

Auswirkungen der Verarbeitungsschritte auf Hygienestatus und Produktqualität

Eiweißfuttermittel aus Larven der Schwarzen Soldatenfliege

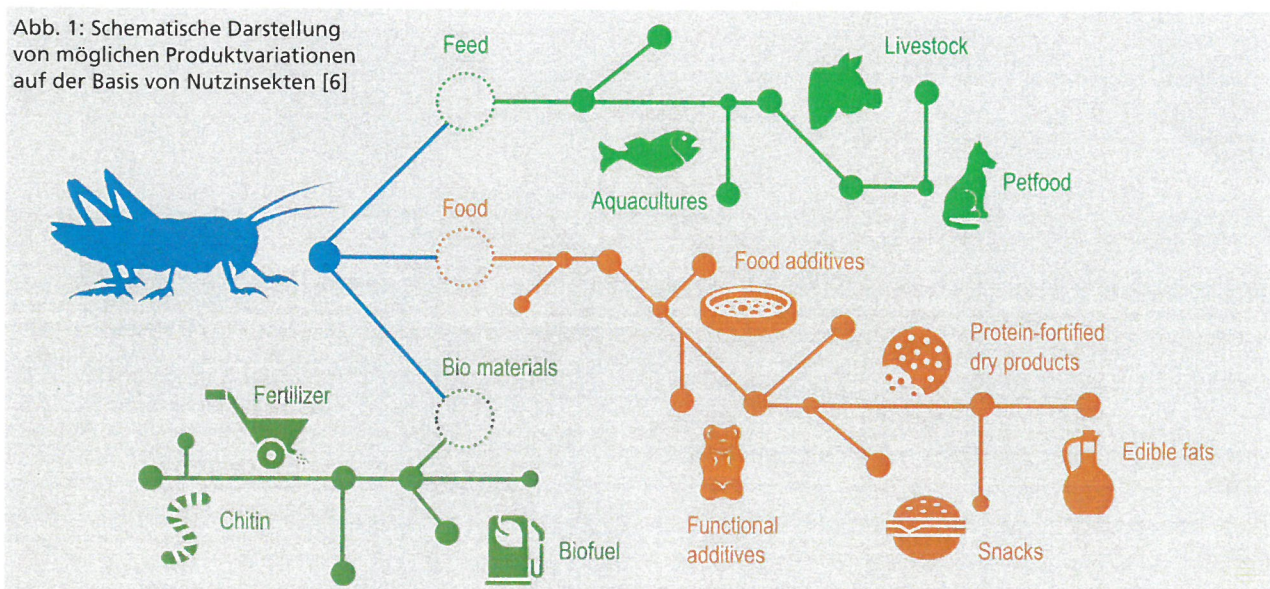
Insekten sind eine sehr attraktive Alternative als Proteinkomponente in der Tierernährung. Um die Sicherheit zu gewährleisten, müssen die Verarbeitungsprozesse bezüglich der Hygieneanforderungen sorgsam gesteuert und kontrolliert werden.

Dipl.-LM-Chem. Patrick Sudwischer, Dr.-Ing. Verena Bösch und Prof. Dr.-Ing. Werner Sitzmann, Forschungsinstitut Futtermitteltechnik der IFF, Braunschweig

Bereits seit Langem sieht sich die Weltbevölkerung mit zahlreichen Herausforderungen konfrontiert, wie Bevölkerungswachstum, tiefgreifenden klimatischen Veränderungen, Kritik gegenüber herkömmlichen Landwirtschaftssystemen und vielen weiteren Aspekten. Dabei sind die Kerninhalte bereits allgemein bekannt: „Konventionelle Landwirtschaft trifft auf ökologisch-biologische Systeme“ sowie „eine Ernährung unter Einbeziehung tierischer Lebensmittel trifft auf Vegetarismus und Veganismus“ [1, 2]. Die Intensivierung der Landwirtschaft und der hohe Anteil an „Veredelungsverlusten“, die mit der Tierproduktion verbunden sind, werden in der Öffentlichkeit ebenfalls kritisch diskutiert. Bezogen auf die Lebensmittelindustrie wird u. a. kritisiert, dass bei der Herstellung der Lebensmittel rund ein Drittel auf dem Weg vom Landwirt zum Konsumenten im Abfall landet. Entlang dieser Kette entstehen allein in Deutschland bei der Industrie, dem Handel, den Großverbraucher und den Privathaushalten ca. 11 Mio. t Lebensmittelabfälle pro Jahr [3].

