlich beim Auf- und Abbau, Wartung und Reinigung sowie der Inbetriebnahme und Beschickung des 3D-Lebensmitteldruckers, indem sie die Funktionsweise und Umweltbedingungen für den Druckvorgang (Vorheizen, Raumtemperatur, Auswahl des Werkstoffes) berücksichtigen. Sie beurteilen das 3D-Druckverfahren hinsichtlich zeit-ökonomischer und qualitativer Aspekte unter Berücksichtigung der Möglichkeiten einer handwerklich durchgeführten Produktion.

Auszubildende können...

- ...die Bestandteile und Funktionsweise des 3D-Lebensmitteldruckers fachsprachlich benennen und dies beim Auf- und Abbau, der Reinigung und dem Transport/Lagerung berücksichtigen.
- ...Druckdateien für verschiedene Produkte (Schriftzüge, Hohlobjekte, Objekte mit Stützstruktur) mit Hilfe der internetbasierten Nutzeroberfläche des 3D-Lebensmitteldruckers erstellen und auf den Drucker übertragen.
- ...Druckdateien ressourcenschonend und effizient anordnen (Seriendruck).
- ...Maßnahmen zur Verbesserung und Beibehaltung der Produktqualität während des Druckvorgangs (Reinigung des Druckkopfes, Zwischenheizen) ergreifen und den Druckprozess entsprechend vorausplanen.
- ...handwerklich hergestellte Produkte mit denjenigen des 3D-Lebensmitteldrucks kriteriengeleitet vergleichen und bewerten.

Handlungsprodukte (Vorschlag)

Auszubildende erstellen **Checklisten** oder **Video-Tutorials** zur Inbetriebnahme, Wartung und Reinigung eines 3D-Lebensmitteldruckers.

Auszubildende verfassen einen **Arbeitsablaufplan** mit Zeitangaben (bzw. Mise-en-place) für die Durchführung eines Druckvorgangs und ordnen diesen in den übrigen Arbeitsablauf im Betrieb ein.

Auszubildende entwickeln eine **Klick-Strecke** mit exemplarischen Screen-Shots als Anleitung für die Erstellung von Druckdateien für unterschiedliche Produkte und Werkstoffe (Schriftzug, Hohlform, Marzipan/Schokolade).

Auszubildende erstellen ein **Bewertungsschema**, um die Produktionsverfahren des 3D-Lebensmitteldrucks mit einer handwerklichen Produktion zu vergleichen.

Lernfeld-Kontext

LF 3: In der Küche arbeiten (FK Systemgastronomie, Koch/Köchin)

LF 10: Süßspeisen herstellen und präsentieren (Koch/Köchin)

Lernfeld 11: Herstellen von Erzeugnissen mit/aus Kuvertüre (Konditor/Konditorin)

4.2.2 Themenbereich: 1.2 „Produkte entwickeln und vermarkten“

Kompetenzziele:

Auszubildende kennen Möglichkeiten, Werkstoffe für den 3D-Lebensmitteldruck zu erproben und herzustellen sowie geeignete Produkte damit herzustellen, die in den eigenen Ausbildungsbetrieb integriert werden können.

Auszubildende können...

- ...die lebensmitteltechnologischen Eigenschaften verschiedener Werkstoffe (Marzipan, Kuvertüre, Teig) experimentell erkunden und die notwendigen Parameter (Temperatur, Druck, Aushärtung) für die jeweiligen Rohstoffe beobachten und bestimmen.
- ... Garverfahren für die Nachbearbeitung der mit dem 3D-Lebensmitteldrucker hergestellten Produkte begründet auswählen und durchführen.
- ...die Produktpalette ihres Ausbildungsbetriebs benennen und durch weitere Produkte, die mit Hilfe des 3D-Lebensmitteldruckers hergestellt werden, ergänzen.
- ...die Grenzen und Möglichkeiten des 3D-Lebensmitteldrucks als Produktionsverfahren in Bezug auf die eigenen handwerklichen Fertigkeiten benennen.

Handlungsprodukte (Vorschlag)

Auszubildende erproben die Eignung verschiedener Lebensmittel (Marzipan/Schokolade/Teige) in einem **Laborversuch**. Sie erstellen hierfür eine Versuchsanordnung und formulieren Experimentziele.

Auszubildende entwickeln eigene **Rezepturen** für den 3D-Lebensmitteldruck und erstellen für diese Rezepturen Druckdateien, welche die lebensmitteltechnologischen Eigenschaften der Rezepturen (nachgestelltes Garverfahren, Strukturveränderung bei Erhitzen, Aushärten) berücksichtigen.

Auszubildende **vergleichen** kriteriengeleitet (Aussehen, Geschmack, Aufwand etc.) handwerkliche Produktionsverfahren zur Herstellung bestimmter Produkte (z.B. Hohlformen) mit dem 3D-Lebensmitteldruck.

Lernfeld-Kontext

LF 10: Süßspeisen herstellen und präsentieren (Koch/Köchin)

Lernfeld 11: Herstellen von Erzeugnissen

4.2.3 Themenbereich: 2 „Der 3D-Lebensmitteldruck im betrieblichen Kontext“

Kompetenzziele:

Die Auszubildenden analysieren die Produktpalette und die bisherigen Produktionsverfahren des eigenen Betriebs sowie die aktuellen und mögliche zukünftige Kundenwünsche hinsichtlich der Möglichkeiten die Produktpalette durch Produkte zu ergänzen oder zu ersetzen, die mithilfe des 3D-Lebensmitteldrucks hergestellt werden können. Hierbei berücksichtigen sie ebenfalls mögliche Effizienzsteigerungen hinsichtlich der Produktionsabläufe sowie Personal- und Anschaffungskosten.

Auszubildende können...

- ...kennen die Produktionsmöglichkeiten und Produkte, die mit der Technologie des 3D-Lebensmitteldrucks hergestellt werden können.
- ...beurteilen, ob bzw. durch welche Produkte das Angebot des eigenen Betriebs ergänzt werden kann.
- ...aktuelle und zukünftige Wünsche verschiedener Kundengruppen hinsichtlich individualisierter Produkte identifizieren.
- ...Alleinstellungsmerkmale ihres Betriebs durch den Einsatz des 3D-Lebensmitteldrucks ableiten.

Handlungsprodukte (Vorschlag)

Auszubildende führen eine **kriteriengeleitete SWOT-Analyse** des eigenen Betriebs durch und identifizieren ggfs. Potentiale zur Erweiterung der Produktpalette.

