



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie
im Ausserhumanbereich**



**Lebensmittel
Neue bio- und nanotechnische
Entwicklungen**

Gutachten

risicare

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Wichtige Ergebnisse	1
2. Einführung	4
2.1. Zielsetzung und Auftrag	4
2.2. Vorgehen	4
2.3. Definitionen	5
3. Einige Entwicklungen des Lebensmittelmarkts	6
3.1. Demografischer Wandel	6
3.2. Leistungs- und Erlebnisgesellschaft	7
3.3. Neue Ernährungsgewohnheiten	8
3.4. Natur- und Gesundheitsbewusstsein	9
3.5. Wirtschaftliche Entwicklung	11
3.6. Folgerungen	12
4. Neue technische Entwicklungen	13
4.1. Übersicht	13
4.2. Lebensmittel tierischer Herkunft	15
1.1 Gentechnische Veränderung von Futterpflanzen	16
1.2 Bio- und nanotechnische Behandlung von pflanzlichem Futter	18
1.3 Verabreichung von bioaktiven Substanzen und Mikroorganismen an Tiere, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden	19
1.4 Fortpflanzungsbiologische Verfahren an Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden	21
1.5 Chimärenbildung bei Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden	23
1.6 Klonen von Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden	25
1.7 Gentechnische Veränderungen und Gendiagnostik bei Tieren, die zur Lebensmittelproduktion verwendet werden	27
1.8 Pharming mit Tieren	30
1.9 Aquakultur	32
1.10 Herstellung von Fleischprodukten aus Zell- und Gewebekulturen	35
4.3. Lebensmittel pflanzlicher Herkunft	37
2.1 Erschliessung neuer Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden	37
2.2 Techniken zur Kultivierung von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden	39
2.3 Klonen und Hybridisieren von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden	40
2.4 Gentechnische Veränderung von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden	42
2.5 Pharming mit Pflanzen	46

4.4. Ernährungskonzepte und Verarbeitung von Lebensmitteln	48
3.1 Nutrigenetik und genotyp-basierte Ernährung	48
3.2 Funktionelle Lebensmittel	50
3.3 Pro-, prä- und synbiotische Lebensmittel	53
3.4 Nutzung gentechnisch veränderter Mikroorganismen bei der Lebensmittelherstellung	55
3.5 Beeinflussung der Zellphysiologie am Beispiel der Autophagie	57
3.6 Neue Entwicklungen in der Verpackungstechnik von Lebensmitteln	59
3.7 Neue Entwicklungen in der Verarbeitung von Lebensmitteln	60
5. Literaturverzeichnis	62

6. April 2010

Autorinnen: Anne Eckhardt, Michèle Marti, risicare, mit einem Korreferat von V. Küng, Küng Biotech & Umwelt

Verteiler: Frau A. Willemsen, Geschäftsführerin EKAH

Quelle Titelbild: http://www.metrogroup.de/servlet/PB/menu/1100570_11/index.html

risicare GmbH
Forchstrasse 40, 8008 Zürich
Tel. 044 380'07'66
info@risicare.ch, www.risicare.ch

1. Wichtige Ergebnisse

Im Folgenden sind die aus der Sicht der Autoren wichtigsten Erkenntnisse aus dem Gutachten zusammengefasst. Es handelt sich dabei um Querschnittsthemen, die in der Regel mehrere der vorgestellten technischen Entwicklungen betreffen.

1. Differenz zwischen dem technisch Machbaren und dem gesellschaftlich Akzeptierten

Bei Lebensmitteln besteht in der Schweiz und vielen anderen industrialisierten Staaten eine grosse Differenz zwischen dem biotechnisch Machbaren und dem Zugelassenen und Akzeptierten. Dies gilt insbesondere für Anwendungen der Gentechnik und der Fortpflanzungsbiologie bei Tieren sowie der Gentechnik bei Pflanzen.

2. Potenzielle Spannungsfelder zwischen industrialisierten und sich entwickelnden Ländern

In Schwellen- und Entwicklungsländern eröffnet moderne Biotechnologie – neben anderen Optionen – Möglichkeiten, drängende Probleme wie Nahrungsmittelknappheit und Mangel an lebenswichtigen Nahrungsbestandteilen zu überwinden. Bisher spielt der Anbau transgener Pflanzen für die Ernährungssicherung im Anbauland oder für lokale Märkte kaum eine Rolle. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass gentechnisch veränderte Pflanzen und Tiere künftig vor allem in sich entwickelnden Ländern Fuss fassen und daraus internationale wirtschaftspolitische Spannungen entstehen.

3. Selektive Risikowahrnehmung

Der Fokus der gesellschaftlichen Risikowahrnehmung und der gesetzlichen Regelungen liegt auf der Gentechnik und dem Klonen von Tieren. Bei Fischen und Pflanzen verbreiten sich jedoch auch andere Techniken, die tief in biologische Vorgänge eingreifen und mit Risiken für die Verbraucher und natürliche Lebensgemeinschaften verbunden sind. Dazu zählt bei den Pflanzen etwa die Protoplastenfusion, die es erlaubt, fortpflanzungsfähige, artübergreifende Hybride zu erzeugen, welche die Ausgangsarten in verschiedenen Eigenschaften übertreffen können.

4. Leitthema „Gesundheit und Leistungsfähigkeit“

In der Schweiz wird die Nachfrage nach Lebensmitteln zunehmend durch das Bestreben nach Gesundheit und Leistungsfähigkeit bestimmt. Auch die hohe Akzeptanz von Lebensmitteln, die „biologisch“ erzeugt wurden, ist heute weniger durch idealistische Motive als durch Sorgen um die eigene Gesundheit begründet.

Auf der Nachfrageseite spielen ältere Menschen sowie Menschen, die hohen Anforderungen in Beruf und Freizeit genügen oder dies für ihre Kinder erreichen möchten, eine wichtige Rolle. Auf der Angebotsseite versprechen funktionelle

Lebensmittel der Lebensmittelbranche höhere Margen und die Erschliessung neuer Märkte.

5. **Verbindung natürlicher und funktioneller Lebensmittel**

In der Schweiz wird heute vor allem angestrebt, die gesundheitliche Wirkung natürlicher Lebensmittel zu verbessern. Dies geschieht durch Produktionsmethoden wie geeignete Fütterung von Nutztieren oder Verwendung spezifischer Kulturen von Mikroorganismen zur Herstellung von Milchprodukten.

Gleichzeitig ist die Forschung und Entwicklung zu Lebensmitteln, deren gesundheitliche Wirkung gentechnisch gesteigert wird, vor allem bei Pflanzen, fortgeschritten. Falls solche Lebensmittel in der Schweiz an Akzeptanz gewinnen würden, wäre eine starke Marktdurchdringung denkbar.

Mit zunehmender Entwicklung funktioneller Lebensmittel werden die Grenzen zwischen Lebensmitteln und pharmazeutischen Produkten durchlässiger. Nutri-genetik wirft ähnliche Fragen auf wie Pharmakogenetik. Medical food erfordert ähnliche Regelungen wie pharmazeutische Produkte.

6. **Potenziale der Aquakultur**

Der Verzehr von Tieren aus Aquakulturen gewinnt in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter an Bedeutung. Wichtige Gründe dafür liegen in der hohen Nachfrage nach gesunden Lebensmitteln und in der Übernutzung der natürlichen Fischbestände. Weltweit findet Aquakultur überwiegend in einigen asiatischen Ländern statt, die sich derzeit wirtschaftlich stark entwickeln. Mehr als 90% des in der Schweiz konsumierten Fisches wird aus dem Ausland importiert.

Die Fortpflanzungsbiologie von Fischen lässt sich einfacher technisch beeinflussen als die Fortpflanzungsbiologie von Säugetieren. Fortpflanzungsbiologische und insbesondere auch die gentechnischen Methoden sind weit fortgeschritten. Daher ist damit zu rechnen, dass die ersten Lebensmittel aus gentechnisch veränderten Tieren von Fischen stammen könnten. Es sollten aber auch andere Verfahren wie die Herstellung polyploider Tiere, Geschlechtsumwandlung und Jungfernzeugung im Auge behalten werden.

7. **Hohes Potenzial bei Kombination technisch ausgereifter Verfahren**

Bei Pflanzen und Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden, können bereits heute vielfältige biotechnische Verfahren angewendet werden. Viele dieser Verfahren sind allerdings wirtschaftlich nicht attraktiv, da Effizienz und Sicherheit noch zu wünschen übrig lassen.

Sobald diese Verfahren technisch besser ausgereift sind, zeigen sich jedoch Kombinationsmöglichkeiten mit hohem wirtschaftlichem Potenzial. So könnte beispielsweise eine Kuh, deren Milchleistung gentechnisch optimiert wurde, durch Klonen schnell und effizient weitervermehrt werden.

8. **Beeinträchtigt Wohlergehen von Nutztieren**

Heute beeinträchtigen viele fortpflanzungsbiologische und genetische Verfahren das Wohlergehen und wohl auch die Würde der betroffenen Tiere. Geklonte Säugetiere beispielsweise weisen zu etwa 30 bis 40% Anomalien und Krankheiten auf, die auf den Prozess ihrer Herstellung zurückgehen. Aus Kerntransfer stammende Kälber sind zu ca. 30% deutlich grösser als normale Kälber, was zu erheblichen Problemen bei der Geburt bis hin zum Verlust von Muttertier und Kalb führen kann.

Die Problematik wurde in Forschung und Entwicklung erkannt und wird ernst genommen. Neue wissenschaftliche Arbeiten zielen darauf ab, die Belastungen für die betroffenen Tiere zu vermindern.

9. **Verlust an genetischer Vielfalt**

Ein Querschnittsthema, das im Zusammenhang mit vielen neuen Techniken diskutiert wird, ist der Verlust an genetischer Vielfalt bei Pflanzen und Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden (Agrobiodiversität). Viele Techniken, von künstlicher Besamung bis zum Klonen, zielen darauf ab, homogene Populationen von Nutztieren oder -pflanzen mit erwünschten Eigenschaften zu gewinnen. Das gentechnisch modifizierte Saatgut einiger weniger Unternehmen hat mittlerweile weltweit grosse Verbreitung erlangt. Dadurch werden die vielfältigen Populationen herkömmlicher Nutztiere und -pflanzen zurückgedrängt.

In wohlhabenden Ländern wie der Schweiz etabliert sich ein gewisser Gegen-trend mit der bewussten Rückbesinnung auf Vielfalt und alte Arten resp. Sorten. Dabei handelt es sich jedoch um eine begrenzte Entwicklung, die vor allem von gut verdienenden bzw. idealistisch eingestellten Konsumentinnen und Konsumenten getragen werden dürfte.

2. Einführung

2.1. Zielsetzung und Auftrag

Lebensmittel
als Thema der EKAH

Die Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH) befasst sich aus ethischer Sicht mit der ausserhumanen Bio- und Gentechnologie. Zu ihren Schwerpunktthemen zählen Lebens- und Futtermittel. Im Jahr 2003 gab die EKAH die Broschüre „Gentechnik fürs Essen“ und eine Studie zur „Bedeutung der Substanziellen Äquivalenz für die Beurteilung von gentechnisch veränderten Lebens- und Futtermitteln“ heraus.

Gutachten zu aktuellen
technischen Entwicklungen

Als Grundlage für künftige Diskussionen rund um das Thema Lebensmittel hat die EKAH bei risicare ein Gutachten zu aktuellen technischen Entwicklungen in Auftrag gegeben. Im Mittelpunkt der Studie stehen Verfahren der Biotechnologie, insbesondere auf den Gebieten Gentechnologie und Klonen, sowie Verfahren der Nanotechnologie.

2.2. Vorgehen

Recherche

Das Gutachten beruht auf einer Literaturrecherche, die in erster Linie Fachbücher, Beiträge in Fachzeitschriften sowie einzelne Zeitungsartikel umfasste. Dabei wurde eine Vielzahl von Publikationen gesichtet. Bei einigen Themen wird jedoch vor allem auf einzelne aktuelle Veröffentlichungen Bezug genommen, in denen das Thema besonders umfassend und fundiert behandelt wird. Ergänzend zur Recherche in der Fachliteratur wurde auch eine Internet-Recherche vorgenommen.

Strukturierte Darstellung

Um die Übersichtlichkeit zu verbessern, wurden die technischen Entwicklungen systematisch strukturiert und in Form von Themenblättern dargestellt. Die ethischen Aspekte sind der Literatur entnommen und nur als Hinweise auf möglicherweise relevante Diskussionspunkte zu verstehen.

Da die rechtlichen Rahmenbedingungen wesentlich darüber entscheiden, welche technischen Entwicklungen sich in der Praxis durchsetzen, enthalten die Themenblätter auch Hinweise zur derzeitigen Regulierung in der Schweiz sowie in einigen Fällen zur Regulierung in der Europäischen Union und in den USA.

2.3. Definitionen

Dem Gutachten liegen folgende Definitionen zugrunde:

Definition Lebensmittel

Lebensmittel, Inhaltsstoffe, Zusatzstoffe und Fremdstoffe sind im Bundesgesetz über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelgesetz, LMG, SR 817.0) definiert. Diese Definitionen werden im Gutachten übernommen.

Art. 3 Lebensmittel

¹ Lebensmittel sind Nahrungs- und Genussmittel.

² Nahrungsmittel sind Erzeugnisse, die dem Aufbau oder dem Unterhalt des menschlichen Körpers dienen und nicht als Heilmittel angepriesen werden.

³ Genussmittel sind alkoholische Getränke sowie Tabak und andere Raucherwaren.

⁴ Zutaten sind Lebensmittel, die andern Lebensmitteln zugesetzt werden oder aus denen ein Lebensmittel zusammengesetzt ist, sowie Zusatzstoffe.⁵

Art. 4 Inhaltsstoffe, Zusatzstoffe, Fremdstoffe

¹ Inhaltsstoffe sind Stoffe, die in einem bestimmten Lebensmittel natürlicherweise vorkommen.

² Zusatzstoffe sind Stoffe, die bei der Herstellung von Lebensmitteln zur Erzielung bestimmter Eigenschaften oder Wirkungen verwendet werden.

³ Fremdstoffe sind unerwünschte Stoffe, die natürlicherweise nicht in ein Lebensmittel gehören (wie Rückstände, Verunreinigungen, mikrobielle Stoffwechselprodukte und radioaktive Nuklide).

Abbildung 1: Definitionen von Lebensmittel, Inhaltsstoff, Zusatzstoff und Fremdstoff im Lebensmittelgesetz

Definition bio- und nanotechnische Verfahren

Unter Biotechnologie wird jede technische Nutzung biologischer Systeme für die Zwecke des Menschen verstanden (Geldermann, 2005, S. 12).

Nanotechnologie ist ein Bereich der Technologie, in der Dimensionen und Abstände von 0.1 bis 100 Nanometern eine kritische Rolle spielen (Nanoforum, zitiert in Fiedeler et al., 2008, S. 1).

Bei biologischen Systemen überschneiden sich Bio- und Nanotechnologie gelegentlich. Fiedeler et al. betonen, dass es im konkreten Einzelfall oft schwierig sei, zu entscheiden, ob Nanotechnologie oder eine konventionelle Technologie angewendet werde. Für das vorliegende Gutachten ist eine genaue Abgrenzung jedoch nicht entscheidend, da es sowohl bio- als auch nanotechnische Entwicklungen erfasst.

3. Einige Entwicklungen des Lebensmittelmarkts

Im Folgenden werden einige Entwicklungen aufgezeigt, welche die Nachfrage nach Lebensmitteln heute und in den kommenden Jahren beeinflussen können. Diese Entwicklungen sind untereinander vernetzt und bestimmen mit, welche bio- und nanotechnischen Neuerungen im Lebensmittelmarkt Fuss fassen können.

3.1. Demografischer Wandel

Mit dem zunehmenden Anteil älterer Menschen an der Bevölkerung wächst der Bedarf an qualitativ hochwertigen Lebensmitteln. Die vermehrt aktiven, leistungs- und körperbewussten Senioren steigern die Nachfrage nach Lebensmitteln, welche typischen altersbedingten Veränderungen im Organismus entgegen wirken.

Bevölkerungsanteil
älterer Menschen

Der Anteil älterer Menschen an der Bevölkerung der Schweiz nimmt zu. In Zukunft wird vor allem die Zahl hoch betagter Menschen stark ansteigen. Die Zahl der über 79-Jährigen wird sich zwischen 2000 und 2040 etwa verdoppeln (NZZ, 2005, o.S.). In der Schweiz leben weniger als 4% aller 65 bis 79-Jährigen und weniger als ein Viertel der über 80-Jährigen in Alters- und Pflegeheimen (DEMOS, 2003, o.S.). Ältere Menschen beschaffen sich ihre Lebensmittel also überwiegend selbst.

Lebensstil
älterer Menschen

Der Lebensstil älterer Menschen hat sich in den letzten drei Jahrzehnten wesentlich in Richtung einer aktiven, leistungs- und körperlich orientierten Kultur verändert. Die Gesundheit hat sich tendenziell verbessert (NZZ, 2005, o.S.).