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft vertritt die Auffassung: „Um Biomasse effizient aufzuschließen, aufbereiten und bedarfsgerecht für nachgelagerte Produktionsprozesse bereitstellen zu können, sollen Voraussetzungen geschaffen werden, Neben- und Reststoffströme in werthaltige Produkte zu überführen“ [4]. Insekten können die Ressourceneffizienz verbessern, da diese u. a. Nebenströme der Lebensmittelindustrie als Substrat verwerten können. Allgemein gilt die bestätigte Annahme, dass Insekten klimafreundlich, platz- und ressourceneffizient produziert werden können. Die Futtermittelverwertung gilt als gut, so können unter optimalen Voraussetzungen aus 1 kg Futter 0,8 kg Insekten erzeugt werden [5]. Generell können aus Insekten verschiedenste Endprodukte hergestellt werden. Abb. 1 zeigt die Vielzahl von Möglichkeiten der Produkte auf, welche aus Insekten erzeugt werden können. Das Endprodukt bestimmt die benötigten Verarbeitungsverfahren – somit ist die Wahl der Endprodukte maßgeblich für die Prozesstechnologie.

Abb. 1: Schematische Darstellung von möglichen Produktvariationen auf der Basis von Nutzinsekten [6]



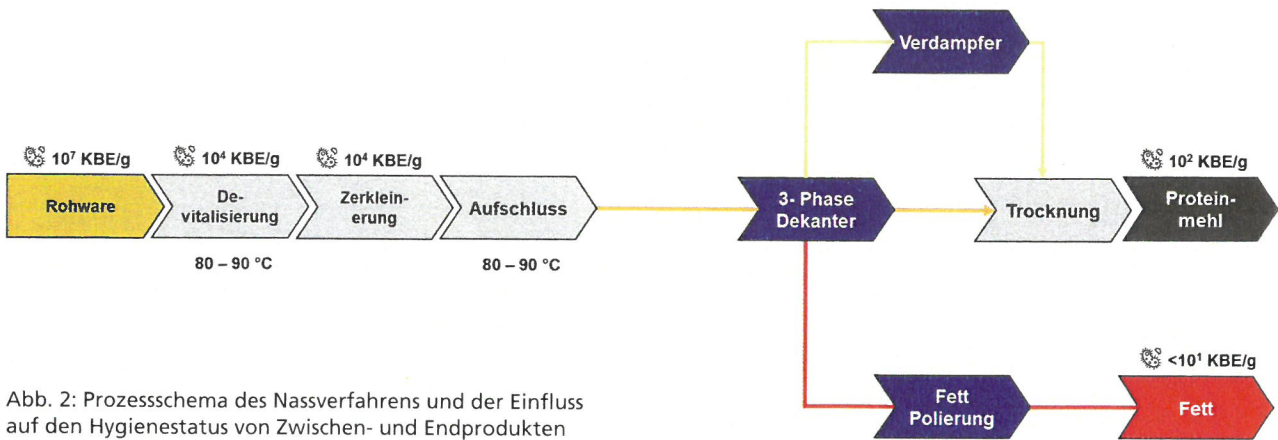


Abb. 2: Prozessschema des Nassverfahrens und der Einfluss auf den Hygienestatus von Zwischen- und Endprodukten

Die rechtliche Einordnung von Insekten als Futtermittel wurde in den letzten Jahren auf EU-Ebene neu aufgenommen bzw. angepasst, sodass seit 2017 verarbeitetes tierisches Protein aus Nutzinsekten in der Aquakultur eingesetzt werden kann, nach (EU) Nr. 2017/893. Im August 2021 haben Insekten durch die Ergänzung (EU) Nr. 2021/1372 der Verordnung (EU) Nr. 999/2011 ihren Weg in die Schweine- und Geflügelernährung gefunden. Für die Humanernährung sind Insekten im Rahmen des Novel-Food-Acts (EU) Nr. 2021/882 novelliert worden. Damit kann auch in der landwirtschaftlichen Praxis Insektenprotein als Futtermittel genutzt und als echte Alternative für pflanzliche und tierische Proteine (Sojaprotein, Fischmehl) angesehen werden. Für die Beurteilung der Insekten kann nach aktueller Rechtsprechung die Verordnung (EU) Nr. 142/2011, inklusive der darin beschriebenen Grenzwerte (Tabelle), angesehen werden. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit der Beurteilung von Zwischen- und Endprodukten innerhalb der Lebens- und Futtermittelkette.