Auszubildende entwickeln ein/en **Werbetext/-flyer/-posting**, mit dessen Hilfe ein Angebot (z. B. individualisierte Dekors für Süßspeisen) für spezifische Kundengruppen kommuniziert werden kann.

Lernfeld-Kontext

LF 1: Die eigene Rolle im Betrieb mitgestalten sowie Beruf und Betrieb repräsentieren (FK für Gastronomie/Systemgastronomie/ReVa; Koch/Köchin)

4.2.4 Themenbereich: 3 „Gesellschaftliche Bedeutung des 3D-Lebensmitteldrucks“

Kompetenzziele:

Auszubildende verstehen, dass der 3D-Lebensmitteldruck eine Produktionsform ist, um die Formgebung von Lebensmitteln zu steuern. Sie übertragen diese Möglichkeit auf weitere Lebensmittelgruppen und erkennen die technologischen sowie ernährungsphysiologischen Potentiale dieser Technologie. Sie benennen die eigene Haltung gegenüber der Technologie und recherchieren mögliche andere Haltungen in der Gesellschaft. Die Auszubildenden identifizieren die Potentiale und Grenzen der Technologie hinsichtlich gesellschaftlicher und globaler Herausforderungen in Bezug auf die Ernährungsversorgung.

Die Auszubildenden können...

- ...den 3D-Lebensmitteldruck als formgebendes Produktionsverfahren auf verschiedene Lebensmittelgruppen übertragen.
- ...Marktanteile und die gesellschaftliche Haltung alternativer Ernährungsformen sowie Produktionsverfahren aus nationalen bzw. internationalen Datensätzen (z.B. NVZ, Ernährungsreport, DeStatis) recherchieren.
- ...objektiv Informationen über die Ansichten anderer zu innovativen Produktionsverfahren (u.a. in-vitro-Fleisch/Fischproduktion) einholen und diese für eine Diskussion aufbereiten.

Handlungsprodukte:

Die Auszubildenden entwickeln eine **Plenardebatte**, in welcher sie zukunftsorientierte Szenarien zur Deckung des Ernährungsbedarfs und zu gesellschaftlich, ökologisch und wirtschaftlich nachhaltigen Ernährungsgewohnheiten erörtern. Sie beziehen hierbei die Möglichkeiten der Technologie des 3D-Lebensmitteldrucks in die Zukunftsszenarien mit ein.

Kontext bzw. Fachbezug:

Politik und Wirtschaft

Die im Rahmen der Kompetenzmatrix vorgestellten Themenbereiche sowie deren zugehörigen Fach-, Selbst- und Sozialkompetenzen müssen in ein komplexes Lehr-Lern-Szenario eingefügt werden, damit sich die Lernenden diese aneignen können. Im Folgenden wird eine mögliche Lernsituation zur „Sensorischen Prüfung 3D-gedruckter Lebensmittel“ vorgestellt. Die Ausgangslage orientiert sich an den realen Unternehmenssteckbriefen des Forschungsprogramms „3DiH – 3D-Lebensmitteldruck im Handwerk“ der Handwerkskammer Koblenz. Die Ausgestaltung der Lernaufgaben folgt bei den hier vorgestellten Aufgaben dem Prinzip der vollständigen Handlung (Handlungsorientierung).

5 Unterrichtsbeispiele

Im Folgenden werden drei Unterrichtsbeispiele vorgestellt, die sich an drei unterschiedlichen Anforderungsstufen und Schulformen ausrichten. Um binnendifferenzierten Unterricht anbieten zu können, bietet es sich an, verschiedene Aufgaben aus den drei unterschiedlichen Anforderungsstufen miteinander zu verknüpfen.

5.1 Erkundung des 3D-Lebensmitteldrucks in der Ausbildungsvorbereitung

Ausgangslage

In der Schulküche soll ein neuer 3D-Lebensmitteldrucker ausprobiert werden. Dieses Gerät kann verschiedene Lebensmittel wie Schokolade oder Zuckermasse in besonderen Formen drucken, zum Beispiel Namen, Herzen oder Figuren. Solche personalisierten Dekorationen sind besonders beliebt auf Torten oder als kleine Geschenke. Vielleicht haben Sie in einem Praktikum in einer Bäckerei, Konditorei oder einem Café schon gesehen, wie Torten oder andere Süßwaren gestaltet werden. Jetzt sollen Sie lernen, wie ein 3D-Drucker für solche Aufgaben genutzt werden kann. Ihre Aufgabe ist es, den 3D-Lebensmitteldrucker kennenzulernen und ein einfaches Produkt zu gestalten, das auf einer Torte oder als kleines Geschenk verwendet werden kann.

5.1.1 Aufgabe 1 - Einführung: Analyse des Betriebsbedarf

Die Betriebsleitung möchte den 3D-Lebensmitteldrucker im Betrieb einführen. Bevor das Gerät eingesetzt wird, soll geklärt werden, welche Produkte mit dem Drucker erstellt werden können und wie er den Betrieb unterstützen könnte. Dazu sammeln Sie wichtige Informationen.

Mögliche Handlungsprodukte: Liste mit möglichen Einsatzbereichen des 3D-Druckers (z. B. Tortendekorationen, Pralinen, Schokoladenfiguren). Aufstellung von Anforderungen an den Drucker (z. B. einfache Bedienung, saubere Verarbeitung, schnelle Ergebnisse).

Bewertungskriterien:

Vollständigkeit und Klarheit der Liste, Praxisbezug der gesammelten Anforderungen.

Materialien:

Arbeitsblätter für die Dokumentation der Ideen.
Beispielbilder von 3D-gedruckten Lebensmitteln.
Internetzugang für erste Recherchen (falls möglich).

5.1.2 Aufgabe 2 – Planen: Vorbereiten eines Druckvorgangs

Nachdem Sie die Einsatzmöglichkeiten besprochen haben, planen Sie jetzt, wie ein erster Druckvorgang ablaufen könnte. Überlegen Sie, welches Produkt Sie drucken möchten und welche Schritte dafür notwendig sind.

Mögliche Handlungsprodukte: Skizze oder Beschreibung des gewünschten Produkts (z. B. Name, Form, Größe). Schritt-für-Schritt-Plan für die Vorbereitung des Druckvorgangs.

Bewertungskriterien: Detaillierte und realistische Planung. Klarer Ablauf mit logischen Schritten.

Materialien: Vorlagen für Skizzen (Papier oder CAD-Software). Handbuch oder Tutorials für den 3D-Drucker. Informationen zu den verfügbaren Druckmaterialien (z. B. Schokolade, Marzipan).