Spezifische Anforderungen
an die Ernährung

Aufgrund körperlicher Veränderungen benötigen ältere Menschen weniger Energie als jüngere. So beträgt der Energiebedarf einer Frau, die mit 30 Jahren 2'200 kcal täglich verbrauchte, bei gleich bleibendem Körpergewicht ab 75 Jahren nur noch 1'500 kcal (DEBInet, 2009, o.S.). Trotz sinkendem Energiebedarf muss jedoch weiterhin eine ausreichende Aufnahme an Mikro- und Makronährstoffen gewährleistet bleiben (ALP, 2009a, o.S.). Für ältere Menschen ist deshalb eine hohe Qualität der Lebensmittel bedeutender als für junge. In manchen Fällen können auch Nahrungsergänzungsmittel sinnvoll sein (DEBInet, 2009, o.S.). Ältere Menschen haben zudem spezifische Bedürfnisse an die Ernährung. Beispielsweise kann das Osteoporoserisiko durch Milchprodukte gesenkt werden. Dabei wirken sich Kalzium und Proteine günstig auf die Knochenmasse aus, Laktose und Vitamin D verbessern die Kalziumaufnahme (ALP, 2009a, o.S.). Weitere altersbedingte Veränderungen im Organismus, die sich durch geeignete Ernährung verbessern lassen, sind ein erhöhter Fett-, Cholesterin- oder Harnsäuregehalt im Blut, eine schlechte Regulierung des Blutzuckers oder Verstopfung (DEBInet, 2009, o.S.).

3.2. Leistungs- und Erlebnisgesellschaft

Die Nachfrage nach Lebensmitteln, die eine leistungssteigernde Wirkung versprechen, steigt voraussichtlich weiter an. Gleichzeitig liegen Lebensmittel, die neue sensorische Erlebnisse versprechen, im Trend. Das Angebot an diesen Lebensmitteln wandelt sich stetig.

Nachfrage nach leistungssteigernden Lebensmitteln

Die Schweizer Gesellschaft wird vielfach als Leistungsgesellschaft verstanden. Die persönliche Leistung gilt demnach als zentraler Wert, der durch Sozialisation vermittelt und als Handlungsmotiv verinnerlicht wird. Über die letzten Jahrzehnte hat sich das gesellschaftliche Verständnis von Leistung gewandelt. Viele Menschen sehen sich gefordert, die Voraussetzungen ihrer Leistungsfähigkeit und Handlungsmöglichkeiten dauernd zu verbessern – in einer flexibilisierten Arbeitswelt, aber auch in einem Privatleben, das immer weniger durch traditionelle Rollenmuster und Strukturen geprägt wird. Die Leistungsgesellschaft entwickelt sich in Richtung einer Leistungssteigerungsgesellschaft (Coenen, 2008, S. 21f.).

Angebot an leistungssteigernden Lebensmitteln

Fortschritte in der Ernährungsforschung erlauben es, die molekularen Effekte von Lebensmitteln im menschlichen Körper genauer zu verstehen. Die Auswirkung der Ernährung auf Gesundheit und Wohlbefinden lassen sich präziser abschätzen als zuvor (ALP, 2009). Die Voraussetzungen für die gezielte Entwicklung von Lebensmitteln, die sich positiv auf Gesundheit und Wohlbefinden auswirken, verbessern sich.

Nachfrage und Angebot an Lebensmitteln, die neue Erlebnisse versprechen

Als wirtschaftlicher Zukunftstrend gilt die Weiterentwicklung der Erlebnisökonomie (Sigrist, 2007), die unter anderem als Kompensation der Anforderungen der Leistungsgesellschaft verstanden werden kann. Entsprechend weist das Angebot an Lebensmitteln eine zunehmende Fülle an Geschmacksrichtungen und -kombinationen auf. Viele dieser neuen Lebensmittel werden nur für begrenzte Zeit angeboten und dann durch andere Produkte ersetzt. Eine wichtige Rolle spielen exotische Zutaten, die zugleich positive gesundheitliche Auswirkungen versprechen, wie Acerola, Aronia oder Goji (Brügge, 2009, S. 150-151).



Abbildung 2: Acerola (verbreitet in Nord- und Südamerika, Bild: <http://www.acaijuiceworld.com/images/acerola9.jpg>), Aronia (Herkunft: Östliches Nordamerika, Bild: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/800px-Aronia_melanocarpa.jpg) oder Goji (verbreitete Nutzung in China, Bild: <http://www.vermisell.co.uk/shop/images/products/goji01.jpg>)

3.3. Neue Ernährungsgewohnheiten

Die Tendenz zu vorgefertigten Mahlzeiten, die rasch konsumiert werden können, hält weiter ein. Dabei steigen die Ansprüche der Verbraucherinnen und Verbraucher an sinnlichen Genuss.

Fast Food , Convenience Food und Fingerfood

Knappe Zeitbudgets fördern die Tendenz zu schneller Ernährung. Das gilt auch für die Zeitplanung von Familien und berufstätigen Paaren, die sich oft nicht mehr aufeinander abstimmen lässt. Das gemeinsame Mittagessen weicht der Ernährung mit Fast Food oder Convenience Food. Die Zahl der Single-Haushalte in der Schweiz ist zwischen 1960 und 2000 von 14 auf 36% gestiegen (Leimgruber, 2006, o.S.). Damit wächst vermutlich auch die Zahl der Menschen, die auf eine aufwändige Zubereitung von Mahlzeiten verzichten, an.

Das ungezwungene Essen mit den Händen und an beliebigen Orten, z.B. in öffentlichen Verkehrsmitteln, im Kino oder im Büro, hat zugenommen und erfasst alle Bevölkerungsschichten. Während „Tischmanieren“ an Bedeutung verlieren, etablieren sich neue Regeln der Esskultur, die vor allem auf den Kriterien Gesundheit und Kosten beruhen (Leimgruber, 2006, o.S.).

Kreative Küche und sinnliches Esserlebnis

Gleichzeitig ist ein Trend zur aufwändigen, kreativen Zubereitung von Mahlzeiten am Wochenende oder in den Ferien zu beobachten. Diese Beschäftigung dient vor allem dem Vergnügen und der Erholung. Die Wahl frischer, qualitativ hochwertiger Zutaten spielt dabei eine wesentliche Rolle. Ernährung ist ein wichtiger Bestandteil des Lebensstils. Geschmack und sinnlicher Genuss gewinnen voraussichtlich weiter an Bedeutung (Leimgruber, 2006, o.S.).

Convenience und Geschmack

In der Gastronomie rücken neue Angebote in den Vordergrund, welche die atmosphärischen Vorzüge europäischer Restaurants mit asiatischer Küche und der Möglichkeit, rasch eine Mahlzeit zu sich zu nehmen, kombinieren (Leimgruber, 2006, o.S.).

3.4. Natur- und Gesundheitsbewusstsein

In der Schweiz ist die biologische Landwirtschaft bereits verhältnismässig weit verbreitet, biologische Lebensmittel haben sich am Markt etabliert. Konsumenten biologischer Lebensmittel finden sich heute und wahrscheinlich auch in Zukunft vor allem in den höheren Einkommensschichten. Als Motivation für den Kauf biologischer Lebensmittel steht die eigene Gesundheit im Vordergrund.

Produkte aus biologischer
Landwirtschaft

Die Anforderungen an Lebensmittel, die in der Schweiz als biologisch gekennzeichnet werden dürfen, sind in der Verordnung vom 22. September 1997 über die biologische Landwirtschaft und die Kennzeichnung biologisch produzierter Erzeugnisse und Lebensmittel (Bio-Verordnung, SR 910.18) festgelegt. Die Zahl der Bio-Landwirtschaftsbetriebe in der Schweiz nahm in den 1990er Jahren stark zu. Bis 2005 haben 11% der Landwirtschaftsbetriebe das Bio-Label erhalten. Europaweit belegte die Schweiz damit gemeinsam mit Österreich einen Spitzenplatz. In den Berggebieten ist die Bio-Landwirtschaft besonders verbreitet. Im Jahr 2005 lag deren Anteil bei 20% (Swissworld, 2009, o.S.). Betriebe, die nicht biologisch wirtschaften, folgen weit überwiegend den Richtlinien der integrierten Produktion (Bettenworth, 2008, o.S.).

Nachfrage nach
Bioprodukten

Bei den Privathaushalten stieg der Anteil der Ausgaben für Bio-Produkte an den Gesamtausgaben für Nahrungsmittel und Getränke zwischen 2000 und 2005 von ca. 4.5 auf 6.5%. Nach Ansicht des Bundesamts für Statistik ist das Marktpotenzial der Bioprodukte noch nicht ausgeschöpft. Für viele Lebensmittel sind noch keine biologisch produzierten Alternativen auf dem Markt, und bei manchen Produkten kann die Nachfrage zeitweise nicht gedeckt werden (BfS, 2009, o.S.). Die Autoren einer aktuellen Studie aus Deutschland kommen dagegen zum Schluss, dass "Bio" kein Selbstläufer mehr sei. Verbraucher, die befürchten, dass sich ihre wirtschaftliche Lage verschlechtern könnte, würden künftig kritischer überlegen, ob ihnen die ökologische Herkunft eines Produkts eine Mehrausgabe wert sei. Die Hersteller biologisch erzeugter Produkte müssten die Verbraucher stärker von dem grösseren Nutzen dieser Waren überzeugen (GfK., 2009, o.S.). Dagegen steht wiederum die Meinung, künftig könne auf dem Lebensmittelmarkt nur bestehen, wer sich korrekt verhält und „durch einen hohen Moralanteil überzeugt“ (Bosshart / Hauser, 2008, S. 4).

In der Schweiz zeigte sich, dass Haushalte der oberen Einkommenskategorie 2005 mehr Geld für Bioprodukte ausgaben als Haushalte tieferer Einkommenskategorien (BfS, 2009, o.S.). Lebensmittelproduzenten sehen „hochwertige Natürlichkeit“ als wichtigen Lebensmitteltrend der kommenden Jahre. Dies betrifft vor allem Produkte im Hochpreisbereich (Brügge, 2009, S. 151).



Abbildung 3: Der Verein Slow Food zielt auf eine nachhaltige Lebensmittelproduktion ab, die „dem Essen seine kulturelle Würde zurückgibt“ (www.slowfood.ch). Viele Slow Food-Produkte bewegen sich im Hochpreisbereich.

Motivation zum Kauf von Bioprodukten

Die Motivation der Konsumenten von Bioprodukten hat sich in den letzten Jahrzehnten gewandelt. Seit Mitte der neunziger Jahre geht es vor allem um die eigene Gesundheit, vorher standen altruistische Motive wie Tier- und Umweltschutz im Vordergrund (Bettenworth, 2008, o.S.).

Gesundheitlicher Nutzen

In Europa werden Lebensmittel zunehmend im Hinblick auf Sicherheit, Komfort, Geschmack und gesundheitliche Auswirkungen optimiert. Die Lebensmittelindustrie strebt daher danach, Produkte herzustellen, die – ergänzend zu den Rohmaterialien, aus denen sie hergestellt werden – einen hohen Zusatznutzen aufweisen. Die Entwicklung solcher Produkte ist forschungsintensiv (Kleerebezem, 2006, S. 179). Innovation ist vor allem bei der Entwicklung gesundheitsfördernder Lebensmittel gefragt, während Sicherheit, Komfort und angenehmer Geschmack von den Konsumenten mehr und mehr als Selbstverständlichkeiten betrachtet werden (Kleerebezem, 2006, S. 182).

Schutz gegen Lebensmittelallergien

In den industrialisierten Ländern stellen Lebensmittelallergien ein wachsendes Problem dar. Ein bedeutender Anteil der Allergien wird durch Rohprodukte hervorgerufen, die zu einem breiten Spektrum von Lebensmitteln verarbeitet werden. Dazu gehören beispielsweise Milch, Weizen und Haselnüsse. Die Lebensmittelindustrie ist daher bestrebt, das allergene Potenzial solcher Produkte zu reduzieren. Dabei kommen auch biotechnische Verfahren zum Einsatz. Alternativ kann die Auswirkung von Allergenen durch andere Lebensmittelbestandteile, z.B. durch probiotische Bakterien, vermindert werden (Kleerebezem, 2006, S. 180).

3.5. Wirtschaftliche Entwicklung

Zur Preisentwicklung bei Lebensmitteln existieren widersprüchliche Prognosen. Wahrscheinlich muss künftig mit unterschiedlichen Entwicklungen in verschiedenen Preissegmenten gerechnet werden.

Anteil der Lebensmittel
an den Haushaltsbudgets

An den Ausgaben eines durchschnittlichen Schweizer Haushalts halten Lebensmittel nur einen Anteil von ca. 8.5%. Hohe Preise werden gegenwärtig recht gut akzeptiert, die Preissensibilität ist eher gering (Sommaruga, 2007, S. 2).

Künftige Preisentwicklung

In näherer Zukunft werden Lebensmittel voraussichtlich günstiger. Diese Entwicklung ist vor allem auf sinkende Rohstoffpreise und ein durch die Rezession geschärftes Preisbewusstsein der Konsumentinnen und Konsumenten zurückzuführen (Cash, 2009, o.S.). Längerfristig werden sich Lebensmittel wahrscheinlich verteuern. Wichtige Gründe dafür sind steigende Preise für Öl und Agrarrohstoffe, ein wachsender Bedarf an Lebensmitteln weltweit und sinkende Ernteerträge, vor allem infolge des Klimawandels (Bosshart / Hauser, 2008, S. 4). Der Lebensmittelmarkt teilt sich nach Beobachtung von Lebensmittelproduzenten immer stärker in einen Hochpreis- und einen Billigbereich auf (Brügge, 2009, S. 151). Trendforscher des Gottlieb Duttweiler Instituts sehen dagegen eine Tendenz zur Demokratisierung, bei der Qualitätsprodukte nicht mehr nur für Wohlhabende verfügbar sind (Bosshart / Hauser, 2008, S. 4).

Verunsicherung
der Konsumenten

Das Vertrauen der Konsumentinnen und Konsumenten in die Qualität und Sicherheit von Lebensmitteln sinkt. Diese Entwicklung wird vor allem durch verwirrende Nachrichten über Nutzen und Risiken verschiedener Lebensmittel, durch eine unüberschaubare Vielfalt von Kennzeichnungen und durch Lebensmittelskandale gefördert (Bosshart / Hauser, 2008, S. 4). Die Hersteller von Lebensmitteln und der Lebensmittelhandel begegnen dieser Entwicklung unter anderem durch Einführung von Labels. In einer 2009 veröffentlichten Bestandsaufnahme listet die Schweizerische Gesellschaft für Ernährung 21 solcher Labels auf (SGE, 2009).

3.6. Folgerungen

Einflüsse auf die Nachfrage

Die Nachfrage nach Lebensmitteln wird von fünf wichtigen Einflüssen gesteuert:

- Gesundheit
- Komfort¹
- Erlebnis²
- Werthaltungen³
- Preis

Viele Autoren schätzen Gesundheit als wichtigsten Zukunftstrend ein.

Neben Lebensmitteln, die Gesundheit und Wohlbefinden fördern, werden zunehmend auch Lebensmittel entwickelt, die leistungssteigernd wirken und natürliche Alterungsprozesse abmildern (sollen). Die Grenzen zwischen Pharmaka und Lebensmitteln verwischen sich.

Das sensorische Erlebnis beim Konsum an Lebensmitteln gewinnt an Bedeutung. Gegenwärtig bedeutet dies vor allem, dass die Nachfrage nach exotischen Früchten, Gemüsen und Gewürzen steigt. Künftig könnten auch bio- oder nanotechnisch veränderte Lebensmittel eine grössere Rolle spielen, deren Lifestylecharakter überzeugend vermarktet wird.

Die Nachfrage nach Lebensmitteln wird wesentlich von Werthaltungen der Konsumenten und Konsumentinnen mitbestimmt. Lebensmittel, die möglichst naturnah und sozialverträglich erzeugt wurden, geniessen bei Teilen der Schweizer Bevölkerung Rückhalt.

Der Lebensmittelmarkt teilt sich immer stärker in einen Hochpreis- und einen Billigbereich auf. Im Billigbereich sind die Margen gering. Es besteht daher ein starker wirtschaftlicher Druck, die Produktionskosten weiter zu senken.

Einsatz bio- und nanotechnischer Verfahren

Bio- und nanotechnische Verfahren werden künftig wahrscheinlich vor allem eingesetzt, um

- funktionelle Lebensmittel zu erzeugen, die Wohlbefinden, Gesundheit und Leistungsfähigkeit verbessern
- Lebensmittel mit neuen sensorischen Eigenschaften anzubieten
- die Produktionskosten von Lebensmitteln zu senken

¹ Convenience

² Geschmack etc.

³ Produkte aus fairem Handel, aus biologischer Landwirtschaft etc.

4. Neue technische Entwicklungen

4.1. Übersicht

In Kapitel 4 sind neue bio- und nanotechnische Verfahren zusammengestellt und näher beschrieben. Seine Gliederung richtet sich an der Perspektive der Konsumentinnen und Konsumenten aus. Zunächst werden Verfahren behandelt, die sich auf Lebensmittel tierischer Herkunft auswirken, anschliessend Verfahren, die Lebensmittel pflanzlicher Herkunft betreffen. Das Kapitel schliesst mit Ernährungskonzepten und Verfahren zur Verarbeitung von Lebensmitteln. In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst.

