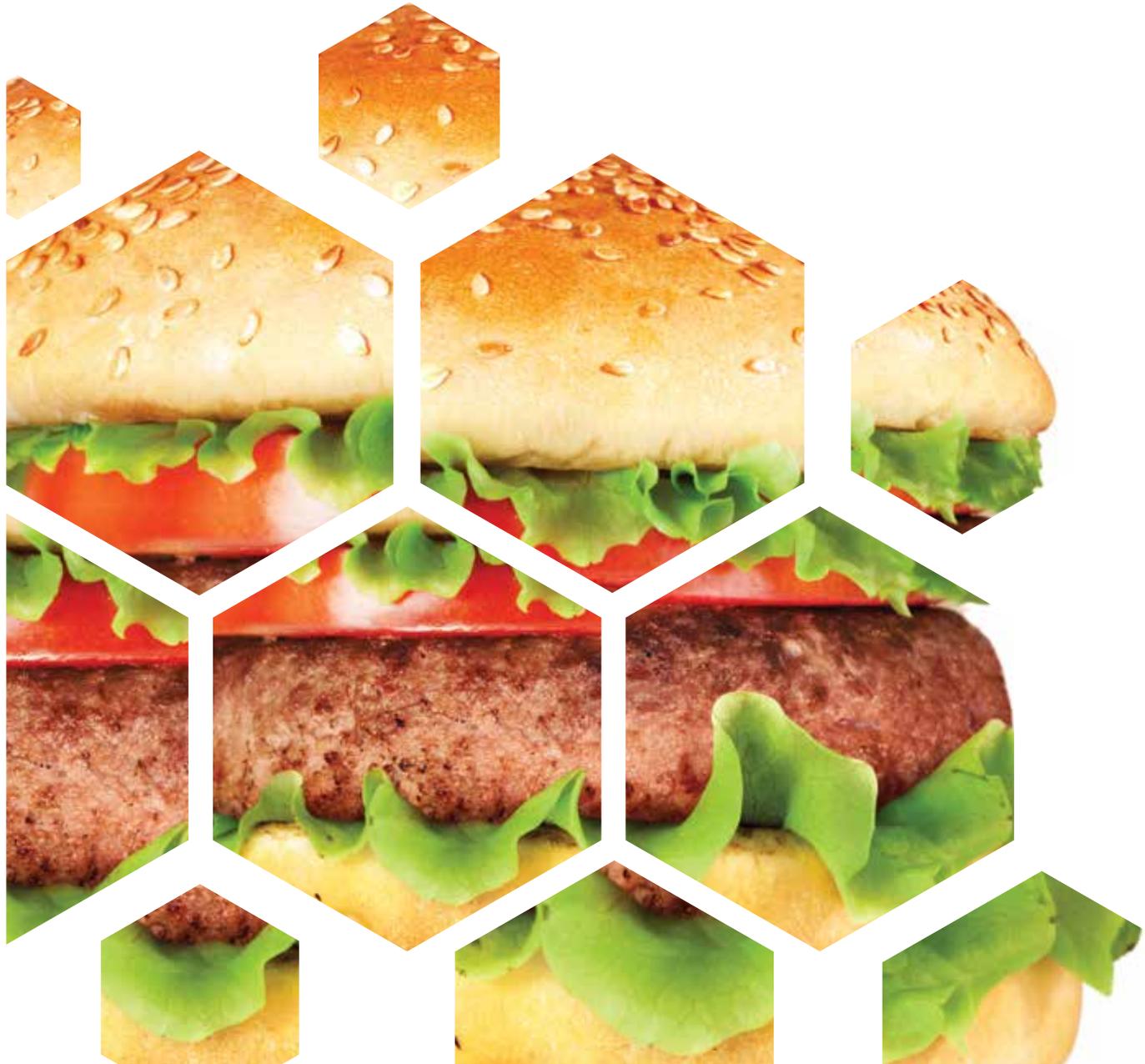


---

# IN-VITRO-FLEISCH

*Eine technische Vision zur Lösung der Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums?*

INGE BÖHM | ARIANNA FERRARI | SILVIA WOLL



# INHALTSVERZEICHNIS

Was ist In-vitro-Fleisch?.....	2
Stand der Forschung.....	4
Umwelt.....	6
Tier.....	8
Mensch.....	10
Experten- und Stakeholder-Interviews.....	12
Partizipation.....	14
Visionen.....	16
Akteure.....	18
Ausblick.....	19
Literaturverzeichnis.....	20

---

# VORWORT

Liebe Leserin, lieber Leser,

es ist mittlerweile wissenschaftlich nachgewiesen, dass die aktuelle Produktion und der Konsum von Fleisch erhebliche Probleme für die Umwelt, für die menschliche Gesundheit und für die Tiere verursachen. Durch die Produktion tierischer Lebensmittel gelangen ebenso viele Treibhausgase in die Atmosphäre wie beispielsweise durch den Autoverkehr — das entspricht in etwa 15% der gesamten Treibhausgasemissionen weltweit. Es gibt außerdem einen deutlichen Zusammenhang zwischen hohem Konsum von rotem und verarbeitetem Fleisch und Krankheiten wie Herzinfarkt und Darmkrebs. Auch Tiere leiden in ihren kurzen Leben in der industriellen Fleischproduktion: Sie werden unter krankmachenden Bedingungen gehalten (deswegen benötigen sie immer mehr Antibiotika) und am Ende werden sie getötet. In-vitro-Fleisch präsentiert sich als Innovation, die alle diese Aspekte neutralisieren kann: Sie verspricht eine Fleischproduktion, die nachhaltig, gesund sowie tierleidfrei ist und ohne die Tötung von Tieren auskommt. In-vitro-Fleisch fasziniert, weil es nicht den Verzicht auf Fleisch, sondern eine neue Fülle an Fleischprodukten und Genuss propagiert — und das (fast) ohne Nebenwirkungen.

In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt „Visionen von In-vitro-Fleisch — Analyse der technischen und gesamt-

gesellschaftlichen Aspekte und Visionen von In-vitro-Fleisch (VIF)“, aus dem diese Broschüre hervorgeht, haben wir die Versprechen von In-vitro-Fleisch unter die Lupe genommen. Neben einer Auseinandersetzung mit dem Stand der Forschung und der Entwicklung haben wir die ethischen und sozialen Aspekte dieser Innovation analysiert. Wir haben wichtige Interessenträger in Deutschland und Experten sowie ausgewählte Bürgerinnen und Bürger gefragt, wie sie sich eine Zukunft mit In-vitro-Fleisch vorstellen.