5.1.3 Aufgabe 3 – Entscheiden: Auswahl des Designs und des Materials

Jetzt müssen Sie sich entscheiden, wie Ihr Produkt genau aussehen soll und welches Material Sie verwenden möchten. Denken Sie daran, dass das Ergebnis für die Kundschaft ansprechend und praktisch sein muss.

Mögliche Handlungsprodukte: Entscheidungsübersicht mit Begründung (z. B. Warum wurde Schokolade statt Marzipan gewählt?). Finalisierte Druckvorlage (z. B. Name, Symbol).

Bewertungskriterien: Nachvollziehbare und gut begründete Entscheidungen. Geeignetheit des Designs für den Druckvorgang.

Materialien: Beispiele von möglichen Druckvorlagen (Online-Datenbank). Informationen über die Druckmaterialien (z. B. Eigenschaften, Einsatzmöglichkeiten).

5.1.4 Aufgabe 4 – Durchführen: Den ersten Druck durchführen

Nun ist es Zeit, den 3D-Drucker auszuprobieren. Sie bereiten das Gerät vor, wählen die richtigen Einstellungen und drucken Ihr geplantes Produkt.

Mögliche Handlungsprodukte: Praktisches Produkt, z. B. eine gedruckte Tortendekoration oder ein Schokoladenschriftzug. Protokoll des Druckvorgangs (z. B. verwendete Materialien, Druckparameter).

Bewertungskriterien: Qualität des gedruckten Produkts (z. B. Form, Stabilität). Sorgfältige Durchführung des Druckvorgangs.

Materialien: 3D-Lebensmitteldrucker. Verbrauchsmaterialien (z. B. Schokolade, Zuckermasse). Anleitungen oder Druckeinstellungen.

5.1.5 Aufgabe 5 – Kontrollieren: Reflexion und Verbesserungsvorschläge

Zum Abschluss prüfen Sie, wie gut Ihr Produkt gelungen ist und wie der Druckvorgang verlaufen ist. Überlegen Sie auch, wie Sie das Ergebnis noch verbessern könnten.

Mögliche Handlungsprodukte: Bewertung des Produkts (z. B. Passgenauigkeit, Aussehen, Stabilität). Vorschläge für Verbesserungen (z. B. Anpassungen am Design oder den Druckparametern).

Bewertungskriterien: Kritische und reflektierte Beurteilung des Ergebnisses. Realistische und umsetzbare Verbesserungsvorschläge.

Materialien: Arbeitsblätter zur Bewertung des Druckergebnisses. Vergleichsprodukte oder Beispielbilder zur Orientierung.

5.2 Lebensmitteltechnologie und -physiologie am Beispiel des 3D-Lebensmitteldrucks in der Fachoberschule mit dem Schwerpunkt Ernährung

Das Unterrichtsbeispiel zur Lebensmitteltechnologie und -physiologie orientiert sich am Unterricht in vollzeitschulischen Schulformen mit einem Schwerpunkt auf Ernährungs- und Hauswirtschaftswissenschaftlichen Inhalten wie z. B. die zwei- oder dreijährigen Fachschulklassen bzw. das berufliche Gymnasium mit dem Schwerpunkt Ernährung und Gesundheit. Zentraler Bestandteil des Unterrichts ist die Lebensmittelwarenkunde sowie die Mikro- und Makronährstoffe. Die Lernenden analysieren die Einsatzmöglichkeiten verschiedener Rohstoffe als Druckmaterialien für den 3D-Lebensmitteldruck. Dabei bewerten sie die Eigenschaften der Rohstoffe aus technologischer und physiologischer Sicht. Ziel ist es, ein optimales Material für ein spezifisches Lebensmittelprodukt (z. B. Snack, Dekoration oder Spezialnahrung) zu identifizieren.

Die Schülerinnen und Schüler können...

- ...Rohstoffe für den 3D-Druck experimentell prüfen und dokumentieren.
- ...technologische und physiologische Eigenschaften der Rohstoffe miteinander vergleichen.
- ...Rohstoffe hinsichtlich ihrer Eignung für den 3D-Lebensmitteldruck kritisch bewerten.
- ...ein Produktkonzept unter Berücksichtigung technologischer und physiologischer Kriterien entwickeln.

5.2.1 Aufgabe 1 – Informieren: Rohstoffe für den 3D-Druck kennenlernen

Bevor Sie einen Rohstoff für den 3D-Lebensmitteldruck auswählen, ist es wichtig, die technologischen und physiologischen Eigenschaften potenzieller Druckmaterialien zu kennen. Dazu recherchieren Sie die Eigenschaften verschiedener Rohstoffe wie Stärke, Proteine oder Fette.

Mögliche Handlungsprodukte: Kurzpräsentation oder Infoblatt zu den technologischen Eigenschaften (z. B. Viskosität, Stabilität). Tabelle mit den physiologischen Eigenschaften (z. B. Makro- und Mikronährstoffe).

Bewertungskriterien: Vollständigkeit und Korrektheit der Eigenschaften. Verständliche und übersichtliche Darstellung.

Materialien: Lehrbuch zur Lebensmittelphysiologie. Internetquellen oder Fachartikel. Arbeitsblatt zur Dokumentation der Ergebnisse.

5.2.2 Aufgabe 2 – Planen: Vergleichskriterien definieren

Nun sollen Sie Kriterien entwickeln, um die Eignung der Rohstoffe für den 3D-Druck zu bewerten. Denken Sie dabei an technologische (z. B. Druckbarkeit, Formstabilität) und physiologische Aspekte (z. B. Nährstoffgehalt, Zielgruppenbedürfnisse).

Mögliche Handlungsprodukte: Kriterienkatalog für die Bewertung der Rohstoffe. Begründung der ausgewählten Kriterien.

Bewertungskriterien: Nachvollziehbarkeit und Relevanz der Kriterien. Klarheit und Struktur des Katalogs.

Materialien: Beispielkataloge oder Checklisten. Arbeitsblätter zur Erstellung des Kriterienkatalogs.

5.2.3 Aufgabe 3 – Entscheiden: Auswahl geeigneter Rohstoffe

Auf Basis Ihrer Kriterien sollen Sie die besten Rohstoffe für den 3D-Druck auswählen. Begründen Sie Ihre Auswahl und erklären Sie, warum diese Materialien aus technologischer und physiologischer Sicht geeignet sind.

Mögliche Handlungsprodukte: Vergleichstabelle der Rohstoffe mit Punktbewertung. Dokumentation der Entscheidung mit Begründung.

Bewertungskriterien: Objektivität und Klarheit der Bewertung. Fundierte und nachvollziehbare Begründungen.