Kategorie		Aktuelle Situation in der Schweiz	Entwicklungs- tendenz	Zentrale Fragen	
Lebensmittel tierischer Herkunft	Allgemein			Gesundheit und Wohlbefinden der Konsumenten Gesundheit und Wohlbefinden der betroffenen Tiere	
	1.1	Gentechnische Veränderung von Futterpflanzen	Wenige zugelassene Produkte, die auf besseren Pflanzenschutz abzielen	Steigerung der ernährungsphysiologischen oder pharmakologischen Wirksamkeit	Information der Konsumenten
	1.2	Bio- und nanotechnische Behandlung von Futterpflanzen	Etablierte Verfahren weit verbreitet, z.B. Silierung	Einsatz nanotechnischer Verfahren	Information der Konsumenten
	1.3	Verabreichung von bioaktiven Substanzen und Mikroorganismen an Tiere, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden	Vor allem Futterzusatzstoffe wie Vitamine und Mineralien	Gentechnische Leistungsoptimierung	Information der Konsumenten
	1.4	Fortpflanzungsbiologische Verfahren an Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden	Anwendung verbreitet	Effizienzsteigerung der Verfahren	Erhaltung der Agrobiodiversität
	1.5	Chimärenbildung bei Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden	Nicht von Bedeutung		
	1.6	Klonen von Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden	Keine Anwendung in der Lebensmittelproduktion	Effizienzsteigerung der Verfahren	Erhaltung der Agrobiodiversität
	1.7	Gentechnische Veränderungen und Gendiagnostik bei Tieren, die zur Lebensmittelproduktion verwendet werden	Keine Anwendung in der Lebensmittelproduktion	Anwendung bei Fischen	Schutz natürlicher Populationen vor der Ausbreitung gentechnisch veränderter Tiere
	1.8	Pharming mit Tieren	Keine Anwendung in der Lebensmittelproduktion	Evtl. Nutzung zur Produktion funktionaler Lebensmittel	
	1.9	Aquakultur	Zunehmende Verbreitung	Gentechnische Leistungsoptimierung	Soziale und ökologische Auswirkungen in den Herkunftsländern von Importen
1.10	Herstellung von Fleischprodukten aus Zell- und Gewebekulturen	Keine Anwendung in der Lebensmittelproduktion	Konkretisierung erster Entwicklungsansätze		

Kategorie		Aktuelle Situation in der Schweiz	Entwicklungs- tendenz	Zentrale Fragen	
Lebensmittel pflanzlicher Herkunft	Allgemein			Gesundheit und Wohlbefinden der Konsumenten Internationale Verteilungsgerechtigkeit	
	2.1	Erschliessung neuer Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden	Fortschreitende Entwicklung, u.a. Nutzung in funktionellen Lebensmitteln	Diversifizierung des Angebots an pflanzlichen Nahrungsmitteln	Soziale und ökologische Auswirkungen in den Herkunftsländern
	2.2	Techniken zur Kultivierung von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden	Kaum nanotechnische Anwendungen	Evtl. zunehmende Bedeutung nanotechnischer Verfahren	
	2.3	Klonen und Hybridisieren von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden	Etablierte Verfahren	Hybridisierung weiter entfernter Arten	Schutz natürlicher Populationen vor der Ausbreitung von Hybriden
	2.4	Gentechnische Veränderung von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden	Keine Anwendung in der Lebensmittelproduktion	Steigerung der ernährungsphysiologischen oder pharmakologischen Wirksamkeit	Schutz natürlicher Populationen vor der Ausbreitung gentechnisch veränderter Pflanzen
	2.5	Pharming mit Pflanzen	Keine Anwendung in der Lebensmittelproduktion	Evtl. Nutzung zur Produktion funktionaler Lebensmittel	
Ernährungskonzepte und Verarbeitung von Lebensmitteln	Allgemein			Gesundheit und Wohlbefinden der Konsumenten	
	3.1	Nutrigenetik und genotyp-basierte Ernährung	Nicht genutzt	Zunehmende Anwendung im medizinischen Bereich	Autonomie und Persönlichkeitsschutz der Personen, die Nutrigenetik anwenden
	3.2	Funktionelle Lebensmittel	Bereits gut etabliert	Zunehmende Wirksamkeit der Lebensmittel und Breite des Angebots	
	3.3	Pro-, prä- und synbiotische Lebensmittel	Milchprodukte gut etabliert	Zunehmende Wirksamkeit der Lebensmittel und Breite des Angebots	
	3.4	Nutzung gentechnisch veränderter Mikroorganismen bei der Lebensmittelherstellung	Einzelne Anwendungen	Zunehmende Breite des Angebots	Information der Konsumenten
	3.5	Beeinflussung der Zellphysiologie am Beispiel der Autophagie	Im Rahmen traditioneller Verfahren zur Lebensmittelherstellung verbreitet	Zunehmende Wirksamkeit der Lebensmittel und Breite des Angebots	
	3.6	Neue Entwicklungen in der Verpackungstechnik von Lebensmitteln		Anwendungen der Nanotechnologie	Information der Konsumenten
	3.7	Neue Entwicklungen in der Verarbeitung von Lebensmitteln		Anwendungen der Nanotechnologie	Information der Konsumenten

4.2. Lebensmittel tierischer Herkunft

Neue bio- und nanotechnische Verfahren können bereits bei der Fütterung von Tieren zur Anwendung kommen. So lassen sich beispielsweise Futterpflanzen gentechnisch verändern, oder sie werden mit Hilfe nanotechnisch behandelte Pflanzenschutzmittel kultiviert.

Die Forschung zu biotechnischen Verfahren, die direkt beim Tier angewendet werden, setzt Schwerpunkte bei gentechnischen Veränderungen und dem Klonen. Der Aquakultur ist ein eigenes Themenblatt gewidmet, da hier fortpflanzungsbiologische Verfahren besonders weit fortgeschritten sind.

Das Kapitel schliesst mit einem Ausblick zur Herstellung von Fleischprodukten aus Zell- und Gewebekulturen.

Ein zentrales Querschnittsthema ist die Optimierung der Nutzbarkeit von Tieren zur Lebensmittelproduktion. Ethische Fragen, die sich daraus ergeben, z.B. zur Würde der Tiere, werden in jüngerer Zeit unter dem Begriff „Animal Enhancement“ auch in Verbindung mit Leistungssteigerung beim Menschen gebracht (vgl. z.B. Chan, 2009 und Twine, 2007).

1.1 Gentechnische Veränderung von Futterpflanzen

Das Wichtigste in Kürze	<p>Gentechnisch veränderte Futterpflanzen benötigen in der Schweiz eine Zulassung. Einige Produkte sind bereits auf dem Futtermittelmarkt erhältlich.</p> <p>Bisher sind die gentechnischen Veränderungen vor allem auf den Pflanzenschutz ausgerichtet. Künftig sind Futtermittelpflanzen zu erwarten, die bei Nutztieren vermehrt ernährungsphysiologisch bzw. pharmakologisch wirksam sind.</p>
Definition oder Beschreibung	<p>Verfahren, mit denen das Erbgut von Futterpflanzen gezielt verändert wird.</p> <p>Die folgenden Betrachtungen beziehen sich auf pflanzliches Futter für Tiere, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden.</p>
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Mit der gentechnischen Veränderung von Futterpflanzen sollen vor allem Verbesserungen in folgenden Bereichen erzielt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Effizienz der Pflanzenproduktion - Lagerungs-, Transport und Konservierungseigenschaften der Futterpflanzen - Ernährungsphysiologische Eigenschaften der Futterpflanzen für Tiere - Weitere Aspekte der Tierproduktion, z.B. Bekämpfung von Tierkrankheiten <p>Nähere Angaben zu gentechnischen Verfahren bei Pflanzen sind unter 2.4, „Gentechnische Veränderung von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden“ und 2.5, „Pharming mit Pflanzen“ enthalten.</p> <p>Zugelassene Futterpflanzen. Die Liste der in der Schweiz zugelassenen gentechnisch veränderten Ausgangsprodukte und Einzelfuttermittel, die in der Verordnung des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) über die GVO-Futtermittellisten (GVO: Genetisch veränderte Organismen) enthalten ist, ist mit neun Einträgen überschaubar und wurde offenbar seit 2005 nicht mehr erweitert. Sie ist wesentlich auf die Zulassungen in der Europäischen Union abgestimmt.</p> <p>1996 genehmigte die EU-Kommission die Einfuhr gentechnisch veränderten Sojabohnen (Roundup Ready Soybean, GTS-Soja), 1997 die Einfuhr von gentechnisch verändertem Mais (Bt-Mais). In beiden Fällen handelt es sich um eine gentechnische Modifikation, die den Pflanzenschutz vereinfacht. In den USA, Kanada und Argentinien werden verschiedene gentechnisch veränderte Nutzpflanzen angebaut, die für die Tierernährung bedeutsam sind. Beispiele sind Zuckerrüben, Raps und Kartoffeln. Auch dort steht der Pflanzenschutz als Motiv für die gentechnische Veränderung im Vordergrund (Geldermann, 2005, S. 536).</p> <p>Bedeutung für die Tierproduktion. Die heute verwendeten gentechnisch veränderten Futterpflanzen sind also im Hinblick auf den Pflanzenschutz optimiert. Ihre neuartigen Merkmale sind für Tiere weder ernährungsphysiologisch noch pharmakologisch von Bedeutung. Die substantielle Äquivalenz zu herkömmlichen Futtermitteln ist gegeben.</p> <p>Entwicklungstendenzen. Künftig könnten vermehrt Futterpflanzen zum Einsatz gelangen, deren Inhaltsstoffe sich wesentlich von denjenigen konventioneller Pflanzen unterscheiden (Geldermann, 2005, S. 536). Beispielsweise wurde Reis, der Lysozym und Laktoferrin exprimiert, als Futter für Hähnchen entwickelt. Dieses Futter ist als Alternative zur Behandlung der Hähnchen mit Antibiotika gedacht (Guevara-González, Torres-Pacheco, 2006, S. 280.). Andere Forschungsarbeiten haben zum Ziel, den Aminosäuregehalt von Futterpflanzen zu verbessern, die Resistenz der Futterpflanzen gegen Pilzbefall, der für die Tiere gesundheitsschädlich ist, zu stärken oder den Gehalt an unverdaulichen Substanzen im Futtermittel zu verringern. In den USA und Kanada ist bereits ein gentechnisch veränderter Mais, der einen erhöhten Gehalt der Aminosäure Lysin aufweist, zum kommerziellen Anbau zugelassen (Transgen, 2008a, o.S.).</p>

1.1 Gentechnische Veränderung von Futterpflanzen

Regulierung	<p>Die Zulassung von Futtermitteln ist in der Schweiz durch die Verordnung über die Produktion und das Inverkehrbringen von Futtermitteln (Futtermittel-Verordnung, SR 916.30) geregelt. Gemäss Art. 2 sind Futtermittel „Stoffe oder Erzeugnisse, inklusive Zusatzstoffe, verarbeitet, teilweise verarbeitet oder unverarbeitet, die zur oralen Fütterung von Nutztieren oder Heimtieren bestimmt sind“.</p> <p>Die zulässigen Futtermittel sind in der Futtermittelliste aufgeführt. Daneben existiert eine spezielle Liste der zugelassenen gentechnisch veränderten Ausgangsprodukte. Neue Futtermittel können auf Gesuch hin in die Futtermittelliste aufgenommen werden. Gentechnisch veränderte Futtermittel müssen die allgemeine Zulassungsvoraussetzungen aus der Futtermittelverordnung und die Anforderungen der Freisetzungsverordnung erfüllen.</p> <p>Tierische Produkte, die mit Hilfe gentechnisch veränderter Futterpflanzen hergestellt wurden, müssen in der Schweiz nicht gekennzeichnet werden. Der freiwillige Hinweis "ohne Gentechnik hergestellt" dagegen unterliegt strengen Bestimmungen und bezieht sich auf den gesamten Herstellungsprozess (BAG, 2009, o.S.).</p> <p>In der EU müssen tierische Lebensmittel, die mit gentechnisch veränderten Futterpflanzen hergestellt wurden, ebenfalls nicht in jedem Fall gekennzeichnet werden. 2009 wurde in Deutschland ein Logo „Ohne Gentechnik“ eingeführt (Bioland, 2009, o.S.). Die Verwendung gentechnisch veränderter Futterpflanzen wird dabei weitgehend ausgeschlossen, gentechnisch erzeugte Futtermittelzusätze werden jedoch nicht erfasst.</p>
Wichtige ethisch relevante Aspekte	<p>Information und Wahlfreiheit der Konsumentinnen und Konsumenten tierischer Produkte</p> <p>Auswirkungen auf natürliche Lebensgemeinschaften und Biodiversität</p>

1.2 Bio- und nanotechnische Behandlung von pflanzlichem Futter

Das Wichtigste in Kürze	Durch Futterbehandlung können die Erträge an Lebensmitteln tierischen Ursprungs gesteigert werden. Dabei können auch gen- und nanotechnische Verfahren zum Einsatz kommen. Den Konsumenten und Konsumentinnen der Lebensmittel ist dieser Einsatz nicht immer bewusst.
Definition oder Beschreibung	Bio- und nanotechnische Verfahren, mit denen Tierfutter behandelt wird – mit Ausnahme gentechnischer Veränderungen an Futterpflanzen (vgl. 1.1). Nähere Angaben über die gezielte Verabreichung bioaktiver Stoffe an Tiere enthält 1.3, „Behandlung von Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden, mit bioaktiven Substanzen“.
Stand der Technik und der Anwendung	Mit der bio- und nanotechnischen Futterbehandlung werden vor allem Verbesserungen in folgenden Bereichen angestrebt: <ul style="list-style-type: none"> - Ausbeute an Futter - Nährstoffgehalt des Futters - Verwertbarkeit des Futters - Konservierung des Futters Beim Pflanzenschutz von Futterpflanzen werden neben gentechnischen auch andere biotechnische sowie nanotechnische (vgl. 2.2, „Techniken zur Kultivierung von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden“) Verfahren angewendet. Um die Futtermittelnutzung zu verbessern, wird Futter vielfach biotechnisch vorbehandelt. Ein Ansatz der Futtermittelnutzung ist beispielsweise die Behandlung mit ligninabbauenden Pilzen (Geldermann, 2005, S. 543). Durch fermentative Futterbehandlung mit probiotischen Mikroorganismen lassen sich unerwünschte Mikroorganismen zurückdrängen (Blaicher / Klimitsch, 2005, o.S.). Weit verbreitet ist Silage, ein durch Milchsäuregärung konserviertes Grünfutter, das vor allem an Wiederkäuer verfüttert wird. Futterzusatzstoffe werden unter 1.3 behandelt.
Regulierung	Die Zulassung von Futtermitteln ist in der Schweiz durch die Verordnung über die Produktion und das Inverkehrbringen von Futtermitteln (Futtermittel-Verordnung, SR 916.30) geregelt. Die Futtermittelverordnung bezieht sich auch auf Zusatzstoffe.
Wichtige ethisch relevante Aspekte	Information und Wahlfreiheit der Konsumentinnen und Konsumenten tierischer Produkte Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden der Konsumentinnen und Konsumenten tierischer Produkte

1.3 Verabreichung von bioaktiven Substanzen und Mikroorganismen an Tiere, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden

<p>Das Wichtigste in Kürze</p>	<p>Die Leistungssteigerung von Tieren mit Hilfe von Antibiotika und Hormonen ist in der Schweiz und der Europäischen Union nicht zulässig.</p> <p>In anderen Ländern, vor allem in den USA, wird sie jedoch vielfach praktiziert. Fleisch und Milch dürfen nur dann in die Schweiz importiert werden, wenn sie die hier gültigen lebensmittelrechtlichen Vorgaben erfüllen.</p> <p>Künftig dürften gentechnische Veränderungen an Nutztieren gegenüber der Behandlung von Nutztieren mit bioaktiven Substanzen an Bedeutung gewinnen.</p>
<p>Definition oder Beschreibung</p>	<p>Verfahren, bei denen Tiere zu nicht-medizinischen Zwecken mit bioaktiven Substanzen oder mit Mikroorganismen behandelt werden.</p>
<p>Stand der Technik und der Anwendung</p>	<p>Durch Verabreichung von bioaktiven Substanzen und Mikroorganismen soll vor allem die Leistungsfähigkeit der Tiere gesteigert werden, also beispielsweise die Fleisch- oder Milchproduktion pro Zeiteinheit.</p> <p>Probiotika sind Bakterienpopulationen, die das Wachstum pathogener Keime unterdrücken. Probiotika werden in der Tierernährung eingesetzt (Geldermann, 2005, S. 541). Zudem existieren Bestrebungen, bei Wiederkäuern zusätzlich zur nativen Flora und Fauna neue Pansenmikroorganismen zu etablieren (Geldermann, 2005, S. 537) und damit die Nahrungsverwertung zu verbessern. Allerdings hat sich die Ansiedlung gentechnisch veränderte Mikroorganismen im Pansen bisher als schwierig erwiesen (Geldermann, 2005, S. 543).</p> <p>Hormonpräparate werden bei fortpflanzungsbiologischen Verfahren angewendet, aber auch, um die Produktion von tierischen Lebensmitteln wirtschaftlich zu optimieren. Besonders verbreitet ist der Einsatz bio- oft auch gentechnisch hergestellter Somatotropine. Somatotropine sind Wachstumshormone, die zu schnellerem Wachstum führen, die Fleischqualität verbessern und die Milchleistung erhöhen (Geldermann, 2005, S. 59). Verschiedene weitere Wachstumshormone, Sexualhormone und β-Antagonisten (Stoffe mit proteinanaboler Wirkung) sind ebenfalls geeignet, die Stoffwechselregulation zu beeinflussen (Geldermann, 2005, S. 541-543). Hormone werden entweder durch Injektion, durch Zugabe zum Futtermittel oder in Form von Implantationspräparaten mit Depotwirkung appliziert (Kantonales Laboratorium Basel-Stadt, 2006, S.1).</p> <p>Antibiotika dienen zur Vorbeugung und Behandlung von Infektionskrankheiten. Sie lassen sich jedoch auch nutzen, um bei Nutztieren die Verwertung von Futtermitteln zu steigern (Geldermann, 2005, S. 59).</p> <p>Futterzusatzstoffe, z.B. Aminosäuren, Vitamine, Enzyme, werden teilweise mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen hergestellt (Geldermann, 2005, S. 539-540. Transgen, 2008a, o.S.). Mineralische Zusatzstoffe, z.B. synthetische Zeolite, die zur Tierernährung zugelassen sind, kommen vermutlich auch in nanoskaligen Formen zum Einsatz (AG Nanotechnologien, 2008, S. 12).</p>