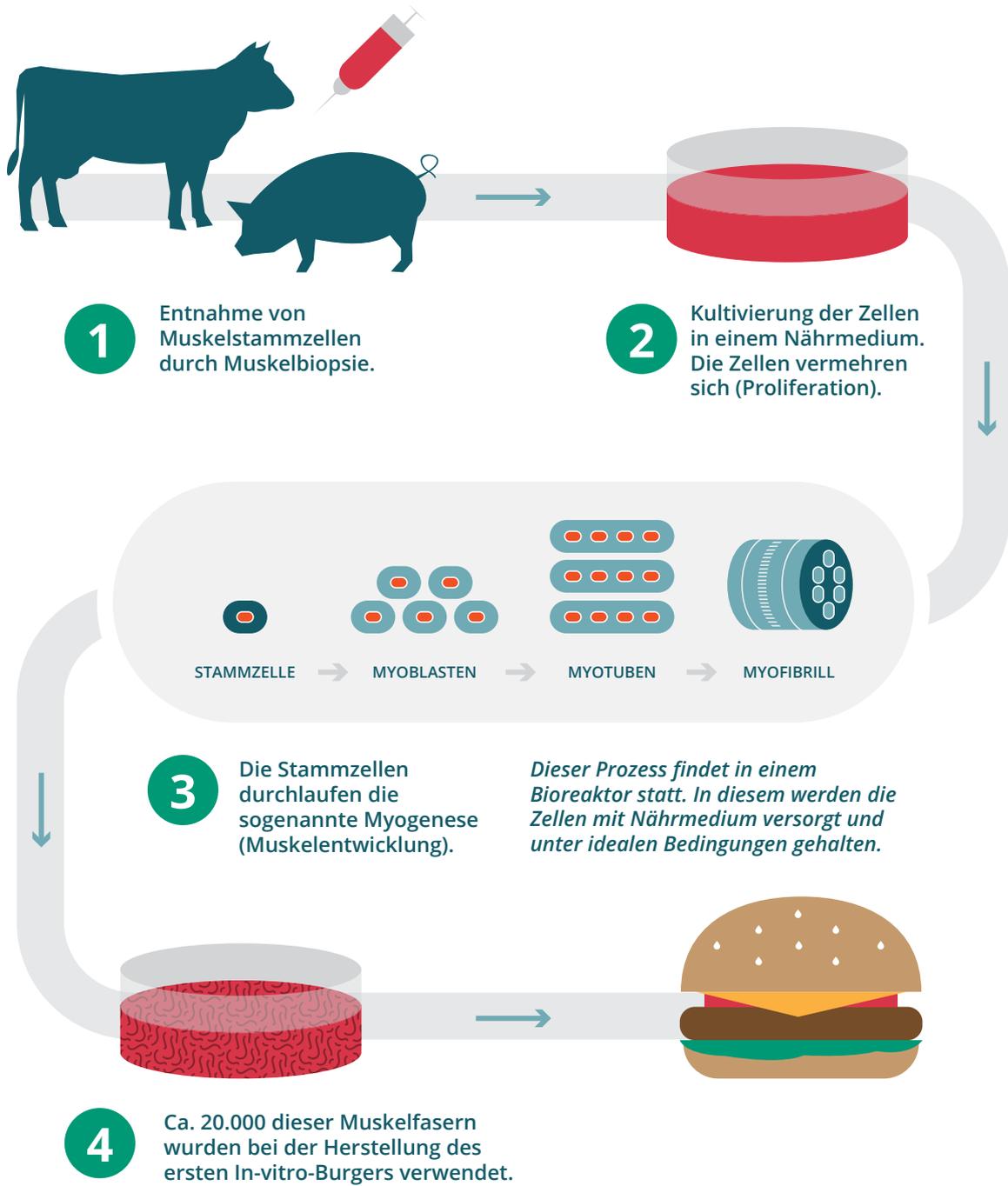
Mit dieser Broschüre möchten wir in einer leserfreundlichen Form die wichtigsten Ergebnisse unseres Projektes darstellen. Wir möchten Sie nicht nur über In-vitro-Fleisch informieren, sondern auch zum Nachdenken anregen. Wie kann unsere Ernährung in Zukunft aussehen? Können Sie sich vorstellen, dass wir uns mithilfe von In-vitro-Fleisch nachhaltiger und gesünder ernähren? Brauchen wir In-vitro-Fleisch? Kann eine technische Innovation unsere Beziehung zu den sogenannten Nutztieren grundsätzlich verändern?

Allen Leserinnen und Lesern wünsche ich eine inspirierende Lektüre.

ARIANNA FERRARI  
Projektleitung

**Wie kann unsere Ernährung  
in Zukunft aussehen?  
Brauchen wir In-vitro-Fleisch?**

# WAS IST IN-VITRO-FLEISCH?



## Das Fleisch, das wir essen, besteht zu einem großen Teil aus tierischem Muskelgewebe.

Dieses Muskelgewebe kann auch außerhalb des Körpers eines Tieres in einer Zellkultur hergestellt werden. Somit entfällt die Notwendigkeit, unter hohem Ressourcenaufwand ein ganzes Tier heranzuzüchten, um ein Stück Fleisch zu bekommen.

### WIESO IN-VITRO-FLEISCH?

Die aktuelle Fleischproduktion sowie der wachsende Fleischkonsum haben negative Auswirkungen auf die Umwelt, die menschliche Gesundheit und das Wohl der Tiere. Daher ist es erforderlich, Alternativen zur herkömmlichen Fleischproduktion und zum Fleischkonsum zu finden. In-vitro-Fleisch wird von denjenigen, die daran forschen oder diese Forschung unterstützen — den sogenannten Innovatoren —, als eine mögliche technologische Alternative präsentiert. Es sei umweltfreundlicher, tierfreundlicher, gesünder und sicherer — und daher besser für Mensch, Tier und Umwelt.

### DER HERSTELLUNGSPROZESS

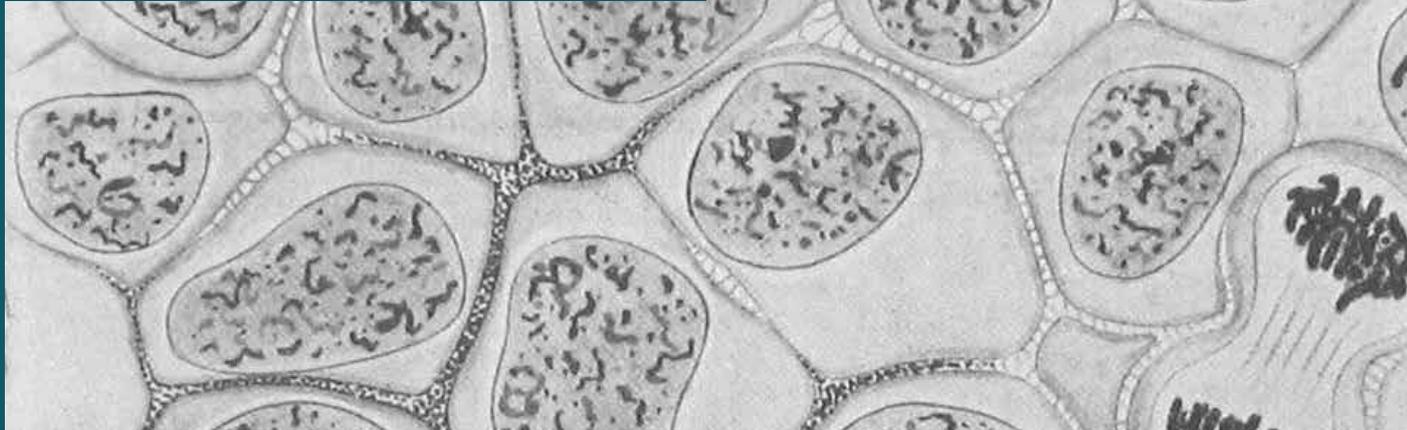
Tissue Engineering (*tissue* engl. für „Gewebe“) beschäftigt sich mit der künstlichen Herstellung biologischer Gewebe durch die gerichtete Kultivierung von Zellen. Es wird innerhalb der Forschung größtenteils in der regenerativen Medizin eingesetzt, die sich mit der Wiederherstellung von zerstörtem Gewebe bzw. funktionsgestörten Zellen und Organen befasst. Beim Tissue Engineering werden einem Spender-Organismus Zellen entnommen und im Labor *in vitro* (lat. für „im Glas“) vermehrt.

