



Innovationen und Ernährung: Neuerungen mit Geschmack

Eine thematische Einordnung mit aktuellen Fallbeispielen

Professor Dr. Jan Wirsam und Ken Kissinger

Mit einem beträchtlichen Budget von über 70 Milliarden Euro hat die Europäische Union das Rahmenprogramm für Forschung und Innovation „Horizont 2020“ für den Zeitraum von 2014 bis 2020 beschlossen. Der zentrale Schwerpunkt soll Europa zur „Innovationsunion“ wandeln, die Wettbewerbsfähigkeit steigern und zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen beitragen [1]. Das „soziale Totalphänomen“ Essen unterliegt besonders stark den Veränderungsprozessen gesellschaftlichen Wandels und wird erheblich durch Megatrends wie Individualisierung, Globalisierung, Urbanisierung, neue Arbeitsmodelle sowie dem demografischen Wandel beeinflusst [2]. Ein näherer Blick auf Innovationsbeispiele des Ernährungsektors zeigt dabei, welche Antworten seitens der Wissenschaft, Politik und Wirtschaft auf die Herausforderungen dieser Megatrends entwickelt werden.

Begrifflichkeit und Entstehungsschichte

„Nur ein innovatives Land kann seinen Menschen Lebensqualität und Wohlstand bieten. [...] Wir fördern Innovationen, damit sie das Leben von Menschen verbessern“ [3]. Mit diesen Worten beginnt das Bundesministerium für Bildung und Forschung den aktuellen „Bundesbericht Forschung und Innovationen“ und zeigt exemplarisch, welcher Stellenwert Innovationen politisch zugeschrieben wird. Der Begriff „Innovation“ erscheint derzeit allgegenwärtig. Er wird gleichermaßen von Politik, Wissenschaft und Wirtschaft repetitiv verwendet und, entsprechend des jeweiligen wissenschaftlichen Fachgebietes, durch mehr als 60 verschiedene Definitionen ausgelegt [4].

Trotz dieser Diffusität überschneiden sich die Definitionen dahingehend, dass eine Innovation grundlegend als etwas Neues beschrieben wird [5]. Als Urvater der Innovationsforschung gilt der österreichische Ökonom Joseph A. Schumpeter. Mithilfe der „Durchsetzung neuer Kombinationen von Produktionsmitteln“ beschrieb er

zu Beginn des 20. Jahrhunderts erstmals spontane und diskontinuierliche Veränderungen in der Wirtschaft und prägte so den späteren Innovationsbegriff [6]. Schumpeter listet insgesamt fünf solcher Neukombinationen auf, die heute weiterhin in der Innovationsforschung anerkannt sind [7]:

- neue Produkte oder neue Qualitäten von Produkten
- neue Produktionsmethoden
- Erschließung eines neuen Absatzmarktes
- Eroberung einer neuen Bezugsquelle von Rohstoffen oder Halbfabrikaten
- Neuorganisation des Marktes, zum Beispiel Schaffung einer Monopolstellung [6]

Bereits in Schumpeters Einteilung wird deutlich, dass es sich keinesfalls zwingend um technische Produkt- und Prozessneuerungen handeln muss, weshalb beispielsweise neue Geschäftsmodelle ebenfalls als Innovation bezeichnet werden [7]. Durch die Verwendung des Begriffs „Durchsetzung“ betont Schumpeter in seiner Definition weiterhin den zentralen Aspekt, durch den sich Innovationen von bloßen Erfindungen und Entdeckungen abheben: Es handelt sich um am Markt eingeführte Neuheiten, die sich erfolgreich verbreiten und angenommen werden müssen [7]. Zudem muss der Neuheitsbegriff relativiert werden, wenn er zur Beschreibung von Innovationen verwendet wird, da sonst ein irreführendes Verständnis auftreten kann. Innovationen werden als Rekombination bereits vorhandenen Wissens beschrieben, die somit zwangsläufig „etwas Neues“ schaffen aber gleichermaßen aus „etwas Altem“ hervorgehen [8]. Bemessen an dem Veränderungsumfang kann der Grad einer Innovation daher auf einem Kontinuum zwischen „radikalen Innovationen“ (Basisinnovationen) und „inkrementellen Innovationen“ (Verbesserungs- oder Folgeinnovationen) eingeordnet werden [7].

Das wechselseitige Zusammenspiel von Innovationen und Gesellschaft

Die Abhängigkeit von bereits Bestehendem sowie der Aspekt, dass sie erfolgreich angenommen werden müssen, verdeutlichen, dass Innovation darüber hinaus als sozialer Prozess mit kultureller Einbettung zu verstehen sind [7, 8]. Ein rein technischer Blickwinkel ist aus diesem Grund bei der Generierung und Implementierung von Innovationen unzureichend, da sowohl der Innovationsprozess als auch das Ergebnis Resultate umfangreicher Adoptionsprozesse darstellen [9]. Als prominentes Beispiel kann im Ernährungssektor auf die Nutzung von Gentechnologie verwiesen werden. Hier besteht eine breite gesellschaftliche Debatte über die Vor- und Nachteile der Technologie sowie ob, und in welchem Ausmaß, diese eingesetzt werden soll [7]. Insgesamt umfasst der Innovationsbegriff daher weit mehr als die anfänglich genannte Eigenschaft des „Neuen“ und bezeichnet ein komplexes und mehrschichtiges Phänomen.