Warn- und Grenzwerte der Verordnung (EU) Nr. 142/2011 für die Verarbeitung von tierischen Nebenerzeugnissen

| Mikroorganismus | Warnwert, KBE/g | Grenzwert, KBE/g |
|---------------------------|-----------------|---------------------------|
| <i>Salmonella</i> spp. | – | nicht nachweisbar in 25 g |
| <i>C. perfringens</i> | – | nicht nachweisbar in 1 g |
| <i>Enterobacteriaceae</i> | 10 ¹ | 3 x 10 ² |

Prozessschritte des Nassverfahrens und deren Einfluss auf den Hygienestatus

Für das Nassaufbereitungsverfahren (Abb. 2) werden die frischen Larven nach der Inaktivierung durch Blanchieren für drei Minuten bei 90 °C devitalisiert. Hierbei kann eine Keimzahlreduktion von fünf Größenordnungen auf 10⁴ KBE/g beobachtet werden. Die anschließende Zerkleinerung hat keinen signifikanten Einfluss auf den Hygienestatus des Produktes. Neben der Tötung erfolgt somit auch eine Hygienisierung und Inaktivierung aller endogenen Enzyme, welche somit keine enzymatische Bräunung mehr verursachen können. Die entstandene Pülpe wird durch einen thermischen Zell-

aufschluss (90 °C für 60 Minuten) für den Separationsschritt vorbereitet. Anschließend erfolgt die Separation mittels Dekanter. Hierbei wird das aufgeschlossene Produkt in eine Protein- und Fett-/Wasserfraktion überführt [6, 7, 8]. Hierbei werden industriell in der Regel Zwei- oder Drei-Phasen-Dekanter eingesetzt. Im erzeugten Proteinmehl ist ein Gesamtkeimgehalt von maximal 10² KBE/g nachweisbar. Der Prozessschritt des Zellaufschlusses kann durch eine enzymatische oder chemisch induzierte Proteolyse ergänzt werden, hierdurch lassen sich beispielsweise Proteinhydrolysate sowie Chitinisolat als Endprodukte erzeugen.

Hieraus resultieren die kritischen Prozessschritte: 1) Aufzuchtbedingungen der Larven, 2) Devitalisierung durch Blanchieren und 3) Aufschluss für die Sicherstellung eines verkehrsfähigen und sicheren Futtermittels.

Prozessschritte des Trockenverfahrens und deren Einfluss auf den Hygienestatus

Die aktuell etablierten Verarbeitungsverfahren im Markt sind sowohl die Nass- als auch die Trockenaufbereitung [6]. Durch den Einsatz des Trockenverfahrens (Abb. 3) zur Verarbeitung von Futterinsekten lassen sich Proteinmehle in verschiedenen Qualitäten erzeugen.

Der Hygienestatus der eingesetzten Rohware ist stark abhängig von den Haltungsbedingungen bei der Insektenmast. Innerhalb des Projektes waren Gesamtkeimzahlen der Rohware von bis 10⁸ keimbildenden Einheiten pro Gramm Material (KBE/g) möglich. Darüber hinaus waren Belastungen mit *Enterobacteriaceae* von bis zu 10⁵ KBE/g in der Rohware nachweisbar. Die Rohware kann durch Blanchieren oder Einfrieren devitalisiert werden. Zu beachten ist, dass nur die Devitalisierung mittels Blanchieren eine Reduktion der Keimbelastung ergibt. Nach der Inaktivierung der Insekten muss das Produkt auf eine Restfeuchte von unter 5% getrocknet werden. Die Trocknung kann beispielsweise mittels Mikrowelle, Heißluft oder Infrarotstrahlung erfolgen. Innerhalb des Projektes wurde die Rohware bei 80 °C durch Infrarotstrahlung getrocknet und anschließend der Hygienestatus des Materials bestimmt. So