Tissue Engineering lässt sich auch zur Herstellung von In-vitro-Fleisch einsetzen. Durch eine Muskelbiopsie werden einem Tier Muskelstammzellen entnommen [1]. Diese Zellen werden in einem Nährmedium im Bioreaktor kultiviert und vermehren sich. Diesen Prozess der Vermehrung durch Zellteilung nennt man Proliferation [2]. Die Stammzellen bilden sich anschließend zu Muskelzellen (Myoblasten) aus. Diesen Prozess nennt man Differenzierung. Die mononuklearen Myoblasten wachsen zu multinuklearen Myotuben und bilden dann Myofibrillen bzw. Muskelfasern. Diesen Prozess nennt man Myogenese (Muskelentwicklung) [3]. Ca. 20.000 dieser kleinen Fasern wurden benötigt, um den ersten In-vitro-Burger aus Rinderstammzellen zu formen [4].

„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.“

WINSTON CHURCHILL,  
FIFTY YEARS HENCE, 1931

# STAND DER FORSCHUNG



**Im Jahr 2013 wurde von Mark Post und seinem Team an der Universität Maastricht der erste In-vitro-Burger aus Rinderstammzellen vorgestellt. Im Januar 2016 präsentierte das US-amerikanische Start-up Memphis Meats das erste In-vitro-Fleischbällchen.**

Auch wenn die Produktion von In-vitro-Fleisch möglich ist, gibt es bisher kein Verfahren, In-vitro-Fleisch im großen Maßstab herzustellen. Dies liegt vor allem daran, dass die grundlegenden Komponenten eines In-vitro-Fleisch-Produktionsverfahrens noch weiter erforscht werden müssen.

## ZELLEN

Zu Anfang steht die Frage, welche Zellen zur Herstellung von In-vitro-Fleisch verwendet werden. Ideal sind Muskelstammzellen, die sich möglichst häufig und schnell teilen können. Auf diese Weise müssen nur wenige Stammzellenentnahmen bei den Tieren durchgeführt werden, um viel Fleisch zu produzieren.

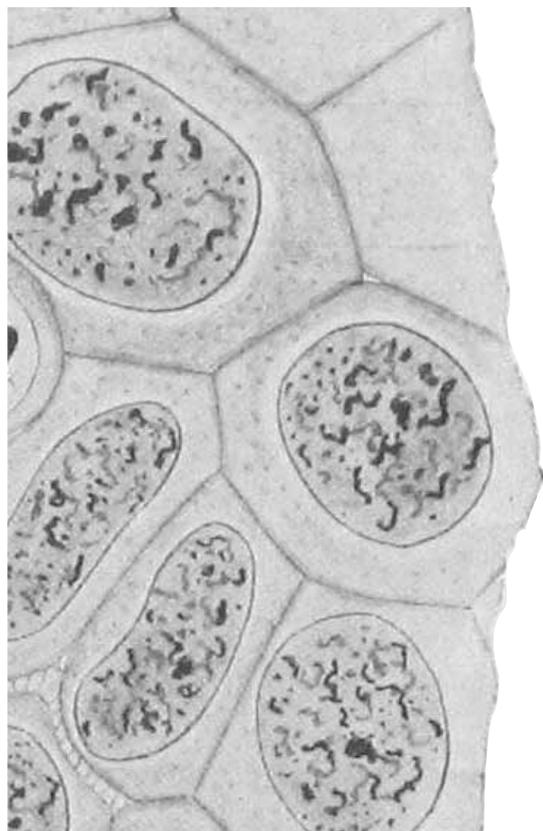
## NÄHRMEDIUM

Natürlich brauchen die Zellen zum Wachsen auch Nahrung. Diese bekommen sie über ein geeignetes Nährmedium. Momentan wird in der Regel noch fetales Kälberserum verwendet, da es sich gut als Nährmedium eignet. Jedoch hat es

mehrere Nachteile. Zum einen ist es sehr teuer, zum anderen ist der Prozess der Gewinnung von fetalem Kälberserum schmerzhaft für die Tiere. Daher wird an tierfreien Alternativen geforscht. Beispielsweise gibt es Ansätze, Nährmedien synthetisch aus Pilzen oder aus Hefezellen herzustellen. Aber auch diese alternativen Medien sind teuer und energieaufwendig in der Herstellung und eignen sich oft nicht für jede Zellart.

## BIOREAKTOREN

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



**Die Innovatoren von In-vitro-Fleisch sind jedoch optimistisch und sagen, dass die ersten Produkte in wenigen Jahren auf den Markt kommen können.**



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.

### **GERÜSTE**

Da Zellen in einer Zellkultur nur etwa 0,5 mm dick werden, ist es einfacher, verarbeitete Fleischprodukte wie Nuggets oder Frikadellen zu erzeugen als etwa ein Steak. Dazu werden die kultivierten Zellen einfach zu größeren Zellverbänden zusammengedrückt. Um die Zellen heranwachsen zu lassen, sind Gerüste notwendig, die die wachsenden Zellen tragen. Die Gerüste müssen aus einem

geeigneten Material bestehen, das idealerweise essbar ist, damit es im Nachhinein nicht entfernt werden muss. Als Trägerstrukturen kommen auch Schwämme, Membranen oder Kügelchen in Frage. Mögliche Stoffe für die Trägerstrukturen sind beispielsweise pflanzlich oder chemisch hergestelltes Chitin oder Collagen.

### **HERAUSFORDERUNGEN**

Ein Experte aus dem Bereich Tissue Engineering zweifelte in einem von uns geführten Interview an, dass die bestehenden Herausforderungen in nächster Zeit oder überhaupt lösbar sind. Die Innovatoren von In-vitro-Fleisch sind jedoch optimistisch und sagen, dass die ersten Produkte 2018 (Hampton Creek) bzw. 2021 (Memphis Meats, Mosa Meat) auf den Markt kommen können. So konnten beispielsweise die Produktionskosten für einen Hamburger vom Team um Mark Post im Jahr 2016 schon auf 11,36 Dollar gesenkt werden im Vergleich zu den Kosten des ersten In-vitro-Fleisch-Burgers, die bei rund 325.000 Dollar lagen.

# UMWELT

## Die aktuelle Fleischproduktion sowie der wachsende Fleischkonsum haben negative Auswirkungen auf die Umwelt.

In-vitro-Fleisch wird von den Innovatoren, also denjenigen, die an In-vitro-Fleisch forschen oder diese Forschung unterstützen, als umweltfreundliche Alternative zur herkömmlichen Fleischproduktion präsentiert. Wie hoch das umwelt-, klima- und ressourcenschonende Potenzial von In-vitro-Fleisch tatsächlich sein wird, bleibt zum jetzigen Zeitpunkt jedoch offen.

