



Sachstand

In-vitro-Fleisch

In-vitro-Fleisch

Aktenzeichen: WD 5 - 3000 - 009/18
Abschluss der Arbeit: 7. Februar 2018
Fachbereich: WD 5: Wirtschaft und Verkehr; Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Herstellungsverfahren von In-vitro-Fleisch	6
3.	Zur Herstellung von In-vitro-Fleisch benötigte Produkte und Stand der Forschung	8
3.1.	Zellkulturmedium	8
3.2.	Bioreaktor	9
3.3.	Gerüst	9
3.4.	Antibiotika	10
4.	Im Sektor In-vitro-Fleisch tätige Unternehmen	11
4.1.	Memphis Meats	12
4.2.	Mosa Meat	12
4.3.	Modern Meadow	12
4.4.	SuperMeat und Wiesenhof	13
4.5.	Unternehmen in Japan	14
5.	Gibt es umweltpolitische Bedenken bei Herstellung und Verbrauch von In-vitro-Fleisch?	14
6.	Aussagen zum Entwicklungspotenzial und zur vermutlichen Preisentwicklung	16
7.	Literatur	18

1. Einleitung

Fleisch aus der Petrischale, sog. In-vitro-Fleisch (IVF), wird in der Literatur und von einzelnen Interessengruppen, wie z. B. von PETA¹ auch als kultiviertes Fleisch, Kulturfleisch (cultured meat) bzw. als safe meat, clean meat, victimless meat bezeichnet. Andererseits finden sich auch Bezeichnungen wie Laborfleisch, Kunstfleisch, tissue-engineered meat, tubesteak, test-tube meat oder auch frankenmeat.

Die Idee zur Entwicklung von IVF geht bereits auf den Beginn des letzten Jahrhunderts zurück.² Immense Fortschritte in Zellkulturtechniken und der Gewebezüchtung (tissue-engineering³) ermöglichen das Züchten von Fleisch und Fisch. IVF gilt als eine der möglichen Alternativen für die konventionelle Fleischproduktion aus Nutztieren.⁴

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag konstatiert einen weltweit wachsenden Fleischkonsum mit erheblichen Folgen für Umwelt und Klima. Die Autoren merken an, dass zur Erzeugung einer Kilokalorie aus Fleisch ein Mehrfaches dieses Nährwerts in Form von Futterpflanzen bereitgestellt werden müsse. Darüber hinaus seien die Rinderherden weltweit für einen großen Teil der gesamten Methanemissionen verantwortlich. Die großflächige Produktion von Soja als Tierfutter in Südamerika führe zu großen Flächenverlusten an Wäldern, einer rapiden Abnahme der Bodenqualität und somit auf Dauer zur Abnahme der Erträge. Hinzu kämen der bedenkliche Einsatz von Antibiotika, der Wasserverbrauch, die Effekte des Transports und die Konkurrenz um die Flächennutzung. Schließlich würden Nutztiere zunehmend als Industrieerzeugnisse behandelt, was aus ethischer Sicht problematisch sein könne.⁵

Hier finden sich auch die Hauptargumente für IVF-Forscher und -Befürworter. Zum einen ist es der ethische Aspekt, die Vermeidung der Tierschlachtung und der Massentierhaltung für die Fleischproduktion, zum anderen soll es Ernährungssicherheit trotz wachsender Fleischnachfrage

1 People for the Ethical Treatment of Animals. <https://www.peta.de/laborfleisch#.Wm74ifniY-U> (letzter Abruf: 07.02.2018).

2 In diesem Zusammenhang wird häufig Winston Churchill zitiert, der sich Anfang der 1930er Jahre die Zukunft 50 Jahre später („Fifty Years Hence“) wie folgt vorstellt: *“we shall escape the absurdity of growing a whole chicken in order to eat the breast or wing by growing these parts separately under a suitable medium”*. Sharma, Shruti; Singh Thind, Sukhcharanjit; Kaur, Amarjeet (2015). In vitro meat production system: why and how? *Journal of Food Science and Technology*. December 2015. Volume 52. Issue 12, S. 7599–7607.

Bereits 1912 wurde ein Gefäßchirurg mit dem Nobelpreis ausgezeichnet, der u.a. in der Lage war ein Hühnerherz in einem Nährmedium über einen langen Zeitraum am Leben zu erhalten. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13197-015-1972-3>; Siehe auch: <https://derstandard.at/2000023020005/Mark-Post-Eine-Kuh-ist-auch-kein-natuerliches-Produkt-mehr> (letzter Abruf: 07.02.2018).

3 Tissue-Engineering kommt ursprünglich aus dem Bereich der regenerativen Medizin.

4 Post, Mark (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Science direct*.

5 Jetzke, Tobias; Bovenschulte, Marc; Ehrenberg-Silies, Simone (2016). Fleisch 2.0 – unkonventionelle Proteinquellen. Mai 2016. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/themenprofile/Themenkurzprofil-005.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).

schaffen und zugleich Treibhausgasemissionen reduzieren und Ressourcen, wie Wasser und Boden, schonen. Edelman et al. (2005) weisen zudem darauf hin, dass es durch IVF möglich werden könne, das Verhältnis von gesättigten zu mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Fleisch besser zu kontrollieren und auch die Häufigkeit lebensmittelbedingter Erkrankungen zu reduzieren.⁶ IVF soll im Vergleich zur traditionellen Fleischproduktion auch die Risiken, die für die menschliche Gesundheit aufgrund von Antibiotika und anderer Substanzen entstehen, die an Tiere verabreicht werden, reduzieren.⁷

Im Jahr 2005 stellte die niederländische Regierung einen Forschungsfonds⁸ für ein IVF-Projekt zur Verfügung und im Jahr 2013 präsentierten der Physiologieprofessor Mark Post von der Universität Maastricht unter Zusammenarbeit mit anderen Universitäten das Ergebnis dieses Projekts.⁹ Das erste gebratene Rinderhackfleisch¹⁰ aus Stammzellen, die zu diesem Zweck in einer Nährlösung vermehrt wurden. Für Post ist es „100% natural beef, just grown outside the cow. No unnatural chemicals added“¹¹. Finanziert wurde die Forschung außerdem mit Geldern u.a. von New Harvest und einigen Großinvestoren, wie dem Google-Mitbegründer Sergej Brin.¹²

In Deutschland beauftragte das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) beim Karlsruher Institut für Tech-