Schwerpunkt

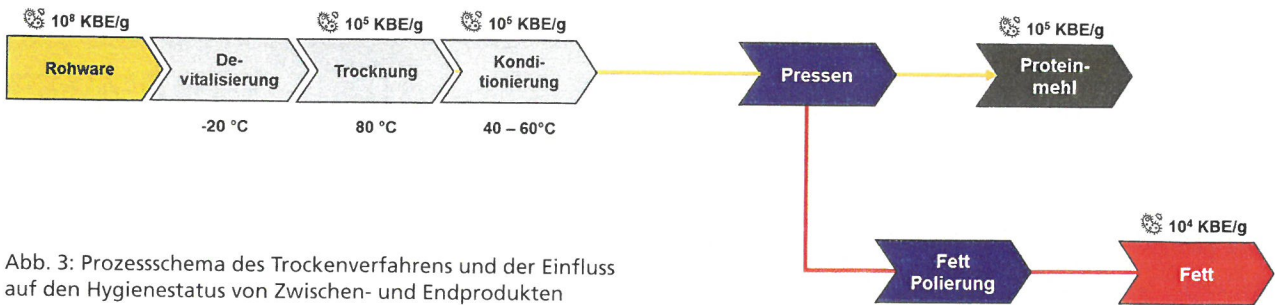


Abb. 3: Prozessschema des Trockenverfahrens und der Einfluss auf den Hygienestatus von Zwischen- und Endprodukten

konnte durch die Trocknung die Gesamtkeimzahl von 10^8 auf 10^5 KBE/g gesenkt werden. Im Gegensatz dazu wurde bei den *Enterobacteriaceae* nur eine Verringerung von zwei Größenordnungen beobachtet, sodass sich eine Keimzahl von $2,05 \times 10^3$ KBE/g erfassen ließ. Somit konnte durch die Trocknungen eine Verbesserung des Hygienestatus erzielt werden. Durch die anschließende Konditionierung und Entfettung konnte nur noch ein marginaler Abfall der Keimbelastung nachgewiesen werden. Somit ergeben sich innerhalb des Trockenverfahrens die kritischen Schlüsselstellen: 1) Aufzuchtbedingungen der Larven, 2) Devitalisierung durch Blanchieren und 3) Trocknen für die Sicherstellung eines verkehrsfähigen und sicheren Futtermittels. Es ist insbesondere darauf zu achten, dass bereits die Rohware möglichst kontaminationsfrei eingekauft wird.

Endprodukte der Verfahren

Das Proteinmehl beider Verfahren setzt sich, abhängig von der Gattung und von den Aufzuchtbedingungen, aus ca. 35–50% Protein, 17–36% Fett und 2–8% Rohfaser zusammen [9–15]. In Abhängigkeit von der Trocknungsprozessführung kann sich die Produktqualität durch Maillard-Reaktionsprozesse deutlich unterscheiden [16–18]. Das Abpressen des Lipidanteils zur Herstellung von Proteinmehlen resultiert in einer Erhöhung des Rohproteingehaltes von bis zu 70% im Vergleich zur getrockneten Larve. Neben der Erhöhung des Rohproteingehaltes wird auch eine Aufkonzentrierung der Rohfaserfraktion von 2–8% auf 5–15% erzielt [6, 12–15, 19]. Durch den Einsatz des Nassverfahrens sind hohe Proteinlöslichkeiten sowie Spezialprodukte wie Proteinhydrolysate und -Isolate realisierbar.

Vergleich des Hygienestatus der Verarbeitungsverfahren

Stellt man beide Verarbeitungsverfahren gegenüber, so stellt man signifikante Unterschiede zwischen beiden Methoden fest. Abb. 4 zeigt den Verlauf der Gesamtkeimzahl beider Verfahren innerhalb der zuvor definierten kritischen Prozessschritte. Innerhalb des Trockenverfahrens ist es, ohne zusätzliche technische Hygienisierung beispielsweise durch das Blanchieren, nur durch permanente Kontrolle der Rohware möglich, die gesetz-

lichen Bestimmungen sicher einzuhalten. Aufgrund der trockenen Wärme innerhalb der Trocknungsprozesse kann nur eine geringe Keimzahlreduzierung erzielt werden. Somit ist aus futtermittelrechtlicher Sicht ein hydrothermischer Prozessschritt zur Hygienisierung erforderlich. Im Gegensatz dazu kann das Nassverfahren innerhalb der Standard-Prozessschritte bereits eine sehr hohe Keimzahlreduktion aufweisen.