### DAS PROBLEM

In der wissenschaftlichen Gemeinschaft herrscht spätestens seit dem Bericht „Livestocks' Long Shadow“ (2006) der UN-Landwirtschaftsorganisation FAO ein wachsendes Bewusstsein für die negativen Umweltauswirkungen der Produktion tierischer Lebensmittel, insbesondere von Fleisch. Dazu zählen neben der Emission von Treibhausgasen und Schadstoffen auch der ineffiziente Einsatz natürlicher Ressourcen wie Land, Wasser und Energie. Treibhausgase entstehen unter anderem durch die Brandrodung von Tropenwäldern für Weideland und Futtermittelanbau, den Einsatz von Düngemitteln im Futtermittelanbau sowie durch den Verdauungsvorgang von Wiederkäuern. Schadstoffe geraten durch den Einsatz von Düngemitteln und die Austräge wie etwa Gülle in Boden und Wasser. Sie können schwerwiegende Folgen für das Ökosystem und die Gesundheit von Menschen haben. Darüber hinaus benötigt die Produktion

## Wachsendes Bewusstsein in der Wissenschaft für die negativen Umweltauswirkungen der Produktion tierischer Lebensmittel, insbesondere von Fleisch.

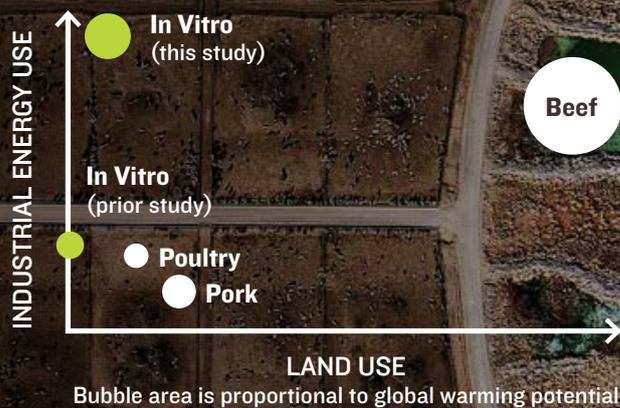
von Fleisch große Mengen an Wasser: Für ein Kilogramm Fleisch werden über 15.000 Liter Wasser benötigt, während die Produktion von einem Kilogramm Kartoffeln im Vergleich 255 Liter braucht. Der Energieverbrauch durch die Produktion und den Transport von Futtermitteln sowie für die Aufzucht und Verarbeitung der Tiere ist ebenfalls sehr hoch. Für die Produktion von Fleisch werden außerdem immense Landflächen für den Anbau von Futtermitteln und als Weideland benötigt.

## IN-VITRO-FLEISCH ALS UMWELT-FREUNDLICHE ALTERNATIVE?

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. Für die Produktion von Geflügel- und Schweinefleisch fällt der Vergleich weniger drastisch aus, da diese ohnehin

geringere Auswirkungen auf die Umwelt hat als die Rindfleischproduktion. Die Ergebnisse der Studien können als Anhaltspunkt dafür dienen, auf welche Aspekte man bei der Entwicklung von In-vitro-Fleisch achten sollte, um ein tatsächlich umweltfreundlicheres Produkt zu erhalten. Es müssen daher weitere wissenschaftliche Studien durchgeführt werden, um die möglichen Umweltauswirkungen der Produktion von In-vitro-Fleisch abschätzen zu können.

**Studie lässt vermuten, dass die Herstellung von In-vitro-Fleisch zumindest im Vergleich zur Rindfleischproduktion umweltfreundlicher ist.**





# TIER

## **In-vitro-Fleisch wird als tierfreundliche Alternative zur herkömmlichen Fleischproduktion präsentiert.**

In-vitro-Fleisch könnte zur Verbesserung der Tierhaltung, einer Reduktion von Tierleid oder gar dem Ende der Tötung von Tieren führen. Es ist bisher jedoch ungewiss, wie sich die Produktion von In-vitro-Fleisch im großen Maßstab auf das Leben der Tiere sowie die Mensch-Tier-Beziehung auswirken wird.

### **DAS PROBLEM**

Durch die zunehmende Technisierung der Fleischproduktion verstärken sich die ethischen Probleme bezüglich der (industriellen) Haltung und Tötung von Tieren. Tiere müssen leiden, damit wir Fleisch in den von uns gewünschten Mengen und zu einem geringen Preis essen können. Am Ende müssen alle Tiere sterben, um Fleisch zu werden.

**„Theoretically, a single farm animal may be used to produce the world’s meat supply.“**

**BHAT UND BHAT (2011), S. 2**

**Es ist durchaus vorstellbar, dass durch die verringerte Anzahl der Tiere eine industrielle Tierhaltung unnötig würde und sich daraus bessere Haltungsbedingungen für weniger Tiere ergäben.**

### **VISION EINER TIERLEIDFREIEN FLEISCHPRODUKTION**

Zu den tierethischen Vorteilen von In-vitro-Fleisch zählt die Reduktion der Zahl der Tiere, die für die Produktion von Fleisch benötigt werden. Es ist durchaus vorstellbar, dass durch die verringerte Anzahl der Tiere eine industrielle Tierhaltung unnötig würde und sich daraus bessere Haltungsbedingungen für weniger Tiere ergäben.

Ein weiteres Argument für In-vitro-Fleisch ist die Tatsache, dass für die Entnahme der Stammzellen keine Tiere getötet werden müssen. Jedoch ist unklar, wie schmerzhaft eine Muskelbiopsie tatsächlich ist und ob Tiere zwar am Leben bleiben, aber dauerhaft gequält würden. Darüber hinaus kommen bei der Entwicklung von Verfahren zur Herstellung von In-vitro-Fleisch bzw. bei Grundlagenforschung im Bereich der Zellkultivierung oder regenerativen Medizin Tierversuche zum Einsatz.

### **IN-VITRO-FLEISCH ALS TIERFREUNDLICHE ALTERNATIVE?**

Das prophezeite Ende des Tierleids ist auch aufgrund der Verwendung tierischer Produkte bei der Herstellung, vor allem des fetalen Kälberserums, (noch) nicht realisierbar. Neben den Stammzellen und dem fetalen Kälberserum enthalten unter anderem auch Wachstumsfaktoren

und die Materialien für Gerüste tierische Komponenten. Die Innovatoren sind bestrebt, das fetale Kälberserum durch Alternativen (unter anderem aus Algen oder Hefen) zu ersetzen. Es bleibt weiterhin offen, wie Tiere als Stammzellenlieferanten in Zukunft leben würden.

Vertreter der Critical Animal Studies, einem interdisziplinären Forschungsgebiet mit dem Ziel der ethischen Reflexion der Mensch-Tier-Beziehung, äußern die Bedenken, dass In-vitro-Fleisch die zentrale Rolle von Fleisch in der menschlichen Ernährung stärken wird. Eine wichtige Eigenschaft des ethischen Veganismus — die soziale Störung — ginge verloren. Veganismus richtet sich gegen das Fleischparadigma: die gesellschaftliche Selbstverständlichkeit und Normalität, Fleisch zu konsumieren. Veganismus ist somit Ausdruck des Unbehagens gegenüber tierischen Produkten. Dieses Unbehagen kann ein Motor für radikale Veränderungen sein. Durch die Aufhebung dieser Störung durch die Einführung von In-vitro-Fleisch bleibt das Fleischparadigma erhalten. Tiere würden dann auch weiterhin ausgebeutet werden und nur als Mittel zum Zweck existieren.

