

Cellular Agriculture

Eine nachhaltigere Alternative zur konventionellen Erzeugung?

PROF. I. R. DR. HANS-WILHELM WINDHORST¹

WISSENSCHAFTS- UND INFORMATIONSZENTRUM NACHHALTIGE
GEFLÜGELWIRTSCHAFT (WING)
Universität Vechta

März 2019 (Stand Mai 2019)

Schlagwörter: Fleisch- und Fischerzeugung; Geflügelfleisch; Zellkulturen; Cellular Agriculture; Clean Meat; Fleischersatzprodukte; Fischersatzprodukte; Fish Free; Cell-Cultured Meat; Probleme und Chancen neuer Technologien

Nach der Präsentation des ersten in einem Labor erzeugten Burgers durch Prof. Mark Post in London im Jahr 2013 erschienen zunächst nur wenige Informationen bzw. wissenschaftliche Abhandlungen zur Entwicklung der Erzeugung von Fleisch aus Zellkulturen. Erst das Erscheinen des Buches Clean Meat von Paul Shapiro im Jahr 2018 führte zu einer wahren Flut von Berichten über die Gründung von Startups, die sich mit der Erzeugung von Fleisch oder Fisch aus Zellkulturen, der Markteinführung von Fleischersatzprodukten aus pflanzlichen Proteinen oder der Herstellung von Milch und Eiweiß unter Verwendung von Hefen beschäftigten. Die meisten dieser Unternehmen sind in Kalifornien und Israel tätig, in Europa nur wenige, in Deutschland nur eines.² Erst durch die Pressemitteilung des Unternehmens Wiesenhof im Jahr 2018, dass es sich an einigen dieser Startups beteiligt habe und deren Produkte auf dem deutschen Markt anbieten werde, wuchs das Interesse an dieser neuen Technologie. Eine im Rahmen der Konferenz Farm&Food 4.0 im Januar 2019 in Berlin durchgeführte Podiumsdiskussion mit dem Thema „Die Clean Meat Technologie“ führte zu einem vermehrten Medieninteresse und einer Reihe von Berichten in Fachzeitschriften und überregionalen Tageszeitungen sowie Rundfunkinterviews. Offensichtlich breitete sich die Erkenntnis aus, dass hier eine bislang weitgehend unbemerkte Dynamik in einer innovativen

¹ Der Verfasser ist Wiss. Leiter des Wissenschafts- und Informationszentrums Nachhaltige Geflügelwirtschaft (WING) der Universität Vechta.

² Der in Rostock ansässige Startup Innocent Meat: www.innocent-meat.com (Aufruf: 13. 3. 2019). Nach Auskunft des Unternehmens wird die Bereitstellung eines Produktes für Ende 2020 angestrebt (E-mail vom 13. 3. 2019).

Herstellung von tierischen Nahrungsmitteln seine Wirkung zu entfalten begann. Dieses neue Interesse hat den Verfasser veranlasst, in einigen Beiträgen den Status Quo der neuen Technologie und sich abzeichnende Perspektiven darzustellen, aber auch kritische Fragen aufzuwerfen, die sich in Verbindung mit deren Ausweitung stellen.³ Ein offensichtliches Problem ist bereits die von einzelnen Internet-Plattformen, Startups, Journalisten und auch Wissenschaftlern verwendete Terminologie. In einem ersten Schritt soll hier ein Vorschlag zu einem Terminologiegerüst vorgestellt werden.

Versuch einer terminologischen Klärung

Die große Zahl von Informationen, die inzwischen im Internet zu der hier behandelten Thematik vorliegt, macht es notwendig, terminologische Setzungen vorzunehmen, um Aussagen verständlich und vergleichbar zu machen und den Überblick bei der anhaltenden Dynamik zu behalten.

Es ist wichtig, zwischen Fleischersatzprodukten und Fleisch, das durch Zellkulturen entsteht, zu unterscheiden. Während Ersatzprodukte, die zumeist aus pflanzlichen Proteinen erzeugt werden, bereits für Konsumenten verfügbar sind, z. B. Burger von Beyond Meat oder Impossible Foods, ist dies bei Fleisch oder auch Fisch aus Zellkulturen noch gar nicht oder nur in sehr begrenztem Umfang möglich.

Nach dem Erscheinen des Buches *Clean Meat* von Paul Shapiro⁴ hat sich dieser Begriff zunächst sehr schnell ausgebreitet, vor allem in den Sozialen Medien. Nach verständlichen Protesten der Fleischwirtschaft gegen diesen Terminus, der suggerieren könnte, konventionell erzeugtes Fleisch sei nicht „clean“, wird er von den Internet-Plattformen und auch den meisten Startups nicht mehr verwendet. An seine Stelle sind mehrere Begriffe getreten: in vitro meat, laboratory-cultured meat oder cell-cultured meat. Wahrscheinlich durchsetzen wird sich der Begriff *cell-cultured meat*.

Von diesem Begriff abgeleitet wurde die umfassendere Bezeichnung „cellular agriculture“. Er wurde von der Online-Plattform Cellagri⁵ eingeführt und wird inzwischen auch von anderen Plattformen verwendet, z. B. der Cellular Agriculture Society mit Sitz in Cambridge (Massachusetts).⁶ Letztere versteht sich vor allem als Förderer von Unternehmen, die die neue Technologie zur Marktreife bringen wollen. Demgegenüber versteht sich Cellagri eher als Informationsplattform, die durch monatliche Newsletter über jüngste Entwicklungen berichtet.

In Ermangelung einer treffenden deutschen Bezeichnung wird hier der Terminus „cellular agriculture“ verwendet. Die vereinzelt anzutreffende Übersetzung „zellulare Landwirtschaft“ ist wenig überzeugend, weil das Kompositum Landwirtschaft die Konnotation Bewirtschaftung von Land (= Fläche) beinhaltet. Gerade hiervon will sich die neue Technologie ja abgrenzen.

³ Windhorst, H.-W.: Clean Meat – Beginn einer Revolution? In: Fleischwirtschaft 98 (2018), Nr. 5, S. 62-65.