Da sich Innovationen über ihre erfolgreiche Annahme definieren, ist die Frage der gesellschaftlichen Relevanz jedoch kein zwingendes Bewertungskriterium oder eine Voraussetzung bei der Generierung [5]. So umfasst das Spektrum der Innovationen im Ernährungssektor gleichermaßen objektiv wenig relevante Produktinnovationen (zum Beispiel Kaffeekapseln) sowie gesellschaftlich hoch relevante Innovation wie die mobile Kühltechnologie. Ebenso divers können umgekehrt auch die fördernden beziehungsweise auslösenden Faktoren von Innovationen, sogenannte „Innovationstreiber“, ausfallen. Diese variieren von einem rein ökonomischen Interesse, bis hin zu konkreten historischen Herausforderungen aufgrund sozialer, ökologischer oder ökonomischer Problemstellungen [10]. Obwohl keine Generalisierung möglich ist, erscheinen vergleichsweise radikale Innovationen häufiger von bestimmten historischen Problemstellungen und Opportunitäten beeinflusst zu werden, als inkrementelle

Innovationen [10]. Möglicherweise fällt die gesellschaftliche Einflussnahme bei der Generierung eher radikalerer Innovationen somit größer aus [10].

Essen, Innovation, Gesellschaft: Historische Beispiele ...

Im Hinblick auf den Ernährungssektor offenbart sich historisch betrachtet vor allem der Wunsch nach einer verbesserten Nahrungsversorgung als wesentlicher gesellschaftlicher Einflussfaktor zur Generierung bedeutender Innovationen [11, 12]. Die Überwindungen von Nahrungsknappheit und Hunger, Mangelernährung sowie Nahrungsmittelkontaminationen betrifft alle Stufen der Lebensmittel-Wertschöpfungskette.

Unter dem Paradigma der Produktionssteigerung wurden im 19. und 20. Jahrhundert zunächst in der Landwirtschaft bedeutende Innovationen wie der chemisch-synthetische Dünger sowie landwirtschaftliche Maschinen, beispielsweise „Dampftraktoren“, marktfähig [13]. Gleichzeitig etablierten sich Innovationen in der Nahrungsmittelverarbeitung, um das Problem der Nachernteverluste von bis zu 30 Prozent zu lösen [12]. Der Beginn der industriellen Konservierungstechnik durch Pasteurisierung sowie das Abfüllen in Metalldosen können hier als bedeutende Innovationen aufgeführt werden [11, 12]. Die Breite an Innovationen ist jedoch umfangreicher: mobile Kühltechniken als Basis der Kühlkette, die Etablierung von Supermärkten mit Selbstbedienungsprinzip, komplexe Lebensmittelverpackungen (zum Beispiel Kunststoffverpackungen), weitere Innovation der Konservierung („aseptische Verarbeitung“), die Anreicherung von Vitaminen und Mineralstoffen, bedeutende Produktinnovationen (zum Beispiel Margarine), bis hin zu den ersten Fertiggerichten [11, 12, 13, 14].

All dies hat dazu beigetragen, dass in Ländern mit tendenziell hohem Bruttonationalprodukt heute zu jeder Zeit ein ausreichendes Nahrungsangebot von hoher Qualität, geringem Sicherheitsrisiko und abwechslungsreicher Auswahl zur Verfügung steht [11, 12].

... Zukunftsperspektiven

Welche global-gesellschaftlichen Entwicklungen werden in einer „satten“ Gesellschaft somit zukünftig die Generierung bedeutender Innovationen des Ernährungssektors beeinflussen?



► Abb. 1: Beispiel einer Pflanzenkultur mittels Hydroponik. Diese ermöglicht eine kontinuierliche Versorgung von Nährstoffen entlang der frei liegenden Wurzeln [36].

Zunächst müssen die bereits bestehenden Diskrepanzen in der globalen Nahrungsversorgung berücksichtigt werden. Während die Versorgung in Nationen mit hohem Bruttonationalprodukt größtenteils mehr als ausreichend ist, leiden schätzungsweise 820 Millionen Menschen – vornehmlich in finanzschwachen Nationen – an Unterernährung [15]. Hinzu kommt die Prognose des immensen Bevölkerungswachstums, wodurch im Jahr 2050 erwartungsgemäß neun Milliarden Menschen die Erde besiedeln. Voraussichtlich werden sich diese zudem vermehrt städtisch ansiedeln, was die Entstehung urbaner Ballungszentren und sogenannter „Mega-Cities“ weiter vorantreibt [16].

In Kombination mit den Folgen von Umweltbelastungen, den begrenzten planetarischen Ressourcen sowie den Auswirkungen des Klimawandels wird deutlich: Auch zukünftig ist die Gewährleistung einer gesicherten Nahrungsversorgung einer der bedeutendsten Innovationstreiber, jedoch wird sich der Fokus zwangsläufig zu nachhaltigeren Lösungen verschieben müssen. Innovative Neuerungen müssen daher sowohl das gesellschaftliche Bedürfnis einer gesicherten Nahrungsversorgung als auch ökologische Aspekte berücksichtigen [17, 16].