# MENSCH



**In-vitro-Fleisch könnte durch eine optimierte Zusammensetzung und den kontrollierten Herstellungsprozess gesünder und sicherer sein als herkömmliches Fleisch.**

Bisher liegen jedoch noch keine Studien zu gesundheitlichen Aspekten von In-vitro-Fleisch vor. Bevor In-vitro-Fleisch auf den Markt kommen kann, muss aber zuerst nachgewiesen werden, dass es gesundheitlich unbedenklich ist.

## DAS PROBLEM

In den letzten Jahren stellen immer mehr Studien einen Zusammenhang zwischen übermäßigem Fleischkonsum und Übergewicht, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Bluthochdruck oder Diabetes Typ 2 her. Im Oktober 2015 wurde eine Studie der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) veröffentlicht, die verarbeitetes Fleisch (z.B. Hackfleisch) als krebserregend und rotes Fleisch (Rind, Kalb, Schwein, Schaf, Lamm, Ziege) als wahrscheinlich krebserregend einstuft.

## GESUNDES DESIGNER-FLEISCH?

Das Verfahren zur Herstellung von In-vitro-Fleisch bietet die Möglichkeit, ein angepasstes Nahrungsmittel unter kontrollierbaren Laborbedingungen zu produzieren. So könnte zum Beispiel durch die Reduktion des Fettgehaltes ein vermeintlich gesünderes Produkt hergestellt werden. Darüber hinaus könnte das Fleisch mit zusätzlichen Nährstoffen wie etwa Vitaminen oder Omega-3-Fettsäuren angereichert werden, die einen positiven Effekt auf die Gesundheit haben sollen. Der gesundheitliche Mehrwert von Lebensmitteln mit zugesetzten

Nährstoffen konnte jedoch bei bereits existierenden Lebensmitteln wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden.

Grundsätzlich muss vor dem Verkauf des ersten Produktes aus In-vitro-Fleisch nach der Novel Food-Verordnung der EU der Nachweis erbracht werden, „dass das Novel Food keine Gefahr für den Verbraucher darstellt, keine Irreführung des Verbrauchers bewirkt und sich von Lebensmitteln oder -zutaten, die sie ersetzen sollen, nicht so unterscheidet, dass sein normaler Verzehr Ernährungsmängel mit sich brächte“ (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit).

### IN-VITRO-FLEISCH ALS GESUNDE UND SICHERE ALTERNATIVE?

In-vitro-Fleisch wird als gesünderes Fleisch dargestellt, weil es im Labor unter kontrollierten Bedingungen produziert wird. Da beim Herstellungsprozess kein direkter Kontakt mit Tieren bestünde, könnte die Gefahr von Zoonosen, also von Krankheiten, die sowohl vom Tier auf den Menschen als auch vom Menschen auf das Tier übertragen werden können (z.B. BSE), reduziert werden. Jedoch können fetales Kälberserum und andere tierische Komponenten ansteckende Krankheiten enthalten. Eine nicht-tierische Alternative sollte daher gefunden werden. Ob der Einsatz von Antibiotika, der bei der herkömmlichen Fleischproduktion zur Ausbildung resistenter Krankheitserreger führen kann, in Zellkulturen aufgegeben werden kann, bleibt offen.

Darüber hinaus ist unklar, ob die durch übermäßigen Fleischkonsum verursachten gesundheitlichen Probleme durch In-vitro-Fleisch gelöst werden können. Möglicherweise würden sich durch einen hohen Konsum von In-vitro-Fleisch ähnliche gesundheitliche Risiken ergeben. Bisher konnten dazu noch keine Studien durchgeführt werden.

## In-vitro-Fleisch wird als gesünderes Fleisch dargestellt, weil es im Labor unter kontrollierten Bedingungen produziert wird.



**Es ist unklar, ob die durch übermäßigen Fleischkonsum verursachten gesundheitlichen Probleme durch In-vitro-Fleisch gelöst werden können.**

# EXPERTEN- UND STAKEHOLDER-INTERVIEWS

**W**as denken Experten und Stakeholder aus Wissenschaft, Gesellschaft und Politik zum Thema In-vitro-Fleisch? Wie reagieren sie auf die Argumentation der Innovatoren, die In-vitro-Fleisch als realistische und nachhaltige Lösung für die bestehenden Probleme darstellen?

Zur Einbindung von Expertinnen und Experten sowie Stakeholdern aus unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen wurden zwölf leitfadengestützte Interviews durchgeführt.

„In-vitro-Fleisch hätte den Vorteil, dass man tatsächliches Tierfleisch produzieren könnte, und zwar eine gesündere, ökologischere und ethisch vertretbarere Version davon. (...) In-vitro-Fleisch hat den Vorteil, dass es das Original von den Tieren verbessert — ein verbessertes Original.“

LEBENSMITTELTECHNOLOGE

„Ich denke, In-vitro-Fleisch wird eine Übergangslösung sein. Konsumenten müssen sich die Frage stellen: Muss ich unbedingt Tiere töten, um Fleisch essen zu können. Die Antwort ist nein. Die Aufgabe von In-vitro-Fleisch wird sein, das zu erreichen und den Konsum von herkömmlichem Fleisch zu senken. Menschen werden dann sehen, dass pflanzliche Alternativen besser sind als In-vitro-Fleisch.“

VERTRETER EINER TIERRECHTSORGANISATION

Die Vision der Innovatoren einer besseren Welt mit In-vitro-Fleisch wurde von einigen Interviewpartnern geteilt. Manche denken, dass In-vitro-Fleisch ein verbessertes Original ohne die negativen Auswirkungen sein könnte. Andere denken, dass es einen Schritt hin zu einer Gesellschaft ohne Tierausbeutung sein könnte, da In-vitro-Fleisch die Reflexion über Fleischkonsum anregt. In-vitro-Fleisch sollte also aus pragmatischen Gründen unterstützt werden.

Die Vision der Innovatoren von In-vitro-Fleisch wird jedoch von den meisten Interviewpartnern in Frage gestellt: Sie stellen andere, vorzuziehende Lösungsansätze für die Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums vor, die sie auch als realistischer erachten. Sie sind sehr skeptisch, ob In-vitro-Fleisch seine Versprechen halten wird.

**„Das ist der Weg, den wir gehen: überwiegend pflanzlich. Und dann geht es wieder zum Sonntagsbraten (...) zurück.“**

**VERTRETER EINES ÖKOLOGISCHEN ANBAUVERBANDS**

In-vitro-Fleisch könnte die Möglichkeit bieten, die Landwirtschaft neu zu gestalten und wiederzubeleben, denkt ein In-vitro-Fleisch-Forscher. Gerade Bauern mit kleineren Betrieben, die ökonomisch zu sehr unter Druck stehen, könnten durch In-vitro-Fleisch wieder wettbewerbsfähig werden. Dies könnte zu mehr Respekt und Wertschätzung gegenüber Bauern, Tieren und Landwirtschaft im Allgemeinen führen und so die industrielle Tierhaltung zurückdrängen. Dabei sei es entscheidend, mit den Bauern in Dialog zu treten und sie mit diesen neuen Ideen vertraut zu machen.

Vertreter von Umweltorganisationen, ökologischen Anbauverbänden sowie der Politik halten die Reduktion des Fleischkonsums sowie Fleisch aus ökologischem Landbau mit Tieren für die beste Lösung. Der Lösungsansatz steht im Widerspruch zu der Argumentation der Innovatoren, die davon ausgehen, dass der Fleischkonsum weiter steigen und die Reduktion nicht realisierbar sein wird, da Menschen Fleisch zu sehr lieben.

