



Kultiviertes Fleisch – Von der Stammzelle zum Burger

Ein Steak essen, ohne dafür ein Tier zu töten? Daran forscht die Wissenschaft weltweit: Aus Zellen züchten sie Steaks, Würste, Chicken-Nuggets und Burgerpatties, sogenanntes kultiviertes Fleisch. Der Baustein erklärt die Herstellung.

SACHINFORMATION

Im Jahr 2013 wurde der Öffentlichkeit der erste aus kultiviertem Fleisch hergestellte Rindfleisch-Burger präsentiert. Die Herstellung kostete damals noch mehr als 250.000 €. Seitdem forschen viele WissenschaftlerInnen daran, kultiviertes Fleisch möglichst preiswert und in großen Mengen herzustellen. Obgleich kultiviertes Fleisch auf dem europäischen Markt noch nicht erhältlich ist, ist dadurch in Zukunft eine große Veränderung des weltweiten Fleischmarkts denkbar.

DIE 4 HERSTELLUNGSSCHRITTE

Zum Herstellungsprozess von kultiviertem Fleisch gehören grob 4 Schritte (1. Zellentnahme, 2. Zellproliferation, 3. Zelldifferenzierung, 4. Weiterverarbeitung) und 4 Komponenten (1. Stammzellen, 2. Nährmedium, 3. Trägermaterialien,

LERNZIELE UND KOMPETENZEN

Fächer: Biologie, Geografie, Wirtschaft, Natur und Technik, Berufskunde, Deutsch, AG Umwelt

Die Schülerinnen und Schüler

- » erklären exemplarisch die wichtigsten Schritte zur Herstellung von kultiviertem Fleisch;
- » beschreiben nötige Komponenten;
- » erläutern die Eignung ausgewählter Stammzelltypen;
- » drehen ein Erklärvideo.

4. Bioreaktoren). Der Prozess startet mit der **Entnahme von Stammzellen** bei einem lebendigen oder frisch geschlachteten Tier, z. B. Rind, Schwein, Schaf, Huhn oder Fisch. Das geschieht per Biopsie und verursacht keine Schmerzen.

Diese Zellen werden im zweiten Schritt mithilfe eines Nährmediums, das verschiedene Nährstoffe für das Zellwachstum enthält, vermehrt. Dabei heften sich die Zellen an ein Trägermaterial an. Dieser Schritt wird **Zellproliferation** genannt und passiert in Zellkulturflaschen oder Wannenstapelkulturen (s. Abbildung). Nun folgt die **Differenzierung** der Zellen in einem Bioreaktor. Dort entsteht aus den unzähligen Muskelzellen ein Muskelgewebe. Das Gewebe allein ergibt aber noch kein Steak oder Würstchen, denn Fleisch besteht neben Muskeln auch aus Bindegewebe und Fett. Das erzeugte Muskelgewebe wird daher im vierten und letzten Schritt **weiterverarbeitet**, sodass z. B. ein Burgerpattie entsteht.

STAMMZELLEN – DIE QUAL DER WAHL

Bei jedem dieser Schritte stehen WissenschaftlerInnen noch vor ungeklärten

Fragen. Eine der wichtigsten Fragen ist die nach den idealen Zellen. Klar ist bereits: Für den Prozess sind Stammzellen nötig. Dies sind Körperzellen, die sich zu unterschiedlichen Zelltypen und Geweben ausdifferenzieren können, z. B. Muskel-, Fett- oder Nervenzellen. Weitere Details zu den eingesetzten Stammzellen s. Arbeitsblatt 1.

NÄHRMEDIEN – VERSORGUNG MIT NÄHRSTOFFEN

Je nach Art von Stammzellen braucht es das passende Nährmedium. Dieses enthält alle notwendigen Nährstoffe wie anorganische Salze, Aminosäuren, Kohlenhydrate, Vitamine, Proteine, Lipide und Fettsäuren. Als Zusatz wird aktuell oft Blutserum von ungeborenen Kälbern verwendet, wofür das Kalb und die trächtige Kuh sterben müssen. Neben ethischen Bedenken zu diesem Vorgehen schwankt die Qualität der so gewonnenen Seren. Sie können Viren oder Endotoxine enthalten. Andererseits liefern sie Wachstumsfaktoren, Cytokine und Hormone, die das Wachstum der Zellen optimal fördern, sowie Hunderte Proteine und Tausende Stoffwechselprodukte. Die komplexe Zusammensetzung von Kälberserum zu erforschen und biochemisch nachzuahmen, sodass hierfür künftig kein Fötus getötet werden muss, ist extrem schwierig, zeitaufwendig und besonders teuer.