Neben diesem zentralen Anliegen werden weitere gesellschaftliche Megatrends die Innovationsfähigkeit des Ernährungssektors herausfordern. Beispielsweise eine fortschreitende Alterung der Gesellschaft und die einhergehenden spezifischen Bedürfnisse – kulinarisch wie ernährungsphysiologisch – einer wachsenden Zielgruppe [18].

Die Kombination aus Digitalisierung und Vernetzung, die Möglichkeit zur Individualisierung und ein steigendes Gesundheitsbewusstsein sind zudem weitere Faktoren, die als Innovationstreiber wirken können [17, 12, 16].

Innovationsbeispiele mit Zukunftspotenzial

Im Folgenden werden zwei bereits existierende Innovationsbeispiele des Ernährungssektors vorgestellt. Wie bereits angedeutet, liegt der Fokus auf Beispielen, die eine oder mehrere der vorne genannten gesellschaftlichen Megatrends aufgreifen und einen potenziellen Lösungsansatz bieten.

Vertikale Landwirtschaft: Ackerbau im Wolkenkratzer

Eine Innovation, die gleichzeitig mehrere dieser Herausforderungen aufgreift, ist das sogenannte „vertical farming“. Die zugrunde liegende Idee des „vertical farming“, auf Deutsch „vertikale Landwirtschaft“, ist eine einfache: Dort wo flächenbedingt keine Möglichkeit zur regulären Landwirtschaft besteht, sollen landwirtschaftliche Tätigkeiten gebäudegebunden in die Höhe verlagert werden. Hierdurch soll eine effiziente Nahrungsmittelversorgung mit gleichzeitig geringer Landnutzung ermöglicht werden [19]. Dies ist vor allem hinsichtlich der oben genannten Tendenz zur Bildung urbaner Ballungszentren von großer Bedeutung, da die logistische, finanzielle und ökologische Belastung von Lebensmitteltransporten drastisch reduziert werden könnte [19].



➤ Abb. 2: Designentwürfe eines zur vertikalen Landwirtschaft konzipierten Hochhauses [37].

Wesentliche Grundmerkmale der vertikalen Landwirtschaft sind die Verwendung von Anbaumethoden wie Hydroponik oder Aquaponik, in denen kein Erdreich für die Kultivierung benötigt wird [19] (siehe Abbildung 1). Die Aquaponik beispielsweise nutzt einen geschlossenen Wasserkreislauf, in dem eine Kombination aus Fischzucht mittels Aquakultur mit einer Pflanzenzucht per Hydrokultur angewendet wird. Das nährstoffreiche Wasser der Fischbecken dient dabei als Nährlösung für den Pflanzenbau und dieser wiederum als biologisches Filtersystem für die Fischzucht. Diese Symbiose schafft eine immense Effizienzsteigerung im Wassereinsatz und ermöglicht eine Anbaumethode, die vollständig ohne Einsatz von chemisch-synthetischen Düngemitteln auskommt [19]. Ergänzend zur natürlichen Nutzung

von Sonnenlicht wird zudem häufig eine künstliche Beleuchtung durch LED-Leuchtmittel eingesetzt [20]. Je nach Ausprägung können weitere Technologien zum Einsatz kommen, beispielsweise zur Regulierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit oder zur automatisierten Aufbringung des Nährmediums [21]. Der Energiebedarf hierfür soll weitgehend durch die Verwendung erneuerbarer Energien (Solarzellen, Geothermie, Biogasanlagen, Windkraft) abgedeckt werden. Gleichzeitig werden möglichst geschlossene Stoffkreisläufe, zum Beispiel durch Recycling von Abfallprodukten oder der Aufbereitung von Wasser, angestrebt [19, 21].

Das Konzept umfasst diverse Ausführungen, die gegenwärtig in unterschiedlichem Maße praktiziert werden. So werden

in der Literatur Konstruktionen innerhalb von Gebäuden geringerer Höhe mit mehreren Ebenen von Anzuchtbeeten und meist künstlicher Beleuchtung beschrieben. Ebenso wird die Nutzung von Gebäudedächern verschiedener Gebäudetypen zu den Möglichkeiten der vertikalen Landwirtschaft gezählt [19]. Die letzte Form der vertikalen Landwirtschaft beschreibt eine bis zu 40 Stockwerke umfassende landwirtschaftliche Nutzungsanlage, in eigens hierfür konstruierten Hochhäusern [20] (siehe Abbildung 2). Während die ersten beiden Formen der vertikalen Landwirtschaft bereits häufig umgesetzt wurden, wird die letztgenannte noch als visionäres Zukunftsprojekt angesehen. Dies ist auf die immensen Einmalkosten der Gebäudekonstruktion sowie hohe wiederkehrende Kosten, beispielsweise durch den Energieverbrauch, zurückzuführen [19, 21]. Daher gilt die Realisierung von Projekten dieser Größenordnung zum jetzigen Stand der Technik als nicht profitabel. Durch weitere Technologiefortschritte ist zukünftig jedoch mit drastischen Kostensenkungen zu rechnen, wodurch eine Umsetzung in naher Zukunft als durchaus realistisch bewertet wird [19, 21, 22]. Tabelle eins greift die verschiedenen Ausführungen der vertikalen Landwirtschaft auf und beschreibt ein jeweiliges Fallbeispiel.