Letztendlich jedoch sind sich alle Interviewpartner einig, dass eine Vielfalt von Lösungen erforderlich ist, ob das nun pflanzenbasierte Ernährung, Insekten, Algen, weniger Fleisch oder eben In-vitro-Fleisch ist.

**„I think the biggest thing cultured meat could do is to reshape the agricultural system. (...) Hopefully, revitalise agriculture.“**

**IN-VITRO-FLEISCH-FORSCHER**

**„Insgesamt würde die In-vitro-Fleisch-Produktion die ohnehin schon fortschreitende Entfremdung des Konsumenten von der tierischen Produktion weiter beschleunigen. Es wäre ein weiterer Schritt der Industrialisierung und somit Entfremdung von der eigentlichen Agrarkultur. Dazu gehört natürlich auch die Tierhaltung.“**

**VERTRETER EINER UMWELTORGANISATION**

Ein Vertreter einer Umweltorganisation glaubt jedoch, dass In-vitro-Fleisch die Entfremdung von Konsumenten und Tierproduktion weiter vorantreiben würde. Die Fleischproduktion würde noch weiter industrialisiert werden und die eigentliche Agrarkultur gefährden. Der Vertreter eines ökologischen Anbauverbands hält die Idee von In-vitro-Fleisch für kontraproduktiv, da In-vitro-Fleisch den Konsum von Fleisch weiter ankurbeln könnte, weil er moralisch unbedenklich geworden ist und kein Grund mehr bestünde, über Fleischkonsum nachzudenken. Der Respekt für Fleisch und Tiere könnte somit verloren gehen.

# PARTIZIPATION



## Was denken deutsche Bürgerinnen und Bürger über In-vitro-Fleisch? Wie stellen sie sich eine Welt mit In-vitro-Fleisch und dessen Auswirkungen auf Umwelt, Tier und Mensch vor?

Zur Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern wurden zwei Fokusgruppen — eine Gruppendiskussion mit je zehn Teilnehmern — sowie eine Bürgerjury durchgeführt. Bei einer Bürgerjury diskutieren Expertinnen und Experten und Bürgerinnen und Bürger gemeinsam über ein festgelegtes Thema. Am Ende der Bürgerjury steht ein gemeinsames „Urteil“ zum diskutierten Thema. Die Bürgerjury wurde mit zwölf Bürgerinnen und Bürgern zwischen 18 und 25 Jahren und drei Experten umgesetzt. Fokusgruppen und Bürgerjury sind Methoden der qualitativen Sozialforschung.

„Nehmen wir an, es würde kein Tier leiden und die Stammzellenentnahme würde nicht wehtun und jedes Tier, das dafür erhalten musste, lebt auf einer grünen Weide, dann würde ich es sofort kaufen.“

TEILNEHMER EINER FOKUSGRUPPE

„Das würde das Tierleid ja auch nicht verringern, weil die würden ja dann auch wieder in Massentställen gehalten werden, dann halt nicht zum Melken und nicht zur Fleischproduktion, sondern dann zur Stammzellenproduktion.“

TEILNEHMER EINER FOKUSGRUPPE

Ein großes Anliegen war den Teilnehmenden beider Dialogformate der Einfluss von In-vitro-Fleisch auf das Tierwohl, die Umwelt und die Welternährung. Einige sahen in der Technologie eine potenzielle Verbesserung der Qualität der Tierhaltung, andere sahen in ihr jedoch die Gefahr, dass die Tiere durch die Stammzellenentnahme dauerhaft gequält werden könnten. Im Hinblick auf die Umwelt sahen viele Teilnehmende in In-vitro-Fleisch das Potenzial, den Ressourcenverbrauch zu reduzieren zu können. Gleichzeitig könnten Futtermittel eingespart und die frei gewordenen Ackerflächen für Nahrungsmittel genutzt werden. Jedoch wurde auch das Bedenken geäußert, die Innovation könnte zu einem noch höheren Fleischkonsum führen.

„Um den Klimawandel aufzuhalten ist eine Förderung von solchen Technologien einfach nicht die richtige Lösung, sondern die Förderung von pflanzlichen Alternativen und die Förderung des Umdenkens von Menschen.“

TEILNEHMER DER BÜRGERJURY

Ein Schwerpunkt lag auf dem Themenbereich Erziehung und Bildung. Ein Grundproblem sei das fehlende Bewusstsein der Verbraucher für die durch die Fleischproduktion verursachten Probleme. In-vitro-Fleisch könnte ein Denkanstoß sein, mit dem ein Bewusstsein für Tierleid und nachhaltiges Konsumverhalten geschaffen werden könnte.

Die Teilnehmenden der Bürgerjury waren sich darüber einig, dass eine Reduktion des Fleischkonsums sowie eine Förderung von pflanzlichen Alternativen und ökologischer Landwirtschaft die beste und einfachste Lösung darstellt. Insgesamt realistischer erscheint ihnen jedoch In-vitro-Fleisch.

Mit In-vitro-Fleisch könnten Ressourcen womöglich effizienter genutzt und dadurch globale Ernährungsprobleme angegangen werden. Zweifel äußerten die Teilnehmenden jedoch an medizinischen Folgen der Technologie sowie an einer möglichen weiteren Entfremdung vom Menschen und seiner Nahrung.

Der Staat solle Strategien zur Reduktion des Fleischkonsums entwickeln und gleichzeitig Alternativen fördern, so die Bürgerjury. In-vitro-Fleisch könnte eine Alternative sein, der Fokus sollte allerdings nicht auf dieser Technologie liegen.

„Wir sind uns eigentlich alle einig, dass sich was verändern muss, insofern, dass der Fleischkonsum reduziert werden muss und dass diese industrielle Haltung (...) abgeschafft werden sollte.“

TEILNEHMER DER BÜRGERJURY

„In-vitro-Fleisch ist nicht das Allheilmittel der Probleme, aber es ist ein Lösungsansatz, den man auf jeden Fall noch weiter verfolgen sollte.“

TEILNEHMER DER BÜRGERJURY



„Lösungsansatz, den man weiter verfolgen sollte“

# VISIONEN

In unserem Projekt haben wir untersucht, welche Visionen einer zukünftigen Gesellschaft mit der Technologie In-vitro-Fleisch einhergehen und wie diese Visionen unsere Gesellschaft, unser Denken und Verhalten verändern. Die Ergebnisse unseres Projektes konnten Sie auf den vorausgehenden Seiten begutachten. Auf dieser Seite möchten wir Ihnen nun einige bildhafte Visionen von In-vitro-Fleisch präsentieren.

1. „Southern Fried Chicken“ — Memphis Meats, USA 2017
2. „Bioreactors — Meat Cultivation Factory“ — Shojinmeat Project, JPN 2016
3. „Knitted Meat“ — The In Vitro Meat Cookbook, Next Nature Network, NL 2014
4. „Desktop Myoformer — Home Scale Meat Cultivator Vat“ — Shojinmeat Project, JPN 2016



3



4

# AKTEURE

2

Wer forscht an In-vitro-Fleisch? Wer unterstützt die Forschung und Entwicklung von In-vitro-Fleisch? Wir haben einen kleinen Überblick über einige Innovatoren von In-vitro-Fleisch für Sie zusammengestellt.

