

## Möglichkeiten in der Human- und Tierernährung

# Alternative Proteinquellen – Was können Insekten leisten?



Von Patrick Sudwischer, Dr. Verena Bösch und Prof. Dr. Werner Sitzmann,  
Forschungsinstitut Futtermitteltechnik der IFF e. V., Braunschweig

Insekten können bei der Überwindung der europäischen Proteinelücke helfen. Ein hohes Potenzial verspricht dabei die gute Nährstoff-Zusammensetzung. Die Auswirkungen des Chitins bei der Verfütterung müssen noch eingehend untersucht werden.

Mit alternativen Proteinquellen befasst sich die Welt immer mehr, im Januar 2023 wurde in einer der renommiertesten wissenschaftlichen Zeitschriften, dem Journal „Science“, welches von der American Association for the Advancement of Science herausgegeben wird, ein Artikel zur Verwendung von Insekten als Futterquelle für die Nutztierhaltung veröffentlicht. Die Autoren *Arnold van Huis und Laura Gasco* schreiben, dass „die klassische Viehzucht 70 bis 80% der weltweit landwirtschaftlich genutzten Fläche in Anspruch nimmt und dennoch nur rund 18% aller Kalorien und 25% aller vom Menschen verbrauchten Proteine produziert. Für den Anbau von Futtermitteln für die Nutztierhaltung wird ein Drittel der weltweit zur Verfügung stehenden Anbauflächen genutzt. Obwohl Lebensstiländerungen – wie Vegetarismus und Veganismus – in der westlichen Welt zu einer nachhaltigen Lebensmittelproduktion beitragen können, steigt die weltweite Nachfrage nach Fleisch durch den wachsenden Wohlstand von Schwellenländern wie China, Indien oder den Subsahara-Staaten weiterhin an, sodass es essenziell ist, effizientere Wege der Viehzucht zu finden.“ [1]

Der Einsatz von Insekten als Futtermittel kann die derzeitigen Futtermittelquellen ergänzen, die weltweit hauptsächlich aus Fischmehl und Sojaschrot bestehen. Bereits eine Vielzahl an europäischen Unternehmen sieht das Potenzial von Insekten als alternative Proteinquelle im Bereich der Futtermittel. Des Weiteren ist innerhalb der EU ein dynamisch wachsender Markt von Erzeugerbetrieben zu beobachten, hierbei nehmen die Niederlande und Frankreich eine Position als Vorreiter ein.

### Potenzial und Entwicklung der Insektenzucht

Die Verwendung von Insekten als Viehfutter kann grundsätzlich die Nachhaltigkeit verbessern, da Insekten geringwertige organische Produkte (z. B. Obst, Gemüse und sogar Dung) in hochwertiges Futter umwandeln können. Insektenbestandteile sind auch eine wertvolle Nahrungsquelle für Nutztiere mit vielen möglichen gesundheitlichen Vorteilen. Im Zuge der Diskus-

sion, ob es sich bei Insekten um eine Alternative im Lebens- und Futtermittelsektor handelt, liest man häufig Begriffe wie Kreislaufwirtschaft, Nachhaltigkeit, Lebensmittelverschwendung oder Biodiversifizierung.

Grundsätzlich sollte man hier die Frage aufwerfen: Eine Alternative für was? Nur allzu gern wird hier die Vorstellung der vollständigen Supplementierung von Soja innerhalb der Nutztierfütterung aufgeführt. Nüchtern betrachtet, sprechen wir hier – alleine auf Deutschland bezogen – von einer Importmasse von 3,6 Millionen Tonnen Soja pro Jahr, der eine aktuelle Produktionsmenge von nur einigen Tausend Tonnen Insektenprotein gegenübersteht. Im Zuge der von der Bundesregierung beschriebenen Eiweißpflanzenstrategie 2030 ist aber vielleicht auch eine Kombination aus heimischen Eiweißpflanzen – wie Erbsen, Lupinen, dem Sojaanbau in Deutschland und Insektenproteinen – ein Teil der Lösung. Im Jahr 2019 entfielen auf die europäischen Insektenmastbetriebe etwa 500 Tonnen Produkte auf Insektenbasis (ganze Insekten, Zutaten aus Insekten und mit essbaren Insekten verarbeitete Produkte) auf den europäischen Markt. Der Markt für essbare Lebensmittel auf Insektenbasis wird in den nächsten Jahren voraussichtlich schnell wachsen und soll bis 2030 auf etwa 260 000 bis zu 500 000 Tonnen anwachsen [2, 3]. Grundsätzlich finden sich Insekten aktuell in verschiedenen Bereichen der Lebens- und Futtermittelkette. Bei den Lebensmitteln lassen sich neben den typischen Insekten-Snacks auch spannende alternative Produkte zu klassischen tierischen Lebensmitteln – wie Streichwurst nach „Pfälzer Art“ oder Hack-Zubereitungen – finden. Im Bereich der Futtermittel sind die aktuellen Zugpferde für die Insektenmast sowohl der Petfood- als auch der Aquakultursektor. Im Bereich der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung ist der Einsatz noch häufig zu kostenintensiv und kommt daher großflächig noch wenig zum Tragen.