➤ Tab. 1: Fallbeispiele der jeweiligen Form vertikaler Landwirtschaft

Form vertikaler Landwirtschaft	Fallbeispiele
<p>Gebäude geringerer Höhe (z. B. Sky Greens)</p>	<p>Als Beispiel kann die weltweit erste kommerziell betriebene Anlage zur vertikalen Landwirtschaft aufgeführt werden, welche vom Unternehmen Sky-Green entwickelt und 2012 in Singapur eröffnet wurde. Das dreistöckige Gebäude ist auf die Produktion tropischer Gemüsesorten, unter anderem Chinakohl, chinesischer Brokkoli und Wasserspinat, spezialisiert und ermöglicht eine tägliche Produktion von bis zu einer Tonne frischen Gemüses. Die Anlage verwendet sowohl flüssige Nährmedien mittels Hydroponik als auch erdbsasierte Nährmedien und kommt aufgrund eines kombinierten Systems aus Gewächshaus und hydraulischer Rotation nahezu ohne künstliche Beleuchtung aus. Das System umfasst zudem eigene Kompostanlagen und nutzt die Möglichkeit zur Wasseraufbereitung. Insgesamt kann, im Vergleich zu traditionellen singapurischen Anbaumethoden, ein bis zu zehnfach höherer Ernteertrag pro Flächeneinheit erzielt werden [19, 23].</p>
<p>Gebäudedächer (z. B. Gotham Greens)</p>	<p>Das Unternehmen Gotham Greens betreibt mehrere Einrichtungen zur vertikalen Landwirtschaft auf Gebäudedächern in den USA. Die erste dieser Anlagen wurde 2011 auf einem zweistöckigen Gebäude in Brooklyn (New York) errichtet und umfasst eine Fläche von knapp 1400 m². Mittels Hydroponik werden verschiedene Kräuter, Salate, Tomaten und weiteres grünes Blattgemüse in einer Menge von 80 bis 100 Tonnen jährlich angebaut. Das Unternehmen legt großen Wert auf ökologische Aspekte, verwendet keinerlei Pestizide und nutzt stattdessen Strategien des integrierten Pflanzenschutzes. Zudem wird der Energiebedarf der künstlichen Beleuchtung und der automatisierten Klima- und Bewässerungsregulierung vollständig durch Photovoltaikanlagen ausgeglichen. Insgesamt kann ein sieben- bis acht-fach höherer Flächenertrag im Vergleich zur traditionellen Landwirtschaft erzielt werden [19, 24].</p>



Hochhäuser (Entwurf) (z. B. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR))

Im Zuge einer Studie hat das DLR 2013 den technischen Entwurf eines 37 Stockwerke (167,5 m Höhe) umfassenden Gebäudes zur vertikalen Landwirtschaft veröffentlicht. Auf 25 Etagen mit insgesamt 93 000 m² Anbaufläche sollen bis zu zehn verschiedene Nutzpflanzenarten, unter anderem Kartoffeln, Karotten und Erbsen mittels kombinierter Fischzucht angebaut werden. Hierdurch könnte ein theoretischer Ertrag von nahezu 13,3 Tonnen pro Tag und eine jährliche Menge von bis zu 4900 Tonnen pflanzlicher Biomasse erzielt werden. Gleichzeitig liefert die Fischzucht schätzungsweise 2100 Buntbarsche pro Tag, was einem jährlichen Äquivalent von annähernd 100 Tonnen Fisch entspricht. Neben der Pflanzen- und Tierzucht umfasst der Entwurf weitere Etagen zur Wasseraufbereitung und Abfallverwertung sowie eigene Räumlichkeiten zur Lebensmittelverarbeitung, einschließlich integrierter Supermärkte. Das Projekt ist durch den Einsatz zahlreicher Technologien bedingt, beispielsweise zur künstlichen Beleuchtung, zur Nährstoffversorgung sowie zur allgemeinen Klima- und Umgebungskontrolle. Mit circa 48 Millionen Euro jährlich wiederkehrender Kosten und knapp 285 Millionen Euro an Baukosten ist das Vorhaben zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nicht profitabel und wird daher vorerst nicht umgesetzt. Durch Fortschritte der Biotechnologie sowie weiteren Effizienzsteigerungen in der Lichtnutzung können, nach Ansicht des Projektteams, zukünftig jedoch erhebliche Kostensenkungen realisiert werden [22].

Ungeachtet der noch mangelnden Umsetzung von Großprojekten bietet die vertikale Landwirtschaft weitere Vorteile, die über die bloße Versorgung urbaner Ballungszentren hinausgehen. Einer der größten Vorteile liegt in der Möglichkeit, die landwirtschaftliche Produktion als geschlossenes System von Umwelteinflüssen zu entkoppeln [21]. Angesichts der Auswirkungen des Klimawandels kann hierin ein bedeutender Schlüsselfaktor zur Gewährleistung der Nahrungsmittelversorgung liegen, da beispielsweise Hitzeperioden keinen Einfluss auf die Produktion haben. Tatsächlich konnte die Firma Gotham Greens (siehe Tabelle 1), während des einwöchigen Hurrikan Sandy im Jahr 2012, als einziger Lieferant in ganz New York das Angebot frischer Lebensmittel sicherstellen [19].