-
- 6 Edelman, P.D.; McFarland, D.C.; Mironov, V.A.; Matheny, J.G. (2005). In vitro-cultured meat production. *Tissue Engineering*. Volume 11, 659-662. <https://pdfs.semanticscholar.org/78ff/3bbf009e2cef3903786c24251c743f1429c5.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 7 Ferrari, Arianna; Lösch, Andreas (2017). How Smart Grid Meets In Vitro Meat: on Visions as Socio-Epistemic Practices. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11569-017-0282-9> (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 8 „The Dutch government agency SenterNovem funded cultured meat research from 2005 to 2009, in part because of conversations between New Harvest founder Jason Matheny and the Dutch Minister of Agriculture in October of 2004. (...)“ http://www.new-harvest.org/mark_post_cultured_beef (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 9 Presentation London 2013. <https://culturedbeef.org/node/13932/> (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 10 Grund für die Züchtung von IVF aus Rinderzellen: „cattle are the least efficient links in food production. Their conversion rate is 15% or lower, meaning that you need to feed cattle 1 kg of feed to get 150 grams of muscle out of it. Pigs are twice as efficient and chicken is even 4 times as efficient. Fish is the most efficient. That does not mean that working on other animals makes no sense. Pigs and chicken constitute a major part of meat consumption and they will probably rise in importance.“ https://culturedbeef.org/sites/intranet.mumc.maastrichtuniversity.nl/files/culturedbeef_mumc_maastrichtuniversity_nl/frequently_asked_questions.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 11 <http://mosameat.eu/faq.html> (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 12 Ferrari, Arianna; Lösch, Andreas (2017). How Smart Grid Meets In Vitro Meat: on Visions as Socio-Epistemic Practices. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11569-017-0282-9> (letzter Abruf: 07.02.2018).; siehe hierzu auch The Department of Expansion. Cultured beef: launch film. [http://departmentofexpansion.com/film/cultured-beef-launch-film/Post,Mark\(2013\).Meettheneatmeat](http://departmentofexpansion.com/film/cultured-beef-launch-film/Post,Mark(2013).Meettheneatmeat). <https://www.youtube.com/watch?v=ZExbQ8dkJvc> (letzter Abruf: 07.02.2018).

nologie (KIT), die technischen und gesellschaftlichen Aspekte von IVF zu erfassen. Mit der Leitung des Projekts war Dr. Arianna Ferrari befasst.¹³ Laut einer aktuellen Studie des ITAS zur Akzeptanz von IVF *„sieht die Mehrheit der Befragten im In-vitro-Fleisch eine von vielen möglichen Alternativen zur konventionellen Fleischproduktion. Gleichzeitig stößt In-vitro-Fleisch bei denjenigen auf Widerstand, die die Zukunft der Ernährung in einer Reduktion des Fleischkonsums und dem ökologischen Umbau der Landwirtschaft sehen. Gegen das Fleisch aus dem Labor sprechen auch die (...) mögliche weitere Entfremdung des Menschen vom Tier und die Gefahr einer Monopolisierung der In-vitro-Fleisch-Produktion.“*¹⁴

Ferrari/Lösch (2017) führen aus, Post beschreibe zwar den Vegetarismus als die für die Umwelt nachhaltigste Option, halte dies aber aufgrund der zentralen Bedeutung von Fleisch in der menschlichen Geschichte als nicht durchführbar.¹⁵

2. Herstellungsverfahren von In-vitro-Fleisch

Das Verfahren zur Produktion von IVF entspricht *„im Grunde dem Züchten von Gewebe zu medizinischen Zwecken, wie es sich etwa bei Hauttransplantationen bewährt hat. Zellen aus einem lebenden Tier werden zunächst vermehrt. In großen Bioreaktoren nutzen die Zellen eine Nährlösung, etwa aus Zucker und Mineralien sowie Sauerstoff, und wachsen zu Muskeln, Fett und anderem Gewebe heran.“*¹⁶ Das österreichische Bundesgesundheitsministerium beschreibt im Juli 2015 in seinem Bericht *„Neue Verfahren und Techniken bei der Lebensmittelherstellung und Lebensmittelversorgung. Bedeutung für Konsumentinnen und Konsumenten“* unter der Überschrift *„Tierische Zellkulturen – in vitro-Fleisch“* die Herstellung von IVF wie folgt:

„1. Stammzellen aus Embryos oder Muskelstammzellen aus dem Gewebe eines lebenden Tieres werden entnommen und in einer Nährlösung vermehrt (Zellvermehrung - Proliferation). Als Nährlösung dient Kälberserum. Da dieses sehr teuer ist und der Idee „Fleisch herzustellen, ohne Tiere zu schlachten“ widerspricht, wird nach alternativen Nährlösungen (z.B. Algenextrakte) gesucht.

2. Die Stammzellen müssen sich nun in Muskelzellen entwickeln. Wenn Muskelstammzellen verwendet werden, verläuft dies weitgehend automatisch, weil sie schon vordeterminiert sind.

3. Der schwierige Schritt ist nun, die Muskelzellen zu Muskelfasern und damit zu einer Fleischstruktur wachsen zu lassen. Das geschieht indem die vorgezüchteten Zellen in einem

13 Ferrari ist zu Beginn des Jahres 2018 ausgeschieden. http://www.itas.kit.edu/english/alumni_ferrari_arianna.php (letzter Abruf: 06.02.2018).

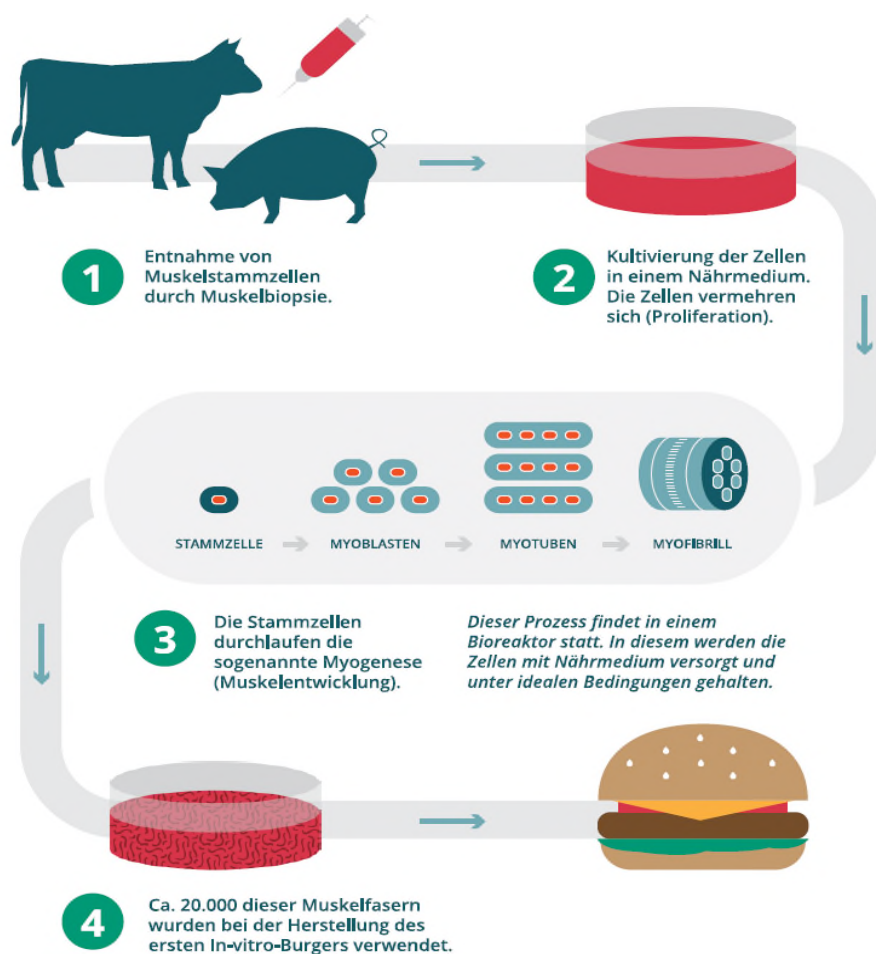
14 Presseerklärung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) *Schnitzel aus der Petrischale stößt auf Akzeptanz*. https://www.kit.edu/kit/pi_2017_131_schnitzel-aus-der-petrischale-stosst-auf-akzeptanz.php (letzter Abruf: 07.02.2018).