Windhorst, H.-W.: Fleisch und Fisch aus Zellkulturen. In: Fleischwirtschaft 99 (2019), Nr. 2, S. 50-53.

Windhorst, H.-W.: Fleisch aus Stammzellenkulturen: Ohne Stallgeruch. In: Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion 71 (2019), Nr. 9, S. 6-7.

⁴ Shapiro, P.: Clean Meat. New York: Gallery Books 2018.

⁵ <https://www.cell.ag/cellular-agriculture-future-of-food> (Aufruf: 26. 2. 2019)

⁶ <https://www.cellag.org> (Aufruf: 26. 2. 2019)

Ein Begriffspaar, das im Zusammenhang mit *cellular agriculture* in einigen Publikationen oder auf Homepages von Startups auftaucht ist *Neomnivore* und *Neomnivorism*. Damit werden Personen bezeichnet, die nur Lebensmittel essen, die mit dieser neuen Technologie hergestellt wurden, bzw. die Anwendung dieser Ernährungsform.⁷

Was genau ist cellular agriculture?

Als *cellular agriculture* wird die Erzeugung tierischer Nahrungsmittel und Rohstoffe durch Zellkulturen verstanden. Bisher wird die neue Technologie ausschließlich in kleinem Maßstab in Laboratorien angewendet. Die Forschung konzentriert sich zum einen auf die Herstellung von Rind-, Schweine- und Geflügelfleisch, zum anderen auf Erzeugung von Milch oder Eiweiß.

Hoogenkamp⁸ hat in einem grundlegenden Beitrag darauf hingewiesen, dass man zwischen zwei Verfahrensweisen unterscheiden muss, *cellular* und *acellular agriculture*.

Cellular agriculture vermehrt lebende oder vormals lebende Zellen in einer Nährlösung. Vorrangiges Ziel ist es, Fleisch zu erzeugen. Dabei werden von einigen Startups Muskelzellen vermehrt, um faserige Strukturen zu erhalten, die dann zu einem dem Hackfleisch ähnlichen Fleischprodukt zusammengeführt werden. Ein anderes Unternehmen⁹ setzt vier unterschiedliche Zellen ein (Bindegewebe, Muskel, Blut, Fett) und erzeugt daraus in der Nährlösung in einem Zeitraum von etwa drei Wochen kohärentes Fleisch. Im Dezember 2018 stellte Aleph Farms der Presse das erste in einem Labor erzeugte Steak vor. Wie auch bei anderen Startups, die die Fleischerzeugung auf der Grundlage von Zellkulturen vorantreiben, wurden bisher nur sehr kleine Mengen gewonnen.

Auf den ersten Blick erscheint das Verfahren sehr einfach. Es stellen sich allerdings zwei grundlegende Probleme. Zum einen ist dies die Gewinnung von Zellen, die als Ausgangsbasis für die Zellkulturen dienen, zum anderen, die benötigte Nährlösung, in der sich die Zellen vermehren.

Undifferenzierte Stammzellen, die sich beliebig oft teilen und sich in verschiedene Zelltypen differenzieren können, wären die optimale Ausgangsbasis. Gegenwärtig sind solche stabilen Stammzellenlinien noch nicht vorhanden. In den Laboren führender Startups, die Fleisch aus Zellkulturen erzeugen möchten, wird mit hohem Finanzaufwand daran geforscht, solche Stammzellenlinien zu entwickeln.

Weil noch keine stabilen Stammzellenlinien eingesetzt werden können, wird mit sogenannten Satellitenzellen gearbeitet. Das sind einkernige, ruhende Vorläufer (*Myoblasten*) von Muskelzellen, die zwischen den Muskelfasern und den sie umgebenden Basalmembranen gelegen sind. Wenn diese Satellitenzellen aktiviert werden, erzeugen sie bei Teilung sowohl Muskelzellen als auch neue Satellitenzellen. An sich wäre das eine vielversprechende Methode, um Fleisch zu erzeugen. Allerdings tritt ein Problem auf, weil die Satellitenzellen nicht unbegrenzt teilungsfähig sind.¹⁰ Deshalb müssen immer wieder neue Zelllinien aufgebaut werden, was zeit- und kostenaufwendig ist und deshalb für die Großfertigung

⁷ <http://www.cleanmeat.info> (Aufruf: 27. 2. 2019)

⁸ Hoogenkamp, H.: Cellular agriculture shows future potential. In: Fleischwirtschaft international 31 (2016), Nr. 3, S. 46-49.

⁹ <https://www.aleph-farms.com> (Aufruf: 8. 1. 2019)

¹⁰ <https://www.spektrum.de/Lexikon/Neurowissenschaft/Satellitenzellen/11287> (Aufruf: 27. 2. 2019)

ausscheidet. Erst wenn stabile Stammzellenlinien vorhanden sind, wird die Erzeugung von Fleisch in marktfähigen Größenordnungen erfolgen.