Außerdem benötigen die Stammzellen abhängig vom Herstellungsschritt ein anderes Nährmedium, da die Stoffwechselaktivität im Herstellungsprozess von der Energie- und Nährstoffnutzung zur hoch spezialisierten Proteinproduktion übergeht. Aber es gibt bereits erste tierfreie, vegane Serumalternativen. Hierfür werden u. a. Hefen, Pilze, Mikroorganismen und Bakterien verwendet.

TRÄGERMATERIALIEN – MIKROPERLEN UND MASCHENNETZE

Zusätzlich brauchen die Zellen zur Vermehrung und Differenzierung einen festen Untergrund, beispielsweise sogenannte Träger- oder Gerüststrukturen. Damit die Nährstoffe die Zellen gut erreichen, soll die Oberfläche der Träger möglichst groß sein. Die Zellen sollten sich darauf bewegen können, damit sie optimal wachsen und sich differenzieren.

Aktuell kommen z. B. Microcarrier-Perlen, Maschennetze, Hydrogele, große elastische Platten oder dünne Filamente zum Einsatz (s. Abbildung). Für Trägergerüste tierischer Herkunft, z. B. aus Kollagen, wären noch Nutztiere erforderlich, daher werden diese vermieden. Vielversprechender sind essbare Ma-

terialien aus nicht-tierischen Quellen. Hersteller nutzen bspw. Stärke, Chitin/Chitosan, Alginate, Agarose und Hyaluronsäure. Diese bleiben nach der Produktion an den Muskelfasern und können mit verarbeitet werden. Das erspart Mehraufwand und verhindert Schäden am Muskelgewebe.

BIOREAKTOREN – VON ZELLKULTURFLASCHEN ZU EDELSTAHLTANKS

Stammzellen, Trägermaterial und Nährmedium werden zuerst in kleinen Systemen zusammengebracht, z. B. in Zellkulturflaschen. Danach folgt eine schrittweise Vergrößerung über Wannenstapel-Systeme bis hin zur Größe eines Bioreaktors, der bis zu 250.000 Liter fasst. In diesem abgeschlossenen System lassen sich Temperatur, pH-Wert, Nährstoffversorgung und Sauerstoffzufuhr exakt kontrollieren, sodass sich die Zellen optimal differenzieren und vermehren. Es gibt mehrere Arten von Bioreaktoren. Für die industrielle Produktion von kultiviertem Fleisch scheinen Rührkesselbioreaktoren aktuell am vielversprechendsten.

WissenschaftlerInnen forschen intensiv an der optimalen Kombination aus Zelltyp, Nährmedium, Träger und Bioreaktor – mit Erfolg: Erste Hersteller produzierten bereits Würstchen und Burgerpatties, allerdings sehr teuer.

In Singapur ist der Verkauf von kultiviertem Fleisch sogar schon erlaubt, die Zulassung für den europäischen Markt steht noch aus.



METHODISCH-DIDAKTISCHE ANREGUNGEN

Zu Beginn der Unterrichtssequenz wird empfohlen, die Vorstellungen, Interessen und Fragen der Jugendlichen zum Thema kultiviertes Fleisch zu sammeln. Was haben sie bisher in den Medien aufgeschnappt? Diese Fragen werden von der Lehrkraft im Unterrichtsverlauf aufgegriffen und beantwortet bzw. gemeinsam reflektiert.

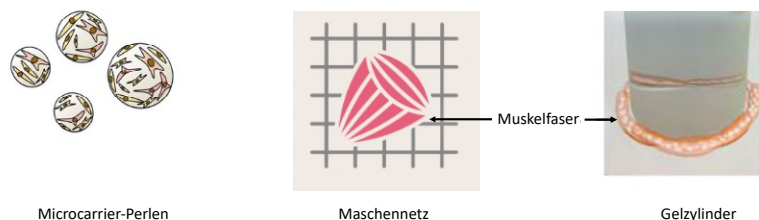
Mit **Arbeitsblatt 1** erarbeiten sich die Lernenden den Herstellungsprozess von kultiviertem Fleisch und die wichtigsten Komponenten bei der Herstellung in Text- und Bildformat, und erklären diesen anschließend. Die **Sammelkarte** regt an, die Vorgänge in einem Erklärvideo aufzubereiten.