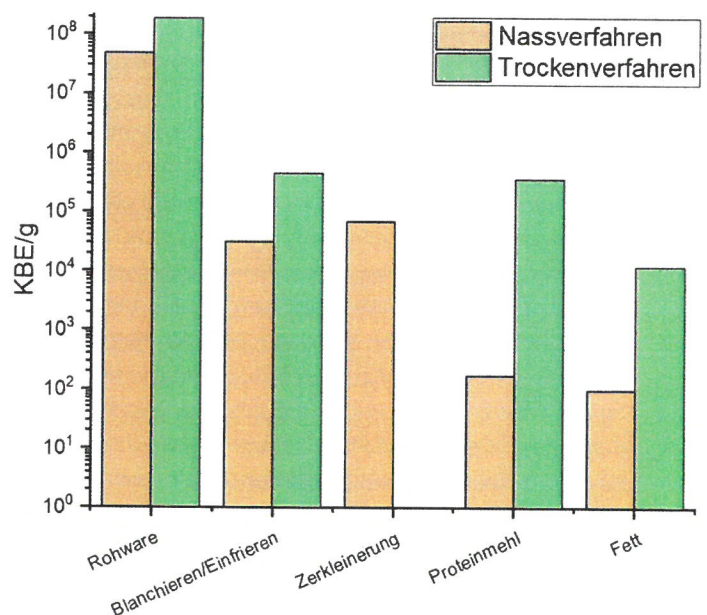


Abb. 4: Einflussnahme verschiedener Prozessschritte des Trocken- und Nassverfahrens auf die Gesamtkeimzahl von Zwischen- und Endprodukten

Die Ursache der deutlich stärkeren Keimabtötungsrate des Nassverfahrens im Vergleich zum Trockenverfahren ist auf die feuchte Wärme beim Blanchieren und auf den Zellaufschluss zurückzuführen. Hierbei ist eine Wärmeübertragung auf die Mikroorganismen wesentlich stärker, sodass eine zuverlässige und hohe Abtötungsrate gewährleistet werden kann. Somit lassen sich grundsätzlich auch stärker kontaminierte Rohwaren mit dem Nassverfahren verarbeiten.

Zusammenfassung

Insekten stellen grundsätzlich eine sehr attraktive Alternative im Bereich der Tierernährung dar. Durch den Einsatz verschiedener Verarbeitungsmethoden lassen sich

eine Vielzahl von Endprodukten herstellen. Die Auswahl eines geeigneten Verarbeitungsverfahrens ist von mehreren Faktoren wie der angestrebten Endproduktqualität, der Durchsatzleistung, der Beschaffenheit der Rohwaren und der Lagerlogistik abhängig. Durch eine spezielle Prozessführung können Spezialprodukte aus Insekten mit besonderen Eigenschaften erzeugt werden. Der Hygienestatus ist aufgrund der strengen gesetzlichen Rahmenbedingungen technologisch eine Herausforderung. Hierdurch sind neben einer guten Fachpersonalausbildung auch detaillierte Prozesskenntnisse erforderlich. Die Steuerung und Kontrolle der Verarbeitungsprozesse stellt beim Trocken- und Nassverfahren den Schlüssel zur Herstellung von sicheren Proteinfuttermitteln dar.