1.3 Verabreichung von bioaktiven Substanzen und Mikroorganismen an Tiere, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden

Regulierung	<p>Die Zulassung von Futtermitteln ist in der Schweiz durch die Verordnung über die Produktion und das Inverkehrbringen von Futtermitteln (Futtermittel-Verordnung, SR 916.30) geregelt. Die Futtermittelverordnung bezieht sich auch auf Zusatzstoffe.</p> <p>Antibiotikazusätze im Tierfutter zur Leistungsförderung sind in der Schweiz seit 1999 (Internationale Bodenseekonferenz, o.J.), in der Europäischen Union seit 2006 verboten, in vielen anderen Ländern jedoch noch zulässig.</p> <p>Die Verabreichung pharmakologisch wirksamer Stoffe an Tiere ist in der Verordnung vom 18. August 2004 über die Tierarzneimittel (Tierarzneimittelverordnung, TAMV) geregelt. In Anhang 4 der Verordnung ist festgelegt, welche Stoffe und Zubereitungen nicht an Nutztiere verabreicht werden dürfen. Dazu zählen auch „Stoffe mit östrogenen, androgenen oder gestagenen Wirkung sowie Betaagonisten zur Förderung der Mastleistung, soweit nicht bei der Zulassung von Tierarzneimitteln Ausnahmen gewährt werden.“</p> <p>In der Europäischen Union ist der Einsatz von Hormonen in der Tiermast ebenfalls verboten. Dies gilt auch für Brasilien, das als Exporteur von Rindfleisch für die Schweiz eine grosse Rolle spielt. In den USA dagegen sind Hormone, die der Leistungssteigerung von Tieren dienen, frei erhältlich (Kantonales Laboratorium Basel-Stadt, 2006, S.1). Der Einsatz von Somatotropinen zur Steigerung der Milchleistung ist in der EU nicht zugelassen (Geldermann, 2005, S. 59).</p> <p>In die Schweiz dürfen Fleisch und Milch nur dann importiert werden, wenn die für die Schweiz gültigen lebensmittelrechtlichen Anforderungen erfüllt sind. Namentlich ist die Einfuhr von Fleisch sowie Milch und Milchprodukten, die Hormonrückstände enthalten, nicht erlaubt (Curia Vista, 1999, o.S.).</p>
Wichtige ethisch relevante Aspekte	<p>Information und Wahlfreiheit der Konsumentinnen und Konsumenten tierischer Produkte</p> <p>Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden der Konsumentinnen und Konsumenten tierischer Produkte</p> <p>Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden der behandelten Tiere</p>

1.4 Fortpflanzungsbiologische Verfahren an Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden

<p>Das Wichtigste in Kürze</p>	<p>Fortpflanzungsbiologische Verfahren sind heute bereits sehr verbreitet. Im Hinblick auf Effizienz und Sicherheit besteht noch Entwicklungsbedarf.</p> <p>Ein wesentliches Risiko liegt in der verstärkten Inzucht und damit unter anderem reduzierten genetischen Diversität, die durch solche Verfahren gefördert wird.</p>
<p>Definition oder Beschreibung</p>	<p>Verfahren, mit denen die Fortpflanzung von Tieren biotechnisch beeinflusst wird, ohne dass Eingriffe ins Erbgut der Tiere vorgenommen werden.</p> <p>Klonen und Chimärenbildung werden weiter unten behandelt.</p>
<p>Stand der Technik und der Anwendung</p>	<p>Fortpflanzungsbiologische Verfahren an Tieren zielen darauf ab, Nutztiere mit erwünschten Eigenschaften in grosser Zahl zu erzeugen. Zu den erwünschten Eigenschaften können z.B. Widerstandsfähigkeit gegenüber bestimmten Krankheiten, Schnellwüchsigkeit, hohe Milchleistung oder gute Milchqualität zählen.</p> <p>Eine Voraussetzung für viele fortpflanzungsbiologische Verfahren stellt die Kryokonservierung von Eizellen, Spermien und Embryonen dar. Dabei lassen sich die Zellen bei -196 °C bis -80 °C über Jahre lagern. Die Konservierungstechniken sind bereits so weit entwickelt, dass kaum noch Zellschäden beobachtet werden (Geldermann, 2005, S. 325-332).</p> <p>Die künstliche Besamung wird bereits seit Jahrzehnten praktiziert. Ursprünglich wurde sie aus seuchenhygienischen Überlegungen heraus angewendet. Heute steht die wirtschaftliche Optimierung im Vordergrund. Als wesentliches Risiko gilt die Verwendung weniger Vattiere und damit die Steigerung der Inzucht. Zudem besteht auch die Möglichkeit, dass sich unerwünschte Genvarianten zunächst unbemerkt rasch in Nutztierpopulationen ausbreiten (Geldermann, 2005, S. 333-346).</p> <p>Bei weiblichen Nutztieren können mit einer Superovulationsbehandlung grössere Zahlen an Embryonen gewonnen werden. Die Embryonen werden dem weiblichen Spendertier entnommen, beurteilt, konserviert und dann auf Empfängertiere übertragen. Dazu ist oft eine hormonell hervorgerufene Synchronisation der Zyklen von Spender- und Empfängertier erforderlich. Mit Hilfe der Superovulation können auch Nachkommen von noch nicht oder nicht mehr geschlechtsreifen Tieren gewonnen werden. Ein Risiko stellt wie bei der künstlichen Besamung die zunehmende Inzucht dar. Die Zuverlässigkeit und Effizienz der Verfahren gelten als verbesserungsbedürftig (Geldermann, 2005, S. 352-359).</p> <p>In vitro Fertilisation. Embryonen werden nicht nur mit künstlicher Besamung, sondern auch in vitro produziert. Dieses Verfahren wird heute vor allem bei Rindern angewendet. Es besteht noch Entwicklungsbedarf, um die Effizienz zu steigern und unerwünschte Nebeneffekte zu verringern (Geldermann, 2005, S. 360-367).</p>
<p>Regulierung</p>	<p>Die Anwendung fortpflanzungsbiologischer Verfahren ist in ihren Grundzügen im Bundesgesetz über die Landwirtschaft (Landwirtschaftsgesetz, LwG, SR 910.1) geregelt. Art. 141 bis 147 sind speziell der Tierzucht gewidmet. Sie legen Rahmenbedingungen für die Zuchtförderung, die künstliche Besamung sowie für tierzüchterische und genealogische Einfuhrbedingungen fest.</p> <p>Die kürzlich revidierte Tierseuchenverordnung (TSV, SR 916.401) regelt künstliche Besamung und Embryonentransfer für Rinder, Schafe, Ziegen, Pferde und Schweine. Sie zielt vor allem auf die Bekämpfung von Krankheiten ab.</p>

1.4 Fortpflanzungsbiologische Verfahren an Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden

Wichtige ethisch relevante Aspekte

Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden der Tiere, die fortpflanzungsbiologisch behandelt werden, und ihrer Nachkommen

Auswirkungen auf Gesundheit und genetische Diversität der Nutztierpopulation

1.5 Chimärenbildung bei Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden

Das Wichtigste in Kürze

Die Chimärenbildung bei Nutztieren ist technisch möglich.

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten wird sie sich jedoch voraussichtlich auch in Zukunft als nicht attraktiv erweisen.

Definition oder Beschreibung

Chimären entstehen aus Embryonen, die Körperzellen zweier Lebewesen enthalten. Während Hybride genetisch identische Körperzellen enthalten, stellen Chimären eine Mischung aus Körperzellen mit unterschiedlicher genetischer Ausstattung dar.

Die Ethikkommission für Tierversuche der Schweizerischen Akademie für Medizinische Wissenschaften (SAMW) und der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) unterscheidet zwischen primären und sekundären Chimären. Primäre Chimären entstehen durch Aggregation von embryonalen Zellen vor der Organogenese. Sekundäre Chimären entstehen durch Zellaustausch oder Transplantationen nach der Organogenese. Ihr Zellgemisch ist in der Regel auf ein oder wenige Gewebe beschränkt (Ethikkommission, 2009, S.2).

Hybride sind – anders als Chimären – aus einer Kreuzung zweier verschiedener Arten oder Unterarten hervorgegangen. Beispiele sind Maulesel und Maultier.

Stand der Technik und der Anwendung

Chimären werden beispielsweise erzeugt, indem Embryonen in einem frühen Entwicklungsstadium miteinander verbunden (aggregiert) werden. Mit diesem Verfahren lassen sich sowohl Intraspezies- als auch Interspezies-Chimären erzeugen. Bei landwirtschaftlich genutzten Tieren ist es gelungen, Chimären aus Schaf und Ziege aber auch aus Schaf und Rind herzustellen. Die Schaf-Ziegen-Chimären weisen äusserlich Merkmale beider Spezies auf. Die Schaf-Rind-Chimären gleichen äusserlich Schafen, zeigen aber auch genetische Merkmale von Rindern. Bisher dient die Chimärenbildung ausschliesslich Forschungszwecken. Gelegentlich treten Chimären auch natürlich auf. Ein grosser Teil der Trächtigkeiten mit Chimären endet mit Aborten in frühen Phasen der Schwangerschaft (Geldermann, 2005, S.380-386).

Theoretisch könnte Chimärenbildung genutzt werden, um Fleischprodukte, Milch oder Eier mit neuartigen Eigenschaften herzustellen. Die heute verfügbaren Verfahren sind jedoch bei weitem zu aufwändig und unsicher, um eine wirtschaftlich interessante Lebensmittelproduktion zu ermöglichen. Zudem sind Akzeptanzprobleme bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern zu erwarten, da viele Menschen Chimären als widernatürlich empfinden (Kast, 2008, o.S.) und deren besonderer Status optisch oft besonders deutlich ersichtlich ist.



Abbildung 4: Lamm, das aus einer natürlichen Kreuzung von Ziege und Schaf hervorging und 1985 künstlich erzeugte Chimäre aus Ziege und Schaf
(http://pix.sueddeutsche.de/panorama/330/432080/image_fmbg_0_2-1202292263.jpg
<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,341840,00.html>)

1.5 Chimärenbildung bei Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden

Regulierung	<p>Das Bundesgesetz über die medizinisch unterstützte Fortpflanzung (SR 810.11) verbietet das Klonen sowie die Chimären- und Hybridbildung beim Menschen (Art. 36). Die Bildung von Tierchimären ist unseren Recherchen zufolge nicht explizit geregelt. In erster Linie dürfte das Tierschutzgesetz (SR 455) zum Tragen kommen, da das Wohlergehen von Chimären beeinträchtigt sein kann.</p> <p>Die Ethikkommission für Tierversuche der SAMW und der SCNAT stellt fest, dass eine behördliche Aufsicht in Form einer Bewilligungspflicht für die Erzeugung von Mischwesen ausserhalb von Tierversuchen fehle. Sie führt weiter aus: „Nach Art. 4 des eidgenössischen Tierschutzgesetzes (TSchG) vom 16. Dezember 2005 darf ‚niemand ungerechtfertigt einem Tier Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen, es in Angst versetzen oder in anderer Weise seine Würde missachten. Das Misshandeln, Vernachlässigen oder unnötige Überanstrengen von Tieren ist verboten‘. Nach Art. 10 TSchG darf ‚die Anwendung natürlicher sowie künstlicher Zucht- und Reproduktionsmethoden bei den Elterntieren und bei den Nachkommen keine durch das Zuchtziel bedingten oder damit verbundenen Schmerzen, Leiden, Schäden oder Verhaltensstörungen verursachen; vorbehalten bleiben die Bestimmungen über Tierversuche‘. Detailbestimmungen zur Zucht von Tieren sind in den Artikeln 25-30 der Tierschutzverordnung vom 23. April 2008 (TSchV) enthalten. Danach ist ‚das Züchten darauf auszurichten, gesunde Tiere zu erhalten, die frei von Eigenschäften und Merkmalen sind, die ihre Würde verletzen. Zuchtziele, die eingeschränkte Organ- und Sinnesfunktionen und Abweichungen vom arttypischen Verhalten zur Folge haben, sind nur dann zulässig, wenn sie ohne das Tier belastende Massnahmen bei Pflege, Haltung oder Fütterung, ohne Eingriffe am Tier und ohne regelmässige medizinische Pflegemassnahmen kompensiert werden können. Verboten sind: a) das Züchten von Tieren, bei denen damit gerechnet werden muss, dass erblich bedingt Körperteile oder Organe für den arttypischen Gebrauch fehlen oder umgestaltet sind und dem Tier hierdurch Schmerzen, Leiden oder Schäden entstehen, und b) das Züchten von Tieren mit Abweichungen vom arttypischen Verhalten, die das Zusammenleben mit Artgenossen erheblich erschweren oder verunmöglichen‘ (Art. 25 TSchV). Es ist nicht ausgeschlossen, dass die Bildung von Mischwesen, sei es im Tier/Humanoder Tier/Tier-Bereich, solche Tatbestände einer tierschutzwidrigen Zucht erfüllen kann. Die Bestimmungen bedürfen jedoch der Auslegung und sind mit keinen klaren ethischen Aussagen über die vertretbaren Grenzen bei der Bildung von Mischwesen verbunden. Das trifft in besonderem Masse auch auf das Verbot der Missachtung der Würde zu, die dann verletzt ist, wenn die Belastung nicht durch überwiegende Interessen gerechtfertigt werden kann (Art. 3 TSchG). Die inhaltliche Tragweite der Würdeverletzung ist für Heim-, Nutz-, Wild- und Versuchstiere somit immer durch eine Interessenabwägung bestimmt.“</p>
Wichtige ethisch relevante Aspekte	Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden der Tiere, vor allem bei Interspezies-Chimären

1.6 Klonen von Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden

Das Wichtigste in Kürze	<p>Das Klonen von Tieren ist technisch möglich. Es besteht jedoch noch Entwicklungsbedarf, um die Effizienz der Verfahren zu verbessern und die Nebenwirkungen bei geklonten Tieren zu verringern. Falls dies gelingt, ist das wirtschaftliche Potenzial des Klonens sehr hoch.</p> <p>In den USA sind Fleisch und Milch geklonter Kühe, Schafe und Ziegen zum Verzehr zugelassen. Die Europäische Union erwägt ein Zulassungsverfahren. In der Schweiz ist die Zulassung von Lebensmitteln, die von geklonten Tieren stammen, bisher nicht eindeutig geregelt.</p>
Definition oder Beschreibung	<p>Das Herstellen genetisch identischer Tiere wird als Klonen bezeichnet.</p> <p>Die folgenden Angaben beziehen sich auf das künstlich herbeigeführte reproduktive Klonen von Säugetieren und Vögeln. Dabei werden Tiere betrachtet, die zur Produktion von Fleisch, Milch oder Eiern genutzt werden.</p>
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Zielsetzung. Mithilfe von Klontechniken lassen sich Tiere mit erwünschten Eigenschaften, z.B. einer hohen Milchleistung oder einer guten Fleischqualität, vervielfältigen und damit besser nutzen. Verglichen mit bisherigen Reproduktionstechniken kann das gewünschte Erbgut potenziell schneller und zuverlässiger verbreitet werden (Camenzind, 2009, S. 16).</p> <p>Vorgehen. Technisch stehen beim Klonen Embryoteilung und Zellkerntransfer im Vordergrund. Bei der Embryoteilung werden aus einem Embryo durch dessen Teilung – analog zur Bildung von Zwillingen – mehrere genetisch identische Nachkommen gewonnen. Beim Kerntransfer werden Kerne bereits ausdifferenzierter Körperzellen in entkernte Eizellen übertragen und diese Eizellen zur Entwicklung angeregt. Die Technik erlaubt es, eine grosse Anzahl genetisch identischer Nachkommen eines Tieres zu gewinnen (Camenzind, 2009, S. 5-7).</p> <p>Die Embryoteilung wird heute bereits bei der Züchtung von Nutztieren praktiziert, wo sie es erlaubt, Embryonen kostengünstig zu produzieren (Geldermann, 2005, S. 399).</p> <p>Das Klonen durch Kerntransfer wurde bei verschiedenen Säugetierarten erfolgreich praktiziert (Geldermann, 2005, S. 399). Camenzind führt neun Säugetierspezies auf, die aus adulten Zellen geklont werden konnten. Darunter befinden sich mit Schaf, Rind und Schwein auch drei Arten, die in der Schweiz in grösserem Massstab zur Lebensmittelproduktion genutzt werden (Camenzind, 2009, S. 10). Mit dem Klonen von Rindern und Schafen wurden besonders viele Erfahrungen gesammelt (Geldermann, 2005, S. 388).</p> <p>Effizienz und Nebenwirkungen. Die Effizienz des Klonens variiert sowohl unter den Spezies als auch innerhalb einer Art stark und liegt tendenziell im einstelligen Prozentbereich. Der Gesundheitszustand von 60 bis 70% der Klone ist unauffällig. 30 bis 40% der Tiere weisen Anomalien und Krankheiten auf, die mit unvollständiger oder defekter epigenetischer Reprogrammierung einher gehen (Camenzind, 2009, S. 12).</p> <p>Aus Kerntransfer stammende Kälber zeigen eine verlängerte vorgeburtliche Entwicklung. Bei der Geburt sind sie durchschnittlich 20 bis 25% grösser als Kälber, die mit üblichem Embryonentransfer oder künstlicher Besamung erzeugt wurden. Ca. 30% der Kälber sind deutlich grösser als normal, was zu erheblichen Problemen bei der Geburt führen kann (Geldermann, 2005, S. 397).</p> <p>Wirtschaftliche Aspekte. Nach Ansicht von Geldermann besitzt das Klonen von Tieren grosse Potenziale für die Züchtung und die Produktion (Geldermann, 2005, S. 399). Heute ist das Verfahren noch zu aufwändig, um sich für die Massenproduktion von Tieren, die direkt zu Lebensmitteln verarbeitet werden, zu eignen. Als wirtschaftlich attraktiv</p>