Danach vertiefen sie mithilfe von **Arbeitsblatt 2** die Verwendung unterschiedlicher Stammzelltypen. Dafür sollte den Lernenden bekannt sein, was Stammzellen sind.

LINK- UND MATERIALTIPPS

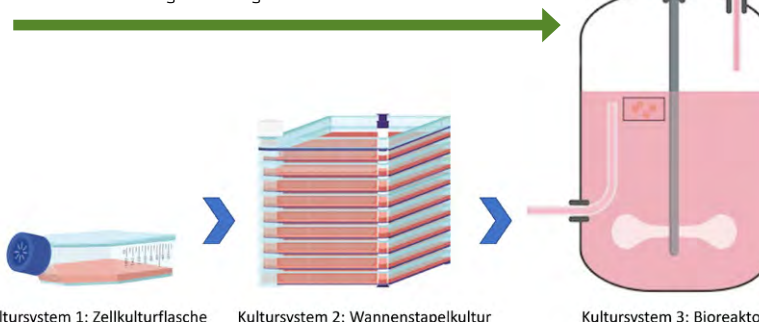
- » Anknüpfende Themen in Heft 33 (Ernährungsstile), 34 (Tierethik) und 43 (Wildbret) unter ima-lehrermagazin.de
- » Beitrag „Fleischproduktion 2.0“ in „Biologie in unserer Zeit“, Ausgabe 3-2022, unter biuz.de
- » Unterrichtsmaterial „IV-Fleisch Produktion“ unter https://neuartige-lebensmittel.uos.de/project/iv-fleisch_production
- » Mehrere Artikel und Podcast unter blaubiologie.de → [Artikelsuche](#) „in-vitro-fleisch“