### Das Nährwertprofil von Insekten

Generell zeichnen sich Insekten, egal ob in der Human- oder Tierernährung, durch eine sehr gute Nährstoff-Zusammensetzung aus.

# Schwerpunkt

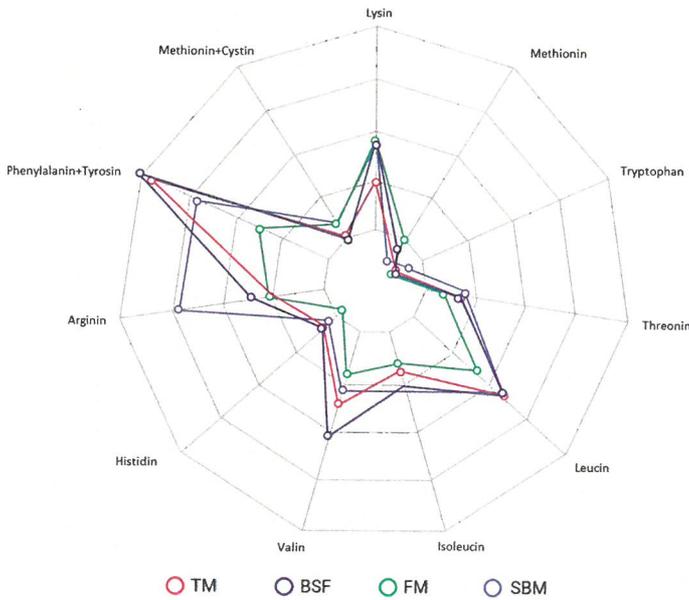


Abb. 1: Mittlere Aminosäuren für üblicherweise verwendetes Insektenmehl im Gegensatz zu Fischmehl oder Sojabohnen. Rot = Gelber Mehlwurm (TM, *Tenebrio molitor*); blau = Schwarze Soldatenfliege (BSF, *Hermetia illucens*); grün = Fischmehl (FM); lila = Sojabohnen (SBM) [2]

Der hohe Gehalt an verdaulichem Protein macht Insektenlarven (in getrockneter Form) zu einer möglichen Lösung im Bereich der regionalen Protein-Selbstversorgung für die Human- und Tierernährung. Das Amino-

säureprofil der eingesetzten Insekten (Abb. 1) ist für die bedarfsgerechte Fütterung von Fischen, Geflügel oder Schweinen mit einem angemessenen Gehalt an limitierenden Aminosäuren (Lysin, Threonin, Methionin und Tryptophan) sehr gut geeignet [3]. Hierbei muss aber beachtet werden, dass eine falsche Prozessführung in der Aufbereitung der Insekten massive Einbußen in der Proteinqualität zur Folge haben kann. So hat beispielsweise die Trocknung der Insekten einen signifikanten Einfluss auf die Proteinqualität. Die Proteinlöslichkeit, welche als Maß der Bioverfügbarkeit und Hitzeschädigung gesehen werden kann, hängt von der eingesetzten Trocknungstechnologie und vor allem von der Intensität der Prozessführung ab. Auf der anderen Seite entstehen durch eine lange Trocknungsdauer Oxidations-Nebenprodukte, wie zum Beispiel das 4-Hydroxynonenal (4-HNE). 4-HNE kann als Marker für die Lipidoxidation verwendet werden und entsteht als eine reaktive Spezies aus mehrfach ungesättigten Fettsäuren. In den darauffolgenden Prozessschritten kann das 4-HNE wiederum mit Proteinen weiter reagieren und somit auch die Bioverfügbarkeit einschränken [4–8]. Grundsätzlich sind Insekten in Bezug auf den Proteingehalt und in der Wertigkeit mit Fleisch von Rind, Schwein oder Pute vergleichbar. Der genaue Proteinanteil und die Bioverfügbarkeit variieren je nach Art des Insekts und sind darüber hinaus stark abhängig von der ver-