Ein zweites Problem, das wahrscheinlich für die zukünftige Entwicklung der Technologie von entscheidender Bedeutung werden könnte, tritt im Zusammenhang mit den verwendeten Nährlösungen auf. Die Startups geben darüber zumeist keine Auskunft. Auf Nachfrage¹¹ erklärte der Gründer eines israelischen Startups, dass man ausschließlich pflanzliche Rohstoffe einsetze, um das Zellwachstum zu ermöglichen. Allerdings ist bekannt, dass auch Seren eingesetzt werden, die in ähnlicher Weise in der Erzeugung von Medikamenten oder menschlicher Haut für Transplantationen verwendet werden. Diese Seren werden aus dem Blut von Kälberföten (*fetal bovine serum*) gewonnen. Dahinter verbirgt sich ein aufwendiges und kostspieliges Verfahren, das für die Gewinnung großer Fleischmengen wegen des hohen Finanzaufwandes nicht geeignet ist, weil es zu Produktionskosten führt, die das Endprodukt im Markt nicht wettbewerbsfähig macht. Ein weiterer kritischer Aspekt ist der Einsatz von Wachstumsförderern zur Beschleunigung der Zellteilung und Verkürzung der Produktionszeiten. Es ist davon auszugehen, dass solche Fleischerzeugnisse von Veganern und Vegetariern, einer wichtigen Klientel, abgelehnt werden. Ein Vertreter der Cellular Agriculture Society (CAS) äußerte in einem Gespräch die Befürchtung, dass an der Frage der Herstellung kostengünstiger Nährlösungen die Technologie sogar scheitern könne, sich zumindest aber um Jahre verzögern werde, wenn es nicht gelinge, eine Nährlösung herzustellen, die ohne Einsatz tierischer Seren auskomme und weitaus kostengünstiger sei. Wenn es gelingt, Nährlösungen allein auf pflanzlicher Basis zu erzeugen, wird der Flächenbedarf für die benötigten Pflanzen ansteigen. Damit würde ein propagierter Vorteil an Bedeutung verlieren. Eine Frage, die bislang kaum diskutiert wird, aber an Bedeutung gewinnen dürfte, ist die nach dem Auftreten von Stoffwechselprodukten bei der Zellteilung und der Entfernung dieser Produkte aus den Nährlösungen.

Acellular agriculture bezeichnet die Verwendung von organischen Molekülen zur Erzeugung von Proteinen und Fetten, die keine lebenden oder vormals lebenden Zellen enthalten. Beispiele der Endprodukte sind Gelatine, Kasein, Omega-3 Fettsäuren und Eiweiß. Diese Produkte werden überwiegend durch Einsatz von Hefen oder Bakterien gewonnen. So wird z.B. für die Herstellung von Kasein ein Proteingene in eine Hefezelle eingeschleust. Die dadurch entstehende recombinante DNA (rDNA) produziert dann das gewünschte Protein.¹²

Clara Foods, ein in San Francisco ansässiger Startup, hat seit 2014 ein Verfahren entwickelt, mit dem reines Eiweiß erzeugt werden kann.¹³ In eine Hefe werden die Proteingene des Eiweißes eingebracht. Unter Zusatz von Zucker wird dann in Fermentern das Eiweiß erzeugt. Sind hinreichend große Mengen entstanden, werden Eiweiß und Hefe in einem Separierungsverfahren getrennt, um ein reines Produkt zu erhalten. Dies ist notwendig, weil jegliche Verunreinigung Verarbeitungsunternehmen, die Hauptabnehmer des Startups, vom Kauf abhalten würde.

Was sind im Gegensatz dazu Fleisch- und Eierersatzprodukte?

In der öffentlichen Diskussion und z. T. auch in Medienberichten wird nicht klar genug unterschieden zwischen Produkten, die durch Zellkulturen erzeugt werden und Ersatzprodukten, die pflanzliche Proteine als Ausgangsbasis haben. Bei diesen

¹¹ Didier Toubia (Aleph Farms) während der Podiumsdiskussion auf dem Kongress Farm&Food 4. 0. am 21. 1. 2019 in Berlin.

¹² <https://www.nzz.ch/wissenschaft/medizin/milch-aus-dem-labor-1.18408215> (Aufruf: 26. 2. 2019)

¹³ <https://www.clarafoods.com> (Aufruf: 8. 2. 2019)

Ersatzprodukten wird sowohl im Erscheinungsbild als auch im Geschmack eine große Übereinstimmung mit dem Produkt angestrebt, das sie substituieren sollen. Sie enthalten keinerlei tierische, sondern ausschließlich pflanzliche Substanzen und werden bereits im Markt angeboten. Am bekanntesten sind die Burger von Beyond Meat¹⁴ und Impossible Foods,¹⁵ die seit 2013 bzw. 2017 in Lebensmittelketten und Restaurants verfügbar sind. Die PHW-Gruppe vertreibt den Burger von Beyond Meat seit 2018 in Deutschland.

JUST (vormals Hampton Creek), ein Startup, der ebenfalls in der Region San Francisco seinen Sitz hat, erzeugt Mayonnaise, Salatsaucen und ein rühreiähnliches Produkt (Just Egg) aus pflanzlichen Materialien. Diese Ersatzprodukte sind im Markt äußerst erfolgreich. Sie werden sowohl über Lebensmittelketten, Restaurants und z. T. auch über Amazon vertrieben. In Deutschland wird die PHW-Gruppe Just Egg im 4. Quartal 2019 in den Markt einführen, bereitgestellt wird Just Egg vom italienischen Unternehmen Eurovo, dem größten Hersteller von Eiprodukten in Europa.¹⁶

Auch wenn unterschiedliche Herstellungsverfahren eingesetzt werden, verbindet die Startups ein gemeinsames Ziel, nämlich Lebensmittel ohne Einsatz von Tieren zu erzeugen. Dieses hat JUST auch veranlasst, sich ab 2018 der Herstellung von Fleisch aus Zellkulturen zuzuwenden. Dabei ist es das Ziel, Toriyama Wagyu Rindfleisch zu erzeugen, das dann von der japanischen Awano Food Group vermarktet werden soll.¹⁷

Probleme und Herausforderungen

Was ist Fleisch?

Ein Problem, das im Zusammenhang mit der Erzeugung von Produkten aus Zellkulturen auftritt, ist deren Bezeichnung. Im allgemeinen Sprachgebrauch versteht man unter Fleisch das von Bindegewebe umhüllte Muskelfleisch von Menschen und Tieren. Verwendet wird der Begriff jedoch zumeist als Lebensmittel für den menschlichen Verzehr, das von Nutztieren, Wildtieren und Vögeln gewonnen wird. Durch die Möglichkeit, durch Zellkulturen „Fleisch“ zu erzeugen, stellte sich die Frage, ob diese neuen Produkte auch als „Fleisch“ bezeichnet werden können, obwohl sie nicht von lebenden Tieren stammen. Die Cattlemen´s Association der USA hat das Landwirtschaftsministerium (USDA) gebeten, eine Neudefinition in folgender Weise vorzunehmen: Fleisch ist ein Lebensmittel, das durch Aufzucht und Schlachtung von lebenden Tieren in konventioneller Weise erzeugt wird. Auch die National Cattlemen´s Beef Association vertritt die Auffassung, dass das aus Zellkulturen hervorgehende Produkt nicht als Fleisch bezeichnet werden darf.