1.6 Klonen von Tieren, die zur Lebensmittelproduktion genutzt werden

	<p>könnte sich jedoch das Klonen erfolgreicher Zuchttiere erweisen. Künftig besteht Aussicht, die Effizienz des Klonens zu verbessern und die Nebenwirkungen zu verringern (Geldermann, 2005, S. 399). Das Klonen von Nutztieren wird rentabler. Die Frage nach der Marktzulassung von Produkten geklonter Tiere, wie z.B. Fleisch und Milch, stellt sich dann evtl. mit neuer Dringlichkeit.</p> <p>Unternehmen, die sich bereits auf die kommerzielle Produktion geklonter Tiere spezialisiert haben, sind beispielsweise Viagen (USA, www.viagen.com/), Cyagra (USA, www.cyagra.com/) und Agrobiogen (D, www.agrobiogen.de/).</p>
Regulierung	<p>In der Schweiz ist das Klonen von Tieren sowie die Verwendung von Produkten, die von geklonten Tieren oder deren direkten Nachkommen stammen, bisher nicht eindeutig geregelt (Camenzind, 2009, S. 38-39).</p> <p>In der Europäischen Union einigten sich die Landwirtschaftsminister im Juni 2009 darauf, ein Zulassungsverfahren für das Fleisch von Nachkommen geklonter Tiere einzuführen. Jedes Produkt soll von der EU-Lebensmittelbehörde EFSA geprüft werden, bevor es auf den Markt kommt (Deutsche Welle, 2009, o.S.). Gleichzeitig soll die Europäische Kommission einen Vorschlag erarbeiten, der die ethischen Bedenken berücksichtigt, und gegebenenfalls einen Gesetzesentwurf vorlegen. Das Europaparlament, das sich in der Vergangenheit mehrfach gegen das Klonen von Tieren zur Lebensmittelproduktion und gegen die Einfuhr von Fleisch solcher Tiere ausgesprochen hat, muss diesem Vorgehen noch zustimmen.</p> <p>In den USA kam die Food and Drug Administration (FDA) Anfang 2008 zum Schluss, dass Fleisch und Milch geklonter Kühe, Schafe und Ziegen sowie von den Nachkommen aller geklonten Tiere so sicher seien wie die entsprechenden herkömmlichen Produkte und daher für den Markt zuzulassen sind. Eine Kennzeichnungspflicht ist nicht vorgesehen.</p>
Wichtige ethisch relevante Aspekte	<p>Zu den ethischen Aspekten des Klonens hat die EKAH ein eigenes Gutachten in Auftrag gegeben (vgl. Camenzind, 2009).</p> <p>Nach Beurteilung von Thompson stehen beim Klonen aus ethischer Sicht folgende Aspekte im Vordergrund (Thompson, 2007, S.147f):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Klonen beeinträchtigt das Wohlergehen der betroffenen Tiere. - Massenhaftes Klonen von Nutztieren könnte den Weg zum Klonen von Menschen ebnen.

1.7 Gentechnische Veränderungen und Gendiagnostik bei Tieren, die zur Lebensmittelproduktion verwendet werden

<p>Das Wichtigste in Kürze</p>	<p>Transgene Tiere können mit verschiedenen Verfahren erzeugt werden. Bei Säugetieren und Vögeln sind diese Verfahren aufwändig und daher gegenwärtig für die Lebensmittelproduktion wirtschaftlich nicht interessant. Anders stellt sich die Situation bei Fischen dar. Daher dürften die ersten transgenen Tiere, die weltweit als Lebensmittel genutzt werden, Fische sein.</p> <p>Die Produktion gentechnisch veränderter Wirbeltiere, die zu Lebensmitteln verarbeitet werden, ist in der Schweiz heute nicht zulässig.</p>
<p>Definition oder Beschreibung</p>	<p>Mit gentechnischen Verfahren wird das Erbgut von Tieren gezielt verändert.</p>
<p>Stand der Technik und der Anwendung</p>	<p>Zielsetzung. Mit der gentechnischen Veränderung von Tieren werden heute vor allem Verbesserungen in folgenden Bereichen angestrebt (Heller, 2006, S. 11):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Effizienz der Futtermittelverwertung - Wachstumsrate - Fähigkeit, preisgünstige Proteinquellen zu verwerten, die nicht tierischen Ursprungs sind - Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten - Widerstandsfähigkeit gegen bestimmte Umweltbedingungen - Milchleistung - Fleisch- oder Milchqualität <p>Verfahren. Transgene Tiere können mittlerweile mit einer Vielzahl von Verfahren erzeugt werden. Beispiele sind Mikroinjektion von DNA in den Vorkern einer befruchteten Eizelle, Integration eines viralen Vektors in eine Eizelle oder in einen Embryo in frühem Entwicklungsstadium, Transfer eines genetisch veränderten Zellkerns in eine entkernte Eizelle oder Integration genetisch manipulierter pluripotenter Stammzellen in einen Embryo im frühen Entwicklungsstadium (Heller, 2006, S. 4). Die meisten Forschungsergebnisse wurden bisher an Fischen und Säugetieren gewonnen. Die Erfahrungen mit Vögeln sind im Vergleich dazu noch begrenzt (Heller, 2006, S. 11).</p> <p>Effizienz und Nebenwirkungen. Mit gentechnischen Verfahren lassen sich Eigenschaften von Tieren gezielter und schneller verändern als mit konventioneller Züchtung. Da viele wirtschaftliche interessante Eigenschaften von Nutztieren durch das Zusammenspiel mehrerer Gene bestimmt werden bzw. durch Gene, die noch nicht bekannt sind, stellen sich Fortschritte jedoch nicht so schnell ein wie ursprünglich angenommen. Zudem ist die genetische Veränderung von Nutztieren aufgrund technischer Probleme, wie beispielsweise geringer Gentransferrate, kostspielig (Heller, 2006, S. 11). Transgene Tiere müssen konventionell weitervermehrt werden, wobei die neuen Eigenschaften oft nur auf einen Teil ihrer Nachkommen übergehen. Gentechnische Eingriffe bei Nutztieren dienen daher bisher vor allem biomedizinischen Zwecken („Gene Pharming“) und nicht der Lebensmittelproduktion (Heller, 2006, S. 21).</p> <p>Experimente, bei denen Tiere genetisch verändert wurden, zeigten teils gravierende Nebenwirkungen auf die Gesundheit der betroffenen Tiere (BMGFJ, 2007, S. 51f.). In der Fachliteratur finden sich Hinweise zum Wohlergehen der von gentechnischen Veränderungen betroffenen Tiere. Einige Beispiele sind:</p> <p>Bei der erstmaligen Herstellung transgener Tiere werden Tiere als Eispenderinnen und Leihmütter genutzt. Diese Tiere werden Behandlungen unterzogen, z.B. Hormonbehandlung oder Kaiserschnitt, die sich nachteilig auf Gesundheit und Wohlbefinden auswirken können. Tiere, die nicht weiter genutzt werden können, weil sie beispielsweise das übertragene Gen unzureichend exprimieren, werden meistens getötet. Teilweise kommt es bereits in der Embryonalphase zu Fehlentwicklungen (Rehbinder et al., 2009, S. 102,</p>

1.7 Gentechnische Veränderungen und Gendiagnostik bei Tieren, die zur Lebensmittelproduktion verwendet werden

	<p>112).</p> <p>Bei der Vermehrung transgener Tiere entstehen Tiere, die nicht genutzt werden können. Wenn ein erwünschtes Protein mit der Milch produziert wird, gilt das z.B. für männliche Tiere. Diese Tiere werden in der Regel getötet (Rehbinder et al., 2009, S. 101).</p> <p>Die genetische Veränderung selbst beeinträchtigt die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere. Zu solchen Beeinträchtigungen existieren mittlerweile vielfältige Erfahrungen, die dazu beigetragen haben, dass das Risiko heute besser eingeschätzt und eingegrenzt werden kann. Es bestehen jedoch immer noch viele offene Fragen, insbesondere zu Langzeitriskien (Rehbinder et al., 2009, S. 101-120).</p> <p>Spezialfall Fische. In einer aktuellen Studie wird darauf hingewiesen, dass die Arbeiten und wissenschaftlichen Publikationen zu transgenen Fischen sehr zahlreich seien. Bisher wurde kein transgener Fische für die Verwendung im Lebensmittelbereich zugelassen. Es ist jedoch denkbar, dass die ersten Lebensmittel aus gentechnisch veränderten Tieren von Fischen stammen werden. Die Fortpflanzungsbiologie der Fische ist technisch einfacher zu manipulieren als bei Säugetieren, die gentechnischen Methoden sind deutlich weiter fortgeschritten. Der transgene Atlantische Lachs des US amerikanischen Unternehmens AquaBounty steht nach langwieriger Entwicklung und Zulassungsverfahren (BMGFJ, 2007, S. 53f). vermutlich kurz vor der Zulassung durch die Federal Drug Administration (FDA). Dieser Lachs kombiniert einen Kälteresistenz-Protein-Promotor mit einem Wachstumshormongen (Heller, 2006, S. 186).</p> <p>Die Forschung zu transgenen Krustentieren und Muscheln befindet sich dagegen noch in einem frühen Stadium, da Genetik und Stoffwechsel dieser Tiere bislang wenig erforscht sind (Heller, 2006, S. 186-187).</p> <p>Gendiagnostik. Gendiagnostik wird eingesetzt, um den Erfolg gentechnischer Veränderungen zu überprüfen und die Selektion von landwirtschaftlich genutzten Tieren für die Weiterzucht zu verfeinern.</p>
Regulierung	<p>In der Schweiz dürfen gemäss Artikel 9 des Bundesgesetzes über die Gentechnik im Ausserhumanbereich (Gentechnikgesetz, GTG) „gentechnisch veränderte Wirbeltiere nur für Zwecke der Forschung, Therapie und Diagnostik an Menschen oder Tieren erzeugt und in Verkehr gebracht werden“. Die Produktion gentechnisch veränderter Rinder, Schafe, Hühner oder Fische, die zu Lebensmitteln verarbeitet werden, ist demnach nicht zulässig.</p> <p>In der Europäischen Union kommt beim Inverkehrbringen von GVO als Produkte oder in Produkten die Richtlinie 2001/18/EG20 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen (GVO) zur Anwendung. Die Richtlinie zielt allgemein auf den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt ab. Fragen der Lebensmittelsicherheit werden nicht spezifisch berücksichtigt. Ein Antrag auf Inverkehrbringen eines Lebensmittelprodukts aus einem transgenen Tier für den menschlichen Verzehr müsste gemäss der Verordnung (EG) 1829/200323 über genetisch veränderte Lebensmittel erfolgen. Die Verordnung verlangt auch, dass „entweder eine begründete Erklärung, dass das Lebensmittel keinen Anlass zu ethischen oder religiösen Bedenken gibt, oder ein Vorschlag für seine Kennzeichnung“ abgegeben werden muss (BMGFJ, 2007, S. 21f.).</p> <p>In den USA ist die Food and Drug Administration (US FDA) für Lebens- und Futtermittel aus gentechnisch veränderten Organismen zuständig (BMGFJ, 2007, S. 33). Gentechnisch veränderte Lebensmittel als Endprodukte unterliegen weitgehend denselben Regulierungsmechanismen wie nicht gentechnisch veränderte Produkte (ITAS, 2008, S. 1).</p>

1.7 Gentechnische Veränderungen und Gendiagnostik bei Tieren, die zur Lebensmittelproduktion verwendet werden

Wichtige ethisch relevante Aspekte

Aus ethischer Sicht müssen unter anderem folgende Aspekte berücksichtigt werden (Thompson, 2007, S. 21 f):

- Sicherheit für den Menschen
- Würde der betroffenen Tiere
- Gesundheit und Wohlergehen der betroffenen Tiere
- Kennzeichnung, informed consent der Verbraucherinnen und Verbraucher
- Verteilungsgerechtigkeit
- Unbeabsichtigte Langzeitnebenwirkungen

Im Zusammenhang mit transgenen Fischen stehen ökologischen Bedenken im Vordergrund, da bei Fischen eine unkontrollierte Ausbreitung wegen Entkommen einzelner Individuen aus Zuchteinrichtungen sehr wahrscheinlich ist. Das Gefährdungspotential liegt insbesondere in der Ausbreitung in Wildpopulationen, in der Auskreuzung, in Fitness-Vorteilen (insbesondere bei erhöhtem Anteil an Wachstumshormon) und damit in der Verdrängung natürlicher Arten. Für transgene Lachse mit zusätzlichem Gen für ein Wachstumshormon wurde deren Überlegenheit über Wildtyp-Populationen in bestimmten Situationen bereits nachgewiesen sowie die Notwendigkeit zur Analyse der „Genotyp-Environment-Interactions“ im Zuge einer Risikoabschätzung betont (BMGFJ, 2007 S.54).

1.8 Pharming mit Tieren

Das Wichtigste in Kürze	Durch Pharming können Zusatzstoffe für Lebensmittel, aber auch pharmakologisch wirksame Lebensmittel, z.B. mit Lactoferrin angereicherte Milch, welche die Infektabwehr stärkt, gewonnen werden. Ob Lebensmittel, die mittels Pharming erzeugt wurden, in der Schweiz zugelassen werden können, ist fraglich.
Definition oder Beschreibung	Gentechnische Veränderung bei Tieren, die der Produktion von Biopharmaka dient.
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Ziel des Pharming ist es:</p> <ul style="list-style-type: none"> - biopharmazeutische Stoffe mit Hilfe von Tieren zu gewinnen. <p>Für die Lebensmittelproduktion ist Pharming interessant, da die Grenzziehung zwischen Lebens- und Arzneimitteln zunehmend schwierig wird. Diese Entwicklungstendenz wird oft auch mit dem Schlagwort „Nutraceuticals“ bezeichnet: Inhaltsstoffe von Lebensmitteln wirken sich in ähnlicher Weise wie Arzneimittel auf die Gesundheit aus. In der Schweiz hat diese Problematik das Bundesamt für Gesundheit und swissmedic dazu veranlasst, eine Publikation zu „Abgrenzungskriterien Arzneimittel – Lebensmittel bzw. Gebrauchsgegenstände“ herauszugeben (BAG / swissmedic, 2009).</p> <p>Pharming setzt eine gentechnische Veränderung voraus. Damit das erwünschte Protein in grösseren Mengen gebildet wird, wird vielfach ein Kontrollgen genutzt, das für reichliche Proteinbildung im Zielgewebe sorgt – z.B. für die Bildung von Beta-Kasein in Milchdrüsen oder von Ovalbumin in Hühnereiern. Die genetische Veränderung wird in der Regel an den Eizellen von Säugetieren oder an Embryonen in frühen Entwicklungsstadien vorgenommen. Damit soll sichergestellt werden, dass die genetische Veränderung im ganzen Körper des Tieres vorhanden ist und auch vererbt werden kann. Reh binder et al. stellten kürzlich eine Liste der Proteine zusammen, die bisher in Milch exprimiert werden konnten. Das Spektrum reicht von antimikrobiellen Substanzen bis zu Verdauungsenzymen und menschlichen Hormonen (Reh binder et al., 2009, S. 27-71). Ein breites Spektrum von Proteinen konnte bisher auch in Eiern exprimiert werden, z.B. therapeutische monoklonale Antikörper in Hühnereiweiss (Mine, 2008, S. 289).</p> <p>2006 liess die Europäische Kommission das erste tierische Pharming-Produkt zur Verwendung beim Menschen zu. ATryn[®] ist eine Variante des menschlichen Antithrombins, eines im menschlichen Körper vorkommendes Plasmaproteins, das über blutgerinnungs- und entzündungshemmende Eigenschaften verfügt (Reh binder et al., 2009, S. 74).</p>
Regulierung	<p>In der Schweiz dürfen gemäss Artikel 9 des Bundesgesetzes über die Gentechnik im Ausserhumanbereich (Gentechnikgesetz, GTG) „gentechnisch veränderte Wirbeltiere nur für Zwecke der Forschung, Therapie und Diagnostik an Menschen oder Tieren erzeugt und in Verkehr gebracht werden“. Pharming, das der Therapie von Menschen dient, ist demnach grundsätzlich zulässig.</p> <p>Ob Pharming-Produkte auch als funktionelle Lebensmittel in Verkehr gebracht werden dürften, wäre im Einzelfall zu klären. Solche Produkte unterstehen potenziell sowohl der Lebens- als auch der Heilmittelgesetzgebung (BAG / swissmedic, 2009, S. 3). Die schweizerische Regulierung wird jedoch in den kommenden Jahren voraussichtlich noch Änderungen erfahren, die auch das Pharming betreffen könnten. BAG und swissmedic weisen darauf hin, dass „aufgrund des klaren Willens des schweizerischen Gesetzgebers, sowohl das schweizerische Heilmittelgesetz wie auch das schweizerische Lebensmittelgesetz möglichst europakompatibel zu gestalten und auszulegen“ sind (BAG / swissmedic, 2009, S. 15).</p>

1.8 Pharming mit Tieren

Wichtige ethisch relevante Aspekte

Vgl. 1.7 „Gentechnische Veränderungen und Gendiagnostik bei Tieren, die zur Lebensmittelproduktion verwendet werden“

Zusätzlich könnten sich die Verbreitung von zum Pharming genutzten Tieren und von Lebensmitteln, die mit Pharming erzeugt werden, nachteilig auf natürliche Lebensgemeinschaften auswirken. Hinweise auf ähnliche Auswirkungen gab es in der Vergangenheit z.B. bei hormonaktiven Substanzen in Oberflächengewässern oder bei Antibiotika aus Futtermitteln im Boden.