15 Ferrari, Arianna; Lösch, Andreas (2017). How Smart Grid Meets In Vitro Meat: on Visions as Socio-Epistemic Practices. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11569-017-0282-9> (letzter Abruf: 07.02.2018).

16 <https://albert-schweitzer-stiftung.de/aktuell/fleisch-aus-zellkulturen> (letzter Abruf: 07.02.2018).

Bioreaktor auf Trägerschichten verankert und weiter gezüchtet werden. Diese Träger sind beispielsweise Polymerstrukturen aus Kollagen oder Polysacchariden. Sie sollten möglichst porös sein, um eine Diffusion der in der umgebenden Nährlösung vorhandenen Inhaltsstoffe zu den Muskelzellen zu ermöglichen. Je mehr Zellschichten sich aber bilden, umso schwieriger wird diese Nachdiffusion. In der Natur wird dieses Problem durch die Bildung von Blutgefäßen im Fleisch gelöst. Um wirklich dickere Muskelstrukturen zu erhalten, müssten gleichzeitig mit dem Muskelwachstum auch Blutgefäße gebildet werden und mitwachsen.“¹⁷

Die nachfolgende Abbildung beschreibt das IVF-Verfahren und wurde der Broschüre „In-Vitro-Fleisch“¹⁸ des ITAS entnommen:



Quelle: Böhm et al. (2017).

17 https://www.bmgf.gv.at/cms/home/attachments/0/5/0/CH1176/CMS1435845259856/verfahren_lebensmittel_201510.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

18 Böhm, Inge; Ferrari, Arianna; Woll, Silvia (2017). In-vitro-Fleisch: Eine technische Vision zur Lösung der Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums? Karlsruhe: KIT 2017. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2017/boua17b.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).

Nachfolgend wird das von Post angewandte Verfahren näher beschrieben:

„In diesem Fall wurde eine Gewebeprobe aus einer Kuh verwendet. Das Gewebestück wurde in einzelne Muskelzellen getrennt und weiter gezüchtet. Die Zellen lagerten sich zu sogenannten Myotubes mit einer Länge von 0,3 mm aneinander. Diese Myotubes wiederum wurden um einen Gel-Zylinder herum zu Fäden bzw. Fasern angeordnet. Viele dieser Fasern ergaben im Endeffekt eine fleischähnliche Struktur. (...). Er bestand aus 20.000 solcher kleinen Fasern, die mit einem Bindemittel auf Stärkebasis zu einem Burger verklebt wurden. Das Gewicht betrug 140 g und seine Herstellung kostete 250.000 Euro.“¹⁹

Zur weiteren Erläuterung des Herstellungsverfahrens siehe auch das YouTube-Video *“Prof. Mark Post explains world’s first lab-grown burger process“* unter dem folgenden Link:

<https://www.youtube.com/watch?v=7JHBasU5eCk> (letzter Abruf: 07.02.2018).

3. Zur Herstellung von In-vitro-Fleisch benötigte Produkte und Stand der Forschung

Neben Zucker, Proteinen, Fetten und Aminosäuren wird ein Zellkulturmedium benötigt.

3.1. Zellkulturmedium

Wie bereits zuvor erwähnt, besteht ein bedeutendes ethisches Dilemma darin, dass ausgerechnet **fötales Kälberserum** ein wichtiger Bestandteil des Nährmediums für die Vermehrung von Rinderstammzellen ist. Auf den Seiten der Ärzte gegen Tierversuche e.V. wird der Gewinnungsprozess des Kälberserum etwa wie folgt beschrieben: Unmittelbar nach der Schlachtung werde der schwangeren Kuh der Fötus aus der Gebärmutter geschnitten. Dem noch lebenden Kalb werde mit einer Nadel aus dem noch schlagenden Herzen Blut abgesaugt, bis es blutleer sei. Pro Kalb werde ca. ein halber Liter Blut gewonnen.²⁰

Dieser Gewinnungsprozess - heißt es auf der Intranetseite der Maastricht Universität zum „cultured beef-Projekt“ - entspreche nicht ihren Tierschutzstandards und stelle zudem ein Krankheitsrisiko dar („obtaining serum from unborn calves is incompatible with our animal welfare standards and is a disease risk“²¹). Da das Nährmedium für Zellkulturen Wachstumsfaktoren enthält, die für die Vermehrung der Stammzellen unerlässlich sind, wird darauf hingewiesen, dass aus diesem Grund bereits der Druck bestehe, das Nährmedium zu ersetzen. Dort heißt es weiter:

„There is already pressure to replace it in cell culture for these reasons and also because of the risk of contamination if the foetus contained microbes or pathogens, or if the abattoir was

19 https://www.bmgf.gv.at/cms/home/attachments/0/5/0/CH1176/CMS1435845259856/verfahren_lebensmittel_201510.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

20 Vgl. <https://www.aerzte-gegen-tierversuche.de/de/neuigkeiten/2489-nahrung-fuer-zellkulturen> (letzter Abruf: 07.02.2018).