In der EU bezeichnet der Begriff „Fleisch“ alle genießbaren Teile (einschließlich Blut) von Huftieren (Haustiere der Gattungen Rind, Schwein, Schaf und Ziege sowie als Haustiere gehaltene Einhufer), Geflügel, Hasentieren und frei lebendem Wild.¹⁸

¹⁴ <https://www.beyondmeat.com> (Aufruf: 8. 2. 2019)

¹⁵ <https://impossiblefoods.com> (Aufruf: 8. 2. 2019)

¹⁶ <https://f3.de/veganes-ei-kommt-mit-phw-nach-europa> (Aufruf 27. 2. 2019)

¹⁷ <https://www.justforall.com/en-us/stories/meat> (Aufruf: 8. 2. 2019)

¹⁸ Verordnung (EG) Nr. 853/2004.

Wer überwacht die Herstellung und erteilt die Zulassung?

Die Überwachung der Erzeugung von Fleisch und Fisch aus Zellkulturen soll nach bisher vorliegenden Kenntnissen in den USA gemeinsam von der Food and Drug Administration (FDA) und dem Food Inspection Service (FIS) vorgenommen werden. Hierzu hat das Good Food Institute im Dezember 2018 ausführliche Verfahrensvorschläge unterbreitet.¹⁹

Seit Januar 2018 regelt die Novel Food-Verordnung (EU) 2015/2283²⁰ das Inverkehrbringen neuartiger Lebensmittel. In dieser Verordnung wurde der Begriff Lebensmittel um zusätzliche Kategorien erweitert und umfasst seitdem auch neuartige Lebensmittel einschließlich solcher, die durch technische Verfahren hergestellt werden. Die Bewertung dieser neuen Lebensmittel erfolgt durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA), die Zulassung durch die EU-Kommission. Bislang sind für die Produkte, die durch Zellkulturen erzeugt werden, noch keine Anträge auf Bewertung und Zulassung gestellt worden.

Eine vergleichende Analyse der administrativen Regelungen in den USA und der EU weist auf die unterschiedlichen rechtlichen Grundlagen hin und betont die Notwendigkeit, Aspekte der Sicherheit der Produkte für die Konsumenten in den Mittelpunkt zu stellen.²¹

Vom Labor zur Großfertigung

Bislang sind erst geringe Mengen an Fleisch bzw. Fisch durch Zellkulturen erzeugt worden. Der Übergang von Bioreaktoren mit einer Kapazität von 5 oder 10 Litern, wie sie in den Forschungslabors der Startups verwendet werden, zu Reaktoren mit einem Fassungsvermögen von einigen Zehntausend Litern, die für die Großfertigung benötigt werden, ist aus mehreren Gründen schwierig. Zum einen sind hohe Kapitalinvestitionen allein für die technische Ausrüstung notwendig, zum anderen lassen sich solche Großreaktoren nicht mit den bislang eingesetzten Nährlösungen betreiben, die einen hohen Serumanteil haben. Sie sind in den benötigten Mengen nicht verfügbar und auch zu teuer. Deshalb wird versucht, Nährlösungen zu entwickeln, die ohne Nutzung von Tieren erzeugt werden können und weitaus geringere Herstellungskosten aufweisen. Ein begrenzender Faktor könnte der hohe Energiebedarf zur Heizung der Bioreaktoren sein, die konstant auf einer Temperatur von 37 °C gehalten werden muss.

Werden gentechnische Verfahren eingesetzt?

Da über die technischen Verfahren und die Zusammensetzung der eingesetzten Nährlösungen bislang nur wenige Publikationen verfügbar sind, ist die Einstellung zu dieser neuen Technologie durch eine verständliche Skepsis gekennzeichnet. Im Falle der Zellkulturen ist sie bezüglich der verwendeten Zellen nicht begründet, denn sie werden nach Entnahme aus dem Tier nicht verändert. Anders ist die Situation bei den Verfahren, die gentechnisch

¹⁹ <https://www.gfi.org/images/uploads/2018/12/GFI-USDA-FDA-WrittenCommentDec212018.pdf> (Aufruf: 26. 2. 2019)

²⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32015R2283> (Aufruf: 25. 2. 2019)

²¹ Vgl. hierzu Stephens, N. u. a.: Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political and regulatory challenges in cellular agriculture. In: Trends in Food Science & Technology 78 (2018), S. 155-166 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224417303400?via%3Dihub>

veränderte Bakterien oder Hefen einsetzen. Hier dürfte die Akzeptanz der Konsumenten sehr viel geringer sein, auch wenn die Startups, die solche Verfahren einsetzen, darauf hinweisen, dass eine völlige Separierung des erzeugten Endproduktes von den eingesetzten Substanzen erfolgt. Hier sei absolute Transparenz notwendig, wolle man die bei einer bestimmten Klientel vorhandene Ablehnung jeglicher gentechnischer Verfahren überwinden.

Können die propagierten Aussagen zum Klima- und Ressourcenschutz realisiert werden?