Zudem können Nachhaltigkeitsaspekte ohne weiteres in das Konzept integriert werden, wodurch sich ökologische, soziale und wirtschaftliche Vorteile ergeben können. Die Reduzierung von Lebensmitteltransporten kann zum Beispiel gleichzeitig zu einer verminderten Luftverschmutzung führen und die verbesserte Luftqualität sich wiederum positiv auf die Gesundheit der Stadtbewohner auswirken [19]. Der Einsatz von Abfallrecycling und Wasseraufbereitung sind weitere Beispiele, die sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigen und somit auch gesellschaftlichen Nutzen generieren [19]. Neben der bereits angesprochenen Kostenfrage ist ein wesentlicher Kritikpunkt des Konzeptes der teilweise höhere Energieverbrauch im Vergleich zur regulären Landwirtschaft. Befürworter der vertikalen Landwirtschaft weisen jedoch darauf hin, dass neben dem

Energieverbrauch auch die Energiequelle berücksichtigt werden muss und die reguläre Landwirtschaft eine der größten Verbraucher fossiler Brennstoffe ist. Bei der Planung von vertikaler Landwirtschaft ist daher entscheidend, in welchem Ausmaß erneuerbare Energiequellen mitberücksichtigt werden [19, 21].

Insgesamt besteht jedoch noch großer Forschungsbedarf, zum Beispiel zur Wirtschaftlichkeit von Großprojekten, aber auch zur differenzierten Bewertung von Vor- und Nachteilen der verschiedenen Formen von vertikaler Landwirtschaft [19, 21]. In welchem Ausmaß vertikale Landwirtschaft als Ergänzung zum regulären Landbau genutzt werden kann, ist vorerst nicht abschließend zu beantworten. In Singapur werden bereits jetzt zehn Prozent des Bedarfes an grünem Blattgemüse durch gebäudegebundene Landwirtschaft gedeckt [21].

In-vitro-Fleisch: Hamburger aus der Petrischale

Neben der zukünftigen Gewährleistung einer angemessenen Versorgung pflanzlicher Nahrungsmittel forscht der Ernährungssektor ebenso intensiv an alternativen Erzeugungsmethoden von tierischen Produkten. Im Jahr 2017 wurden global betrachtet 323 Millionen Tonnen Fleisch, und damit 1,25 Prozent mehr als im Vorjahr, produziert [25]. Aufgrund des steigenden Konsums von Geflügel und Rindfleisch, vor allem in Asien und Afrika, wird im Jahr 2027 eine weitere Steigerung der Fleischproduktion um 15 Prozent prognostiziert [25]. Gleichzeitig ist der Tierproduktionssektor mit massiven Umweltauswirkungen verbunden, da er circa ein Viertel der gesamten Erd-

oberfläche beansprucht und ein Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche zum Futtermittelanbau benötigt [26]. Mit 7,1 Gigatonnen (Gt) CO₂ Äquivalenten pro Jahr, macht die Tierproduktion zudem rund 14,5 Prozent der anthropogen verursachten Treibhausgasemissionen aus und trägt somit erheblich zum Klimawandel bei [27]. Zudem treten ebenso tierethische Fragestellungen hinsichtlich der Haltingsbedingungen und des generellen Tierschutzes auf.

Eine Innovation, die diese Problemstellungen aufgreift, ist das sogenannte In-vitro-Fleisch (auch: kultiviertes Fleisch). Bei In-vitro-Fleisch handelt es sich um tierisches Muskelgewebe, das durch Gewebezüchtung unter Laborbedingungen erzeugt wird und als Nahrungsmittel für den Menschen verwendet werden kann [28]. Als Teilgebiet der zellulären Landwirtschaft orientiert sich die Technologie zur Herstellung von kultiviertem Fleisch an den Methoden der regenerativen Medizin, die sich unter anderem mit dem biologischen Ersatz von Geweben und Organen durch künstlich produzierte Äquivalente befasst [29, 30]. Zur Herstellung von In-vitro-Fleisch muss zunächst unter Lokalanästhesie eine Gewebeprobe per Biopsie von einem geeigneten Tier entnommen werden. Anschließend werden aus dieser Gewebeprobe Stammzellen isoliert und diese schließlich zur Ausdifferenzierung in Muskelzellen stimuliert [30]. Unter Zuhilfenahme eines strukturellen Kollagengerüsts („Scaffold“), einem geeigneten Nährmedium, Wachstumsfaktoren und mechanischer Reize, kann in einem aufwendigen Verfahren letztendlich ein essbares Fleischäquivalent erzeugt werden [28] (Übersicht: siehe Abbildung 3).