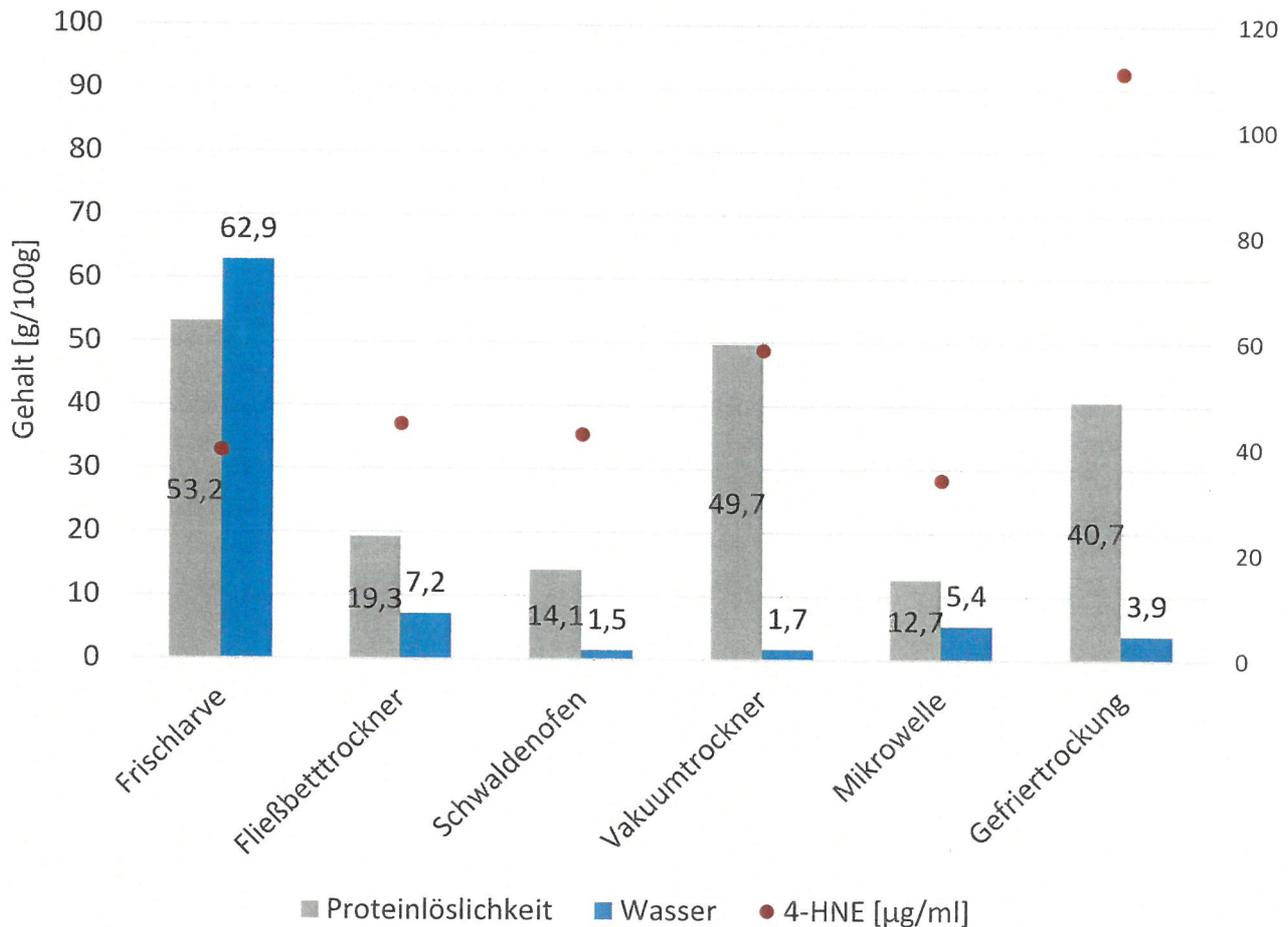


Abb. 2: Auswirkung verschiedener Prozessbedingungen auf Proteine und deren Bioverfügbarkeit [4–8]