In nahezu allen Verlautbarungen der Startups werden neben dem Aspekt, dass keine Tiere mehr aufgezogen und getötet werden müssen, um Fleisch zu erzeugen, die Vorteile des geringeren Einsatzes von Energie, Wasser und anderen Ressourcen herausgestellt. So wird von mehreren jungen Unternehmensgründern argumentiert, dass man weniger als ein Zehntel des Wassers oder der landwirtschaftlichen Nutzfläche und nur die Hälfte der Energie benötige im Vergleich zur konventionellen Fleischerzeugung und dadurch diese neue Technologie weitaus nachhaltiger sei.²² Allerdings sind dies Behauptungen, die nicht durch überprüfbare Daten belegt werden. Eine erste Studie von Tuomisto und Teixeira de Mattos aus dem Jahr 2011²³ zu den Auswirkungen der Fleischerzeugung aus Zellkulturen nahm sehr optimistisch an, dass je nach Fleischart 7-45 % der Energie, 78-96 % der Schadgase, 99 % der benötigten Anbaufläche und 82-96 % des Wassers eingespart werden könnten. Nur bei der konventionellen Erzeugung von Geflügelfleisch sei der Energiebedarf geringer als bei der neuen Technologie. In einer weiteren Publikation revidierten Tuomisto u. a. die ersten Ergebnisse allerdings grundlegend. Zwar benötige die neue Technologie weniger Wasser und Land und auch die Treibhausgasemission sei niedriger als bei der konventionellen Fleischerzeugung, aber es werde deutlich mehr Energie benötigt, um die Bioreaktoren auf einer konstanten Temperatur von 37°C zu halten. Der Energiebedarf für die Gewinnung von Geflügelfleisch aus Zellkulturen ist, wie man ihren Berechnungen entnehmen kann, etwa zweieinhalbfach größer als bei der konventionellen Erzeugung, auch der Wasserverbrauch ist geringer. Der Landverbrauch unterscheidet sich nur geringfügig, wenn pflanzliche Produkte für die Nährlösungen verwendet werden.²⁴ Eine Analyse von Lynch und Pierrehumbert aus dem Jahr 2019 gelangt zu einer kritischen Bewertung im Hinblick auf die Erwärmung der Atmosphäre durch die konventionelle Rindfleischerzeugung im Vergleich zur Gewinnung von Fleisch aus Zellkulturen. Sie stellen fest, dass die neue Technologie wegen des hohen Energiebedarfs zur Erwärmung der Bioreaktoren und dem damit verbundenen CO₂-Ausstoß längerfristig nur geringe oder sogar gar keine Vorteile hinsichtlich der Erwärmung der Erdatmosphäre bringe, es sei denn, die benötigte Energie könne aus regenerativen Quellen bereitgestellt werden. Während der Methangasoutput mit abnehmender Rinderzahl stark zurückgehe und sich auch in der Atmosphäre nicht akkumuliere, komme es bei der cellular agriculture-Technologie zu einer fortlaufenden Akkumulation von CO₂ und damit zu einer

²² Vgl. Fußnote 5 und Friedrich, B.: Clean meat: The clean energy food. <http://www.gfi.org/clean-meat-the-clean-energy-food>. (Aufruf: 26. 2. 2019)

²³ Tuomisto, H. L. u. M. J. Teixeira de Mattos: *Environmental impacts of cultured meat production*. In: *Environment and Science Technology* 45 (2011), no. 14, S. 6117-6123. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es200130u> (Aufruf: 8. 2. 2019)

²⁴ Tuomisto, H. L., M. J. Ellis u. P. Hastrup: Environmental impacts of cultured meat: alternative production scenarios. In: Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector. San Francisco 2014, S.1360-1366. http://lcacenter.org/lcafood2014/proceedings/LCA_Food_2014_Proceedings.pdf (Aufruf: 8. 2. 2019)

weiteren Erwärmung der Atmosphäre.²⁵ Mattick u.a. sehen es ebenfalls als noch nicht geklärt an, ob die neuen Technologien, sofern sie in industriellen Dimensionen betrieben werden, wirklich Vorteile gegenüber konventionellen Produktionsformen haben, wenn diese z.B. durch Beweidung natürlicher Grasländer Fleisch erzeugen.²⁶ Ähnlich kritisch bezüglich des hohen Energiebedarfs äußern sich auch Rorheim u. a.²⁷ Offensichtlich ist, dass bislang nur Ergebnisse auf Labordimension vorliegen und abzuwarten ist, wie die Energie- und Ressourcenbilanzen bei Großanlagen aussehen.²⁸

Kann cellular agriculture das Problem der zukünftigen Welternährung lösen?

Die weiterhin wachsende Weltbevölkerung und die daran gebundene steigende Nachfrage nach tierischen Nahrungsmitteln stellen eine Herausforderung an die konventionelle Nutztierhaltung und den Fischfang dar. Von den meisten Startups wird ein großer Vorteil der neuen Technologien darin gesehen, dass sie einen wesentlichen Beitrag zur Welternährung leisten können, ohne die Nutztierhaltung weiter zu intensivieren. Im Gegenteil gehen sie davon aus, dass die Erzeugung von Fleisch und Fisch aus Zellkulturen der einzige Weg sein wird, die zukünftige Ernährung der Weltbevölkerung zu sichern. Weil eine Abkehr der Menschen vom Fleischverzehr und einen Übergang zum Vegetarismus bzw. Veganismus auch ihrer Ansicht nach wenig realistisch ist, sehen sie die Fleisch- und Fischerzeugung auf der Basis von Zellkulturen als einzig nachhaltige und realistische Alternative an.²⁹ Dieser Anspruch wird jedoch zunehmend kritisch hinterfragt, weil noch zu viele ungeklärte Fragen bzgl. der Gewinnung der Zellen, der Zusammensetzung der Nährlösungen, der Umsetzung der Labordimensionen in Großanlagen sowie der Akzeptanz der Produkte durch die Konsumenten bestehen.³⁰ Euphorische Zukunftsszenarien, wie sie von Kristopher Gasteratos, dem Gründer der Cellular Agriculture Society (CAS), entwickelt wurden, sind sicherlich wenig realistisch.³¹ Er geht davon aus, dass der Siegeszug der neuen Technologie in drei Schritten erfolgen wird. Um 2020 werden die so erzeugten Produkte auf dem Markt angeboten werden. Nach einigen Jahrzehnten werden sie weltweit akzeptiert und Marktanteile von 70 % erreichen. Einige weitere Jahrzehnte werden verstreichen, bis 95 % Marktanteile erreicht werden und der Gesetzgeber die konventionelle Nutztierhaltung und den Fischfang sowie die Aquakulturen untersagen wird. Die Zeitangaben sind wenig präzise, wohl auch deswegen, weil die Frage der Akzeptanz dieser Produkte durch die abnehmende Industrie und die

