

# Lebensmittel von Morgen — Science & Fiction

*Bulleten aus in-vitro-Fleisch, Insekten-Snacks, Soldatenfliegenmehl, Gewächshausreis: das diesjährige Strategische Forum der Deutschen Agrarforschungsallianz (DAFA) widmete sich neuartigen Lebensmitteln und deren Produktionssystemen (13.11.2018, Berlin). Mehr als 120 Teilnehmer aus Forschung, Verbänden, Ministerien und Behörden diskutierten angeregt und kontrovers mit 10 eingeladenen Experten aus dem In- und Ausland über den Sachstand und die Perspektiven. Ob durch diese alternativen Produktionswege dem steigenden Bedarf einer wachsenden Weltbevölkerung und einer höheren Nachfrage nach Fleisch bei begrenzten Ressourcen nachgekommen werden kann, stand hierbei im Mittelpunkt.*



## Plenum

### **Grenzen bestehender Produktionssysteme**

Es kann kein Zweifel daran bestehen, dass die gegenwärtigen Produktionssysteme in ihrer Wirksamkeit auf Umwelt und Tierwohl bereits an Grenzen stoßen. „Wie kann die Umwandlung der Lebensmittelsysteme unter Berücksichtigung der Ressourcen unseres Planeten gelingen?“ fragte zur Einleitung **Hannelore Daniel** (Technische Universität München). Eine Änderung der Nahrungszusammensetzung und Ernährungsweise hätte den größten Impact. Was hat das für Konsequenzen?



### **Mehr Insektenprodukte oder Zellkultur-Fleisch: weniger Fläche für Nahrungsproduktion?**

**Peter Alexander** (Universität Edinburg) griff die Gedanken von Frau Daniel auf. Wenn sich die Weltbevölkerung ernähren wollte wie die Menschen in den westlich-industrialisierten Ländern, würde dafür die agrarisch nutzbare Fläche unseres Planeten nicht ausreichen. Ungefähr die Hälfte der Produktion auf landwirtschaftlichen Flächen wird nicht als Futter, Nahrung oder Rohstoff genutzt. Siebzig Prozent der landwirtschaftlichen Fläche wird zudem für die Erzeugung von Futter (einschließlich Weideaufwuchs) genutzt, obwohl global gesehen tierische Produkte nur einen Anteil von 15% der Kohlenhydrate und 30% der Eiweiße an der menschlichen Ernährung haben.



Je mehr Kohlenhydrate und Proteine in der menschlichen Ernährung also aus Produkten kommen, die dafür wenig landwirtschaftliche Fläche benötigen (Eiweißpflanzen, Insekten, Geflügel, Fisch, Zellkultur-Fleisch) und Lebensmittel ersetzen, die viel Fläche benötigen (Produkte von Schweinen und Rindern, die mit Ackerbauprodukten gefüttert werden), desto effizienter könnte landwirtschaftliche Fläche für die globale menschliche Ernährung genutzt werden. Vermeidung von Abfällen und von übermäßigem Konsum von Nahrungsmitteln würde zusätzlich zur Effizienz der Lebensmittelsysteme beitragen.

### ***Zellkultur-Fleisch: man nehme ...***

**Mark Post** (Universität Maastricht) stellte den Fortschritt bei der Produktion von aus Zellkulturen erzeugtem Fleisch dar. Es wird *in vitro* aus Stammzellen (meist einer Kombination aus Muskel- und Fettgewebezellen) sowohl für Rind- als auch Hühner- und Fischfleisch gewonnen. Geschmack und Anmutung kommen traditionellem Hackfleisch bereits sehr nah und eine industrielle Produktion ist technisch auch schon möglich. Deshalb könnte der Kilo-Preis weiter sinken, wenn die Ausgangsstoffe nicht den Reinheitskriterien der biomedizinischen Forschung entsprechen müssen.