Hauptsächlich sind es Forschungsprojekte an Universitäten, gemeinnützige Nichtregierungsorganisationen (NGOs) oder durch entsprechende NGOs und Investoren geförderte Start-ups, die In-vitro-Fleisch weiterentwickeln und auf den Markt bringen wollen.

## CULTURED BEEF/MOSA MEAT <sup>2</sup> (MAASTRICHT, NIEDERLANDE)

Im Jahr 2013 präsentierten Mark Post und Kollegen von der Universität Maastricht den ersten In-vitro-Fleisch-Burger aus Rinderstammzellen auf einer Pressekonferenz in London. Das an der Universität Maastricht angesiedelte Projekt Cultured Beef wird seit 2016 durch das von Mark Post und Peter Verstrate gegründete Start-up Mosa Meat ergänzt. Mit Mosa Meat soll es einfacher gelingen, Gelder zu sammeln und die Forschung an In-vitro-Fleisch zu beschleunigen. **Weitere Informationen:** <https://culturedbeef.org>; <http://mosameat.eu>.

## MEMPHIS MEATS <sup>1</sup> (SAN FRANCISCO BAY AREA, USA)

Das US-amerikanische Start-up Memphis Meats wurde im Jahr 2015 gegründet und konnte bereits kleine Mengen In-vitro-Fleisch herstellen. Im Februar 2016 präsentierten sie das erste In-vitro-Fleischbällchen, im März 2017 folgte das erste In-vitro-Geflügel. Sie werden von der gemeinnützigen Organisation The Good Food Institute unterstützt. **Weitere Informationen:** <http://www.memphismeat.com>; <http://www.gfi.org>.



1

## MODERN MEADOW (NEW YORK, USA)

Das von Gabor Forgacs und seinem Sohn Andras Forgacs gegründete Start-up Modern Meadow hat sich auf die Produktion von In-vitro-Leder spezialisiert und möchte diese mit umweltschonenden Methoden umsetzen. Die zur Herstellung notwendige Grundlagenforschung kann auch für die Produktion von In-vitro-Fleisch genutzt werden.

**Weitere Informationen:** <http://www.modernmeadow.com>.

## NEW HARVEST (NEW YORK, USA)

New Harvest ist eine gemeinnützige Organisation, die sich auf die Förderung der Produktion von tierfreien Fleisch- und Milchprodukten spezialisiert hat. Ihre Vision ist eine Zukunft, in der industrielle Tierhaltung durch wissenschaftlichen und technologischen Fortschritt abgeschafft wurde.

**Weitere Informationen:** <http://www.new-harvest.org>.

## SHOJINMEAT PROJECT (TOKIO, JAPAN)

Shojinmeat Project ist eine gemeinnützige Organisation aus Japan, die In-vitro-Fleisch preiswert in einem industriellen Maßstab produzierbar machen sowie der Öffentlichkeit die Idee einer *cellular agriculture* näherbringen möchte — einer Landwirtschaft, die durch Züchtung von Zellen im Labor stattfindet.

**Weitere Informationen:** <https://www.shojinmeat.com>.



## SUPERMEAT (TEL AVIV, IRSIAEL)

SuperMeat ist ein israelisches Start-up, das durch den Einsatz regenerativer Technologien die Fleischindustrie revolutionieren und ein lokales Produktionsnetzwerk aufbauen möchte. Das Start-up wird unter anderem von der gemeinnützigen Organisation The Modern Agriculture Foundation aus Israel unterstützt.

**Weitere Informationen:** <http://supermeat.com>;

<https://www.futuremeat.org>.

Wir distanzieren uns an dieser Stelle ausdrücklich von den vorgestellten Projekten. Die Vorstellung dieser Projekte dient lediglich dem Überblick über die aktuell bestehende Forschung an und Entwicklung von In-vitro-Fleisch.



## AUSBLICK

In-vitro-Fleisch erscheint als interessante Alternative zur konventionellen Fleischproduktion. Jedoch gibt es viele offene Fragen, sowohl was die technische Realisierbarkeit als auch ethische und gesellschaftliche Aspekte betrifft. Hier ist weitere Forschung notwendig. In-vitro-Fleisch sollte außerdem im Kontext einer Vielfalt von möglichen Lösungen betrachtet werden. Die Politik ist hier gefordert, diese Lösungsansätze in einer Strategie für nachhaltige Ernährung zusammenzubringen.

### IN-VITRO-FLEISCH ALS INTERESSANTE ALTERNATIVE

Für die Mehrheit der in Experteninterviews und partizipativen Verfahren befragten Personen ist In-vitro-Fleisch eine interessante Alternative zur konventionellen Fleischproduktion. Es kann eine Teillösung zur nachhaltigen Umgestaltung der Ernährung sein, wenn bestimmte technische Hürden überwunden sowie soziale Aspekte berücksichtigt werden. Wichtig ist den Bürgerinnen und Bürgern allerdings, dass die Innovation in einen breiteren Diskurs über Probleme der heutigen Fleischproduktion und des Fleischkonsums eingebettet wird.

Gleichzeitig stößt In-vitro-Fleisch bei denjenigen auf Widerstand, die den Weg der zukünftigen Ernährung in einer Reduktion des Fleischkonsums und dem ökologischen Umbau der Landwirtschaft sehen. Kritikpunkte sind auch eine mögliche weitere Entfremdung des Menschen vom Tier sowie die Gefahr einer Monopolisierung der In-vitro-Fleisch-Produktion. Konsens herrscht über die Notwendigkeit, ökologische, soziale und ethische Probleme des Fleischkonsums zu thematisieren und über diese aufzuklären sowie an pflanzlichen Alternativen zu forschen. Darüber hinaus ist eine ethische Reflexion in der Gesellschaft über eine Zukunft mit In-vitro-Fleisch zentral, da sie viele Fragen über die heutige Ernährung, Mensch-Tier-Beziehung und die kulturelle Bedeutung von Fleisch aufwirft.

### STRATEGIEN FÜR EINE NACHHALTIGE PROTEINVERSORGUNG

Damit In-vitro-Fleisch halten kann, was es verspricht, ist weitere grundlegende Forschung nötig, nicht nur bezüglich des Produktionssystems, auch im Hinblick auf mögliche Potenziale und Risiken. Der Einbezug von gesellschaftlichen Akteuren sowie Bürgerinnen und Bürgern ist dabei unerlässlich. Grundsätzlich sollte der Fokus bei der Suche nach einer nachhaltigen Alternative zur Fleischproduktion jedoch nicht nur auf der technologischen Innovation In-

vitro-Fleisch liegen, sondern es sollten auch Ansätze verfolgt werden, wie etwa die Reduktion des Fleischkonsums, die Abschaffung industrieller Tierhaltung, der ökologische Umbau der Landwirtschaft sowie die Förderung von pflanzlichen Alternativen und anderen Proteinquellen (z.B. Insekten, Algen). Der großen Herausforderung einer zukunftsfähigen Ernährung lässt sich nur begegnen, wenn verschiedene Lösungsansätze verfolgt werden, die ihre Entfaltungskraft erst im Zusammenspiel erreichen. In-vitro-Fleisch stellt hierbei eine von vielen Möglichkeiten dar, bestehende Probleme zu lösen.