Materialien: Tabellenvorlage für die Vergleichsanalyse. Zugriff auf die vorher erarbeiteten Informationsmaterialien.

5.2.4 Aufgabe 4 – Durchführen: Testdruck mit ausgewählten Rohstoffen

Jetzt probieren Sie die ausgewählten Rohstoffe am 3D-Lebensmitteldrucker aus. Dokumentieren Sie den Ablauf und bewerten Sie das Ergebnis nach den zuvor festgelegten Kriterien.

Mögliche Handlungsprodukte: Gedrucktes Lebensmittelprodukt. Protokoll des Druckvorgangs (z. B. Druckparameter, Probleme).

Bewertungskriterien: Qualität des gedruckten Produkts (z. B. Formstabilität, Optik). Sorgfältige und vollständige Dokumentation des Druckprozesses.

Materialien: 3D-Lebensmitteldrucker. Verbrauchsmaterialien (z. B. Stärke-Gele, Proteinsuspensionen). Protokollvorlage.

5.2.5 Aufgabe 5 – Kontrollieren und Bewerten: Reflexion und Optimierung

Zum Abschluss analysieren Sie Ihre Ergebnisse und überlegen, wie die Rohstoffe oder der Druckvorgang verbessert werden könnten. Präsentieren Sie Ihre Vorschläge der Klasse.

Mögliche Handlungsprodukte: Präsentation mit Bewertung der Ergebnisse. Optimierungsvorschläge für den Einsatz der getesteten Rohstoffe.

Bewertungskriterien: Kritische und fundierte Analyse der Ergebnisse. Kreativität und Realisierbarkeit der Verbesserungsvorschläge.

Materialien: Präsentationsvorlage (digital oder auf Papier). Dokumentation der vorherigen Schritte.

5.3 Sensorische Prüfung 3D-gedruckter Lebensmittel in den dualen Ausbildungsberufen im Lebensmittelhandwerk

Ausgangslage

Ihr Betrieb hat einen 3D-Lebensmitteldrucker angeschafft, um das Sortiment in Ihrem Ausbildungsbetrieb zu erweitern. Mit Hilfe eines 3D-Lebensmitteldruckers sollen auf Kundenwunsch Hohlformen und Figuren aus Marzipan sowie Hohlformen und Schriftzüge bzw. Logos aus Schokolade hergestellt werden. Da die Kapazitäten des Lebensmitteldruckers nicht ausreichen, um ausschließlich individuelle Kundenwünsche auf Abruf zu produzieren, hat sich die Betriebsleitung entschieden, wöchentlich neue Formen in einer Stückzahl von ca. 100 Stück herzustellen und anschließend abzuverkaufen. Da die Betriebsleitung bislang noch keine Erfahrungen mit dem Einsatz des 3D-Lebensmitteldrucks in der Konditorei hat, sollen Sie sich zusammen mit den anderen Auszubildenden in diese Technologie einarbeiten und der Betriebsleitung ein Nutzungskonzept sowie unterschiedliche Produktvorschläge vorlegen.

Café & Konditorei Baumann aus Koblenz

Gründungsjahr: 1908
Gewerbe: Konditorei
45 Mitarbeitende



Unternehmensgeschichte

Gegründet wurde die Konditorei Baumann im Jahr 1908 in Koblenz. Über die Jahre und Jahrzehnte hinweg wurde sie von unterschiedlichen Konditormeistern geführt. Im Jahr 1994 übernahmen Jean Warnecke und seine Frau Doris Warnecke-Brühl die Konditorei Baumann und übergaben die Führung im Jahr 2021 in die Hand des Sohnes und Konditormeisters Felix und seiner Frau Melina Warnecke-Brühl.

"Echtes Handwerk" – das wird bei der Konditorei Baumann großgeschrieben. Das Unternehmen zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass Backwaren als Kunstwerke betrachtet werden – daher wird viel Wert auf eine ausgezeichnete Qualität sowie auf Nachhaltigkeit gelegt. Als Konditorei hat sich der Betrieb auf Torten, Hochzeitstorten, Pralinen und Trüffel, Firmenpräsente, Oster- und Weihnachtspräsente spezialisiert.

Abbildung 10: Auszug aus der Unternehmenspräsentation

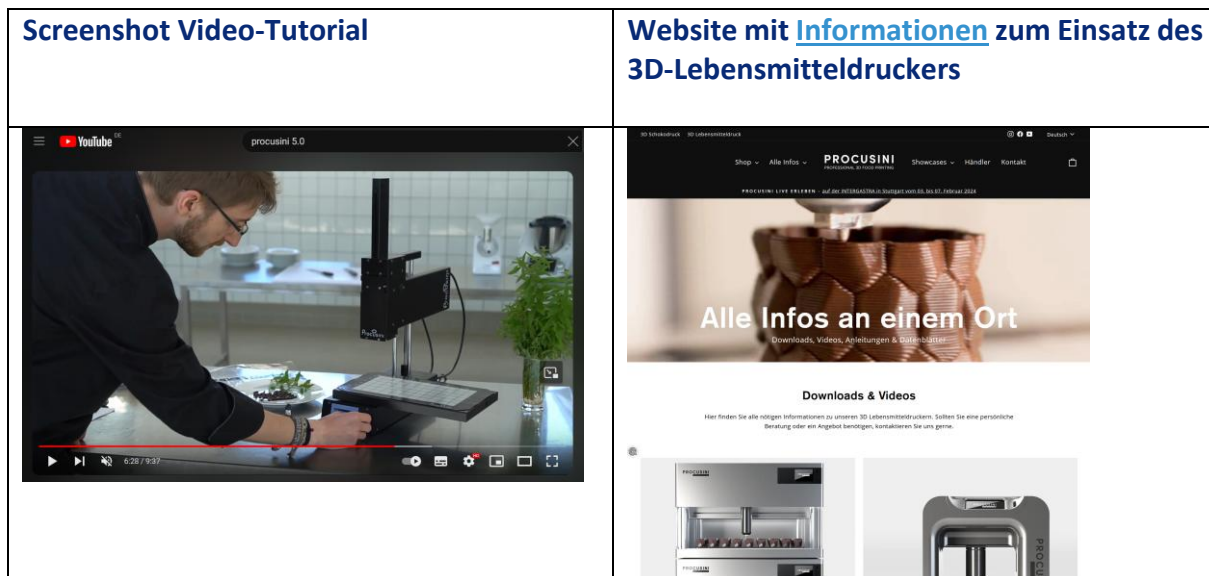
5.3.1 Aufgabe 1 - Informieren: Grundlagen des 3D-Lebensmitteldrucks

Informieren Sie sich über die Funktionsweise des 3D-Lebensmitteldruckers sowie dessen Auf- und Abbau und die Inbetriebnahme. Nutzen Sie dafür die vom Hersteller zur Verfügung gestellten Materialien (Handbuch & Video-Tutorials). Stellen Sie die zentralen Schritte in einer geeigneten Form dar (Klickstrecke, Erklärvideos, Checklisten), sodass andere Mitarbeitende den 3D-Lebensmittldrucker selbständig in Betrieb nehmen können. Achten Sie hierbei insbesondere auf die Arbeits- und Gerätesicherheit sowie auf die Produkt- und Betriebshygiene.