Verbraucher trauen dem in-vitro-Fleisch noch nicht so recht. Studien zeigen, dass es an Vertrautheit mit den Produktionsverfahren und an Vorbildern (Influencern) mangelt. Wichtigste Forschungsfrage ist noch, wie die Wachstumsstoffe für die Zellkulturen ohne Rückgriff auf Schlachttiere und Antibiotika großskalig gewonnen werden können. Daneben ist auch die Möglichkeit der mikroskaligen Produktion im Haushalt ein Forschungsziel. Es wird auch daran gearbeitet, in in-vitro-Fleisch gesundheitsfördernde Stoffe, wie Omega-3-Fettsäuren einzubauen.

### ***Insekten als Lebensmittel und Futter***

**Oliver Schlüter** (Leibniz-Institut für Agrartechnik und Biotechnologie) beschrieb den Stand der Nutzung von Insekten und anderen Gliedertieren als Nahrungsmittel oder Futter. Zwei Milliarden Menschen weltweit verzehren traditionell Gliedertiere, von daher liegen bereits grundsätzliche Erfahrungen vor. Insekten können ihre Nahrungsquellen effizienter als alle Warmblüter in hochwertiges Protein und Fett umwandeln, beanspruchen kaum Platz und in ihrer (automatisierten) Produktion fällt auch weniger Abfall an.



Obwohl es mehr als eine Million Gliedertierarten gibt, werden nur verhältnismäßig wenige (zweitausend) genutzt und nur auf diese beziehen sich heutige Erkenntnisse und Erfahrungen. Schon diese wenige Arten sind sehr vielfältig in ihrer Biologie und daher in den Erfordernissen bei Haltung und Vermehrung. Auch sind die Treibhausgasemissionen bei der Produktion von Insekten bisher noch nicht über den gesamten Produktionspfad untersucht worden. Es wird bisher nur vermutet, dass die Emissionen geringer sind als bei der Produktion anderer Tiere. Lebensmittelqualität und -sicherheit, Gesundheitsrisiken und Allergenität sind in den Produktionssystemen

men in Asien und Afrika bisher nicht nach europäischen Anforderungen ermittelt worden. Für die Insektenproduktion sind vor allem Gebiete oder Produktionsorte mit gleichmäßig warmer Umgebung (natürlich oder industrielle Ab-/ Wärme) geeignet, sonst besteht ein erhöhter Energieaufwand. In Europa wäre auch eine starke Automatisierung der Produktion notwendig, um die hohen Personalkosten auszugleichen.

Die Bedingungen für den Verkauf von Insektenprodukten nach dem europäischen Novel-Food-Recht werden unterschiedlich interpretiert und behindern durch diese Unklarheit Forschung und Entwicklung.

### **Vertical Farming**

**Folkard Asch** (Universität Hohenheim) argumentierte, dass auch urbane Flächen für die Produktion von pflanzlichen Nahrungsmitteln genutzt und damit zu höherer agrarischer Flächeneffizienz beitragen können. Bestehende Konzepte integrieren die Produktion von Pflanzen (vor allem Gemüse –einschließlich Salate–, Gewürze und Algen) in Gebäude, auf Dächern, Außenwänden, Innenhöfen und Balkonen. Kontrollierte Wuchsbedingungen können die Produktion erhöhen und erleichtern die Qualitätssicherung.



Für die Ernährungsbedürfnisse von Menschen müsste Stadtfläche vor allem Getreide produzieren. Das ginge auf gestapelten „Feldern“ mit niedrigwüchsigen Getreidesorten und mit Kulturbedingungen ohne Erde. Ein Hektar einer solchen Skyfarm könnte 10 – 40 ha Land ersetzen und würde vergleichsweise weniger Wasser und Nährstoffen verbrauchen. Bei Reis ergäben sich besondere Vorteile, weil dann zusätzlich erhöhte Treibhausgasemissionen aus dem Nassanbau vermieden werden könnten. Die Produktion von Pflanzen in Städten könnte auch sinnvoll zur Verwertung von Wärme und CO<sub>2</sub> aus industriellen Prozessen im Sinn einer Kreislaufwirtschaft verwendet werden.