²⁵ Lynch, J. u.R. Pierrehumbert: Climate impacts of cultured meat and beef cattle. In: *Frontiers in Sustainable Food Systems* (February 2019): <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2019.00005/full> (Aufruf: 28. 2. 2019)

²⁶ Mattick, C. u. a.: Anticipatory Life Cycle Analysis of In Vitro Biomass Cultivation for Cultured Meat Production in the United States. In: *Environ. Sci. Technol.* 49 (2015), no. 19, S. 11941-11949. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.5b01614> (Aufruf: 14. 3. 2019)

²⁷ Rorheim, A. u. a.: Cultured meat: An ethical alternative to industrial farming. In: *Policy Paper by Sentience Politics* 2016, no. 1, S. 1-24. <https://ea-foundation.org/files/cultured-meat.pdf> (Aufruf: 5. 3. 2019)

²⁸ Vgl. hierzu Fußnote 21.

²⁹ Vgl. hierzu Woll, S. und I. Böhm: In-vitro meat: A solution for problems of meat production and meat consumption? https://www.ernaehrungs-umschau.de/fileadmin/Ernaehrungs-Umschau/pdfs/pdf_2018/01_18/EU01_2018_Special_invitro_englisch.pdf (Aufruf: 27. 2. 2019)

³⁰ Vgl. auch Häusling, M.: Die Petrischale wird das Fleischproblem nicht lösen. <https://www.agrarzeitung.de/news/media/4/Positionspapier-Martin-Husling-Laborfleisch-38990.pdf> (Aufruf: 14. 3. 2019)

³¹ <https://www.cleanmeat.info> (Aufruf: 26. 2. 2019)

Endkonsumenten bislang nur unzureichend geklärt ist. Sehr viel wahrscheinlicher dürfte ein langes Nebeneinander konventioneller Produktionsformen und neuer Technologien in der Erzeugung von Nahrungsmitteln sein.³² Dies auch deshalb, weil Ernährungsgewohnheiten sich nicht kurzfristig verändern, es sei denn, von außen einwirkende Faktoren erzwingen dies, z. B. Kriege, Hungersnöte oder Naturkatastrophen.

Wie groß ist die Akzeptanz bei den Konsumenten?

Der Erfolg der neuen Technologien wird neben den bereits behandelten technischen Problemen in hohem Maße davon abhängen, ob die so erzeugten Produkte von der abnehmenden Seite und den Endkonsumenten nicht nur akzeptiert, sondern auch gekauft werden.

Es liegen erst wenige empirische Daten zu der Frage der Akzeptanz vor. Dies verwundert nicht angesichts der geringen Mengen, die bislang erzeugt worden sind und der nur begrenzt verfügbaren Informationen für den Endverbraucher. Die Homepages der Startups sind in ihren Aussagen sehr allgemein und tragen nur wenig dazu bei, Vertrauen zu generieren.

Eine vom Good Food Institute in Auftrag gegebene Analyse zum Kenntnisstand der Bevölkerung über „clean meat“ und deren Bereitschaft, solche Produkte zu kaufen und regelmäßig zu essen zeigte, dass der Kenntnisstand in der Bevölkerung mit nur 25 % sehr gering war. Allerdings waren etwa zwei Drittel der Befragten bereit, solche Produkte zu probieren, aber nur etwa 18 %, sie regelmäßig zu essen. Die Einstellung zu diesen neuen Nahrungsmitteln schwankte stark nach Geschlecht, Alter und Bildungsstand. Männer waren eher bereit, solche Produkte zu kaufen und zu essen als Frauen, jüngere Menschen mit waren weniger skeptisch als ältere Personen und Personen mit einem Collegeabschluss standen den Produkten offener gegenüber als solche mit einem niedrigeren Schulabschluss.³³

In einem größeren Projekt haben Bryant u. a. eine vergleichende Analyse der Konsumenteneinstellung zu Fleisch aus Zellkulturen und Fleischersatzprodukten auf Pflanzenbasis in den USA, Indien und China untersucht.³⁴ Die Ergebnisse der Befragungen zeigten eine höhere Akzeptanz solcher Produkte in China und Indien als in den USA. Bemerkenswert ist, dass Vegetarier und Veganer in den USA weniger bereit waren, die neuen Produkte zu kaufen als Allesesser. In China zeigten sich Frauen den Produkten aufgeschlossener gegenüber als Männer; in Indien waren es vor allem Personen aus den oberen Einkommensschichten, die regelmäßig Fleisch zu sich nahmen, die eine Bereitschaft zeigten, solche Erzeugnisse zu kaufen und zu essen. Das Ergebnis der Analyse macht vor allem deutlich, dass sich gerade in den bevölkerungsreichen Schwellenländern neue Marktchancen für die Startups eröffnen.³⁵ Dies drückt sich auch in dem finanziellen

³² Vgl. hierzu auch Fußnoten 16 und 21.

³³ Vgl. Fußnote 19, Appendix B und Johnson, W., Maynard, A. a. S. Kirshenbaum: Would you eat 'meat' from a lab? Consumers aren't necessarily sold on cultured meat' <https://theconversation.com/would-you-eat-meat-from-a-lab-consumers-arent-necessarily-sold-on-cultured-meat-100933> (Aufruf: 14. 3. 2019)

³⁴ Bryant, C. u. a.: A Survey of consumer perceptions of plant-based and clean meat in the USA, India, and China. In: *Frontiers in Sustainable Food Systems* 27 February 2019 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2019.00011/full> (Aufruf: 4. 3. 2019)

³⁵ Lamb, C.: Cultured meat will likely debut in Asia, not in Silicon Valley. <https://thespoon.tech/cultured-meat-will-likely-debut-in-asia-not-silicon-valley-heres-why>. (Aufruf: 3. 4. 2019)

Engagement chinesischer Unternehmen, vor allem in Israel, aus. In den Schwellenländern dürfte sich auch die Zulassung von Fleisch und Fisch aus Zellkulturen einfacher erreichen lassen als in den westlichen nachindustriellen Gesellschaften.³⁶ Interessant in diesem Zusammenhang sind die Ergebnisse einer Erhebung in Italien, die erkennen lassen, dass in einem Land mit einer starken Ernährungstradition, die Akzeptanz für diese neuen Lebensmittel, ausgenommen junge, gut ausgebildete Personen, sehr gering ist.³⁷

Ist die Erzeugung von Fleisch aus Zellkulturen ethisch vertretbar?