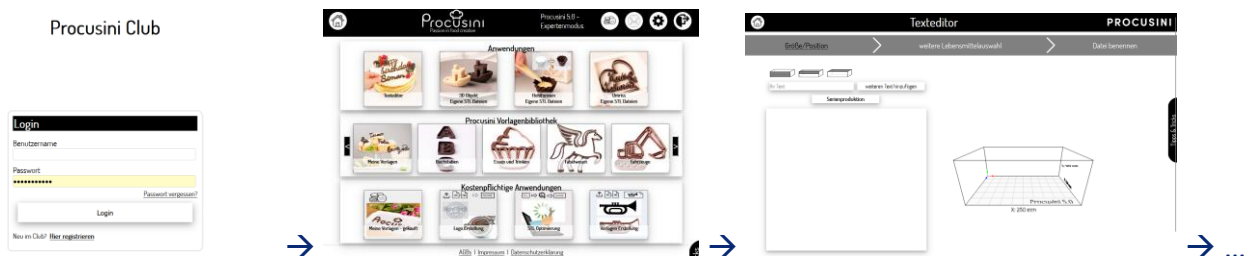
Mögliche Handlungsprodukte: Klickstrecke für die Inbetriebnahme / Nutzung der digitalen Oberfläche zur Erstellung von Druckdateien (.stl-Dateien), Erklärvideo, Checkliste

Bewertungskriterien: Form der Darstellung, Exemplarität, Vollständigkeit, Fachlichkeit

Materialien: Betriebshandbuch (3D-Drucker), YouTube-Tutorials, wissenschaftliche Artikel



Bildfolgen für eine Klickstrecke (Erstellung einer Druckdatei – Start von der Online-Plattform)



5.3.2 Aufgabe 2 – Planen und Entscheiden: Erprobung der Technologie

Erproben Sie die Herstellung verschiedener bereits vorgegebener Produktkategorien (Figuren, Hohlformen, Schriftzüge) mit verschiedenen Lebensmitteln (Marzipan, helle/dunkle Schokolade) und dokumentieren Sie die Ergebnisse in einer für jedes Produkt einheitlichen Form (Dokumentationsvorlage).

Achten Sie insbesondere auf die Produktqualität während eines Druckvorgangs. Orientieren Sie sich an folgenden Fragen:

- Welches Lebensmittel eignet sich am besten für die Herstellung der einzelnen Zielprodukte?
- Welche Parameter beeinflussen das Druckergebnis?
- Wie können diese Parameter gesteuert werden?

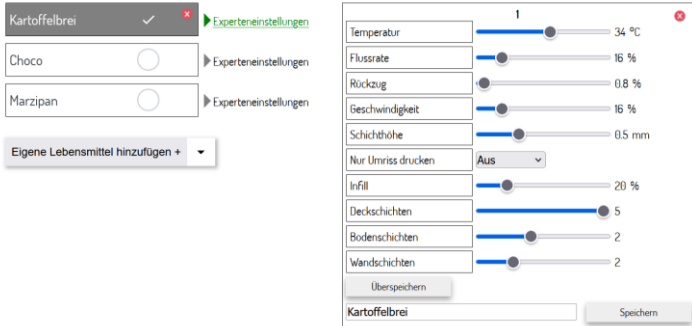
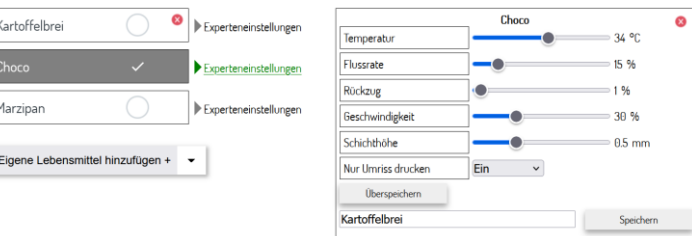
Überprüfen Sie anhand der gemachten Beobachtungen die in Aufgabe 1 erstellten Handlungsprodukte und ergänzen bzw. überarbeiten Sie diese gegebenenfalls. Die Dokumentationsvorlage dient der späteren Präsentation vor der Betriebsleitung.

Mögliche Handlungsprodukte: ausgefüllte Vorlage (alternativ: eigene Dokumentationsvorlage erstellen)

Bewertungskriterien: Umfang, Objektivität und Genauigkeit der Dokumentation

Materialien: Vorlage

Mögliche Vorlage zur Dokumentation der Versuchsreihen

Versuchsreihe: Schriftzug	Druckeinstellungen	Beobachtetes Ergebnis	Änderung der Einstellung
			
			

5.3.3 Aufgabe 3 – Durchführen: Produktentwicklung

Entwickeln Sie auf Basis der bisher gemachten Erfahrungen mindestens 3 Produkte für Ihren Betrieb (Schrift/Logo, Hohlform, Figur), durch die dessen Sortiment erweitert werden könnte. Berücksichtigen Sie dabei die verschiedenen Produktionsparameter sowie die Produktionskosten (Wareneinsatz) und -dauer. Erörtern Sie, inwieweit die verschiedenen Produkte sich für eine Produktion auf Lager oder auf Abruf eignen. Überprüfen Sie hierfür die Veränderung der Produktqualität über den Zeitraum von einer Woche und beurteilen Sie darauf aufbauend die Lagerfähigkeit des von Ihnen entwickelten Produkts. Dokumentieren Sie Ihre Ergebnisse in einem Produktsteckbrief, der von den anderen Mitarbeitenden für die Kundenpräsentation genutzt werden kann.