Für das Wachstum der Pflanzen ist aber eine gewisse Wärme notwendig. Und: kann ein Unternehmer mehr Geld mit einer Skyfarm verdienen als mit anderen Nutzungen der Grundfläche (Wohnraum, Geschäftsräume) oder wird die agrarische Nutzung von Stadtfläche eines Tages so wichtig, dass staatliche Subventionen gerechtfertigt sind?

### **Was sind die zentralen Fragen für die Forschung?**

Wenngleich in-vitro-Fleisch, Insektenprodukte und Skyfarms sehr attraktive Optionen für die Zukunft bieten, sind sie bisher weit davon entfernt, eine mengenmäßige Alternative zur konventionellen Lebensmittelproduktion darzustellen oder eine substantielle Entlastung der Umwelt zu ermöglichen. Zu den Entwicklungsperspektiven zeigte sich in der Diskussion mit weiteren geladenen Experten, dass vor allem Forschungsbedarf über den gesamten Produktpfad für das „up-scaling“ besteht, d.h., wie die Systeme alltagstauglich und zu großer Dimension entwickelt werden können. Diese Fragen gelten Produktion und Züchtung, Nahrungsmittelsicherheit und



Arbeitsumfeld der in der Produktion arbeitenden Menschen, Rechtsrahmen und Nachweismethoden für Herkunft und Inhaltsstoffe, sowie Konsumentenverhalten. Für quantitative Abschätzungen oder gar umfassende Umweltbilanzen wird Forschung an konkreten Demonstrations-Systemen benötigt. Es wurde auch deutlich, dass keines der Produktionssysteme isoliert betrachtet werden kann, sondern von der Züchtung bis zur Abfallwiederverwertung durchdacht werden muss.

Um bisherige Lebensmittelsysteme sinnvoll zu ersetzen, sollten zukünftige Produktionsverfahren nicht nur flächeneffizienter als bestehende Systeme sein, sondern auch bisher nicht dafür genutzte Rohstoffe verwenden. Grünlandaufwuchs oder andere Reststoffen könnten im Prinzip für die Gewinnung der Rohstoffe für Zellkulturmedien beim *in vitro*-Fleisch oder für die Insektenernährung genutzt werden. Dies wäre aber vermutlich sehr aufwändig. Der gültige rechtliche Rahmen (entstanden aus Erfahrungen mit bisherigen Nahrungs- und Futtermitteln) schränkt eine Verwendung von Reststoffen noch zusätzlich ein.



### ***Blick nach 2050***

Konsens fand sich in der Feststellung, dass die diskutierten neuen Lebensmittelsysteme zwar eine Ergänzung zum vorhandenen Angebot liefern, doch werden sie in den nächsten Dekaden kaum die Flächenproduktion von Reis, Weizen, Mais und anderem Getreide oder den anderen Rohstoffen ersetzen. Mit Änderung von Ernährungsgewohnheiten und Vermeidung von Verlusten könnte viel mehr erreicht werden. Dennoch muss sich die Agrarforschung den neuen Themen und Möglichkeiten stellen und auch ihrem wissenschaftlichen Nachwuchs die neuen Techniken und Verfahren zugänglich machen.



# Dokumentation der Workshops

## Workshop *In-vitro-Fleisch und Fleischersatz*

Moderatoren: **Hannelore Daniel** (TU München), **Henry Jäger** (BOKU Wien)

[nur mündliche Zusammenfassung]

## Workshop *Insekten als Lebensmittel und Futter*

Moderatoren: **Christoph Sandrock** (FiBL, Frick), **Oliver Schlüter** (Leibniz-Institut für Agrartechnik und Biotechnologie)