TRÄGERMATERIALIEN ZUR HERSTELLUNG VON KULTIVIERTEM FLEISCH



VERGRÖßERUNG DER KULTURSYSTEME

Die Zellvermehrung führt zu größerem Volumen und Platzbedarf



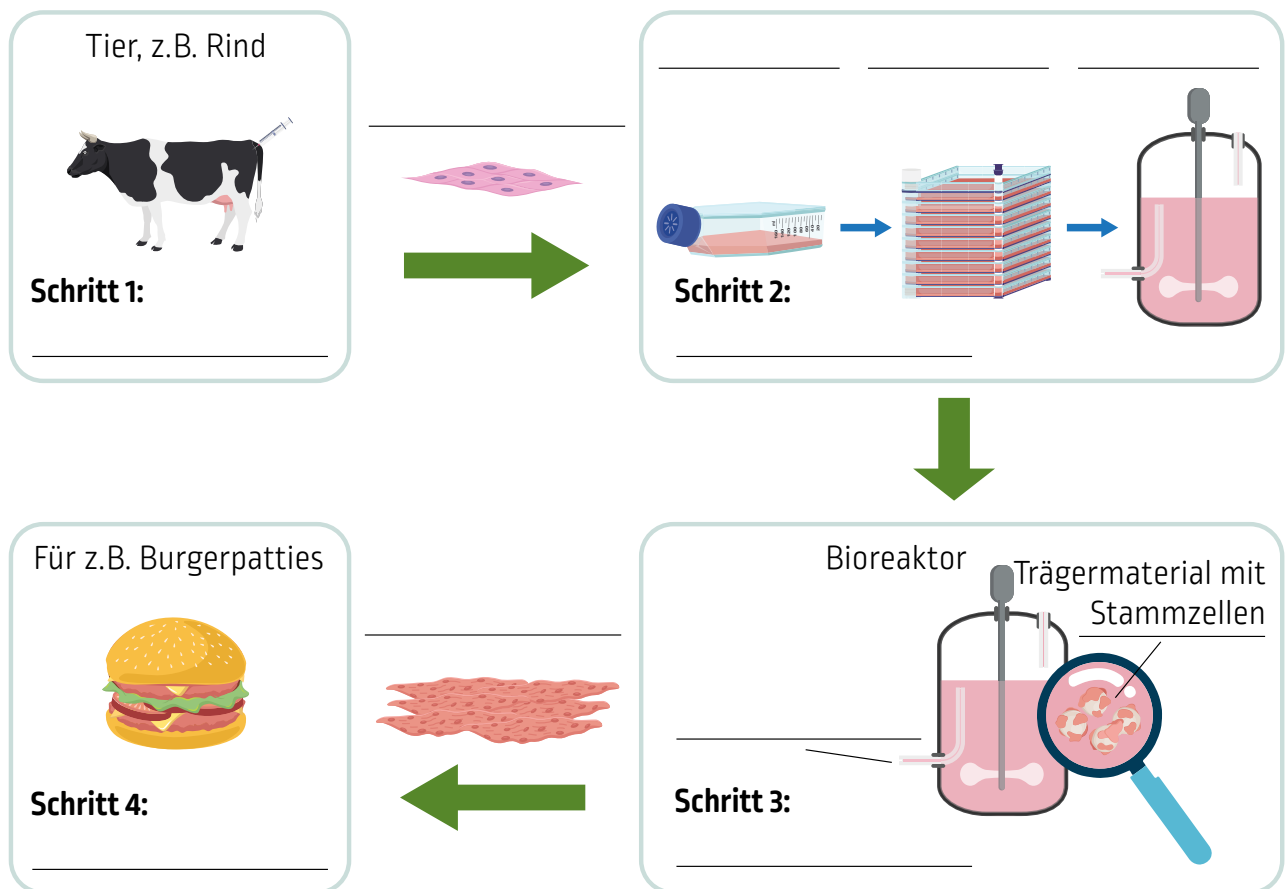
KULTIVIERTES FLEISCH ARBEITSBLATT 1

Von der Muskelzelle zum Burgerpatty

Kultiviertes Fleisch ist Fleisch aus Zellkulturen, welches außerhalb eines lebenden Organismus hergestellt wird, daher wird es häufig als In-vitro-Fleisch (in vitro = lat. im Glas) oder Laborfleisch bezeichnet. WissenschaftlerInnen ist es bereits gelungen, kultiviertes Rind-, Schweine- und Hühnerfleisch herzustellen. Der Prozess von der Entnahme der Stammzellen bis zur Verarbeitung der Muskelfasern dauert mehrere Wochen.

Lies dir den Sachtext des Unterrichtbausteins durch und bearbeite folgende Aufgaben:

- ① Beschreibe die vier „Grundzutaten“ für die Herstellung von kultiviertem Fleisch und ihre Funktion in einer Tabelle.
- ② Erkläre die Herstellung von kultiviertem Fleisch am Beispiel eines kultivierten Rindfleisch-Burgerpatties. Beschrifte hierfür die Lücken in der Grafik und beschreibe auf einem separaten Blatt die vier Herstellungsschritte.



Zusatzaufgabe: Drehe dein eigenes Erklärvideo zu dem Thema. Tipps dazu auf der Sammelkarte.

Starterzellen für die Herstellung von kultiviertem Fleisch

Die Herstellung von kultiviertem Fleisch ist sehr aufwendig und arbeitsintensiv, weshalb in den vergangenen Jahren stark an der Weiterentwicklung der Komponenten für die Herstellung von kultiviertem Fleisch geforscht wurde. So können unterschiedliche Typen von Starterzellen, Nährmedien, Trägermaterialien und Bioreaktoren verwendet werden.

Die grundlegende Komponente bei der Herstellung von kultiviertem Fleisch sind die Starterzellen. Hierfür werden Stammzellen verwendet. Dies sind Körperzellen, die sich zu unterschiedlichen Zelltypen und Geweben ausdifferenzieren können, z. B. Muskel-, Fett- oder Nervenzellen.

In den meisten Fällen werden **adulte Stammzellen** als Starterzellen verwendet. Zu den adulten Stammzellen gehören die Muskelstammzellen (auch als Satellitenzellen bezeichnet), welche sich leicht aus Skelettmuskelgewebe isolieren lassen. **Muskelstammzellen** entwickeln sich gezielt und mit hoher Effizienz zu Muskelzellen, allerdings lassen sie sich nur begrenzt vermehren (geringe Proliferationskapazität). Weiterhin sind sie nur in geringer Anzahl im Muskelgewebe vorhanden.