Von den Gründern der Startups, die mit der neuen Technologie Fleisch für den menschlichen Verzehr erzeugen wollen, wird zumeist als befürwortendes Argument ins Feld geführt, dass dadurch das Leid der in Großbeständen gehaltenen Tiere und deren Schlachtung vermieden werden können. Dazu werden als weitere positive Aspekte der geringere Ressourcenverbrauch, eine niedrigere Umweltbelastung und eine höhere Produktsicherheit genannt.

Inzwischen liegen einige Bewertungen der neuen Technologie aus philosophischer Sicht zu den angerissenen Fragen vor. Drei umfangreichere Untersuchungen sollen hier in den wichtigsten Aussagen vorgestellt werden. Alle Autoren gehen von der gegenwärtig dominierenden industriellen Tierhaltung zur Fleischerzeugung und den damit verbundenen Nachteilen für die gehaltenen Tiere, die Umweltbelastung und durch den hohen Einsatz von Antibiotika aus. Die nach meiner Kenntnis erste umfassende Diskussion ethischer Aspekte beim Einsatz von Zellkulturen zur Fleischerzeugung haben Schaefer und Savulescu bereits 2014 vorgelegt.³⁸ Sie nehmen zu einigen grundsätzlichen Fragen Stellung. Ein erster kritischer Aspekt ist die Entnahme von Zellen aus lebenden Tieren zur Vermehrung, ein zweiter die deutliche Verringerung der Tierzahlen, die zur konventionellen Fleischerzeugung notwendig sind. Die Entnahme von Zellen aus lebenden Tieren wird zwar kritisch gesehen, ist nach Ansicht der Autoren aber vertretbar, weil dadurch das Leid der weitaus größeren Zahl an intensiv gehaltenen Nutztieren verringert wird. Trotzdem ist die Forderung nach der Unversehrtheit der Tiere ihrer Ansicht nach ein nicht zu unterschätzendes Gegenargument. Sie fragen auch, ob es vertretbar ist, bei völliger Umstellung der Fleischerzeugung auf die neuen Technologien, die Aufzucht von Nutztieren in tiergerechten Haltungsformen einzuschränken oder sogar aufzugeben. Damit werde man, so ihr Bedenken, ein glückliches Leben dieser Tiere verhindern. Allerdings sei auch bei dieser Haltungsform das Töten der Tiere zur Fleischgewinnung notwendig, was für eine Abkehr von jeglicher Tierhaltung zur Erzeugung von Fleisch spreche.

Rohrheim u. a.³⁹ weisen in ihrer umfangreichen Analyse darauf hin, dass sich die neue Technologie zur Fleischerzeugung erst in ihrer Initialphase befinde und deshalb eine abschließende ethisch-moralische Bewertung noch nicht möglich sei. Sie stellen in einem Vergleich die Vorteile der Fleischerzeugung aus Zellkulturen der konventionellen

³⁶ Vgl. Hierzu auch: Wilks, M. u. C. J. C. Phillips: Attitudes to in vitro meat: A survey of potential cons in the United States. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0171904> (Aufruf: 11. 4. 2019)

³⁷ Mancinii, M. C. u. F. Antonioli: Exploring consumers' attitude towards cultured meat in Italy. In: Meat Science, 150 (2019), S. 101-110.

³⁸ Schaefer, G. O. and J. Savulescu (2014): The ethics of producing in vitro meat. In: Journal of Applied Philosophy 31 (2014), S 188-201 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4419201> (Aufruf: 4. 3. 2019)

³⁹ Vgl Fußnote 27.

Fleischerzeugung gegenüber. Kritisch sieht das Autorenteam vor allem die Behauptung der geringeren Umweltbelastung. Der hohe Energiebedarf in der Großerzeugung könne sich längerfristig gegenüber dem vermeintlichen Vorteil des geringeren Ausstoßes von Methan und Stickoxid als nachteilig erweisen wegen der Akkumulation von CO₂ in der Atmosphäre. Ethisch bedenklich sei die bislang noch vorherrschende Verwendung von Seren (*fetal bovine serum*) in den Nährlösungen. Solange es noch nicht gelungen sei, stabile Stammzelllinien zu finden, bringe die neue Technologie keinen ethischen Vorteil. Ein Hinderungsgrund für die breite Verwendung von Fleisch aus Zellkulturen könne auch die Auffassung in Teilen der Gesellschaft oder Religionsgemeinschaften sein, dass es sich dabei um ein unnatürliches Verfahren handele und deshalb abzulehnen sei. Einer solchen Ablehnung sei schwer zu begegnen, auch wenn sich die Frage stelle, ob die gegenwärtig praktizierte Form der Fleischerzeugung natürlicher sei. Trotz der noch bestehenden Bedenken sollte ihrer Ansicht nach die Forschung in den beiden Kernbereichen, dem Finden stabiler Stammzelllinien und der Entwicklung von Nährlösungen ohne Verwendung tierischer Substanzen, fortgesetzt werden.