In-vitro-Fleisch könnte Teil einer vielfältigen Strategie für eine nachhaltigere Proteinversorgung sein und von daher Bestandteil der High-Tech-Strategie und der nationalen Politikstrategie Bioökonomie der Bundesregierung werden. Dafür sollte die Forschung an In-vitro-Fleisch zusätzlich von einer breiteren naturwissenschaftlichen sowie sozialwissenschaftlicher Forschung begleitet werden. Für alle in unserem Projekt befragten gesellschaftlichen Akteure ist es wichtig, dass die Politik Strategien entwickelt, um eine schnelle Reduktion des Fleischkonsums und die nachhaltige Umgestaltung der Landwirtschaft voranzutreiben sowie Forschung und Entwicklung pflanzenbasierter Alternativen zu fördern.



---

# LITERATURVERZEICHNIS

Bhat, Z.F. und H. Bhat (2011): Tissue Engineered Meat — Future Meat. In: Journal of Stored Products and Postharvest Research, 2(1), S. 1-10

Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: Novel-Food, URL: [https://www.bvl.bund.de/DE/01\\_Lebensmittel/04\\_AntragstellerUnternehmen/05\\_NovelFood/lm\\_novelFood\\_node.html](https://www.bvl.bund.de/DE/01_Lebensmittel/04_AntragstellerUnternehmen/05_NovelFood/lm_novelFood_node.html) [Zugriff am 19.09.2017]

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (2005): Functional Food — Forschung, Entwicklung und Verbraucherakzeptanz, Karlsruhe

Churchill, W. und S. Spurrier (1931): Fifty Years Hence. In: Strand Magazine, 82(492)

Cultured Beef: Frequently Asked Questions, URL: [https://culturedbeef.mumc.maastrichtuniversity.nl/sites/intranet.mumc.maastrichtuniversity.nl/files/culturedbeef\\_mumc\\_maastrichtuniversity\\_nl/frequently\\_asked\\_questions.pdf](https://culturedbeef.mumc.maastrichtuniversity.nl/sites/intranet.mumc.maastrichtuniversity.nl/files/culturedbeef_mumc_maastrichtuniversity_nl/frequently_asked_questions.pdf) [Zugriff am 09.10.2017]

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2006): Livestocks' Long Shadow. Environmental Issues and Options, URL: <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM> [Zugriff am 20.09.2017]

Garfield, Leanna (2017): Hampton Creek Says It's Making Lab-grown Meat That Will Be In Supermarkets by 2018. In: Business Insider vom 28.06.2017, URL: <http://www.businessinsider.de/hampton-creek-lab-grown-meat-2017-6> [Zugriff am 12.10.2017]

Harland J. und L. Garton (2016): An Update of the Evidence Relating to Plant-based Diets and Cardiovascular Disease, Type 2 Diabetes and Overweight. In: Nutrition Bulletin, 41(4), S. 323-338

Heinrich-Böll-Stiftung und BUND (2016): Fleischatlas 2016 — Deutschland Regional. Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel

Hocquette, J.-F. (2016): Is In Vitro Meat the Solution for the Future? In: Meat Science, 120, S. 167-176

International Agency for Research on Cancer (IARC) (2015): IARC Monographs Evaluate Consumption of Red Meat and Processed Meat. Press Release No. 240 vom 26.10.2015, URL: [https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2015/pdfs/pr240\\_E.pdf](https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2015/pdfs/pr240_E.pdf) [Zugriff am 20.09.2017]

Mattick, C., Landis, A., Allenby, B. und N. Genovese (2015): Anticipatory Life Cycle Analysis of In Vitro Biomass Cultivation for Cultured Meat Production in the United States. In: Environmental Science and Technology, 49, S. 11941-11949

Miller, J. (2012): In Vitro Meat: Power, Authenticity and Vegetarianism. In: Journal for Critical Animal Studies 10(4), S. 41-63

Post, M. (2014): Cultured Beef: Medical Technology to Produce Food. In: Journal of the Science of Food and Agriculture, 94(6), S. 1030-1041

Simonsen, R. (2015): Eating for the Future: Veganism and the Challenge of In Vitro Meat. In: Stapleton, P. und A. Byers (Hrsg.): Biopolitics and Utopia, S. 167-190

Tuomisto, H. und M.J. Teixeira de Mattos (2011): Environmental Impacts of Cultured Meat Production. In: Environmental Science and Technology, 45(14), S. 6117-6123

Tuomisto, H., Ellis, M. und P. Haastrup (2014): Environmental Impacts of Cultured Meat: Alternative Production Scenarios. In: Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2014), 8-10 October 2014, San Francisco, USA, S. 1360-1366

Umweltbundesamt (2015): Umwelt, Haushalte und Konsum. Daten zur Umwelt Ausgabe 2015, URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/daten\\_zur\\_umwelt\\_umwelt\\_haushalte\\_und\\_konsum\\_2.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/daten_zur_umwelt_umwelt_haushalte_und_konsum_2.pdf) [Zugriff am 20.09.2017]

# IMPRESSUM

## AUTORINNEN

Inge Böhm, Arianna Ferrari,  
Silvia Woll

*Mit freundlicher Unterstützung  
unserer studentischen Hilfskraft  
Marlene Faul.*

Institut für  
Technikfolgenabschätzung  
und Systemanalyse (ITAS)  
am Karlsruher Institut für  
Technologie

Karlstraße 11  
76133 Karlsruhe

Telefon: 0721 608-22501  
Fax: 0721 608-24806  
E-Mail: buero@itas.kit.edu

## REDAKTION

Inge Böhm

## FÖRDERUNG

Gefördert vom Bundesministerium  
für Bildung und Forschung (BMBF)

## LAYOUT UND GESTALTUNG

Opus Design UG, Neustadt an der  
Weinstraße, [www.opusdesign.de](http://www.opusdesign.de)

## BILDQUELLEN

André Weiss: S. 14 | Maastricht  
University: S. 18, Cover (hinten) |  
Marlene Faul: S. 15 | Memphis  
Meats: S. 18, Cover (hinten) |  
Mishka Henner — Tascosa  
Feedyard, Texas (detail): S. 7 |  
SuperMeat: S. 18 | Wikimedia/  
Ralf Reski, Universität Freiburg:  
S. 5 | Tabelle S. 7: Genehmigter  
Wiederabdruck (angepasst) von  
Mattick et al. 2015. © American  
Chemical Society

Karlsruhe, Oktober 2017

# EIN KURZER BLICK IN DIE GESCHICHTE

Winston Churchill in seinem Essay *Fifty Years Hence*:

„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.“

1931



1997

Erstes Patent auf ein Herstellungsverfahren für In-vitro-Fleisch des niederländischen Unternehmers und Forschers Willem van Eelen.

2002

Benjaminson und Kollegen stellen essbare Goldfisch-Explantate als Nahrungsmittel für Astronauten in den USA vor.

2005  
-  
2009

Die niederländische Regierung fördert die Forschung an In-vitro-Fleisch.

2011

Erste Studie zu Umweltauswirkungen von In-vitro-Fleisch von Hanna Tuomisto und M. Joost Teixeira de Mattos.

2013

Verkostung des ersten In-vitro-Beefburgers auf einer Pressekonferenz in London von Mark Post und Kollegen von der Universität Maastricht, NL.



2016

Erstes In-vitro-Fleischbällchen des US-amerikanischen Start-ups Memphis Meats wird präsentiert.