Mögliche Handlungsprodukte: Produktsteckbrief (Vorlage), Degustationsprotokoll, Beurteilungsbogen für Geschmacksprüfung

Bewertungskriterien: Fachlichkeit, visuelle Aufbereitung, Anwendung in der Beratung

Materialien: Vorlage (Degustationsprotokoll) / Vorlage (Produktsteckbrief)

Abbildung 11: Charakterisierung „Haselpan“ im Langerverlauf (Franke et al. 2018, S. 5)

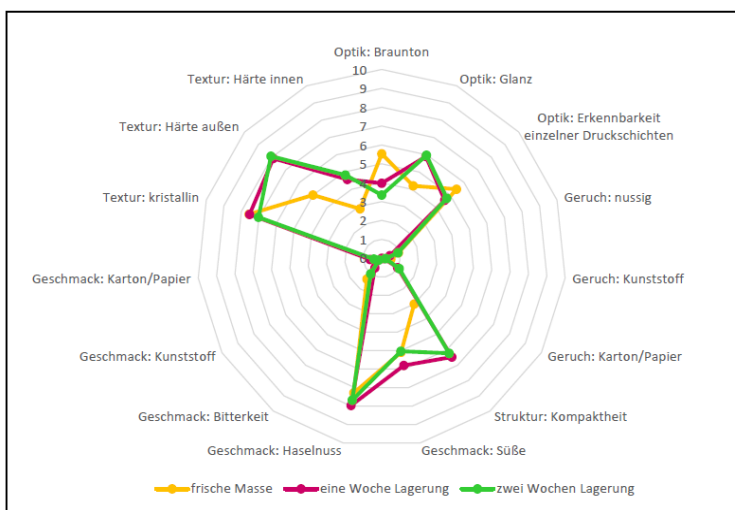


Abbildung 12 zeigt ein Spinnennetz-Diagramm zur Beurteilung verschiedener Produkte hinsichtlich unterschiedlicher sensorischer und gustatorischer Kriterien. Dieses Diagramm eignet sich insbesondere für den Vergleich zwischen zwei oder mehreren Produkten, da mit unterschiedlichen Farben die Beurteilungen der verschiedenen Produkte eingezeichnet werden kann. So können auf einen Blick diejenigen Beurteilungskriterien identifiziert werden, anhand derer sich die Produkte unterscheiden.

5.3.4 Aufgabe 4 – Kontrollieren und Bewerten: Präsentation

Bereiten Sie eine Präsentation der von Ihnen entwickelten Produkte vor der Betriebsleitung vor. Nutzen Sie dafür die von Ihnen erarbeiteten Handlungsprodukte, um Ihre Empfehlung zu begründen. Greifen Sie auch mögliche Hindernisse oder notwendige Investitionen bzw. Fortbildungsmaßnahmen zum Einsatz des 3D-Lebensmitteldruckers im Betrieb mit in die Präsentation ein.

Mögliches Handlungsprodukt: Präsentation

Bewertungskriterien: Vollständigkeit, Kohärenz, Fachlichkeit, Innovation

6 Fazit und Ausblick

Die Implementierung technischer Innovationen in Bildungskontexte bietet die Möglichkeit, eine breite gesellschaftliche Teilhabe zu fördern und eine reflektierte Auseinandersetzung mit Technologie zu ermöglichen. Der 3D-Lebensmitteldruck stellt eine solche Innovation dar, die vielfältige Potenziale für den Berufsbereich Ernährung- und Hauswirtschaft birgt. Durch die vorliegende Handreichung werden Lehrkräfte bei der Integration des 3D-Lebensmitteldrucks unterstützt. Durch die Integration innovativer Technologien in den Unterricht können Schülerinnen und Schüler, Erfahrungen mit dieser Technologie sammeln und erwerben so wichtige Kompetenzen, die sie auf zukünftige Tätigkeitsbereiche und auf Anforderungen einer sich wandelnden Arbeitswelt vorbereiten. Hierfür wird in der Handreichung ein exemplarisches Kompetenzmatrix vorgestellt sowie entsprechende Lehr-Lernszenarien zur Förderung ebendieser. Durch die Integration des 3D-Lebensmitteldrucks in den Unterricht ermöglicht wird nicht nur die individuelle Herstellung von Lebensmitteln technisch umgesetzt und erlernt, sondern auch die Diskussion über Ernährungsgewohnheiten, ethische Fragen und nachhaltige Produktionsprozesse angestoßen, sodass komplexe Lehr-Lernszenarien möglich werden, die Lernende dazu befähigen können in der heutigen VUCA-Welt zu bestehen und sie proaktiv zu gestalten.

Insgesamt kann diese Handreichung auch als Schablone betrachtet werden. Die exponentielle Entwicklung neuer Technologien wird weiter voranschreiten und insbesondere das Gastgewerbe wird in naher Zukunft umfangreiche Veränderungsprozesse und eine Integration von neuen Technologien durchlaufen. Diese Handreichung kann somit auch auf andere Technologien wie Service- oder Reinigungsrobotik adaptiert werden, um so eine proaktive Gestaltung des Unterrichts mit neuen Lerngegenständen zu fördern.