Da diese Methode der Fleischerzeugung in-vitro verläuft, ist für die Fleischgewinnung keine Massentierhaltung erforderlich und die Tötung von Tieren wird ebenso hinfällig [29]. Theoretisch könnte somit der wachsende Fleischbedarf, ohne eine weitere Steigerung von Tierschlachtungen, ermöglicht werden [29].

Befürworter dieser Erzeugungsmethode weisen zudem darauf hin, dass die kontrollierte Produktionsumgebung einen höheren Schutz gegen biologische Risiken (zum Beispiel Mikroorganismen) bieten könnte [30]. Die potenziellen Vorteile von In-vitro-Fleisch umfassen zudem positive Effekte hinsichtlich des Umweltschutzes. Zum einen ist durch eine anteilige Substitution der regulären Fleischproduktion eine Verringerung der Treibhausgasbelastung (vor allem Methan) denkbar [29]. Andererseits könnte von einer geringeren Nitratbelastung und einem verminderten Eutrophierungspotenzial im Vergleich zur regulären Fleischproduktion ausgegangen werden [29, 30]. Analog zur vertikalen Landwirtschaft wird zudem auf die geringere Flächennutzung und die größere Unabhängigkeit gegenüber Umwelt- und Klimabedingungen hingewiesen [30].

Was im ersten Moment an ein fiktives Zukunftsszenario erinnert, wurde von der Wissenschaft bereits seit Mitte der 1990er Jahre erforscht und konnte, durch namhafte Förderquellen wie der NASA¹ oder dem Google Mitbegründer Sergey Brin, vorangetrieben werden [28, 30]. Mediale Aufmerksamkeit erlangte das Konzept im Jahr 2013, als der erste Hamburger mit kultiviertem Rindfleisch während einer Pressekonferenz in London zubereitet und verzehrt wurde [30] (siehe Abbildung 4). Durch die steigende Popularität existieren heute weltweit mehrere Unternehmen, die auf die Produktion von In-vitro-Fleisch spezialisiert sind, zum Beispiel in den USA („Memphis Meat“), in den Niederlanden („Mosa Meat“) oder in Israel („Super-Meat“). Eine Kommerzialisierung und Marktverfügbarkeit im Ausmaß der vertikalen Landwirtschaft konnte bislang noch nicht erzielt werden [30].

Dies kann im Wesentlichen auf die vergleichsweise „junge“ Produktionsmethode und die einhergehenden technologischen Hürden einer Massenproduktion zurückgeführt werden. Hier zeigt sich



► Abb. 3: Vereinfachte Darstellung einiger der typischen Schritte zur Produktion von In-vitro-Fleisch (modifiziert nach [28])

¹ National Aeronautics and Space Administration

vor allem die Entwicklung eines zur Massenproduktion geeigneten Nährmediums als besondere Herausforderung, da eine Skalierung mit den verfügbaren Möglichkeiten weder als wirtschaftlich noch als ökologisch sinnvoll erachtet wird [29, 30]. Ebenso existieren zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Bioreaktoren, die eine industrielle Gewebekultivierung in großem Maßstab ermöglichen könnten [29]. Vergleichbar mit der vertikalen Landwirtschaft ist der Energieverbrauch zum jetzigen Stand der Technik zudem umstritten, da dieser die oben genannten positiven Umwelteffekte schmälern könnte [30]. Der geringe Entwicklungsgrad und die fehlende Standardisierung der Technologie stellen die Pioniere des Konzepts ferner vor wirtschaftliche Hürden. Die Produktion des ersten Hamburgers beispielsweise kostete allein 250 000 Euro [31].

Trotz dieser Herausforderungen ist eine Marktreife in zunächst kleinerem Maßstab in naher Zukunft als durchaus realistisch zu bewerten. Das Unternehmen Mosa Meat wirbt beispielsweise damit, dass der Markteintritt in den nächsten drei bis vier Jahren erreicht werden soll und der angestrebte Preis für einen Hamburger auf neun Euro kalkuliert wird [31]. Ebenso besteht ein sowohl universitäres als auch privatwirtschaftliches Forschungsinteresse hinsichtlich der Weiterentwicklung der Produktion. So wird der Technologie ein großer Spielraum für Folgeinnovationen zugeschrieben, die vor allem zu einer verbesserten Energieeffizienz bei der Produktion führen könnten [30]. Insgesamt wird betont, dass kultiviertes Fleisch nur eine von vielen Maßnahmen zur Reduzierung der globalen Herausforderungen des steigenden Fleischkonsums verkörpert. Um diese erfolgreich zu lösen, muss ebenso auf der Konsumentenseite für eine Reduzierung des Fleischkonsums und die Verwendung alternativer Proteinquellen aus pflanzlichem Ursprung geworben werden [30].

Fazit

Innovationen des Ernährungssektors haben das Potenzial, positiven Nutzen für die Gesellschaft zu generieren und können gleichzeitig in ihrer Entstehung durch globale Megatrends und gesellschaftliche Herausforderungen vorangetrieben werden. Diese Dualität kann vor allem auf die hohe soziokulturelle Bedeutung des Phänomens „Essen“ zurückgeführt werden, die über die bloße Physiologie der Nährstoffversorgung



► Abb.4: Der weltweit erste Hamburger aus In-vitro-Fleisch vor seiner Zubereitung in London im Jahr 2013 [38].

hinausgeht: „[...] Miteinander Essen schafft Gemeinschaft und ist gleichzeitig Voraussetzung für diese“ [32].