1.9 Aquakultur

Das Wichtigste in Kürze	<p>Die Bedeutung von Aquakulturen nimmt weltweit stark zu. Fortpflanzungsbiologische und gentechnische Methoden bei Fischen sind weit fortgeschritten und greifen teilweise tief in die natürliche Entwicklung der Fische ein.</p> <p>Aquakulturen leisten einen wichtigen Beitrag zur Schonung der natürlichen Fischbestände. Vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern sind Aquakulturen jedoch auch mit ungünstigen sozialen und ökologischen Auswirkungen verbunden.</p>
Definition oder Beschreibung	<p>Aquakultur ist die Haltung im Wasser lebender Organismen unter kontrollierten oder halbkontrollierten Bedingungen (Stickney, 2009, S. 1).</p> <p>Im Folgenden wird nur die Haltung von Tieren, die der Lebensmittelproduktion dienen, also im Wesentlichen von Fischen, Muscheln und Krebstieren, näher betrachtet.</p>
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Marktsituation. Die Menge wilder Fische und anderer im Wasser lebender Organismen, die jährlich weltweit gefangen werden, stagniert seit Mitte der neunziger Jahre. Überfischung ist in vielen Regionen zum Problem geworden, z.B. in der Ostsee. Fische stellen eine wichtige Proteinquelle dar, die etwa 16% des globalen menschlichen Proteinbedarfs deckt. Derzeit steigt die Nachfrage nach Fisch und Meeresfrüchten – weltweit und spezifisch in der Schweiz – an. Als Alternative bietet sich Aquakultur an. In der Öffentlichkeit wurde immer wieder Kritik an ökologischen und sozialen Aspekten der Aquakultur laut. Als wichtige Herausforderung gilt daher gegenwärtig, eine nachhaltige Aquakultur zu etablieren (Stickney, 2009, S. 28-45, Kunz, 2007, o.S., Heller, 2006, S. 186).</p> <p>Weltweit werden überwiegend Fische aus der Familie der Karpfenartigen kultiviert (18.5 Mio. t im Jahr 2004), danach folgen Austern (4.5 Mio. t) und Muscheln (4 Mio t.). Die Produktion an Süßwasserfischen überwog 2004 mit rund 24 Mio. t deutlich die Produktion an Meeresfischen, die 1.5 Mio. t betrug (Stickney, 2009, S. 22-23).</p> <p>2003 stammten bereits 32% der globalen Fischproduktion aus Aquakulturen (Heller, 2006, S. 186). Die weltweit mit Abstand grösste Aquakulturproduktion wies im Jahr 2004 China auf (rund 30.5 Mio. t), gefolgt von Indien (2.5 Mio. t), Vietnam und Thailand (je 1.2 Mio. t), Indonesien (1 Mio. t) und Bangladesch (0.9 Mio. t). Der wichtigste europäische Produzent ist Norwegen (ca. 0.65 Mio. t) (Stickney, 2009, S. 23). Aquakultur findet also mehrheitlich in Ländern statt, die sich derzeit wirtschaftlich stark entwickeln.</p> <p>In der Schweiz wurden Mitte der 2000er Jahre 94% der konsumierten Fische importiert (Kunz, 2007, o.S.).</p> <p>Stand der Technik und Entwicklungsrichtungen. Für die Zukunft könnte sich vor allem Offshore-Aquakultur als wichtige Entwicklungsrichtung erweisen – sofern es gelingt, die derzeit noch offenen regulatorischen Fragen zu lösen (Stickney, 2009, S. 288). 2030 werden voraussichtlich mehr als die Hälfte aller weltweit konsumierten Seafoodprodukte aus Aquakulturen stammen (Kunz, 2007, o.S.).</p> <p>Neue bio- und nanotechnische Entwicklungen können vor allem folgende Bereiche betreffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eigenschaften der verwendeten Tiere (vgl. auch transgene Fische unter 1.7, „Gentechnische Veränderungen und Gendiagnostik bei Tieren, die zur Lebensmittelproduktion verwendet werden“): Auf mehrere Arten, die zur Aquakultur verwendet werden, wurden erfolgreich Gene für Wachstumshormone übertragen. Daneben wird an der Übertragung von Kälteresistenz-Genen auf Fische, die natürlicherweise nur in wärmeren Gewässern vorkommen, geforscht (Stickney, 2009, S. 221). - Geschlecht der verwendeten Tiere. Bei einigen Tierarten ist das Geschlecht bei der Geburt noch nicht definitiv festgelegt und kann durch Verabreichung von Hormonen mit dem Futter verändert werden. Bereits in den siebziger Jahren wurde gezeigt, dass

1.9 Aquakultur

	<p>sich junge Tilapia, denen Testosteron verfüttert wurde, nahezu vollständig zu männlichen Tieren entwickelten. Die Differenzierung nach Geschlechtern ist vor allem deshalb von Interesse, da bei vielen Tierarten ein Geschlecht schneller als das andere wächst (Stickney, 2009, S. 178-216).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Polyploide Organismen, d.h. solche, die mehr als zwei Chromosomensätze besitzen, wachsen oft schneller als diploide Organismen. Bei einigen Aquakulturspezies wird daher mit Tri- oder Tetraploiden gearbeitet, z.B. bei Austern und Mollusken. Polyploide Austern lassen sich durch Koffeinbehandlung gewinnen. Durch Mitoseinhibition wurden auch tetraploide Regenbogenforellen erzeugt. Da triploide Tiere steril sind, besteht die Möglichkeit, exotische Arten in Form von Triploiden zu kultivieren, um deren Vermehrung in bestehenden Ökosystemen auszuschliessen (Stickney, 2009, S. 216). - Einige nahe verwandte Arten von Fischen bilden bei Hybridisierung sterile Nachkommen. Solche Nachkommen können dann – ebenso wie Triploide – in fremden Ökosystemen kultiviert werden, ohne dass die Gefahr besteht, das Ökosystem durch Auswilderung und Vermehrung zu verändern. In anderen Fällen, z.B. bei der Kreuzung von Tilapia-Arten, weisen die Nachkommen überwiegend ein bestimmtes Geschlecht auf. Bei Tilapia handelt es sich dabei um die schneller wachsenden Männchen, was die Hybridisierung unter wirtschaftliche Gesichtspunkten interessant machen kann (Stickney, 2009, S. 217). - Bei einigen Fischen lässt sich Jungfernzeugung induzieren, z.B. indem die Eier mit Spermien einer nicht nahe verwandten Art, mit schwachem UV-Licht oder schwacher Röntgenstrahlung oder mit schwachem elektrischen Strömen behandelt werden. Durch induzierte Geschlechtsumwandlung lassen sich beispielsweise bei Tilapia und Südflyndern XX-Männchen gewinnen, die ausschliesslich weibliche Nachkommen produzieren (Stickney, 2009, S. 217-218). <p>Bei Massnahmen zur Erhaltung der Gesundheit der kultivierten Tiere stehen aus praktischen Gründen Impfstoffe und Pharmaka im Vordergrund, die mit dem Futter verabreicht werden können (Stickney, 2009, S. 172) (vgl. auch 2.5, „Pharming mit Pflanzen“).</p>
Regulierung	<p>Aquakulturen sind in der Schweiz vor allem mit folgenden Erlassen geregelt: Bundesgesetz über die Fischerei, Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei, Kantonale Fischereigesetze, Vorschriften des kantonalen Veterinäramts über die Führung von Fischzuchten, Gewässerschutzgesetz, Gewässerschutzverordnung, Tierschutzgesetz, Tierschutzverordnung, Tierseuchenverordnung und Verordnung über die Ein-, Durch- und Ausfuhr von Tieren und Tierprodukten. Für gentechnisch veränderte Tiere gelten zusätzlich die unter 1.7 angesprochenen gesetzlichen Regelungen.</p>

1.9 Aquakultur

Wichtige ethisch relevante Aspekte

Gesundheit und Wohlbefinden der Personen, die Aquakulturprodukte konsumieren. Besondere Risiken gehen von Toxinen und menschlichen Krankheitserregern aus, die sich in den Organismen akkumulieren können (Stickney, 2009, S. 173). Zudem besteht die Befürchtung, dass Hormone aus hormonbehandelten Fischen in den menschlichen Körper gelangen (Stickney, 2009, S. 215).

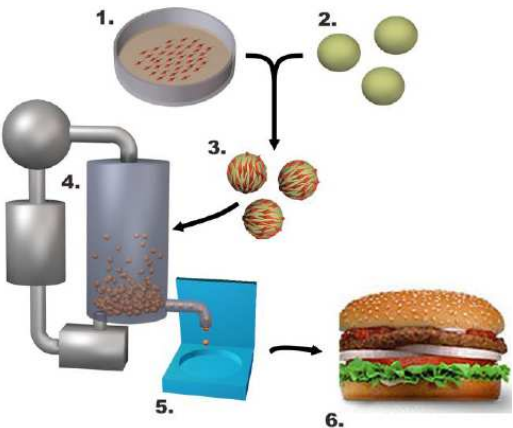
Gesundheit und Wohlbefinden der kultivierten Fische und anderer im Wasser lebender Organismen. Wesentlich für die Gesundheit ist, dass die Tiere keinem übermässigen Stress ausgesetzt sind (Stickney, 2009, S. 173), wie er vor allem durch hohe Besatzdichten entsteht (Kunz, 2007, o.S.).

Würde der kultivierten Fische. An den Schutz von Fischen vor Leiden, aber auch an den Schutz der Würde von Fischen werden oft geringere Anforderungen gestellt als dies bei Säugetieren der Fall ist. In der Regel fehlt eine genauere Begründung für diese Haltung.

Chancen und Risiken für die Umwelt. Aquakultur bietet Chancen, natürliche Ökosysteme und Ressourcen zu erhalten. Heute gelten mehr als 70% der kommerziell genutzten Fischbestände als überfischt (Kunz, 2007, o.S.). Andererseits führt Aquakultur primär in sich entwickelnden Ländern auch zu Schäden an der Umwelt, z.B. zur Gefährdung natürlicher Lebensgemeinschaften durch Einführung fremder Arten.

Greenpeace führt in einem kürzlich veröffentlichten Bericht verschiedene negative soziale und ökologische Auswirkungen von Aquakulturen an. Die Autoren kritisieren, dass vor allem die Kultur von Raubfischen, z.B. von Lachs, zu Umweltschäden führe. Freilebende Fische werden gefangen, um sie zu Fischfutter zu verarbeiten. Die Kultur von Shrimps hat unter anderem auf den Philippinen, in Vietnam, Thailand, Bangladesh und Ecuador zur Zerstörung von Mangrovenwäldern geführt. Der hohe Frischwasserbedarf dieser Kulturen erschöpft die lokalen Wasservorräte. In einigen Ländern wurden Menschen in grossem Stil umgesiedelt, um Platz für Aquakulturen zu schaffen (Allsop et al., 2008, S. 1-5).

1.10 Herstellung von Fleischprodukten aus Zell- und Gewebekulturen

Das Wichtigste in Kürze	Der industriellen Produktion von synthetischem Fleisch stehen noch erhebliche technische Hürden entgegen. Daher ist nicht damit zu rechnen, dass synthetische Fleischprodukte in näherer Zukunft auf den Lebensmittelmarkt gelangen.
Definition oder Beschreibung	Tierische Zell- und Gewebekulturen werden genutzt, um synthetische Fleischprodukte zu erzeugen.
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Mit der Herstellung von Fleischprodukten aus Zell- und Gewebekulturen werden verschiedene Ziele verfolgt (Edelman et al., 2005, S. 659, Edelman, 2003, S. 5):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Umwelt und Ressourcen sollen geschont werden, da die konventionelle Fleischproduktion unter anderem sehr energie- und wasseraufwändig ist. - Das Risiko, dass beim Fleischverzehr tierische Krankheiten auf den Menschen übertragen werden, soll verringert werden. Beispiele für solche Krankheiten sind BSE und die Vogelgrippe. - Formen der Tierhaltung, die Gesundheit und Wohlbefinden der Tiere beeinträchtigen, z.B. die Massentierhaltung auf begrenztem Raum, sollen vermieden werden. <p>Längerfristig ist auch denkbar, hochwertige Fleischprodukte preisgünstiger als bisher zu produzieren.</p> <p>Technisch steht die Erzeugung von Skelettmuskelfleisch im Vordergrund. Dies kann durch Selbstorganisation von Zellen oder mit Hilfe Trägergerüsten geschehen (Edelman et al., 2005, S. 659). Mironov schlägt eine Technik vor, bei der Myoblasten in einem Bioreaktor auf Kollagenkügelchen kultiviert werden. Anschliessend werden die Muskelzellen geerntet und zu Fleischprodukten wie Würsten oder Hamburgern verarbeitet (Edelman, 2003, S. 8).</p>  <p>Abbildung 5: Schematische Darstellung eines Verfahrens zur Herstellung von Fleischprodukten aus Zellkulturen (Mironov, zitiert in Edelman, 2003, S. 8).</p> <p>Als Ausgangsprodukte könnten Stammzellen aus tierischen Muskeln oder Tierembryonen dienen. Durch Zugabe von Wachstumsfaktoren und weiteren Proteinen würden die Vorläuferzellen dazu angeregt, Muskelzellen zu bilden. Um Muskeln zu bilden, müssten Muskelzellen miteinander verschmelzen. Die so entstandenen Fasern würden zur Bewegung angeregt, um straffes Muskelgewebe zu erhalten, dessen Konsistenz derjenigen natürlicher Muskeln entspricht (Lahrtz, 2008, S. B3).</p> <p>Obwohl die Idee, Fleisch synthetisch zu erzeugen, bereits mehr als 70 Jahre alt ist, wurde dieser Ansatz bisher in der Forschung nur vereinzelt weiterverfolgt. In der Praxis stellen sich noch erhebliche technische Probleme. Beispielsweise sind die Zellkulturen sehr anfällig gegenüber Infektionen (Edelman, 2003, S. 8f). Die Herstellung des benötigten Kulturmediums ist aufwändig und würde heute keine Produktion zu marktfähigen Preisen</p>

1.10 Herstellung von Fleischprodukten aus Zell- und Gewebekulturen

	<p>erlauben (Lahrtz, 2008, S. B3). Die Akzeptanz synthetischer Fleischprodukte bei den Verbrauchern ist ungewiss. Die industrielle Produktion von synthetischem Fleisch wird sich daher in näherer Zukunft kaum realisieren lassen. Theoretisch wäre es auch möglich, synthetisches Fleisch aus gentechnisch veränderten Zellen zu erzeugen und damit beispielsweise den Nährstoffgehalt zu optimieren (Edelman, 2003, S. 8f).</p> <p>Fleischersatzprodukte auf vegetarischer Basis befinden sich bereits seit Jahren auf dem Markt. Solche Produkte werden beispielsweise aus Soja und Weizeneiweiss (Klade / Kellner, 2007) oder Schimmelpilz-Myzel („Quorn“) hergestellt.</p>
Regulierung	Für die Zulassung von synthetischem Fleisch aus Zell- und Gewebekulturen wären wahrscheinlich spezifische Regelungen erforderlich. Da sich die Produktion solcher Lebensmittel bisher technisch ausser Reichweite befindet, existieren nach unserer Information auch noch keine Überlegungen zu einer entsprechenden Regulierung.
Wichtige ethisch relevante Aspekte	<p>Gesundheitliche Auswirkungen auf Personen, die synthetische Fleischprodukte konsumieren</p> <p>Umweltrelevante Auswirkungen, z.B. Rückgang der Nutztierbestände, Energiebedarf</p>

4.3. Lebensmittel pflanzlicher Herkunft

Pflanzen spielen bei der menschlichen Ernährung eine wichtige Rolle. Die Fortpflanzung und Entwicklung von Pflanzen lässt sich biotechnisch vielfältig beeinflussen. Im Folgenden werden der Einfachheit halber unter dem Begriff „Pflanzen“ auch Pilze subsumiert.