21 https://culturedbeef.org/sites/intranet.mumc.maastrichtuniversity.nl/files/culturedbeef_mumc_maastrichtuniversity_nl/frequently_asked_questions.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

*not sterile. Each type of stem cell requires specific sera to enable proliferation and differentiation. Media for turkey breast, goldfish, and porcine cells have been found, but these also contain animal derived substances such as chicken serum. Development of non-animal related substances that stimulate growth and differentiation while providing stem cells with necessary nutrients is a prerequisite to the use of in vitro meat as described.*²²

Nach Angaben der gemeinnützigen Organisation, New Harvest, die sich auf die Förderung der Produktion von tierfreien Fleisch- und Milchprodukten spezialisiert hat, wurde bereits eine Vielzahl anderer Quellen, wie z.B. Pflanzen und Mikroorganismen, für die Erstellung einer Nährlösung gefunden. Dennoch bleibe die Erstellung einer Nährlösung, die frei von teuren, nicht nachhaltigen und tierischen Nebenprodukten und für die Zucht von Fleisch geeignet sei, eine Herausforderung, aber in diesem Bereich forsche New Harvest aktiv.²³

3.2. Bioreaktor

Die Entwicklung der Muskelzellen findet in einem Bioreaktor statt:

„Im Bioreaktor wird die notwendige Umgebung für die Zellen geschaffen, damit die Zellen auf dem Trägermedium zu Muskelfasern differenzieren können. Für eine Herstellung von In-vitro-Fleisch. im größeren Maßstab ist die Entwicklung von Bioreaktoren mit ausreichender Kapazität erforderlich. Diese Bioreaktoren sollten zudem, um der erhofften Entlastung der Umwelt durch In-vitro-Fleisch nicht entgegenzuwirken, wenig Energie verbrauchen. Um den Energieaufwand zu optimieren, ist noch fraglich, ob viele kleine oder wenige und dafür große Bioreaktoren geeigneter sind. Des Weiteren spielen die Herstellungskosten eine entscheidende Rolle, damit In-vitro-Fleisch in Zukunft zu akzeptablen Preisen erzeugt und verkauft werden kann.“²⁴

3.3. Gerüst

Böhm et al. (2017) betonen, da Zellen in einer Zellkultur nur etwa 0,5 mm dick würden, sei es einfacher, verarbeitete Fleischprodukte wie Nuggets oder Frikadellen zu erzeugen als etwa ein Steak. Für Ersteres würden die kultivierten Zellen einfach zu größeren Zellverbänden zusammengepresst. Um die Zellen heranwachsen zu lassen, seien Gerüste notwendig, die die wachsenden

22 Williams, J. (2012). Meat derived from stem cells: how, what and why. <http://medlink-uk.net/wp-content/uploads/pathprojectsstemcells2012/WilliamsJ.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).

23 <http://www.new-harvest.org/faq/> (letzter Abruf: 07.02.2018).

24 Böhm, Inge; Ferrari, Arianna; Woll, Silvia (2017). In-vitro-Fleisch: Eine technische Vision zur Lösung der Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums? Karlsruhe: KIT 2017. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2017/boua17b.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).

Zellen tragen würden. Die Gerüste müssten aus einem geeigneten Material bestehen, das idealerweise essbar sei, damit es im Nachhinein nicht entfernt werden müsse.²⁵ Ohne Gitter werden größere Zellverbände zerdrückt und sterben ab, da sie bislang keine Gefäße für eine Durchblutung haben und kein Blut. Auf den Internetseiten von Future Food wird auf die Bedeutung des Materials zum Andocken für die Zellen hingewiesen. Dort wird Folgendes erklärt:

„Um dreidimensionale In-Vitro-Fleischprodukte zu erreichen, und um den Zellen etwas zu geben, worauf sie wachsen können, braucht man Gerüste. Ideal ist ein essbares Gerüst, das vom Endprodukt nicht entfernt werden muss. Wünschenswert ist, dass Änderungen von pH-Wert oder Temperatur eine große Volumsreaktion des Andock-Gerüsts verursachen, um die Zellen durch Bewegung zu „trainieren“, analog wie es im tierischen Muskel auch der Fall ist. Statt auf Gerüsten oder Schwämmen könnten die Zellen auch auf Membranen oder Kügelchen wachsen, die man dann aufeinander stapelt oder miteinander verbindet. Ausgangsstoffe für die Andockstrukturen für die Zellen sind z.B. Chitin, Collagen oder Alginate, wobei diese Materialien in unserem Anwendungsfall pflanzlich oder chemisch hergestellt werden müssen.“²⁶

3.4. Antibiotika

Böhm et al. (2017) konstatieren, ob der Einsatz von Antibiotika in Zellkulturen aufgegeben werden könne, bleibe offen.²⁷ Antibiotika wurden auch bei der Herstellung des ersten kultivierten Burgers verwendet, da Zellkulturen kein Immunsystem besitzen.²⁸ So heißt es auch bei Ferrari/Lösch (2017) wie folgt:

“Despite the fact that innovators insist on the avoidance of antibiotics for the mass production of IVM [In-vitro meat] and thus praise the sterile and safe conditions of a production in the lab, the burger presented in London was created using antibiotics.”²⁹

25 Böhm, Inge; Ferrari, Arianna; Woll, Silvia (2017). In-vitro-Fleisch: Eine technische Vision zur Lösung der Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums? Karlsruhe: KIT 2017. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2017/boua17b.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).

26 http://www.futurefood.org/in-vitro-meat/index_de.php (letzter Abruf: 07.02.2018).

27 Böhm, Inge; Ferrari, Arianna; Woll, Silvia (2017). In-vitro-Fleisch: Eine technische Vision zur Lösung der Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums? Karlsruhe: KIT 2017. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2017/boua17b.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).

28 Woll, Silvia; Böhm, Inge (2017). In-vitro meat: A solution for problems of meat production and meat consumption? In: Ernährungs Umschau International 1/2018. https://www.ernaehrungs-umschau.de/fileadmin/Ernaehrungs-Umschau/pdfs/pdf_2018/01_18/EU01_2018_Special_invitro_englisch.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

29 Ferrari, Arianna; Lösch, Andreas (2017). How Smart Grid Meets In Vitro Meat: on Visions as Socio-Epistemic Practices. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11569-017-0282-9> (letzter Abruf: 07.02.2018).

Lang et al. (2017) äußern, noch gebe es zahlreiche technische Hürden auf dem Weg zur wirtschaftlichen Massenproduktion von IVF.³⁰ So wird aktuell an einer energiearmen Stimulierung der Zellen gearbeitet: *“We have electrically stimulated [cells] in the past and it creates slightly better muscle fibers, but the energy requirements make the process very inefficient and not scalable. Although we are happy with the result of spontaneous contraction, we are still working on other ways to stimulate the muscle fibers that require less energy and resources.”*³¹ Auch an einer Kultivierung von Fettzellen für ein natürliches Geschmackserlebnis wird gearbeitet, aber das Züchten von Fettgewebe dauert einige Wochen länger als Muskelgewebe, (*“Growing fat tissue takes a couple of weeks longer than growing muscle tissue.”*)³²

Post erklärt, auch an der Farbe des IVF werde noch gearbeitet, es sehe noch blass aus, aber dies könne sich vielleicht ändern, wenn die Zellen genügend Myoglobin produzieren würden, das Muskelprotein, das das Blut rot färbt.³³ Zur Bedeutung von Myoglobin wird weiter ausgeführt, *“Myoglobin is also the source of heme-iron in meat and likely adds to its taste.”*³⁴

4. Im Sektor In-vitro-Fleisch tätige Unternehmen

Nach Angaben von Future Food beschäftigen sich derzeit insbesondere Unternehmen in den USA, den Niederlanden und Israel mit der Entwicklung von IVF.³⁵ Stephens et al. (2018) erläutern:

*„By 2016 several start-up companies became active, most notably Mark Post’s ‘Mosa Meats’, Nick Genovese’s ‘Memphis Meats’ (...), and New York based ‘Modern Meadow’, who produced some ‘steak chips’, but now focus upon cultured leather. The move to leather saw the emergence of the new umbrella terms ‘cellular agriculture’ and the ‘post-animal bioeconomy’ to bracket together cultured animal products also including milk and egg white.”*³⁶

30 Lang, C.; Daniel, H.; Birner, R.; Reich, M. (2017). Bioökonomie für eine nachhaltige Proteinversorgung – Zur Bedeutung tierischer Produkte und biobasierter Innovationen. August 2017 http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/Hintergrundpapier_zur_Proteinproblematik_final.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

31 https://culturedbeef.org/sites/intranet.mumc.maastrichtuniversity.nl/files/culturedbeef_mumc_maastrichtuniversity_nl/frequently_asked_questions.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

32 https://culturedbeef.org/sites/intranet.mumc.maastrichtuniversity.nl/files/culturedbeef_mumc_maastrichtuniversity_nl/frequently_asked_questions.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

33 Gekürzt, übersetzt und ggf. ergänzt. 20 June 2012. <http://webmagazine.maastrichtuniversity.nl/index.php/research/technology/item/271-the-need-for-meat> (letzter Abruf: 05.02.2018).

34 https://culturedbeef.org/sites/intranet.mumc.maastrichtuniversity.nl/files/culturedbeef_mumc_maastrichtuniversity_nl/frequently_asked_questions.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

35 http://www.futurefood.org/in-vitro-meat/index_de.php (letzter Abruf: 07.02.2018).

36 Stephens, Neil; King, Emma; Lyall, Catherine (2018). Blood, meat, and upscaling tissue engineering: promises, anticipated markets, and performativity in the biomedical and agri-food sectors. <http://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/15600/1/Fulltext.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).

4.1. Memphis Meats

Laut Böhm et al. (2017) wurde das US-amerikanische Start-up Memphis Meats³⁷ im Jahr 2015 gegründet. Im Februar 2016 präsentierte Memphis Meats bereits das erste In-vitro-Fleischbällchen, im März 2017 folgte das erste In-vitro-Geflügel. Memphis Meats wird von der gemeinnützigen Organisation The Good Food Institute unterstützt.³⁸

Neben dem US-Konzern Cargill und dem Fleischproduzenten Tyson gibt es eine Vielzahl an Kapitalgebern, die in Memphis Meats investieren (*“Memphis Meats Adds Tyson to Investor List With Cargill, Gates, Branson, Musk, more“*³⁹).

4.2. Mosa Meat

Böhm et al. (2017) erläutern, das an der Universität Maastricht angesiedelte Projekt Cultured Beef werde seit 2016 durch das von Mark Post und Peter Verstrate⁴⁰ gegründete Start-up Mosa Meat⁴¹ ergänzt. Mit Mosa Meat solle es einfacher gelingen, Gelder zu sammeln und die Forschung an In-vitro-Fleisch zu beschleunigen.⁴²

4.3. Modern Meadow

Ein weiteres Unternehmen, das von Böhm et al. (2017) vorgestellt wird, ist das von Gabor Forgacs und seinem Sohn gegründete Start-up Modern Meadow⁴³, das sich auf die umweltschonende Produktion von In-vitro-Leder spezialisiert hat.⁴⁴

37 <http://www.memphismeats.com/> (letzter Abruf: 06.02.2018).

38 <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2017/boua17b.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).

39 Cosgrove, Emma (2018). BREAKING UPDATE: Memphis Meats Adds Tyson to Investor List With Cargill, Gates, Branson, Musk, more. 29. Januar 2018. <https://agfundernews.com/memphis-meats-raises-17m-series-cargill-gates-branson-musk.html> (letzter Abruf: 07.02.2018).

40 Peter Verstrate “representative from a meat processing industry (Stegeman, represented by Peter Verstrate, the CEO of MosaMeat B.V.)” https://culturedbeef.org/sites/intranet.mumc.maastrichtuniversity.nl/files/culturedbeef_mumc_maastrichtuniversity_nl/frequently_asked_questions.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

41 <http://mosameat.eu/faq.html> (letzter Abruf: 06.02.2018).

42 Böhm, Inge; Ferrari, Arianna; Woll, Silvia (2017). In-vitro-Fleisch: Eine technische Vision zur Lösung der Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums? Karlsruhe: KIT 2017. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2017/boua17b.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).

43 <http://www.modernmeadow.com/> (letzter Abruf: 05.02.2018).

44 Böhm, Inge; Ferrari, Arianna; Woll, Silvia (2017). In-vitro-Fleisch: Eine technische Vision zur Lösung der Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums? Karlsruhe: KIT 2017. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2017/boua17b.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).

4.4. SuperMeat und Wiesenhof

Das israelische Start-up SuperMeat möchte „*durch den Einsatz regenerativer Technologien die Fleischindustrie revolutionieren und ein lokales Produktionsnetzwerk aufbauen*“ und „*wird unter anderem von der gemeinnützigen Organisation The Modern Agriculture Foundation aus Israel unterstützt.*“⁴⁵

Aktuell beteiligt sich auch die deutsche Firma Wiesenhof⁴⁶ am Start-up SuperMeat. In einem Interview im Januar 2018 äußerte sich Peter Wesjohann von der PHW-Gruppe ausführlich zur Beteiligung am Start-up SuperMeat.⁴⁷ Das Interview liegt als **ANLAGE 1** bei.

Nach Angaben der Albert-Schweitzer-Stiftung soll sich auch China mit einem 300 Millionen Dollar „Clean Tech“-Handelsabkommen die Option gesichert haben, IVF-Technologie aus Israel zu importieren.⁴⁸

In einem Interview beurteilt Dr. Arianna Ferrari - an der Bearbeitung der technischen und gesellschaftlichen Aspekte von IVF im Auftrag des BMBF beteiligte Wissenschaftlerin - den Zeitraumen von SuperMeat als sehr optimistisch.⁴⁹ Das gesamte Interview ist abzurufen unter <https://www.youtube.com/watch?v=qbUgvfs3ZQE> (letzter Abruf: 07.02.2018).