Als wesentlicher Treiber von Innovationen des Ernährungssektors fungiert die zukünftige Sicherstellung einer angemessenen Nahrungsversorgung unter gleichzeitiger Integration von Nachhaltigkeitsaspekten. Die beiden beschriebenen Beispiele greifen diesen Problemgegenstand auf und zeigen zwei tendenziell radikalere Innovationen als Lösungsansatz. Da Innovationen wie auch immer als sozialer Prozess verstanden werden müssen, ist die Verbraucherakzeptanz ein wesentlicher Faktor, der die erfolgreiche Annahme von diesen bedingt. Insbesondere bei In-vitro-Fleisch wird sich noch herausstellen, inwiefern es gesellschaftlichen Widerstand gegen künstlich erzeugtes Fleisch gibt [30].

Die hier beschriebenen Beispiele bilden jedoch nur einen kleinen Ausschnitt der gegenwärtigen Innovationen des Ernährungssektors ab. Weitere Innovationen finden sich beispielsweise im ersten Küchenroboter, der bislang als Prototyp entworfen wurde oder im Voranschreiten der personalisierten Ernährung [33, 34]. Ähnlich variabel können auch die zugrunde liegenden Innovationstreiber sein, die sich häufig in den globalen Megatrends wiederfinden.

Dass Ernährung längst nicht mehr als Nischenthema im Bereich der innovativen Unternehmen gilt, spiegelt sich auch in der deutschen Start-up-Kultur wider: Mit 9,7 Prozent bildete der Bereich „Ernährung und Nahrungsmittel/Konsumgüter“ den drittgrößten Branchenanteil der deutschen Start-ups im Jahr 2018 [35]. Der politische Stellenwert von Innovationen

sowie die zunehmenden Fördermöglichkeiten sind daher auch aus Sicht des Ernährungssektors zu begrüßen. Mit Blick auf die Dringlichkeit der Berücksichtigung von ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Aspekten in gleicher Weise, ist eine zunehmende Förderung nachhaltiger Innovationen wünschenswert.

Autoren



Professor Dr. Jan Wirsam ist seit 2015 als Professor für Operationsmanagement und Innovationsmanagement an der HTW Berlin tätig. Weiterhin ist er als Professor am Berliner Institut für akademische Weiterbildung verantwortlich für den Kurs Projekt- und Innovationsmanagement. Ferner ist er Academic Coach an der University of Athabasca (Canada).

Sowohl im Rahmen seiner Praxistätigkeit als auch im Rahmen der Forschungs- und Lehrtätigkeit hat er sich mit den Themen Innovationsmanagement, Nachhaltigkeit und Ernährung auseinandergesetzt. Zu seinen Forschungsgebieten zählt unter anderem Digital Nutrition, Ernährung im Kontext von Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit.



Ken Kissinger hat im Jahr 2017 den Master of Science in Public Health Nutrition an der Hochschule Fulda erworben und ist besonders interessiert an interdisziplinären Fragestellungen zu den Themen Ernährung und Gesundheit.

Nach seinem Studienabschluss konnte er erste Arbeitserfahrungen in einer Ökozertifizierungsstelle sammeln und sich somit intensiv mit dem Thema Nachhaltigkeit auseinandersetzen. Aktuell ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Gesellschaft für optimierte Ernährung tätig und in Vorbereitung zur Promotion zum Thema Nachhaltigkeit in der Betriebsgastronomie.