2.1 Erschliessung neuer Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden

<p>Das Wichtigste in Kürze</p>	<p>Das natürliche, weltweit verfügbare Reservoir an essbaren Pflanzen wird heute erst in begrenztem Umfang genutzt. Produkte aus Pflanzen, die bisher in der Schweiz nicht genutzt wurden, gelangen vielfach mit funktionellen Lebensmitteln auf den Schweizer Markt.</p>
<p>Definition oder Beschreibung</p>	<p>Pflanzen und Pilze, die heute nicht oder nur in begrenztem Umfang als Lebensmittel oder in Lebensmitteln genutzt werden, erlangen grössere Bedeutung in der Lebensmittelproduktion.</p> <p>Dabei handelt es sich nicht um eine neue biotechnische Entwicklung. Die Nutzung neuer Pflanzen wird hier dennoch behandelt, da sie teilweise eine Alternative zu biotechnischen Verfahren bietet oder biotechnische Verfahren bei der Erschliessung der Potenziale solcher Pflanzen zur Anwendung kommen.</p>
<p>Stand der Technik und der Anwendung</p>	<p>Potenzial. Weltweit sind heute etwa 250'000 Pflanzenarten bekannt. 30'000 dieser Arten sind essbar, 7'000 werden vom Menschen genutzt. Für die menschliche Ernährung spielen jedoch nur rund 150 Arten eine grössere Rolle. 30 Pflanzenarten decken 95% des Energiebedarfs in der menschlichen Ernährung ab. Weizen, Reis und Mais alleine bestreiten 50% des Energiebedarfs (BLE, 2009, o.S.).</p> <p>Situation in der Schweiz. In Schweiz wurden in den letzten Jahren vermehrt alte Kulturpflanzen und essbare Wildpflanzen wiederentdeckt. Diese Entwicklung wird durch den Nationalen Aktionsplan für die Erhaltung und Nutzung von pflanzengenetischen Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft gefördert, durch Hochschulen, Stiftungen und Vereine wie pro specie rara oder fructus und auch durch Unternehmen, die Produkte seltener Pflanzen in ihr Angebot aufnehmen. Das Biodiversitäts-Monitoring des Bundes erfasst auch Nutzzrassen und -sorten (BDM, 2009, o.S.).</p> <p>Hinter dieser Förderung stehen verschiedene Motive: Mit alten Kulturpflanzen wird ein kulturelles Erbe erhalten. Die genetische Diversität kann genutzt werden, beispielsweise um Nutzpflanzen zu züchten, die gegen bestimmte Krankheitserreger resistent sind. Und nicht zuletzt dient die Vielfalt der Erscheinungsbilder und Geschmacksrichtungen, die alte Kulturpflanzen und essbare Wildpflanzen verkörpern, auch dem Esserlebnis.</p> <p>Situation weltweit. Einige aussereuropäische Länder, z.B. Brasilien, Kolumbien, Indonesien oder Mexiko verfügen über eine im weltweiten Vergleich besonders hohe Biodiversität. In Mexiko sind heute 47'500 Pflanzenarten bekannt. Viele Pflanzen werden regional begrenzt als Lebensmittel genutzt. Über die weitergehenden Nutzungspotenziale dieser Pflanzen, z.B. zum direkten Verzehr oder als Lieferanten von Lebensmittelzusatzstoffen, ist bisher wenig bekannt. In verschiedenen Ländern wird daran gearbeitet, neue Nutzungen einheimischer Pflanzen zu erschliessen. In Mexiko schreitet beispielsweise die Verwertung verschiedener Opuntienarten (Kakteengewächse) voran. Neben den Früchten werden auch junge Sprosse als Gemüse verzehrt. An der Zucht von Opuntien aus Gewebekulturen wird ebenso gearbeitet wie daran, den Nährstoffgehalt der Pflanzen gentechnisch zu verbessern, z.B. den Gehalt an Vitamin A. Ein weiteres Beispiel für eine Kultur, die derzeit ausgebaut wird, ist Huitlacoche, ein essbarer Pilz mit charakteristischem Geschmack und hohem Gehalt an Proteinen und essentiellen Fettsäuren (Guevara-González, Torres-Pacheco, 2006, S. 35f.).</p>

2.1 Erschliessung neuer Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden

	<p>Exotische Pflanzen, die in der Schweiz als Lebensmittel genutzt werden. In der Schweiz sind zunehmend exotische Gemüse und Früchte wie Drachenfrucht, Nashi, Kiwano oder Cherimoya erhältlich. Zudem werden Pflanzen wie Aloe vera, Ginseng, Kurkuma, Hoodia gordonii, eine sukkulente Pflanze aus der Familie der Hundsgiftgewächse (Orsi, 2007, S. 149), Stevia rebaudiana, das Honigkraut (NZZ, 2008, o.S.) oder Paullinia cupana aus der Familie der Seifenbaumgewächse (Guaraná) als Bestandteile funktioneller Lebensmitteln genutzt. Darunter finden sich auch Pflanzen, die medizinisch wirksame Substanzen enthalten. Das Bundesamt für Gesundheit und swissmedic haben gemeinsam eine Liste zur Einstufung pflanzlicher Stoffe und Zubereitungen als Arzneimittel oder als Lebensmittel erstellt, die Auskunft über die zulässige Verwendung erteilt (BAG / swissmedic, 2006).</p>
Regulierung	<p>Neuartige Lebensmittel, die zum allgemeinen Verzehr bestimmt sind oder neuartige Speziallebensmittel benötigen in der Schweiz eine Bewilligung durch das Bundesamt für Gesundheit. Neuartig sind Lebensmittel, die nicht gemäss Art. 4 der Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV, SR 817.02) vom Eidgenössischen Departement des Inneren umschrieben sind. Beispielsweise sind die als Speisepilze zulässigen Pilze in der Positivliste der Verordnung des EDI über Speisepilze und Hefe (SR 817.022.106) aufgeführt.</p> <p>Die Anwendung von Zusatzstoffen regelt die Verordnung des EDI über die in Lebensmitteln zulässigen Zusatzstoffe. Demnach müssen Zusatzstoffe in der vorgeschlagenen Dosis für die Verbraucher gesundheitlich unbedenklich sein, eine Irreführung der Konsumenten ausgeschlossen werden und eine hinreichende technische oder organoleptische Notwendigkeit für die Verwendung des Zusatzstoffes nachgewiesen werden (Möller et al., 2009, S. 63-65). Organoleptik bezeichnet eine Beurteilung mit den menschlichen Sinnen.</p> <p>In der Europäischen Union kommt bei neuen Lebensmitteln die Verordnung (EG) Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 1997 über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten zur Anwendung. Neue Lebensmittel sind solche, die vor Inkrafttreten der Verordnung in der EU nicht in nennenswertem Umfang zum Verzehr in den Handel gebracht wurden. Neue Lebensmittel müssen vor dem Inverkehrbringen ein Zulassungsverfahren durchlaufen. Die Zulassung wird nur erteilt, wenn die Prüfung ergibt, dass das Produkt gesundheitlich unbedenklich ist (EU, 2009, o.S.).</p>
Wichtige ethisch relevante Aspekte	<p>Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden der Konsumentinnen und Konsumenten: Neu genutzte Pflanzen können beispielsweise Allergien auslösen oder bisher unbekannte Inhaltsstoffe aufweisen, die sich längerfristig ungünstig auf die Gesundheit auswirken.</p> <p>Die Nutzung von Pflanzen aus sich entwickelnden Ländern kann in diesen Ländern bedeutende wirtschaftliche, soziale und ökologische Auswirkungen nach sich ziehen.</p>

2.2 Techniken zur Kultivierung von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden

Das Wichtigste in Kürze	An Anwendungen der Nanotechnologie zum Pflanzenschutz und bei der Pflanzenernährung wird gearbeitet. Bisher wurde in der Schweiz allerdings noch kein entsprechendes Produkt zugelassen.
Definition oder Beschreibung	<p>Techniken, welche die Kultivierung von Nutzpflanzen unterstützen, z.B. Einsatz von Dünger, Pflanzenschutzmitteln.</p> <p>Gewebekulturtechniken werden unter 2.3, „Klonen und Hybridisieren von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden“ behandelt.</p> <p>Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf nanotechnische Verfahren, da sich neue Entwicklungen vor allem in diesem Bereich abzeichnen.</p>
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Nanotechnologie. Eine neue Entwicklung im Bereich der Pflanzenschutz und Pflanzenernährung ist der Einsatz von Nanotechnologie (IRGC, 2009, S. 10) .</p> <p>Die Forschung zum Einsatz von Nanotechnologie beim Pflanzenschutz und der Pflanzenernährung ist vielfältig. So können beispielsweise Gewebe, die aus Nanofasern hergestellt wurden, mit Pheromonen beladen werden, um Schadinsekten zu verwirren. Dieses Verfahren ist für den Einsatz im ökologischen oder integrierten Landbau gedacht (JKI, 2008, S. 3). Titandioxid-Nanopartikel sollen die Photosynthese bei entsprechend behandelten Pflanzen erhöhen und das Wachstum fördern. Nanosensoren könnten der Diagnose von Pflanzenkrankheiten dienen oder den optimalen Erntezeitpunkt erfassen (AG Nanotechnologien, 2008, S. 11).</p> <p>Möller et al. führten eine Patentrecherche zum Einsatz von Nanomaterialien durch. Demnach bieten synthetische Nanomaterialien bei Pflanzenschutzmitteln heute vor allem die Möglichkeit, die Stabilität der Formulierungen und die Effizienz der Wirkstoffe zu verbessern. Zudem werden Nanopartikel eingesetzt, um die Wirkstoffe in spezifischen Umgebungen in Lösung zu bringen (Möller et al., 2009, S. 39-41).</p> <p>In der Schweiz befinden sich bisher keine Pflanzenschutzmittel, deren Wirkung auf Nanopartikeln basiert, in der Zulassung. Es ist jedoch nicht auszuschliessen, dass Nanomaterialien als Hilfsstoffe in Pflanzenschutzmitteln verwendet werden (Möller et al., 2009, S. 39-41). Da das Umweltverhalten und die Ökotoxizität von Nanomaterialien noch nicht ausreichend bekannt sind und geeignete Verfahren zur Ermittlung der Exposition fehlen, kann bisher keine zuverlässige Risikobewertung nanotechnischer Pflanzenschutz- und Pflanzenernährungsmittel vorgenommen werden (JKI, 2008, S.6).</p> <p>Der wirtschaftliche Druck, Nanoemulsionen für Pflanzenschutzmitteln zu entwickeln, wird als gering eingeschätzt, da auch Mikroemulsionen über hohe Wirksamkeit verfügen (Möller et al., 2009, S. 39-41).</p>
Regulierung	Neuartige Pflanzenschutzmittel und Dünger benötigen in der Schweiz eine Zulassung des Bundesamts für Landwirtschaft, um in Verkehr gebracht werden zu können. Im Zulassungsverfahren werden sowohl Wirksamkeit als auch die Sicherheit für Menschen, Tiere, Kulturpflanzen und Umwelt überprüft.
Wichtige ethisch relevante Aspekte	<p>Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden von Personen, die pflanzliche Nahrungsmittel konsumieren</p> <p>Auswirkungen auf natürliche Lebensgemeinschaften</p>

2.3 Klonen und Hybridisieren von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden

Das Wichtigste in Kürze	<p>Bei Pflanzen sind Klonen und Hybridisieren etablierte Techniken. Neue Ansätze erlauben es, Pflanzen in sehr grosser Zahl zu klonen und gezielter als bisher zu kreuzen. Durch das Hybridisieren von Pflanzen können fortpflanzungsfähige Nachkommen entstehen, die im Vergleich zu ihren Eltern neuartige Eigenschaften aufweisen.</p>
Definition oder Beschreibung	<p>Klone sind genetisch identische Pflanzen. Hybride sind Nachkommen von Eltern verschiedener Arten oder Entwicklungslinien innerhalb derselben Art, die durch Kreuzung zustande gekommen sind.</p> <p>Im Folgenden wird das künstliche Klonen und Hybridisieren von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden, behandelt.</p>
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Pflanzen sind in der Lage, sich nicht nur sexuell, sondern auch vegetativ zu vermehren, z.B. mit Ablegern oder aus Knollen und Zwiebeln. Dabei entstehen natürlicherweise Klone. In der Landwirtschaft werden pflanzliche Klone seit langem genutzt, um erwünschte Eigenschaften zuverlässig weiterzugeben. Dabei werden etablierte Techniken wie das Gewinnen von Stecklingen oder die Veredelung von Obstbäumen angewendet.</p> <p>Ein neueres Verfahren, das zum Klonen von Pflanzen eingesetzt wird, ist somatische Embryogenese. Somatische Zellen werden angeregt, Embryonen zu bilden, aus denen sich dann vollständige Pflanzen entwickeln können (Chawla, 2009, S. 59-60). Auf diese Weise lassen sich Pflanzen künftig möglicherweise automatisiert in Bioreaktoren klonen (Hermann, 2009, S. 291). Ein solches kostengünstiges Verfahren könnte auch bei Pflanzen zum Einsatz kommen, die zur Produktion von Lebensmitteln genutzt werden.</p> <p>Eine andere Technik, die sich zum Klonen von Pflanzen eignet, ist die Meristemvermehrung. Dabei macht man sich die Fähigkeit der Pflanzen zunutze, aus undifferenzierten Zellen der Bildungsgewebe vollständige Organismen zu entwickeln.</p> <p>Klone, die aus somatischer Embryogenese oder Meristemvermehrung hervorgegangen sind, lassen sich mit Hilfe von Gewebekulturen vermehren. Die Zellen werden in oder auf einem synthetischen Nährmedium unter Zugabe von Pflanzenhormonen und Licht vermehrt, wobei sie Wurzeln und Blätter ausbilden. Üblicherweise wird diese Technik unter sterilen Bedingungen angewendet. Sie erlaubt es vor allem, Arten, deren Vertreter sich nicht oder nur schwer aus Stecklingen regenerieren lassen, massenhaft zu vermehren. Da das Vorgehen aufwändig ist und viel Handarbeit erfordert, wird es bisher nur bei wenigen Arten angewendet (Forschungsanstalt Geisenheim, o.J., S.1-22), vor allem bei Zierpflanzen wie Orchideen. Das Klonen von Pflanzen in Gewebekulturen kann zudem genutzt werden, um virusfreie Nachkommen von infizierten Pflanzen zu gewinnen (Hermann et al., 2009, S. 291).</p> <p>Die Gewebekultur eignet sich auch zur Aufzucht von Hybriden. Nach der Kreuzung entfernt verwandter Arten kommt es häufig zu starken Störungen der Embryoentwicklung. Durch Isolierung und Aufzucht der Embryonen in vitro ist es möglich, lebensfähige Hybridpflanzen zu identifizieren. Erbliche Varianten, die in einzelnen Zellen spontan auftreten oder künstlich induziert werden, können in Gewebekultur effizient zu Pflanzen regeneriert werden (Forschungsanstalt Geisenheim, o.J., S.1-22). Hybridisierung von Pflanzen kommt auch in der Natur vor und gilt als wichtiger Artbildungsmechanismus. Viele Pflanzenhybride sind fruchtbar (Bleeker, 2005, S. 1).</p> <p>Ein Verfahren, mit dem Hybride gezielt gewonnen werden, ist die Protoplastenfusion. Dabei werden Zellen miteinander verschmolzen, deren Wände zuvor enzymatisch aufgelöst wurden. Durch Verschmelzen der Zellkerne entstehen polyploide Organismen. Auf diese Weise gelingt es auch, erwünschte Eigenschaften von einer Art oder Sorte auf eine andere Art oder Sorte zu übertragen. Ein Beispiel ist der Stechapfel (<i>Datura</i>). Durch Protoplastenfusion zwischen <i>Datura innoxia</i> und <i>Datura stramonium</i> entstand eine neue Art,</p>

2.3 Klonen und Hybridisieren von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden

Datura straubii mit fruchtbaren Pflanzen. *Datura straubii* wächst schneller als die beiden Ausgangsarten und weist auch einen höheren Alkaloidgehalt auf (von Sengbusch, 2003, o.S.).



Abbildung 6: *Datura innoxia* und *Datura stramonium* (von Sengbusch, 2003, o.S.)

Generell wird Hybridisierung, vor allem zwischen Inzuchtlinien, angewendet, um grössere und widerstandsfähige Nutzpflanzen zu gewinnen. Dieser sogenannte **Heterosis-Effekt** wird bei vielen Kulturpflanzen in der Landwirtschaft, z.B. bei Mais und Zuckerrüben, systematisch ausgenutzt. Bei der Hybridzüchtung muss verhindert werden, dass sich die Ausgangslinien selbst befruchten. Dies kann unter anderem durch gentechnisch vermittelte männliche Sterilität geschehen.

Regulierung

In der Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (Freisetzungsverordnung, FrSV, SR 814.911) sind Hybridisierung und Zellfusion den gentechnischen Verfahren zugeordnet. Die Verordnung regelt den Umgang mit Organismen in der Umwelt, insbesondere mit gentechnisch veränderten, pathogenen oder gebietsfremden Organismen. Wer gentechnisch veränderte Organismen freisetzen will, benötigt eine Bewilligung des Bundesamts für Umwelt (BAFU).