Literaturverzeichnis

1. FAO: How to Feed the World in 2050. – Inf. Prospect (2009)
2. United Nations: World Population Prospects. – Revis. Data Bookl. (2017)
3. FAO: Global Food Losses and Food Waste (2011)
4. BMEL; BMBF: Nationale Bioökonomiestrategie (2020)
5. FAO: Edible insects – Future prospects for food and feed security. – For. Pap. (2013)
6. Sindermann, D., J. Heidhues, S. Kirchner, N. Stadermann and A. Kuhl: Industrial processing technologies for insect larvae. – J. Insects as Food Feed 7 (2021), p. 857–875
7. Arsiwalla, T., and K. W. P. Aarts: Method to convert insects or worms into nutrient streams and compositions obtained thereby. – U.S. Pat. Appl. Publ. No pp. given (2015)
8. Purschke, B., Y. D. Mendez Sanchez, and H. Jäger: Centrifugal fractionation of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) for protein recovery and concentration. – LWT 89 (2018), p. 224–228
9. Makkar, H. P. S., G. Tran, V. Heuzé, and P. Ankers: State-of-the-art on use of insects as animal feed. – Anim. Feed Sci. Technol. 197 (2014), p. 1–33
10. Kroeckel, S., A.-G. E. Harjes, I. Roth, H. Katz, S. Wuertz, A. Susenbeth, C. Schulz and D. When: A turbot catches a fly Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly. – Aquaculture (2012) p. 345–350
11. Van Huis, A.: Potential of insects as food and feed in assuring food security. – Annu. Rev. Entomol. 58 (2013), p. 563–583
12. Internationale Forschungsgemeinschaft Futtermitteltechnik e. V.: Funktionsmuster einer industriellen Produktions- und Fraktionsanlage (Fett + Protein) von Insekten. – IGF-Vorhaben 18235 N (2019)
13. Internationale Forschungsgemeinschaft Futtermitteltechnik e. V.: Zuchtversuche *Tenebrio molitor* auf verschiedenen Substraten. – IGF-Vorhaben 27 LN (2020)
14. Internationale Forschungsgemeinschaft Futtermitteltechnik e. V.: Entwicklung geeigneter Verfahren zur Herstellung von Futtermitteln. – IGF-Vorhaben 28 LN (2019)
15. Böschchen, V.: Auswirkungen von Farmmanagement und Verarbeitungstechnologie auf den Hygienestatus und die Produktqualität von Larven der Soldatenfliege (BSFL) und den daraus erzeugten Produkten. – 2. AiF-Projektantrag (2021) – www.iec.ch
16. Parniakov, O., et al.: Insect processing for food and feed: A review of drying methods. – Dry. Technol. (2021), p 1–14 – doi:10.1080/07373937.2021.1962905

17. Bosch, G., S. Zhang, D. G. A. B. Oonincx, and W. H. Hendriks: Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. – J. Nutr. Sci. 3 (2014), p. 1–4
18. Sudwischer, P., and V. Böschchen: The influence of the Maillard reaction on insect products and their nutritional score. – Bornimer Agrartechnische Berichte 84 (2021)
19. Böschchen, V.: Optimierung der Aufbereitung von Mehlkäferlarven (*Tenebrio molitor*) und daraus resultierender Produkte durch eine automatisierte Prozessführung auf Basis eines nichtinvasiven Nahinfrarot-Messsystems. – AiF-Proj. 1–28 (2019)

Das IGF-Vorhaben 21763 N der Internationalen Forschungsgemeinschaft Futtermitteltechnik e. V. (IFF) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Autoren:

Patrick Sudwischer absolvierte eine Ausbildung zum Müller bei der Agravis Mischfutter-Ostwestfalen-Lippe GmbH in Minden. Nach der Weiterbildung zum Müllermeister und staatlich geprüften Techniker schloss sich ein Lebensmittelchemie-Studium an der TU Braunschweig an. Dort arbeitet er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich der Polysaccharid-Analytik bis 2018. Seit 2021 ist er Leiter des Versuchstechnikums der IFF und Projektleiter des IGF-Projektes 21106 N.



Nach dem Studium der Biotechnologie/ Lebensmitteltechnik sowie Maschinenbau (Bioverfahrenstechnik) promovierte Dr.-Ing. Verena Böschchen zum Thema „Biotechnologische Produktion und Modifikation mariner Glycoglycerolipide“ an der TU Braunschweig. Als Wissenschaftliche Mitarbeiterin war sie zunächst am Institut für Partikeltechnik der TU und seit 2013 am IFF-Forschungsinstitut Futtermitteltechnik in Braunschweig tätig.



Prof. Dr.-Ing. Werner Sitzmann promovierte nach dem Studium des Chemieingenieurwesens zum Thema „Komplexe katalytische Reaktionen in Wirbelschichtreaktoren“ an der TU Hamburg-Harburg. Nach leitenden Tätigkeiten bei Krupp Maschinenteknik, NaFuTec Consulting und Bahlsen ist er seit 2018 Head of Technology bei der Kahl Holding GmbH, Reinbek. Zudem ist er Lehrbeauftragter an der TU Hamburg-Harburg und der FH Wismar sowie Honorarprofessor am Institut für Festkörperverfahrenstechnik und Partikeltechnologie.