Literaturverzeichnis

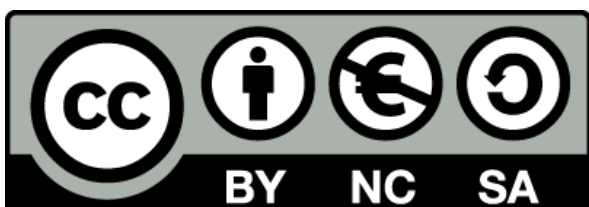
- ALPORA AG (2020): Innovationen rund um Nahrung. Verfügbar unter: <https://www.alpora.com/de/innovationen-rund-um-nahrung/> [04.01.2023]
- Barry Callebaut (2020): Barry Callebaut opens world's first 3D Printing Studio to craft unseen chocolate experiences. Verfügbar unter: <https://www.barry-callebaut.com/de-DE/group/media/news-stories/barry-callebaut-opens-worlds-first-3d-printing-studio-craft-unseen> [04.01.2023]
- Bröring, Stefanie; Bidka, Sukhada; Kamrath, Carolin (2020): Innovationen an der Schnittstelle von Lebens- und Arzneimitteln: Herausforderungen für Firmen und Verbraucher. In: Pfannstiel, Mario; Kassel, Kristin; Rasche, Christoph (Hrsg.): Innovationen und Innovationsmanagement im Gesundheitswesen. Springer. Wiesbaden. S. 373-392.
- Caroli, Christian (2014): RepRap-Hacks. 3D-Drucker verstehen und optimieren. Franzis Verlag GmbH. Haar bei München.
- Denkel, Christoph; Rudolph, Jari (2015): 3D-Druck: Hype oder Revolution? Verfügbar unter: <https://www.foodaktuell.ch/2015/04/21/3d-druck-hype-oder-revolution/> [07.01.23]
- Kühnl, Wolfgang (2019): 3D-Druck protein- und stärkebasierter Materialien zur Herstellung definierter Lebensmitteltexturen. Verfügbar unter: <https://www.fei-bonn.de/download/aif-20385-n-projekt> [07.01.23]
- Kultusministerkonferenz (1994): Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht – RiSU. Empfehlung der Kultusministerkonferenz. Stand: 23.09.2023.
- Landesinitiative n-21 (2020): Additive Fertigung - 3D-Druck in der Schule Handreichung. Verfügbar unter: <https://www.n-21.de/downloads/datei/OTAwMDAwNDI5Oy07L3Vzci9sb2NhbcC9odHR-wZC92aHRkb2NzL2Ntc3gvdjlxL21lZGllbi9kb2t1bWVud-GUvMjAyMDA3X3Byb2pla3RfYWwkaXRpdmVfZmVydGlnW5nXzNkX2RydWNrX2hhbmRyZWljaHVuZ19uci4xLnBkZg%3D%3D> [04.11.22]
- Lötzbeyer, T.; Babel, N. (2019): Lernmodul zum 3D Druck – Warum? Wofür? Wie? https://open.vhb.org/course/view.php?id=241&chapter=0&selected_week=1 [04.11.22]
- Ott, Angela (2021): Textur-modifizierte Kost bei Pflegeheimbewohnerinnen und -bewohnern. (Dissertation). Verfügbar unter: <https://opus4.kobv.de/opus4-fau/frontdoor/deliver/index/docId/17166/file/AngelaOttDissertation.pdf> [04.01.2024]
- Procusini (2019): Original Betriebsanleitung Procusini 4.0 Dual 3D Lebensmittel drucker für gewerbliche Anwendungen.
- Savor eat (o.J.): Innovation meets sensation. Verfügbar unter: <https://savoreat.com/> [04.01.2023]
- Print2Taste (2020): Procusini® 5.0. Original Installations- und Benutzerhandbuch. 3D Lebensmittel drucker für gewerbliche Anwendungen. Verfügbar unter: https://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/EB00/PROCUSINI_00019_ANL-DE.pdf [06.01.23]
- QUA.LiS NRW (2016): 3-D-Druck in der Schule. Informationen und Orientierung für den Einstieg in den Unterricht. Verfügbar unter: <https://www.qua-lis.nrw.de/cms/upload/service/flyer/d-3D-Druck-in-der-Schule.pdf> [04.11.23]

-
- Reichmanis, Elsa ; Crivello, James (2014): Photopolymer Materials and Processes for Advanced Technologies. In: Chem. Mater. Band 26, S. 533–548.
- UKBW (2021): Sicherer Umgang mit 3D-Druckern in der Schule. Handreichung für allgemein bildende Schulen und vergleichbare Fächer an beruflichen Schulen in Baden-Württemberg. Verfügbar unter: <https://zsl-bw.de/Len/9625934> [04.11.23]
- Vithani, Kapilkumar; Goyanes, Alvaro; Jannin, Vincent; Basit, Abdul W.; Gaisford, Simon; Boyd, Ben J. (2019): An Overview of 3D Printing Technologies for Soft Materials and Potential Opportunities for Lipid-based Drug Delivery Systems. In: Pharmaceutical Research 36, 4.
- Vogt, Sebastian (2017): 3D-Lebensmitteldruck: Welche Möglichkeiten sich mit der neuen Technologie bieten. Verfügbar unter: https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen/lebensmitteltechnologie/2017_4_Expertenwissen_3D_Druck.pdf [29.11.22]
- Strotmann, Christina/Telieps, Johanna/Kuhlmeier, Werner/Kastrup, Julia/Hemkes, Barbara (2020): Curriculare Verankerung einer Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung in Berufen des Lebensmittelhandwerks und der Lebensmittelindustrie, HiBiFo – Haushalt in Bildung & Forschung, 3-2020, S. 19-34. <https://doi.org/10.3224/hibifo.v9i3.02>
- Strotmann, C.; Kastrup, J., Casper, M., Kuhlmeier, W., Nölle-Krug, M., Kähler, F. (2021): Kompetenzmodell für BBNE in Lebensmittelhandwerk und Lebensmittelindustrie. BIBB. S. 3.
- KMK-Rahmenlehrpläne: Koch/Köchin, Konditor/Konditorin, Fachkraft Küche/Systemgastronomie. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) (2021): Die modernisierten Standardberufsbildpositionen anerkannter Ausbildungsberufe. Bonn: BIBB.
- Franke, Lena; Silcher, Cornelia; Klingshirn, Astrid (2018): 3D-Lebensmitteldruck. Herausforderungen bei der Produktentwicklung. In: Hauswirtschaft und Wissenschaft 66.
- Dickel, Sascha; Hillerbrand, Rafaela (2021): Additive Verfahren (3D-Druck). In: Grunwald, Armin; Hillerbrand, Rafaela (Hrsg.): Handbuch Technikethik. Wiesbaden: Springer. S. 300-304.
- Weiterbildungsinformationssystem (WIS) der IHK: Fachkraft für 3D-Drucktechnologien. <https://wis.ihk.de/kurs/38250269/fachkraft-fur-3d-drucktechnologien-ihk>
- Projekt-Webseite 3D-lebensmitteldruck im Handwerk: <https://3dih.de/> [17.04.2024]
- Bröring, Stefanie; Bidkar, Sukhada; Kamrath, Carolin (2020): Innovationen an der Schnittstelle von Lebens- und Arzneimitteln – Herausforderungen für Firmen und Verbraucher. In: M. A. Pfannstiel et al. (Hrsg.): Innovationen und Innovationsmanagement im Gesundheitswesen. Wiesbaden: Springer. S. 373-392.
- Caroli, Christian (2014): RepRap-Hacks. 3D-Drucker verstehen und optimieren. Franzis Verlag GmbH. Haar bei München.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE) (o.J.): DGE-Ernährungsempfehlungen. Online: www.dge.de/gesunde-ernaehrung/dge-ernaehrungsempfehlungen/10-regeln/ [29.10.2023]
- Deutsche Telekom AG (2022). Digitalisierungsindex Mittelstand 2021/2022. Der digitale Status quo im deutschen Gastgewerbe. www.telekom-digitalx-content-develop.s3.eu-central-1.amazonaws.com/Telekom_Digitalisierungsindex_Gastgewerbebericht_7c4971afcf.pdf [29.10.2023]
- Denkel, Christoph; Rudolph, Jari (2015): 3D-Druck: Hype oder Revolution? Verfügbar unter: <https://www.foodaktuell.ch/2015/04/21/3d-druck-hype-oder-revolution/> [29.10.2023]