Wirkung von → auf ↓	Input, Ressourcen	Markteffekte	Abfall, Verwertung Klimaeffekte	Lebensmittelsicherheit, Rechtsfragen
<b>Produktion</b>	Kann man Insekten mit <b>Lebensmittelabfällen</b> so effektiv züchten, dass sich ihr Produktionszyklus nicht verlängert bzw. ihre Produktion nicht weniger nachhaltig wird? Tatsächliche Effizienz? Welche <b>Produktionsfaktoren</b> werden einbezogen in Kalkulation? Insekten leben im Substrat/Exkrementen SOP? Gibt es neben den bekannten <b>Spezies weitere</b> mit positiven oder negativen ernährungsphysiologischen Eigenschaften? <b>Nährstoff- und Energiebedarf</b> verschiedener Spezies in unterschiedlichen ontogenetischen Stadien?		neuer Sektor? „Mini-Livestock“ <b>zentrale — dezentrale</b> Lösung THG Emissionen? Ammoniak, Lachgas?	Wie kommen Keime in die Zucht?  Abtötungsprozess: rechtliche Regelung? Sollen EU-Standards für Tierwohl für Insekten gelten? Forschungsbedarf: Leidensfähigkeit, Schmerzempfinden
<b>Züchtung / Optimierung</b>	Züchtung für Lebensmittel ▶ Wie viele <b>Lebenszyklen</b> sind notwendig um <b>sicheres Lebensmittel</b> zu gewährleisten? Sind <b>Stoffströme</b> (N, P, K, Ammoniak) bekannt? Was ist bekannt zu <b>Genotyp-Umwelt-Interaktionen</b> bei verschiedenen Spezies im Hinblick auf z.B. <b>Futtermittelverwertung</b> und Produktzusammensetzung (Aminosäuremuster, Fettsäurezusammensetzung)? Gibt es bereits Zuchtprogramme?	Was sind die <b>wichtigsten Züchtungsziele</b> für „Produktionslinien“ von Insekten? Pathogenresistenz, Protein-/Lipidzusammensetzung? Welche <b>Züchtungsmethoden</b> stehen zur Verfügung?		
<b>Produkte</b>	<b>Was sind die Produkte</b> für den Konsumenten ▶ <b>Akzeptanz?</b> Ist es das ganze Insekt oder daraus gewonnenen Fraktionen (Mehle, Proteinisolate, Fette)? Was sind die funktionellen und sensorischen Eigenschaften der Proteinfractionen? Gibt es schon Applikationsbeispiele? Kann die <b>Zusammensetzung</b> von z.B. Proteinen (AS.Profil) durch Produktion (Futter) <b>beeinflusst</b> werden? Werden kleine <b>RNAs</b> bereits als Futtermittelzusatz zur <b>Pathogenbekämpfung</b> angetestet? Besteht Interesse Insektenpathogene möglich, Humanpathogene??!		<b>Abfallverwertung</b> ist der Schlüssel zu „ <b>Umwelt-Freundlichkeit</b> “ – besonders bei Tierfutter. Abfallverwertung hängt auch ganz stark mit <b>Feed Safety</b> zusammen. Dieses Dilemma muss vorher geklärt werden, bevor wir von <b>Nachhaltigkeit/</b> Ressourcen-schonung reden können	Risiken — Futtermittelsicherheit: alle bekannt und beherrschbar? Verarbeitbarkeit von Insekten als Futtermittel? Probleme? <b>Haltbarkeit</b> von Insektenprodukten Wie soll die Produktqualität <b>sichergestellt</b> werden? Gibt es in der amtlichen Sammlung vom Methoden (standardisierte) zur Analyse (Schwermetalle, Rückstände, Pestizide, Tierarzneimittel) von Insekten? Insekten stellen anderen Matrices dar als Fleisch oder Milchprodukte