-
- 45 Böhme, Inge; Ferrari, Arianna; Woll, Silvia (2017). In-vitro-Fleisch: Eine technische Vision zur Lösung der Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums? Karlsruhe: KIT 2017. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2017/boua17b.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 46 Eine Tochtergesellschaft der PHW-Gruppe. <http://www.phw-gruppe.de/wiesenhof.html> (letzter Abruf: 06.02.2018).
- 47 Wesjohann, Peter (2018). "Das ist kein Kunstfleisch". Der Wiesenhof-Chef investiert in ein Start-up, das Geflügelzucht überflüssig machen will. Er plant, Fleisch aus der Biotechnologie auf den Markt zu bringen. Die Fragen stellte Christoph Kapalschinski. 23. Januar 2018. <http://www.handelsblatt.com/my/unternehmen/handel-konsumgueter/wiesenhof-chef-peter-wesjohann-das-ist-kein-kunstfleisch/20873058.html> (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 48 <https://albert-schweitzer-stiftung.de/aktuell/fleisch-aus-zellkulturen> (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 49 Fragen im Sputnik-Interview an Dr. Arianna Ferrari. *Retorten-Fleisch bald auf dem Tisch? „Die Einschätzungen von Supermeat sind sehr optimistisch.“* Hochgeladen am 15. Januar 2018. <https://soundcloud.com/sna-radio/retorten-fleisch-bald-auf-dem-tisch-die-einschaetzungen-von-supermeat-sind-sehr-optimistisch> (letzter Abruf: 07.02.2018).

4.5. Unternehmen in Japan

In Japan gibt es das Shojinmeat Project⁵⁰, eine gemeinnützige Organisation, die IVF „preiswert in einem industriellen Maßstab produzierbar machen möchte“⁵¹. Auch das japanische Unternehmen Integriculture Inc. hat sich auf die Produktion und Kommerzialisierung von IVF spezialisiert.⁵² Nach Medienangaben strebt das Unternehmen an, bis 2021 Gänsestopfleber kommerziell herzustellen (“*Lab-Made ‘Foie Gras’*”).⁵³

5. Gibt es umweltpolitische Bedenken bei Herstellung und Verbrauch von In-vitro-Fleisch?

Böhm et al. (2017) erläutern nachfolgend, warum sich eine sichere Aussage über die Umweltauswirkungen von IVF nicht sicher treffen lässt:

“Eine erste Studie zu den Umweltauswirkungen von In-vitro-Fleisch wurde 2011 von Tuomisto und Teixeira de Mattos veröffentlicht. Tuomisto veröffentlichte Folgestudien im Jahr 2014. Eine weitere Analyse wurde von Mattick und Kollegen im Jahr 2015 vorgelegt. Die Ergebnisse variieren, da es noch kein Produktionssystem im großen Maßstab gibt, auf das sich die Analyse beziehen könnte. So werden verschiedene Annahmen bezüglich der verwendeten Ressourcen und Prozesse getroffen. Eine sichere Aussage über Umweltauswirkungen lässt sich auf Grundlage dieser Studien also nicht treffen. Es lässt sich jedoch vermuten, dass die Herstellung von In-vitro-Fleisch zumindest im Vergleich zu Rindfleisch weniger Land und Wasser verbrauchen sowie eine geringere Emission von Treibhausgasen und Schadstoffen aufweisen könnte. Offen bleibt der Energiebedarf für den Betrieb von Bioreaktoren.“⁵⁴

Auch Lang et al. (2017) nehmen hierzu wie folgt Stellung:

„Schätzungen zufolge würde die Produktion von In-vitro Fleisch, verglichen mit der von Rindfleisch, etwa die Hälfte an Energie benötigen, also ähnlich viel wie die von Schaf-, Schweine-

50 <https://www.shojinmeat.com/home> (letzter Abruf: 07.02.2018).

51 Böhm, Inge; Ferrari, Arianna; Woll, Silvia (2017). In-vitro-Fleisch: Eine technische Vision zur Lösung der Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums? Karlsruhe: KIT 2017. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2017/boua17b.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).

52 Integriculture Inc. Clean meat initiative. <https://de.slideshare.net/YukiHanyu/integriculture-inc-clean-meat-initiative> (letzter Abruf: 07.02.2018).

53 Wan, L. 2017. “Lab-Made ‘Foie Gras’: Japan Firm Claims Product Could Be Commercially Viable by 2021.” Food Navigator Asia, November 1. <https://www.foodnavigatorasia.com/Article/2017/11/01/Lab-made-foie-gras-japan-firm-claims-product-could-be-commercially-viable-by2021> (letzter Abruf: 07.02.2018).

54 Böhm, Inge; Ferrari, Arianna; Woll, Silvia (2017). In-vitro-Fleisch: Eine technische Vision zur Lösung der Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums? Karlsruhe: KIT 2017. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2017/boua17b.pdf>; Ferrari, Arianna; Lösch, Andreas (2017). How Smart Grid Meets In Vitro Meat: on Visions as Socio-Epistemic Practices. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11569-017-0282-9> (letzter Abruf: 07.02.2018).

und Hühnerfleisch (...). Einsparungen erwartet man auch hinsichtlich der Nutzung von Fläche und Wasser sowie beim Ausstoß von Treibhausgasen. Ein zentrales Argument für diese Technologie ist allerdings das Umgehen der Tierhaltung und -schlachtung für die Fleischproduktion, also eine aus dem Tierschutz erwachsene Motivation.“⁵⁵

Ferrari (o.D.) betont den hypothetischen Charakter einer Aussage zu Umweltauswirkungen einer großangelegten IVF-Produktion:

„Im Vergleich zu traditionell produziertem Fleisch zeigt die Herstellung von In-vitro-Fleisch einen geringeren Wasser- und Bodenverbrauch und – vor allem was die Produktion von Rindfleisch betrifft – geringere CO₂-Ausstöße. Da bis jetzt keine großskalige (industrielle) Produktionsmethode für In-vitro-Fleisch existiert, basieren die Kalkulationen der Umweltauswirkungen auf hypothetischen Szenarien. Eine neue Studie hat außerdem gezeigt, dass die Vorteile von In-vitro-Fleisch unterschiedlich sein können, je nachdem mit welcher Art von Fleisch (zum Beispiel Rind-, Hühner- oder Schweinefleisch) verglichen wird.“⁵⁶

Mattick (2018) äußert sich in einer aktuellen Untersuchung zum vermutlichen Flächen- und Energieverbrauch von IVF:

„It stands to reason that cellular agriculture could be more efficient than livestock production because obtaining skeletal muscle tissue through in vitro processes does not require the growth of skin, internal organs, or other biological structures. This is an accurate assessment from the perspective of biotic energy (that is, agricultural feed): The more recent environmental study (...) suggests that cultured meat production could use agricultural inputs more efficiently than livestock, and this is why it requires less land. From the perspective of industrial energy, however, the opposite may be true: The study indicates that cellular agriculture requires more industrial energy than does livestock to produce equivalent quantities of meat. The reason is that all of the biological structures avoided in cellular agriculture play important roles in meat production. An animal’s skin regulates temperature; internal organs digest food, circulate nutrients, and distribute oxygen; and the immune system destroys pathogens. When meat is grown in a factory, all the same functions must still be accomplished, but at the expense of industrial energy. A bioreactor regulates temperature, food is predigested and fed to cells as simple sugars and amino acids, oxygen is pumped into the bioreactor, and all equipment is sterilized to prevent the growth of pathogens. Hence, a shift from livestock