wendeten Verarbeitungstechnologie. Neben den Proteinen sind auch die Fette der Insekten eine wertvolle Nährstoffquelle. In diversen Publikationen konnte gezeigt werden, dass Fette aus Insekten eine Quelle für Omega-3-Fettsäuren darstellen [1, 4–8]. Diese kommen in allen Insekten als einfach und mehrfach ungesättigte Fettsäuren vor. Des Weiteren liefern Insekten einen umfangreichen B-Vitamin-Komplex und weisen häufig einen sehr hohen Mineralstoffgehalt auf. Eine weitere wichtige Erkenntnis der durchgeführten Forschungsprojekte der IFF auf dem Themengebiet der Insektenzucht und -verarbeitung in den vergangenen 10 Jahren war, dass die Art des Futters für die Insekten die Nährstoffzusammensetzung der Larven und somit auch der erzeugten Produkte stark beeinflussen kann [5–8].

### Ein „neuartiger“ Inhaltsstoff – das Gerüstpolysaccharid Chitin

Neben den klassischen Nährstoffen wie Protein und Fetten kommt in Insekten auch das Polysaccharid Chitin vor. Dabei handelt es sich um ein lineares Amino-Polysaccharid, welches hauptsächlich in der Kutikula (Insektenexoskelett) der Larven vorkommt. Es handelt sich hierbei um eines der am häufigsten vorkommenden Polymere innerhalb der Biosphäre.

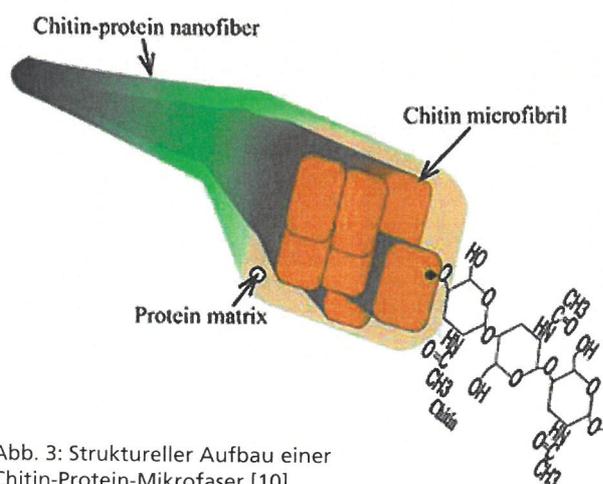


Abb. 3: Struktureller Aufbau einer Chitin-Protein-Mikrofaser [10]

Aus chemischer Sicht ist das Chitin der Cellulose strukturell sehr ähnlich. Daher sind auch die Polymereigenschaften wie Löslichkeit, Bioverfügbarkeit und Reaktivität aufgrund der strukturellen Ähnlichkeit vergleichbar mit denen von Cellulose. Das Chitin kann somit der Fraktion der Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) zugeordnet werden. Das Polymer ist größtenteils aus  $\beta$ -1,4-N-Acetyl-D-Glucosamin-Monomeren aufgebaut, welche über eine  $\beta$ -1,4-glycosidische Bindung verknüpft sind [9, 10]. Durch die stärkere Wasserstoffbrückenbindung zwischen den Hydroxy- und Aminoacetylgruppen ist das Chitin härter und chemisch stabiler als Cellulose [11, 12]. Aufgrund der beschriebenen Ähnlichkeit zur Cellulose ist das Chitin für Monogastrier nicht verdaubar.