Einen anderen Zugang zur Frage, ob die Erzeugung von Fleisch aus Zellkulturen oder pflanzlichen Proteinen ethisch vertretbar ist, wählt Sebo.⁴⁰ Er geht zwar auch von den Nachteilen der industriellen Tierhaltung und den daran geknüpften ethisch-moralischen Bedenken aus, stellt dann jedoch die Frage, ob es überhaupt möglich sein wird, mit alternativen Formen der Tierhaltung die wachsende Weltbevölkerung zu ernähren. Dies sei sicher nicht der Fall, so seine Antwort, dazu käme, dass auch diese Form der Tierhaltung weiterhin das Töten der Tiere zum Zweck der Fleischerzeugung notwendig mache. Sein Lösungsvorschlag ist die Erzeugung von Fleisch in industriellen Dimensionen durch Nutzung pflanzlicher Proteine oder durch Zellkulturen. Allerdings, so führt er aus, seien damit weitere neue Fragen und Herausforderungen verbunden. Man müsse zunächst von einer Skepsis in der Bevölkerung gegenüber den neuen Technologien ausgehen und es bestehe die Gefahr, dass ihnen ohne völlige Transparenz ein ähnliches Schicksal drohe wie der Gentechnik, die von weiten Kreisen der Gesellschaft inzwischen abgelehnt werde. Die Frage, ob die neuen Produkte als Fleisch akzeptiert werden, sei von entscheidender Bedeutung angesichts der langen Tradition des Fleischessens. Ähnlich wie Rorheim u. a. sieht er auch in der Bewertung der Zellkulturen als *unnatürlich* einen Hinderungsgrund für deren weite Verbreitung. Widerstände der einflussreichen Fleischindustrie und politisch Verantwortlicher könnten ebenfalls zu Gegenaktionen führen. Diese Probleme würden sich allerdings bei den auf pflanzlichen Proteinen basierenden Fleischersatzprodukten nicht in gleichem Maße stellen. Sebo schließt seine Analyse mit der Feststellung, dass die Erzeugung von Fleisch an einem entscheidenden Punkt angelengt sei. Die bisher praktizierte industrielle Tierhaltung werde wegen des hohen Ressourcenverbrauchs, der Umweltbelastung und der abnehmenden Akzeptanz in der Gesellschaft so nicht weitergeführt werden können, die neuen Technologien befänden sich noch in der Initialphase und seien in der Gesellschaft noch sehr wenig bekannt. Gelingen es im kommenden Jahrzehnt nicht, die gesellschaftliche Akzeptanz für sie zu erreichen und politische Widerstände zu überwinden, könne eine Chance vertan sein, ein nachhaltiges System zur Fleischerzeugung zu installieren.

⁴⁰ Sebo, J.: The ethics and politics of plant-based and cultured meat. In: Les ateliers de l'éthique 13 (2018), Nr. 1, S. 1-14 <https://philpapers.org/rec/SEBTEA> (Aufruf: 5. 3. 2019)

Fazit

Die Gründung zahlreicher Startups in den zurückliegenden fünf Jahren und die Bereitstellung umfangreicher Fördermittel zeigen, dass sich die Technologie der *cellular agriculture* äußerst dynamisch entwickelt.⁴¹ Auch wenn die theoretischen Grundlagen für deren Anwendung inzwischen weitgehend erforscht sind, gibt es noch zahlreiche Probleme, die einer schnellen Umsetzung in die Großfertigung entgegenstehen.⁴² Sie sind zum einen in der Entwicklung stabiler Stammzelllinien als Basis für die Zellkulturen zu sehen, zum anderen in der Entwicklung von Nährlösungen, die ohne Verwendung von Seren auskommen, die aus Föten von Nutztieren gewonnen werden. Ob die Daten für den geringeren Energie-, Wasser- und Ressourcenverbrauch, die in den Labors ermittelt worden sind, auch bei der Großfertigung erreicht werden können oder ob dort vielleicht neue, schwer zu beherrschende Probleme auftreten, sind noch offene Fragen. Der hohe Energiebedarf zur Heizung der Bioreaktoren dürfte ein stark limitierender Faktor für die schnelle Ausbreitung der Technologie sein, weil die daraus resultierenden Produktionskosten die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber konventionell erzeugtem Fleisch, insbesondere Geflügelfleisch, deutlich einschränken. Bevor die erzeugten Produkte für den menschlichen Verzehr freigegeben werden, sind noch eingehende Untersuchungen der zuständigen Aufsichtsbehörden notwendig. Dafür werden sicherlich einige Jahre benötigt. Dieser Zwischenschritt ist nicht erforderlich bei der Erzeugung von Ersatzprodukten auf pflanzlicher Basis. Der Erfolg der neuen Technologien wird entscheidend davon abhängen, ob es gelingt, die alternativen Produkte zu einem vergleichbaren Preis wie konventionell erzeugtes Fleisch auf dem Markt anzubieten. Ein weiteres entscheidendes Erfolgskriterium wird die Akzeptanz der neuen Lebensmittel durch die Konsumenten sein. Ohne deren Bereitschaft, diese Lebensmittel auch dauerhaft zu kaufen, wird ihr kein Erfolg beschieden sein. Sollten die neuen Technologien diesen Herausforderungen allerdings erfolgreich begegnen können, dann dürfte sich die konventionelle Tierproduktion in einer zunehmend schwieriger werden Wettbewerbssituation befinden, wie Burton⁴³ in einem gerade erschienen Beitrag deutlich herausgearbeitet hat.

Kontakt:

Prof. Dr. Hans-W. Windhorst
Wissenschafts- und Informationszentrum Nachhaltige Geflügelwirtschaft (WING)
Universität Vechta
Driverstraße 22, D-49377 Vechta
Telefon: +49. (0) 4441.15 348
E-Mail: hwindhorst@wing.uni-vechta.de
Internet: www.uni-vechta.de

©WING, Mai 2019

⁴¹ Mattick, C.: Cellular agriculture: The coming revolution in food production. In: Bulletin of Atomic Scientists 74 (2018) no. 1, S. 32-35. <https://thebulletin.org/2018/01/cellular-agriculture-the-coming-revolution-in-food-production>. (Aufruf: 3. 4. 2019)

⁴² Stepens, N. u. a.: Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. In: Trends in Food Science and Technology 78 (2018), S. 155-166.

⁴³ Burton, R. J. F.: The potential impact of synthetic animal protein on livestock production: The new „war against agriculture“? In: Journal of Rural Studies 68 (2019), S. 33-45.