55 Lang, C.; Daniel, H.; Birner, R.; Reich, M. (2017). Bioökonomie für eine nachhaltige Proteinversorgung – Zur Bedeutung tierischer Produkte und biobasierter Innovationen. August 2017 http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/Hintergrundpapier_zur_Proteinproblematik_final.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

56 Ferrari, A. (o.D.). Dr. Arianna Ferrari über Animal Enhancement, Alternativen zu Tierversuchen und In-vitro-Fleisch. <https://vebu.de/leben-lifestyle/interviews/dr-arianna-ferrari-ueber-animal-enhancement-alternativen-zu-tierversuchen-und-in-vitro-fleisch/> (letzter Abruf: 07.02.2018).

production to cellular agriculture could be a transition toward greater reliance on industrial energy.”⁵⁷

Alexander et al. (2017) stellen fest, dass die benötigte Menge an Nährstoffen und Energie für das Wachsen von IVF relativ gering sei, da nur Muskelgewebe entwickelt werde, ohne biologische Strukturen wie Atmungs-, Verdauungs- oder Nervensystem, Knochen oder Haut zu schaffen. Die Autoren führen hierzu allerdings weiter aus:

„Cell and tissue culture are currently not efficient processes in terms of energy, water and feedstock expenditure, and have been primarily employed in scientific and medical applications (...). The financial and sustainability advantages are also unclear as the reductions in some inputs may be offset by the extra costs of a stricter hygiene regime and other energy inputs (...).”⁵⁸

6. Aussagen zum Entwicklungspotenzial und zur vermutlichen Preisentwicklung

Herausforderungen für die kommerzielle Produktion von IVF sind neben der Ausweitung der Produktion vor allem technischer, finanzieller und organisatorischer Art, wie z.B. die rechtliche Bewertung und Zulassung von IVF („*getting regulatory approval. In the EU, cultured meat will be handled as a novel food for which one has to provide ample safety data - financing the start-up companies - developing cultured meat that, besides the cells, contains no other animal components.*”⁵⁹)

Ferrari/Lösch(2017) sehen weitere Herausforderungen, wie die „*quality control of mammalian cell/tissue cultures, maintaining sterility in the culture, prevention of contamination or disease and the controlled breeding of stem cell donor animals*” (...). *At the moment, the lack of animal components is not even granted (...).*⁶⁰ Die Autoren kritisieren, technische Schwierigkeiten (“*technical difficulties*”) oder Akzeptanzprobleme (“*problems of acceptance*”) würden von den IVF-Forschern gerne lediglich als Herausforderungen (“*challenges*”) oder mögliche Nachteile (“*possible disadvantages*”) beschrieben. Mögliche Gefahren für die Gesundheit von Mensch

57 Mattick, Carolyn S. (2018). Cellular agriculture: The coming revolution in food production. Bulletin of the Atomic Scientists, 74:1, 32-35, DOI: 10.1080/00963402.2017.1413059 <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00963402.2017.1413059> (letzter Abruf: 07.02.2018).

58 Alexander, Peter ;Brown, Calum; Arneith, Almut; Dias, Clare; Finnigan, John; Moran, Dominic; Rounsevell, Mark D.A. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? Science direct. https://ac.els-cdn.com/S2211912417300056/1-s2.0-S2211912417300056-main.pdf?_tid=7c7f8468-080c-11e8-af5b-00000aacb35e&ac-dnat=1517571216_e2e9d27431d742b4ee254d742897a442 (letzter Abruf: 07.02.2018).

59 https://culturedbeef.org/sites/intranet.mumc.maastrichtuniversity.nl/files/culturedbeef_mumc_maastrichtuniversity_nl/frequently_asked_questions.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

60 Ferrari, Arianna; Lösch, Andreas (2017). How Smart Grid Meets In Vitro Meat: on Visions as Socio-Epistemic Practices. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11569-017-0282-9> (letzter Abruf: 07.02.2018).

und Tier würden nicht offen diskutiert („*potential human or animal health threats are not openly discussed*“).⁶¹

Im Bericht des Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag wird festgestellt, nach Einschätzung von Experten sei die zukünftige Massentauglichkeit von IVF noch unklar und eine Marktfähigkeit des künstlichen Fleisches sei frühestens in 10 bis 20 Jahren zu erwarten.⁶²

Der aktuelle Bericht der National Academies of Science, Engineering and Medicine *“Preparing for Future Products of Biotechnology”*⁶³ erwartet allerdings für Produkte, die aus tierischen Zellen entstanden sind, wie z.B. IVF⁶⁴ Wachstumsraten und eine steigende Marktakzeptanz, da sie als nachhaltigere und tierversuchsfreie Produkte vermarktet werden.⁶⁵ Die Entwicklung der Produkte wird derzeit als *“under development”* und in einem *“early-stage concept”* eingestuft.

Laut Alexander et al. (2017) wird unter Berufung auf Peter Verstrate, dem Mitbegründer von Mosa Meat, die Produktion von IVF im kommerziellen Maßstab bis 2021 erwartet.⁶⁶

Die Albert-Schweitzer-Stiftung weist darauf hin, Post schätze, dass die Burger seines Unternehmens Mosa Meat im Jahr 2020 etwa 10 Dollar pro Stück kosten werden – und fünf Jahre später so viel wie der günstigste konventionelle Fleischburger auf dem Markt.⁶⁷ Siehe hierzu auch folgende Erläuterung auf der Intranetseite der Universität Maastricht:

“As production is not at scale yet, it is difficult to say. We expect the price to be in the 10 USD range per hamburger once the production is at scale, using the current technology. With

-
- 61 Ferrari, Arianna; Lösch, Andreas (2017). How Smart Grid Meets In Vitro Meat: on Visions as Socio-Epistemic Practices. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11569-017-0282-9> (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 62 <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/themenprofil/Themenkurzprofil-005.pdf> (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 63 The National Academies of Science, Engineering and Medicine (2017). Preparing for Future Products of Biotechnology (2017). Chapter: 2 Emerging Trends and Products of Biotechnology. <https://www.nap.edu/read/24605/chapter/4> (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 64 *“Animal cell culture–derived products (e.g., cowless leather and cowless meat)”*.
- 65 *“The committee expects to see growth in the number and market acceptance of such food products as they are being marketed as more sustainable and cruelty-free products.”* S. 54. <https://www.nap.edu/read/24605/chapter/4#54> (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 66 Alexander, Peter ;Brown, Calum; Arneth, Almut ;Dias, Clare; Finnigan, John; Moran, Dominic; Rounsevell, Mark D.A. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? Science direct. https://ac.els-cdn.com/S2211912417300056/1-s2.0-S2211912417300056-main.pdf?_tid=7c7f8468-080c-11e8-af5b-00000aacb35e&acdnat=1517571216_e2e9d27431d742b4ee254d742897a442 (letzter Abruf: 07.02.2018).
- 67 <https://albert-schweitzer-stiftung.de/aktuell/fleisch-aus-zellkulturen> (letzter Abruf: 07.02.2018).