Neben der chemischen Struktur ist auch die übergeordnete Polymerstruktur bedeutend für den Abbau der NSP. So werden NSP mit einer kristallinen Struktur wesentlich langsamer enzymatisch abgebaut als amorphe. Durch chemische oder physikalische Behandlungsverfahren können die Anteile amorpher Strukturen innerhalb einer NSP-Fraktion deutlich erhöht werden [13]. So ist es ebenfalls möglich, durch Hydrolyse-Prozesse die unlöslichen NSP-Fraktionen in löslichere Fraktionen zu überführen. Hierbei wird zunächst durch die Bildung von hochmolekularen Oligomeren eine Erhöhung der Viskosität erreicht. Diese senkt sich mit fortlaufender Depolymerisation und damit einhergehender Neubildung niedermolekularer Oligomere wieder ab.

Da nur bestimmte Bakterienarten NSP als Substrat nutzen können, besiedeln diese bei entsprechendem Angebot einzelne Segmente des Darms auf Kosten anderer Bakterienarten, sodass sich die Zusammensetzung der intestinalen Bakterienpopulation verändert [14, 15]. Bei der Isolierung von  $\beta$ -Glucan-spaltenden Bakterienarten aus dem Darm von Hühnern, die mit Roggen und Weizen gefüttert worden waren, konnte nachgewiesen werden, dass es sich hierbei um *Streptococcus spp.*, *Clostridium spp.*, *Enterococcus spp.* und *Bacteroides spp.* handelte [14, 16].

Da es sich beim Chitin auch grundsätzlich um ein  $\beta$ -Glucan handelt, wird die Fütterung mit Insekten eine Auswirkung auf die Mikrobiota nach sich ziehen. Und so wäre – wie vorher beschrieben – eine negative Änderung der intestinalen Mikrobiota möglich. Die exakten Auswirkungen chitinhaltiger Eiweißfuttermittel auf die Mikrobiota der Tiere sind aktuell nur marginal untersucht [16]. Darüber hinaus wurden insbesondere  $\beta$ -Glucane als aktive immunstimulierende Wirkstoffe identifiziert.

In der klassischen Nährwertanalyse (Weender-Analyse) ergibt sich im Zusammenhang mit Chitin eine weitere Herausforderung. Chitin wird in der Rohfaserfraktion zusammen mit einer Vielzahl von polymeren Verbindungen mitbestimmt. Daneben beeinflusst der Chitingehalt aufgrund seines Stickstoff-Eintrags auch den Analysenwert für den Rohproteingehalt des Produkts. Der enthaltene Stickstoff im Chitin macht rund ca. 7% der Chitinmasse aus. Dieser wird in der Rohproteinanalyse miterfasst und verfälscht den Rohproteingehalt nach oben. Hier konnte im Jahr 2021 eine Analysenmethode für die Chitinbestimmung sowohl in Einzelfutter- als auch in Mischfuttermitteln vom Forschungsinstitut der IFF in Kooperation mit der Firma Gerhardt Analytik entwickelt und validiert werden [17].

### Zusammenfassung

Insekten können in den kommenden Jahren eine Teillösung zur Überwindung der europäischen Proteinlücke bieten. Die Nährstoffverfügbarkeit aus den Produkten,

welche sich aus Insekten erzeugen lassen, ist in der Regel als sehr gut zu bewerten, hängt allerdings auch sehr von der Verfahrenstechnik der Verarbeitung ab. Die analytische Herausforderung, den Chitingehalt neben anderen Futterkomponenten genau zu quantifizieren, konnte von der IFF gemeistert werden, sodass im Jahr 2023 eine ökonomische und stabile Analysenmethode für den Chitingehalt in Einzel- und Mischfuttermitteln publiziert werden kann. Trotzdem bleiben noch viele ungeklärte Fragen für die Forschung, wie zum Beispiel der Einfluss der Insektengenetik auf die Mastleistung, potenzielle Tierseuchen in diesem Bereich, Carryover-Effekte oder die Anreicherung von Schwermetallen. Zukünftig besteht somit weiterhin noch viel Forschungspotenzial im Themengebiet der Insekten als Human- und Tiernahrung.