Wirkung von → auf ↓	Input, Ressourcen	Markteffekte	Abfall, Verwertung Klimaeffekte	Lebensmittelsicherheit, Rechtsfragen
<b>Vermarktung</b>	Forschung soll <b>Rahmenbedingungen</b> sichern, damit Unternehmen ein oder mehrere anspruchsvolles „Produkte“ auf den Markt halten können	Ist der Einsatz in der Tierernährung möglich/sinnvoll? – rechtliche Rahmenbedingungen? – tierwohlfördernd bei Legehennen?		
<b>Märkte</b>	Wie groß ist der Markt für <b>Futterinsekten</b> : heute, in 2 Jahren, in 5 Jahren?  Wo wird in der EU <b>produziert</b> ? Förderung?	Akzeptanz + <b>Zahlungsbereitschaft</b> für Produkte aus Insekten – <b>verarbeitete</b> Produkte – nicht/kaum verarbeitete Prod. – <b>Trend vs Langfristigkeit</b> ⇒ Ableitung Marktpotential von Insekten als Lebens- u. Futtermittel Pro u. Contra für den Handel, Insektenprodukte zu <b>listen</b> ? Wie können potentielle Verbraucher charakterisiert werden? – soziodemograf. Merkmale – psychometrische bzw. allg. latente, individuelle Merkmale – Identifikation von Verbrauchersegmenten  Ab welcher <b>Produktionsmenge</b> ist mit negativem/positiven <b>Effekten auf andere Märkte</b> , Nährsubstratproduktion; Produktion von Zuchtungsanlagen zu rechnen?	Im Vergleich zum globalen Fleisch-Markt ist der aktuelle und zukünftige Markt für essbare Insekten marginal. ▶ Dies muss bei der Betrachtung von Umweltwirkungen berücksichtigt werden.	
<b>Umwelt &amp; Gesellschaft</b>	Ist es sinnvoll, <b>Futter für Insekten</b> vom Markt zu nehmen, sie zu züchten und dann <b>wieder zu Futter</b> zu erarbeiten? Nachhaltigkeit der Doppelkonvertierung?	Welches Know-How, welche <b>Ausbildung</b> benötigt ein Insekten-Farmer? (Tierwirt für Insekten?)		Werden die Beschäftigten in der Insektenproduktion früher oder später <b>allergisch</b> ?

grün: bekannte Einflüsse, rot: Forschungsfragen, offene Fragen

## Workshop Vertical Farming und Algenproduktion

Moderatoren: **Ursula Schließmann**, Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik; **Uwe Schmidt**, Humboldt-Universität Berlin

Interaktion von → und ↓	Wasser, Nährstoffe, Licht	Energie-ressourcen?	Platzbedarf	Geschäftsmodelle, Investoren	Abfall / Verwertung	Klimaeffekte	industrielle Produktionsverfahren	Sonstiges+	
Produktion	genetische Vielfalt: Potentiale ausschöpfen	regenerative Energien	Flächensparnis	Standortwahl, Synergie + Gemeinschaft	Technologie für Kreisläufe	unabhängig von Klimawandel	industrielle Produktionsverfahren		
Produktion	Nährstoffquellen: Abwasser, biogene Rohstoffe	wie können hoch-technische Lösungen aussehen?	Flächenkonkurrenz	welchen Mehrwert hat die Ind. in D? → Export der Technologie		industrielle Produktion ↔ individuelle Produktion	Monokulturen Massenprodukte hohe Vielfalt?	Massenprodukte in vertikale Produktion bringen	
Produktion	Verknüpfung der Kreisläufe zwischen versch. Kulturen					┌ vertical ┐ farming ↓ urban └ farming ┘	nur spezielle Pflanzen mit hohem Nährwert?	Produktorientierung (Salat, Arzneipflanzen, Nahrungspflanzen)	
Märkte, Vermarktung	Konsumtrends beachten	Logistik		Rentabilität Konkurrenzfähigkeit Preis		+stoffl. Verwertung Screening? Prozesse? Produkte?	aeromonische Systeme? technische Fragestellungen	Grünes deckt nicht KH-Bedarf → Proteine (Algen, Leguminosen) → ...	alternative Ausgangsstoffe/ Synthesewege
Märkte, Vermarktung	Produktverwertung	Wie sehen die passenden Businesspläne aus?		lokaler/ regionaler Mehrwert		Bioraffinerie (Algenprodukte)	hydroponische Systeme/ Aquaponik		
Umwelt & Gesellschaft	emotionale Seite bedienen		Stadtplanung wird sich radikal ändern!	KI — interdisziplinär					
	Modellierung	Scale-Up   Modularität	Sensoren, Nährstoffversorgung, Hygienebarriere, Beleuchtung?	wieviel Experiment wieviel Modell/KI/Digi?					wo soll die Forschung stattfinden?
			selbstregulierende Systeme (techn.)						

grün: positive Einflüsse, rot: Forschungsfragen, offene Fragen, Grenzen