Kontakt: kk@goe-software.de

► Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Horizont 2020 im Blick. Informationen zum neuen EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation, 2. Aufl. Berlin; 2014.
- [2] Ploeger A., Hirschfelder G., Schönberger G. Die Zukunft auf dem Tisch. Analysen, Trends und Perspektiven der Ernährung von morgen, 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss; 2011.
- [3] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Bundesbericht Forschung und Innovationen 2018. Forschungs- und innovationspolitische Ziele und Maßnahmen. Berlin; 2018.
- [4] Baregheh A., Rowley J., Sambrook S. Towards a multidisciplinary definition of innovation. Management Decision. 2009; 47: 1323 – 1339.
- [5] Kaschny M., Nolden M., Schreuder S. Innovationsmanagement im Mittelstand. Strategien, Implementierung, Praxisbeispiele. Wiesbaden: Springer Gabler; 2015.
- [6] Schumpeter J. A. Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Eine Untersuchung über Unternehmervorteil, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus, 9. Aufl. Berlin: Duncker & Humblot; 2013.
- [7] Hahn K. Technische Innovationen und deren Entstehungsbedingungen. In: Hahn K. Heterogene Akteure als Innovationspartner, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2013, 25 – 114.
- [8] Adolf M. Die Kultur der Innovation Eine Herausforderung des Innovationsbegriffes als Form gesellschaftlichen Wissens. In: Hilty R. M., Jaeger T., Lamping M. Herausforderung Innovation, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2012, 25 – 43.
- [9] Wirsam J. Adoption und Diffusion von Innovationen im Investitionsgüterbereich. Lichtenberg (Odw.): Harland Media; 2010.
- [10] Taalbi J. What drives innovation? Evidence from economic history. Research Policy. 2017; 46: 1437 – 1453.
- [11] Hirschfelder G. Facetten einer Ernährungsglobalgeschichte – Esskultur als Resultat historischer Prozesse. In: Bundeszentrale für politische Bildung. Aus Politik und Zeitgeschichte. Essen, Bonn; 2018, 4 – 11.
- [12] Floros J. D., Newsome R., Fisher W., Barbosa-Cánovas G. V., Chen H., Dunne C. P., German J. B., Hall R. L., Heldman D. R., Karwe M. V., Knabel S. J., Labuza T. P., Lund D. B., Newell-McGloughlin M., Robinson J. L., Sebranek J. G., Shewfelt R. L., Tracy W. F., Weaver C. M., Ziegler G. R. Feeding the World Today and Tomorrow: The Importance of Food Science and Technology. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2010; 9: 572 – 599.
- [13] Hirschfelder G., Trummer M. Essen und Trinken, in: Europäische Geschichte Online (EGO). <http://www.ieg-ego.eu/hirschfelder-g-trummer-2013-de>. Zuletzt aufgerufen am 27.12.2018.
- [14] Risch S. J. Food packaging history and innovations. Journal of agricultural and food chemistry. 2009; 57: 8089 – 8092.
- [15] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome: FAO; 2018.
- [16] King T., Cole M., Farber J. M., Eisenbrand G., Zabaras D., Fox E. M., Hill J. P. Food safety for food security: Relationship between global megatrends and developments in food safety. Trends in Food Science & Technology. 2017; 68: 160 – 175.
- [17] Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie (BVE), Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL). So schmeckt's in Zukunft - Trends und Innovationen in der Lebensmittelindustrie. Berlin; 2017.
- [18] Leslie W., Hankey C. Aging, Nutritional Status and Health. Healthcare (Basel, Switzerland). 2015; 3: 648 – 658.
- [19] Al-Kodmany K. The Vertical Farm: A Review of Developments and Implications for the Vertical City. Buildings. 2018; 8: 24.
- [20] Kalantari F., Mohd Tahir O., Mahmoudi Lahijani A., Kalantari S. A Review of Vertical Farming Technology: A Guide for Implementation of Building Integrated Agriculture in Cities. Advanced Engineering Forum. 2017; 24: 76 – 91.
- [21] Benke K., Tomkins B. Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture. Sustainability: Science, Practice and Policy. 2017; 13: 13 – 26.
- [22] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Feasibility Study: Vertical Farm EDEN. Köln; 2013.
- [23] Sky Greens. Sky Greens Vertical Farming System – The world's first low carbon hydraulic commercial farming system. <https://www.skygreens.com/technology/>. Zuletzt aufgerufen am 28.12.2018.
- [24] Gotham Greens Farms LLC. Our Greenhouses. <http://gothamgreens.com/our-farms/>. Zuletzt aufgerufen am 23.01.2019.
- [25] FAO, OECD. OECD FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2018-2027. Rome, Italy: FOOD & AGRICULTURE ORG; 2018.
- [26] Steinfeld H. Livestock in a changing landscape. Volume 1: Drivers, consequences, and responses. Washington, D.C: Island Press; 2010.
- [27] Gerber P. J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C. Tackling climate change through livestock. A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: FAO; 2013.
- [28] Kadim I. T., Mahgoub O., Baqir S., Faye B., Purchas R. Cultured meat from muscle stem cells: A review of challenges and prospects. Journal of Integrative Agriculture. 2015; 14: 222 – 233.
- [29] Hocquette J.-F. Is in vitro meat the solution for the future? Meat science. 2016; 120: 167 – 176.
- [30] Stephens N., Di Silvio L., Dunsford I., Ellis M., Glencross A., Sexton A. Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. Trends in Food Science & Technology. 2018; 78: 155 – 166.
- [31] Mosa Meat. Frequently Asked Questions. <https://www.mosameat.com/faq/>. Zuletzt aufgerufen am 19.01.2019.
- [32] Brombach C. Soziale Dimension des Ernährungsverhaltens. Ernährungssoziologische Forschung. Ernährungs-Umschau. 2011; 318 – 324.
- [33] Moley Robotics. The World's First Robotic Kitchen. <http://www.moley.com/>. Zuletzt aufgerufen am 21.01.2019.
- [34] Bashiardes S., Godneva A., Elinav E., Segal E. Towards utilization of the human genome and microbiome for personalized nutrition. Current opinion in biotechnology. 2018; 51: 57 – 63.
- [35] Kollmann T., Hensellek S., Benedikt Jung P., Kleine-Stegemann L. Deutscher Startup Monitor 2018. Neue Signale, klare Ziele. Berlin; 2018.
- [36] Lizenzfrei von Pixabay.com, Bild von Jatuphon Buraphon
- [37] Wikimedia: Von Cjacobs627 aus dem englischen Wikipedia, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6060509>
- [38] Wikimedia: Von World Economic Forum - File: The Meat Revolution Mark Post.webm (7:48), CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=65595200>