## Literaturverzeichnis

1. Van Huis, A., und L. Gasco: Insects as feed for livestock production. – *Science* **379**, 138–139 (2023).
2. IPIFF: Positionspapier. The nutritional benefits of insects in animal feed. (2020)
3. IPIFF: Positionspapier. Edible insects on the European market. (2020)
4. Internationale Forschungsgemeinschaft Futtermitteltechnik e. V. (IFF): Funktionsmuster einer industriellen Produktions- und Fraktionsanlage (Fett + Protein) von Insekten. IGF-Vorhaben 18235 N; 2019.
5. IFF e. V.: Zuchtversuche *Tenebrio molitor* auf verschiedenen Substraten. IGF-Vorhaben 27 LN, 2019.
6. IFF e. V.: Entwicklung geeigneter Verfahren zur Herstellung von Futtermitteln. IGF-Vorhaben 28 LN, 2019.
7. IFF e. V.: Optimierung der Aufbereitung von Mehlkäferlarven (*Tenebrio molitor*) und daraus resultierender Produkte durch eine automatisierte Prozessführung auf Basis eines nichtinvasiven Nahinfrarot-Messsystems. IGF-Vorhaben 21106N, laufend.
8. IFF e. V.: Auswirkungen von Farmmanagement und Verarbeitungstechnologie auf den Hygienestatus und die Produktqualität von Larven der Soldatenfliege (BSFL) und daraus erzeugter Produkte. IGF-Vorhaben 21763N, laufend.
9. Merzendorfer, H., and L. Zimoch: Chitin metabolism in insects: Structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. – *J. Exp. Biol.* **206**, 4393–4412 (2003).
10. Mushi, N. E., S. Utsel, and L. A. Berglund: Nanostructured biocomposite films of high toughness based on native chitin nanofibers and chitosan. – *Front. Chem.* **2**, (2014).
11. Minke, R., and J. Blackwell: The structure of  $\alpha$ -chitin. – *J. Mol. Biol.* **120**, 167–181 (1978).
12. Ravindra, R., K. R. Krovvidi, and A. A. Khan: Solubility parameter of chitin and chitosan. – *Carbohydr. Polym.* **36**, 121–127 (1998).
13. Simon, H. J. W. D. O.: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. – Verlag Eugen Ulmer (2008).
14. Aulrich, K., and G. Flachowsky: Studies on the mode of action of non-starch-polysaccharides (NSP) degrading enzymes in vitro. – *Arch. für Tierernährung* **51**, 293306 (1998).
15. Aulrich, K., and G. Flachowsky: Studies on the mode of action of non-starch-polysaccharides (NSP)-degrading enzymes in vitro. – *Arch. für Tierernährung* **54**, 19–32 (2001).
16. Beckmann, L., O. Simon, and W. Vahjen: Isolation and identification of mixed linked  $\beta$ -glucan degrading bacteria in the intestine of broiler chickens and partial characterization of respective 1,3-1,4- $\beta$ -glucanase activities. – *J. Basic Microbiol.* **46**, 175–185 (2006).
17. Sudwischer, P.: Bestimmung des Chitingehaltes von insektenbasierten Produkten. – *Lebensmittelchemie* **76** (S2), 128 (2022).

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Erkenntnisse aus den IGF-Vorhaben 21106 N und 21763 N der Internationalen Forschungsgemeinschaft Futtermitteltechnik e. V. (IFF) wurden 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.

Autoren:



Patrick Sudwischer ist Leiter des Versuchstechnikums der IFF und Projektleiter des IGF-Projektes 21106. Nach der Ausbildung zum Müller absolvierte er eine Weiterbildung zum Müllermeister und zum staatlich geprüften Techniker. Daran schloss er ein Lebensmittelchemie-Studium an der TU Braunschweig an. Bis 2018 war er dort Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich der Polysaccharid-Analytik und danach bis 2021 Vertriebsingenieur.



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



Dr.-Ing. Verena Bösch ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin des IFF-Forschungsinstitutes Futtermitteltechnik. Nach dem Studium der Bioverfahrenstechnik an der Universität Braunschweig, beendete sie ihre Dissertation auf dem Gebiet der marinen Biotechnologie. Während der Promotion arbeitete sie bereits am IFF-Forschungsinstitut Futtermitteltechnik, wohin sie 2013 wieder zurückkehrte. Nach der Dissertation war sie zunächst am Institut für Partikeltechnik der Universität Braunschweig beschäftigt. Neben der Arbeit als zertifizierter Energieauditor, forscht sie derzeit auf dem Gebiet der Insekten als alternative Proteinträger für den Bereich Futtermittel und wurde mit den dazugehörigen Forschungspartnern des Projektes LN 18235 2021 für den Otto von Guericke-Preis nominiert.