Neben den adulten Stammzellen können auch **pluripotente Stammzellen** als Starterzellen verwendet werden. Zu den pluripotenten Zellen gehören beispielsweise **embryonale Stammzellen** und **induzierte pluripotente Stammzellen**. Der Vorteil von pluripotenten Stammzellen ist, dass sie sich schnell und unbegrenzt vermehren können. Daneben haben sie aber auch die Eigenschaft, sich relativ unkontrolliert in verschiedene Arten von Zellen zu entwickeln. Damit sind die Zellen schlechter kontrollierbar, wodurch beispielsweise die Entwicklung embryonaler Stammzellen zu Muskelfasern weniger effektiv verläuft. Außerdem sind embryonale Stammzellen schwerer zugänglich, da sie aus der Zellmasse von Blastocysten isoliert werden müssen.

Induzierte pluripotente Stammzellen entstehen durch eine Umprogrammierung von bereits entwickelten Zellen. Zur Reprogrammierung werden die Zellen gentechnisch verändert, wodurch bei deren Verwendung als Lebensmittel ethische und rechtliche Fragen berücksichtigt werden müssen. Außerdem ist die Erzeugung induzierter pluripotenter Stammzellen in einem Umfang, der für die Produktion von kultiviertem Fleisch benötigt wird, derzeit noch nicht möglich.

① Lies den Text und markiere unverständliche Begriffe. Tausche dich mit deinen MitschülerInnen über die Begriffe aus und notiere die Bedeutung der markierten Begriffe.

② Benenne in der Tabelle, welche Stammzellen zur Herstellung von kultiviertem Fleisch verwendet werden können. Ordne zu, ob es sich hierbei um adulte oder pluripotente Stammzellen handelt.

③ Beschreibe stichpunktartig in der Tabelle die Vor- und Nachteile der adulten und pluripotenten Stammzellen für die Herstellung von kultiviertem Fleisch.

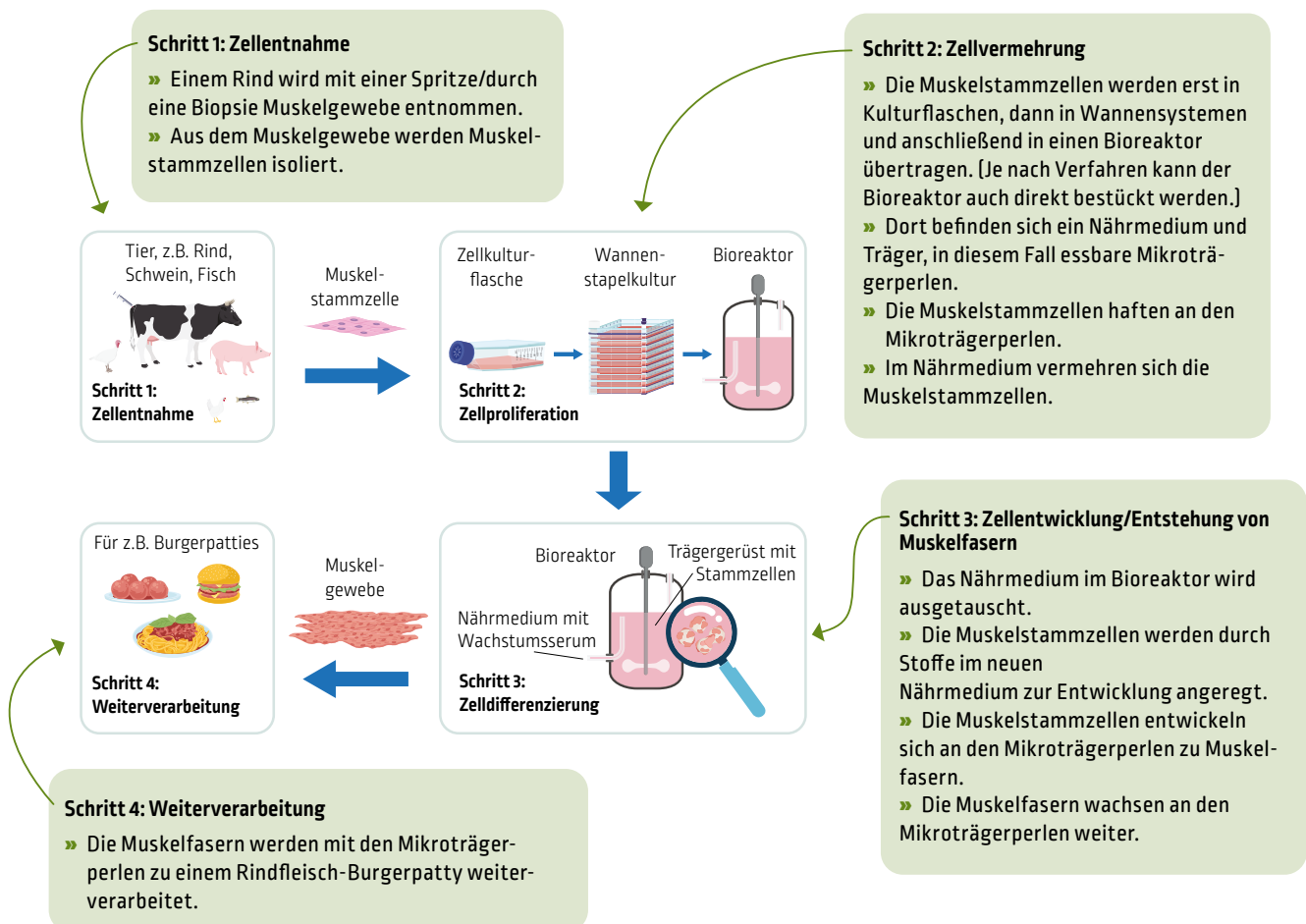
Stammzelltyp	Stammzellen	Vorteile	Nachteile
Adulte Stammzellen			
Pluripotente Stammzellen			