-
- Development of PERsonalized Food using Rapd Manufacturing for the Nutrition of elderly ConumErs (PERFORMANCE) (2012-2015): Projektwebseite. www.rtds-group.com/services/projects-performance/?portfolioID=100 [29.10.2023]
- Eichhorn, Joana; Solz, Katrin (2023): Zur Einführung von E-Prüfungen aus soziotechnischer Systemperspektive. In: ZFHE Jg. 18 / Nr. 3 (Oktober 2023) S. 241–256.
- Franke, Lena; Silcher, Cornelia; Klingshirn, Astrid (2018): 3D-Lebensmitteldruck. Herausforderungen bei der Produktentwicklung. In: Hauswirtschaft und Wissenschaft 66.
- Godoi, Fernando C., Prakash, Sangeeta; Bhandari, Bhesh, R. (2016): 3d printing technologies applied for food design: Status and prospects. *Journal of Food Engineering*, 179 (Juni), S. 44–54.
- Guthardt, Steffen (2023): Lebensmittel aus dem 3D-Drucker. Diese Konditorei macht es vor (5. Juli 2023), www.deutsche-handwerks-zeitung.de/lebensmittel-aus-dem-3d-drucker-diese-konditorei-macht-es-vor-302917/ [05.01.2024].
- Haslinger, Cornelia; Schröder, Andreas (2020): 3D-Druck im Mathematik- und Informatikunterricht. In: Zumbach, Jörg; Maresch, Günter; Fleischer, Timo; Strahl, Alexander (Hrsg.), *Neue Impulse in der Naturwissenschaftsdidaktik* (Band 8, S. 137-156).
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2018): Das Konzept des Soziotechnischen Systems – revisited. *AIS-Studien*, 11(2), 11–28. doi.org/10.21241/ssoar.64859.
- Kühnl, Wolfgang (2019): 3D-Druck protein- und stärkebasierter Materialien zur Herstellung definierter Lebensmitteltexturen. Verfügbar unter: www.fei-bonn.de/download/aif-20385-n.projekt [29.10.2023]
- Landesinitiative n-21 (2020): Additive Fertigung - 3D-Druck in der Schule Handreichung. Verfügbar unter: www.n-21.de/downloads/datei/OTAwMDAwNDI5Oy07L3Vzci9sb2NhbcC9odHR-wZC92aHRkb2NzL2Ntc3gvbjlxL2lIZGllbi9kb2t1bWVudGUvMjAyMDA3X3Byb2pla3RfYWwkaXRpdmVfZmVydGlndW5nXzNkX2RydWNrX2hhbmRyZWljaH-VuZ19uci4xLnBkZg%3D%3D [29.10.2023]
- Lévesque, Veronika (2020): Agilität, Welt und Bildung: Von Wurzeln, Definitionen und Zusammenhängen zu Spielfeldern, Handlungsoptionen und Grenzen. “. In: Kantereit, Tim; Arn, Christof; Bayer, Heinz; Lévesque, Veronika; MacKevett, Douglas (Hrsg.): *Agilität und Bildung. Ein Reiseführer durch die Welt der Agilität*. Verfügbar unter: www.media4schools.de/wp-content/uploads/2021/02/Agilita%CC%88t-und-Bildung-book-sprint.pdf [16.09.2023]
- Organization for Economic Cooperation and Development / Food and Agriculture Organization of the United Nations (OECD-FAO) (2023): *OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032*. OECD Publishing: Paris, <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>
- Ott, Bernd (1999): Strukturmerkmale und Zielkategorien einer ganzheitlichen Berufsbildung. In: *Berufsbildung – Europäische Zeitschrift* 17 (2), S. 55-64.
- Peuker, Birgit; Gitter, Markus; Vollmer, Simon (2023): Robotik und KI-gestütztes Gastgewerbe – Implikationen für die berufliche Bildung. In: *Haushalt in Bildung und Forschung 2023-3*, S. 54-69.
- Print2Taste (2020): *Procusini® 5.0. Original Installations- und Benutzerhandbuch. 3D Lebensmitteldrucker für gewerbliche Anwendungen*. Verfügbar unter: cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/EB00/PROCUSINI_00019_ANL-DE.pdf [29.10.2023]

-
- QUA.LiS NRW (2016): 3-D-Druck in der Schule. Informationen und Orientierung für den Einstieg in den Unterricht. Verfügbar unter: www.qua-lis.nrw.de/cms/upload/service/flyer/d-3D-Druck-in-der-Schule.pdf [29.10.2023]
- Rusu, Alexandru; Randriambelonoro, Mirana; Perrin, Caroline; Valk, Carlijn; Álvarez, Berta; Schwarze, Ann-Kristin (2020): Aspects Influencing Food Intake and Approaches towards Personalising Nutrition in the Elderly. In: *Journal of Population Ageing* 13. S. 239-256. Online: doi.org/10.1007/s12062-019-09259-1
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2023): Unterernährung weltweit. Online: www.destatis.de/DE/Themen/Laender-regionen/Internationales/Thema/landwirtschaft-fischerei/Unterernaehrung.html?nn=377634 [29.10.2023]
- Umwelt Bundesamt (2019): Rebound-Effekte. www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/oekonomische-rechtliche-aspekte-der/rebound-effekte Online: o.S. [29.10.2023]
- Vithani, Kapilkumar; Goyanes, Alvaro; Jannin, Vincent; Basit, Abdul W.; Gaisford, Simon; Boyd, Ben J. (2019): An Overview of 3D Printing Technologies for Soft Materials and Potential Opportunities for Lipid-based Drug Delivery Systems. In: *Pharmaceutical Research* 36, 4.
- Vogt, Sebastian (2017): 3D-Lebensmitteldruck: Welche Möglichkeiten sich mit der neuen Technologie bieten. Verfügbar unter: www.dlg.org/fileadmin/downloads/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen/lebensmitteltechnologie/2017_4_Expertenwissen_3D_Druck.pdf [29.10.2023]
- Zurawski, Nils (2015): Technische Innovationen und deren gesellschaftliche Auswirkungen im Kontext von Überwachung. Verfügbar unter: www.sicherheit-forschung.de/forschungsforum/schriftenreihe_neu/sr_v_v/SchriftenreiheSicherheit_16.pdf [29.10.2023]

Verwendung und nicht-kommerzielle, unveränderte Weitergabe unter Namensnennung der Autorenschaft.



**Europa-Universität
Flensburg**

Fakultät I

Institut für Gesundheits- und
Ernährungswissenschaften