improvements in the technology, which are already foreseeable, the price will come down further to competitive pricing with traditional beef. Eventually it may even become cheaper as less resources are required to culture beef than to produce it through livestock.”⁶⁸

Woll/Böhm (2017) schlussfolgern in ihrem Aufsatz *“In-vitro meat: A solution for problems of meat production and meat consumption?”*:

„Cultured meat appears to be an interesting alternative to conventional meat production. There are, however, many open questions, both regarding technical feasibility and ethical and social aspects – whether cultured meat can keep its promises remains doubtful. More basic research is necessary, not only of the production system, but also with regard to potentials and risks. Involvement of societal players and citizens will be absolutely necessary to create acceptance through transparency. In principle, the search for a sustainable alternative to meat production should focus not only on the technological innovation of cultured meat, but should also pursue other approaches, such as the reduction of meat consumption, abolishment of factory farming and the ecological conversion of agriculture, the support of plant-based alternatives and other protein sources (e.g. insects, algae) etc. The great challenge of a sustainable future food supply can only be met by pursuing various sustainable solutions that become truly effective only when combined. Cultured meat represents one of many possibilities for solving these problems.”⁶⁹

7. Literatur

Alexander, Peter ;Brown, Calum; Arneith, Almut ;Dias, Clare; Finnigan, John; Moran, Dominic; Rounsevell, Mark D.A. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? Science direct. https://ac.els-cdn.com/S2211912417300056/1-s2.0-S2211912417300056-main.pdf?_tid=7c7f8468-080c-11e8-af5b-00000aacb35e&acdnat=1517571216_e2e9d27431d742b4ee254d742897a442

68 https://culturedbeef.org/sites/intranet.mumc.maastrichtuniversity.nl/files/culturedbeef_mumc_maastrichtuniversity_nl/frequently_asked_questions.pdf (letzter Abruf: 07.02.2018).

69 Woll, Silvia; Böhm, Inge (2017). 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 (letzter Abruf: 07.02.2018).

-
- Bhat, Zuhaib Fayaz ; Fayaz, Hina (2010). Prospectus of cultured meat--advancing meat alternatives. In: *Journal of Food Science and Technology*, 48 (2011), Issue 2, pp 125-140. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs13197-010-0198-7.pdf>
- Böhm, Inge; Ferrari, Arianna; Woll, Silvia (2017). In-vitro-Fleisch: Eine technische Vision zur Lösung der Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums? Karlsruhe: KIT 2017. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMFT). <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2017/boua17b.pdf>
- Böhm, Inge (2016). Visionen von In-vitro-Fleisch : In-vitro-Fleisch als nachhaltige Lösung für die Probleme des Fleischkonsums? In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*. 25. Jg. Heft 1. April 2016. https://www.tatup-journal.de/downloads/2016/tatup161_boeh16a.pdf
- Datar, Betti (2010). Possibilities for an in vitro meat production system / Datar ; Betti. - In: *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11 (2010) 13-22 <http://diyhpl.us/~bryan/papers2/bio/Possibilities%20for%20an%20in%20vitro%20meat%20production%20system.pdf>
- Edelman, P.D.; McFarland, D.C.; Mironov, V.A.; Matheny, J.G. (2005). In vitro-cultured meat production. *Tissue Engineering*. Volume 11, 659-662. <https://pdfs.semanticscholar.org/78ff/3bbf009e2cef3903786c24251c743f1429c5.pdf>
- Ferrari, A. (2015). Visionen von In-vitro-Fleisch. Analyse der technischen und gesamtgesellschaftlichen. Aspekte und Visionen von In-vitro-Fleisch (VIF). 26.1. https://www.itas.kit.edu/projekte_ferr15_ivf.php
- Ferrari, A.; Lösch, A. (2017). How smart grid meets in vitro meat: on visions as socio-epistemic practices. In: *NanoEthics* (2017), S. 79-84. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11569-017-0282-9.pdf>
- Gahmann, H. (2015): Algen und In-vitro-Fleisch – Nestlé Deutschland AG. 7.9. www.nestle.de/zukunftsstudie/news/in-vitro-fleisch-und-algen (4.4.2016)
- Kim, E. 2016. A Closer Look at Cellular Agriculture and the Processes Defining It. *AgFunderNews*, July 5. <https://agfundernews.com/closer-look-cellular-agriculture-andthe-processes-defining-it.html>
- Mattick, Carolyn S. (2018). Cellular agriculture: The coming revolution in food production. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 74:1, 32-35, DOI: 10.1080/00963402.2017.1413059 <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00963402.2017.1413059>
- Post, Mark (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Science direct*.
- The National Academies of Science, Engineering and Medicine (2017). *Preparing for Future Products of Biotechnology* (2017). Chapter: 2 Emerging Trends and Products of Biotechnology. <https://www.nap.edu/read/24605/chapter/4>

Rorheim, A., Mannino, A., Baumann, T., and Caviola, L. (2016). Cultured Meat: A pragmatic solution to the problems posed by industrial animal farming. Policy paper by Sentience. *Politics* (1): 1–14.

Sharma, Shruti; Singh Thind, Sukhcharanjit; Kaur, Amarjeet (2015). In vitro meat production system: why and how? *Journal of Food Science and Technology*. December 2015. Volume 52. Issue 12, pp 7599–7607. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs13197-015-1972-3.pdf>

Specht, Liz; Lagally, Christie (2017). Mapping emerging industries: opportunities in clean meat. Last updated: June 6, 2017. <http://www.gfi.org/images/uploads/2017/06/Mapping-Emerging-Industries.pdf>

Tuomisto, H. L.; M. Joost Teixeira De Mattos (2011). Environmental Impacts of Cultured Meat Production. *Environmental Science & Technology* 45 (14): 6117–6123. <https://doi.org/10.1021/es200130u>

What if all our meat were grown in a lab? Could laboratory-grown meat be the answer to our environmental problems, and how would this impact on the EU agricultural sector? [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2018/614538/EPRS_ATA\(2018\)614538_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2018/614538/EPRS_ATA(2018)614538_EN.pdf)

Williams, J. (2012). Meat derived from stem cells: how, what and why. <http://medlink-uk.net/wp-content/uploads/pathprojectsstemcells2012/WilliamsJ.pdf>

Woll, Silvia; Böhm, Inge (2017). In-vitro meat: A solution for problems of meat production and meat consumption? In: *Ernaehrungs Umschau International* 1/2018. https://www.ernaehrungs-umschau.de/fileadmin/Ernaehrungs-Umschau/pdfs/pdf_2018/01_18/EU01_2018_Special_in-vitro_englisch.pdf

http://www.europarl.europa.eu/stoa/webdav/site/cms/shared/2_events/workshops/2013/20131204/Booklet_04-12-2013.pdf

<http://culturedmeatfoundation.org/en/ips-cells/>