Von der Muskelzelle zum Burgerpatty

① Um Fleisch bzw. Muskelgewebe in-vitro herzustellen, werden diese Komponenten benötigt:

Komponente	Funktion
Stammzellen (Rind, Schwein oder Huhn)	Starterzellen [Ausgangspunkt] zur „Züchtung“ von Muskelgewebe
Nährmedien	Das Nährmedium enthält alle notwendigen Nährstoffe und ein Wachstumsserum für die Vermehrung der Muskelstammzellen und deren Entwicklung zu Muskelfasern.
Trägergerüste/ Trägermaterial	Gerüste, z. B. kleine Perlen, an denen die Stammzellen haften und wachsen können, unterstützen die Vermehrung und Entwicklung der Stammzellen
Bioreaktoren	Kontrollierte Umgebung für die Vermehrung und Entwicklung der Muskelstammzellen zu Muskelfasern. Für die Vermehrung muss genug Platz vorhanden sein.

② Die wichtigsten Schritte des Verfahrens in Kürze



Starterzellen für die Herstellung von kultiviertem Fleisch

Stammzelltyp	Stammzellen	Vorteile	Nachteile
Adulte Stammzellen	Satellitenzellen	<ul style="list-style-type: none"> + Entwicklung zu Muskelfasern hocheffizient (= erfolgreich), da sie die Tendenz sich zu Muskelfasern zu entwickeln von ihrem Ursprungsgewebe erhalten. + Einfache Gewinnung aus dem Skelettmuskelgewebe 	<ul style="list-style-type: none"> - Geringe Mengen im Muskelgewebe vorhanden - Limitierte Vermehrungskapazität (Nachteil für die Herstellung großer Mengen kultivierten Fleisches)
Pluripotente Stammzellen	Embryonale Stammzellen	<ul style="list-style-type: none"> + Unbegrenzte Vermehrungskapazität (Vorteil für die Herstellung großer Mengen kultivierten Fleisches) 	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung zu Muskelfasern weniger effektiv aufgrund ihrer Fähigkeit sich in jedes beliebige Gewebe entwickeln zu können - Gewinnungsmethode komplexer
	Induziert pluripotente Stammzellen	<ul style="list-style-type: none"> + Unbegrenzte Vermehrungskapazität (Vorteil für die Herstellung großer Mengen kultivierten Fleisches) 	<ul style="list-style-type: none"> - Erzeugung in großem Umfang derzeit noch nicht möglich - Erzeugung erfolgt durch Reprogrammierung (gentechnische Veränderung) nicht pluripotenter Zellen, daher müssen ethische und rechtliche Aspekte berücksichtigt werden.