Beispielsweise stellte 2007 das Institut für Pflanzenbiologie der Universität Zürich beim BAFU das Gesuch um Freisetzung einer Hybride aus *Aegilops cylindrica* (Zylindrischer Walch, ein dem Weizen verwandtes Gras) und gentechnisch verändertem *Triticum aestivum* (Weichweizen). Das Experiment diente der Grundlagenforschung (BAFU, 2007, o.S.).

Wichtige ethisch relevante Aspekte

Auswirkungen auf natürliche Lebensgemeinschaften

Auswirkungen auf die genetische Vielfalt von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden

2.4 Gentechnische Veränderung von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden

<p>Das Wichtigste in Kürze</p>	<p>Die Verfahren, die heute zur gentechnischen Veränderung von Pflanzen genutzt werden können, sind vielfältig und zunehmend ausgereift.</p> <p>Bisher sind die gentechnischen Veränderungen vor allem auf den Pflanzenschutz ausgerichtet. In der Forschung werden jedoch viele weitere Entwicklungsrichtungen verfolgt, z.B. die Optimierung des Nährstoffgehalts.</p> <p>In Europa trifft der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen derzeit auf geringe gesellschaftliche Akzeptanz. In einigen Entwicklungs- und Schwellenländern werden gentechnisch veränderte Pflanzen vor allem für den Export angebaut.</p>
<p>Definition oder Beschreibung</p>	<p>Mit gentechnischen Verfahren wird das Erbgut von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden, gezielt verändert.</p> <p>Dabei kann zwischen Veränderungen der Nutzungseigenschaften und Veränderungen von Eigenschaften, die nur für den Anbau und die Verarbeitung von Bedeutung sind, unterschieden werden (Sauter/Hüsing, 2005, S.5).</p>
<p>Stand der Technik und der Anwendung</p>	<p>Zielsetzung. Mit der gentechnischen Veränderung von Pflanzen sollen vor allem Verbesserungen in folgenden Bereichen erzielt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - effiziente Kultivierung der Pflanzen, z.B. mit Hilfe von Herbizidresistenzen - Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten - Anpassung der Pflanzen an Umweltbedingungen wie Wärme und Trockenheit - Wachstums- und Fortpflanzungsgeschwindigkeit - Transport- und Lagerfähigkeit pflanzlicher Produkte, z.B. verzögerte Reifeprozesse - Nährstoffgehalt - Geschmack, Konsistenz und Erscheinungsbild <p>Zugelassene Pflanzen. Bei den weltweit bis 2006 zum kommerziellen Anbau zugelassenen transgenen Pflanzen ist Herbizidresistenz das dominierende Ziel, Widerstandsfähigkeit gegen Insekten das zweithäufigste Merkmal (Heller, 2006, S. 34). Daneben spielen Virusresistenz, Sterilität männlicher Pflanzen (vgl. auch 2.4), verzögerte Reifungsprozesse in Tomaten und ein veränderter Gehalt an Fettsäuren eine Rolle (Heller, 2006, S. 36-41).</p> <p>Entwicklungsrichtungen. Pflanzen, die gegen verschiedene Insektenarten, Viren, Bakterien, Pilze und Fadenwürmer (Nematoden) resistent sind, befinden sich in Entwicklung (Heller, 2006, S. 41-45). Weitere Forschungsschwerpunkte sind Toleranz gegen Wassermangel, hohe Salzgehalte im Boden, geringe Verfügbarkeit von Eisen und Aluminiumtoxizität (Heller, 2006, S. 45-47). Bei Kartoffeln wird angestrebt, die Keimung zu beschleunigen, bei Zitrusgewächsen, die Jugendphase der Bäume zu verkürzen (Heller, 2006, S. 47-48). Viele Experimente zielen darauf ab, den Nährstoffgehalt von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden, zu verbessern, z.B. den Gehalt an Vitaminen, bestimmten Amino- und Fettsäuren oder Eisen (Heller, 2006, S. 48-51). Andere haben zum Ziel, die Verarbeitbarkeit pflanzlicher Lebensmittel zu verbessern. Das gilt z.B. für den Gehalt an Gluteninen mit hohem Molekulargewicht in Getreiden, welche die Brotqualität verbessern, oder verschiedene Enzyme in Gerste, welche die Qualität des Malzes erhöhen (Heller, 2006, S. 51-52).</p> <p>Unter technischen Gesichtspunkten ist zu erwarten, dass sich die Präzision und Effizienz gentechnischer Verfahren in den kommenden Jahren verbessern werden. Dies betrifft insbesondere die gezielte Eingliederung neuer Gene in ein bestehendes Genom. Das Spektrum der zur Verfügung stehenden Techniken wird sich voraussichtlich erweitern, das Zusammenwirken verschiedener Techniken optimiert werden (Stewart, 2008, S. 357-365). Bisher werden in der Regel einzelne Gene, die direkt an den relevanten Stoffwechselwegen beteiligt sind, überexprimiert oder in ihrer Aktivität verringert. Für die meisten</p>

2.4 Gentechnische Veränderung von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden

funktionellen Inhaltsstoffe reichen diese Ansätze nicht aus, um wirtschaftlich attraktive Gehalte zu erzielen. Daher werden konzeptionelle und methodische Weiterentwicklungen des Metabolic Engineering angestrebt, durch das ganze Stoffwechselwege und Regulationsnetzwerke koordiniert beeinflusst werden sollen (Sauter / Hüsing, 2005, S.8).

Verfahren. Generell kann DNA direkt oder mit Hilfe eines Vektors in Pflanzenzellen übertragen werden. Als Vektor werden bisher vor allem Agrobakterien genutzt, die natürlicherweise in der Lage sind, DNA in Pflanzenzellen zu übertragen. Die direkte Übertragung von DNA in Pflanzenzellen ist durch die Zellwände erschwert, die daher vor dem Transfer enzymatisch abgebaut werden müssen. Alternativ können Pflanzenzellen auch mit Mikropartikeln, welche die zu übertragende DNA enthalten, beschossen werden (Heller, 2006, S. 27-28).

Die Transformation kann sowohl im Zellkern als auch in den Chloroplasten stattfinden. Chloroplastentransformation geht typischerweise mit hohen Syntheseraten der Fremdproteine einher. Das Risiko, dass sich die genetische Veränderung mit Pollen weiterverbreitet, ist gering (Guevara-González, Torres-Pacheco, 2006, S. 88-89).

Marktsituation. 2006 waren in der Europäischen Union Produkte aus 23 genetisch veränderten Nutzpflanzen zur kommerziellen Nutzung, z.B. zur Verwendung in Lebensmitteln oder Tierfutter, zugelassen. Zudem war der Anbau von drei Sorten von gentechnisch verändertem Mais zulässig. Der kommerzielle Anbau transgener Pflanzen war jedoch nicht sehr verbreitet und fand vor allem in Spanien statt (Heller, 2006, S. 32). 2009 waren Produkte aus 25 gentechnisch veränderten Nutzpflanzen zugelassen, davon sechs Sorten Baumwolle, 12 Sorten Mais, je drei Sorten Raps und Soja sowie eine Sorte Zuckerrübe. Zwei Maissorten durften auch angebaut werden. Fünf ehemals zugelassene Sorten waren auf Entscheidung der Europäischen Kommission hin vom Markt zurückgezogen worden (EC, 2009, o.S.).

Weltweit hat sich die Fläche, auf der transgene Pflanzen angebaut werden, zwischen 1996 und 2004 etwa verfünzigfach (Heller, 2006, S. 32). Im Jahr 2007 wurden transgene Pflanzen in 23 Ländern auf ca. 5% der weltweiten Anbaufläche kultiviert. Führend sind dabei – in absteigender Reihenfolge – die USA, Argentinien, Brasilien, Kanada, Paraguay, Indien, China und Südafrika (Sauter, 2009, S. 3-4).

Das Potenzial zur Nutzung transgener Pflanzen in Entwicklungs- und Schwellenländern gilt als hoch. In den letzten Jahren hat die Verbreitung gentechnisch veränderter Sorten insbesondere in Schwellenländern stark zugenommen. Mittlerweile bauen beispielsweise auch Kleinbauern in Indien und China in grossem Umfang gentechnisch veränderte Baumwolle an. Bisher wird aber nur ein begrenztes Spektrum an transgenem Saatgut eingesetzt. Herbizidresistenz und *Bacillus-thuringensis*-Insektenresistenz dominieren, jeweils alleine oder kombiniert, mit 99.9% der angebauten gentechnisch veränderten Pflanzen. Dabei handelt es sich fast ausschliesslich um Soja, Mais, Baumwolle und Raps. Die Datenlage zu sozioökonomischen Effekten ist schwach und lässt bisher keine Bewertung der betriebs- und volkswirtschaftlichen Effekte zu. Es zeigt sich jedoch, dass der Anbau für die Ernährungssicherung im Anbaugebiet oder für lokale Märkte heute kaum eine Rolle spielt (Sauter, 2009, S. 1-27).

Bei tropischen und subtropischen Früchten sind gentechnische Veränderungen bei Zitrusgewächsen, Grapefruit, Bananen, Kochbananen, Ananas, Papaya, Mango, Avocado, Kiwi, Passionsfrucht und Kaki beschrieben. Im Vordergrund steht dabei bisher die Optimierung von Anbau, Transport und Lagerung (Kole / Hall, 2008). Die Bekämpfung von Hunger oder Fehlernährung wird eher als Zukunftsperspektive gesehen (Moore / Ming, 2008, S. 71-76).

Regulierung

Für die Bewilligung gentechnisch veränderter Lebensmittel ist das Bundesamt für Gesundheit (BAG) zuständig. Die Regulierung wird vom BAG wie folgt zusammengefasst

2.4 Gentechnische Veränderung von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden

(BAG, 2009a, o.S.):

„Der Umgang mit Erzeugnissen, die gentechnisch veränderte Organismen (GVO) sind, enthalten oder daraus gewonnen wurden, unterliegt in der Schweiz einer Anzahl von Bestimmungen im Verordnungsrecht, die sich auf das Lebensmittel- und das Gentechnikgesetz stützen. GVO-Erzeugnisse dürfen nur mit einer Bewilligung in Verkehr gebracht werden. Annahme und Weitergabe von GVO-Erzeugnissen zu kommerziellen Zwecken müssen dokumentiert werden, und bei der Abgabe an Konsumentinnen und Konsumenten muss die Ware gekennzeichnet sein. Beim Umgang mit GVO sind Massnahmen zu ergreifen, um unbeabsichtigte Vermischungen mit herkömmlichen Erzeugnissen zu verhindern. Spuren nicht bewilligter GVO können unter bestimmten Bedingungen toleriert werden. Auch der grenzüberschreitende Verkehr unterliegt besonderen Bestimmungen. [...]

GVO-Erzeugnisse im Lebensmittelbereich werden in einem Bewilligungsverfahren unter Einbezug verschiedener Bundesstellen vom Bundesamt für Gesundheit beurteilt. Das BAG erteilt die Bewilligung nur, wenn nach dem Stand der Wissenschaft eine Gefährdung von Gesundheit und Umwelt ausgeschlossen werden kann. Die Bewilligung ist auf zehn Jahre befristet. Das Erzeugnis wird überwacht. Eine Bewilligung kann bei begründetem Verdacht auf Gefährdung der Gesundheit oder der Umwelt widerrufen werden.

Für die Verwendung von GVO-Erzeugnissen in Lebensmitteln besteht in der Schweiz eine umfassende Kennzeichnungspflicht, um Konsumentinnen und Konsumenten vor Täuschung zu schützen und ihnen die Wahlfreiheit zwischen herkömmlichen und gentechnisch veränderten Lebensmitteln zu ermöglichen. Grundsätzlich sind alle Erzeugnisse, d.h. Lebensmittel, Zusatzstoffe und Verarbeitungshilfsstoffe, die von einem GVO stammen, zu kennzeichnen.

Wer mit GVO umgeht, hat dafür zu sorgen, dass keine unerwünschten Vermischungen mit herkömmlichen Organismen auftreten. Dazu muss ein Qualitätssicherungssystem erarbeitet und durchgesetzt werden, das sich an das [...] Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP)-Konzept zur Sicherung der Hygiene in der Lebensmittelverarbeitung anlehnt. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Schweiz die benötigten Importe von Mais und Soja aus herkömmlichen Quellen sichern kann, ohne dass es zu Vermischungen mit GVO über dem Schwellenwert von 0,9% kommt.“

In der Europäischen Union ist die Zulassung von Lebensmitteln, die aus gentechnisch veränderten Organismen stammen, durch die Richtlinie 1829/2003, „Regulation of the European Parliament and of the Council on genetically modified food and feed“ geregelt. Mit der Richtlinie 1830/2003 werden die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung kommerziell genutzter gentechnisch veränderter Organismen reguliert. Die Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen wird in der Richtlinie 2001/18/EC behandelt. Zudem existieren Richtlinien über die Koexistenz genetisch veränderter, konventioneller und biologisch angebaute Pflanzen (EC, 2009a, o.S.).

Zentrale Voraussetzung für die Zulassung eines gentechnisch veränderten Lebensmittels ist, dass keine negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt zu befürchten sind. Zudem dürfen die Konsumenten und Konsumentinnen nicht in die Irre geführt werden (Heller, 2006, S. 138).

In der Schweiz ist derzeit ein Moratorium für den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen in Kraft. Das Moratorium gilt bis zum Jahr 2010, soll aber nach Ansicht des Bundesrats um weitere drei Jahre verlängert werden. Falls der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen bewilligt würde, muss die Koexistenz von gentechnisch veränderten Produkten und solchen, die konventionell, biologisch oder mittels integrierter Produktion hergestellt wurden, voraussichtlich auf Gesetzesstufe geregelt werden. Damit scheint ein Referendum absehbar (NZZ, 2009, S. 13).

2.4 Gentechnische Veränderung von Pflanzen, die als Lebensmittel genutzt werden

Wichtige ethisch relevante Aspekte

Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden von Personen, die Lebensmittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen konsumieren

Auswirkungen auf natürliche Lebensgemeinschaften

Fragen der Verteilungsgerechtigkeit, insbesondere zwischen industrialisierten Ländern auf der einen und Entwicklungs- bzw. Schwellenländern auf der anderen Seite

2.5 Pharming mit Pflanzen	
Das Wichtigste in Kürze	Der Übergang zwischen Pharmaka und funktionellen Lebensmitteln, die mit gentechnisch veränderten Pflanzen hergestellt wurden, ist fließend. Die Zulassung entsprechender Produkte untersteht sowohl der Heilmittel- als auch der Lebensmittelgesetzgebung.
Definition oder Beschreibung	Gentechnische Veränderung bei Pflanzen, die der Produktion von Biopharmaka dient.
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Ziel des Pharming ist es:</p> <ul style="list-style-type: none"> - biopharmazeutische Stoffe mit Hilfe von Pflanzen zu gewinnen. <p>Für die Lebensmittelproduktion ist Pharming interessant, da die Grenzziehung zwischen Lebens- und Arzneimitteln zunehmend schwierig wird. Diese Entwicklungstendenz wird oft auch mit dem Schlagwort „Nutraceuticals“ bezeichnet: Inhaltsstoffe von Lebensmitteln wirken sich in ähnlicher Weise wie Arzneimittel auf die Gesundheit aus. In der Schweiz hat diese Problematik das Bundesamt für Gesundheit und swissmedic dazu veranlasst, kürzlich eine Publikation „Abgrenzungskriterien Arzneimittel – Lebensmittel bzw. Gebrauchsgegenstände“ herauszugeben (BAG, swissmedic, 2009).</p> <p>Beim Pharming mit Pflanzen können grosse Mengen an bioaktiven Stoffen verhältnismässig preisgünstig hergestellt werden. Dies setzt allerdings voraus, dass die Pflanze das gewünschte Protein intensiv exprimiert. So stellt beispielsweise das Protein Avidin, das natürlicherweise in geringen Mengen in Hühnereiern vorkommt, bis zu 20% der löslichen Proteine in den Körnern von transgenem Mais (Rehbinder et al., 2009, S. 9-10).</p> <p>Pharming in Pflanzen erlaubt es – anders als bei der Produktion bioaktiver Stoffe mit Hilfe von Bakterien – Proteine zu gewinnen, welche die posttranslationalen Modifikationen eukaryotischer Zellen durchlaufen haben. Gleichzeitig treten – anders als bei der Produktion bioaktiver Stoffe mit Hilfe tierischer Zellkulturen – kaum Probleme durch Wechselwirkungen der bioaktiven Stoffe mit den Zellen, die sie produzieren, auf. Die Gefahr, dass menschliche Krankheitserreger in die Kulturen gelangen, ist im Vergleich zu tierischen Zellkulturen sehr gering. In Experimenten konnte gezeigt werden, dass sich mit pflanzlichem Pharming menschliche Proteine herstellen lassen, die strukturell und funktionell mit Proteinen aus Zellkulturen vergleichbar sind (Heller, 2006, S. 53; Research, 2006, S. 38).</p> <p>Das erste Pharming-Produkt aus Pflanzen war das menschliche Wachstumshormon Somatotropin, das 1986 aus transgenem Tabak gewonnen wurde (Rehbinder et al., 2009, S. 11). Das Pharming bei Pflanzen blickt also mittlerweile auf eine über 20-jährige Forschungsgeschichte zurück. Unter den biopharmazeutischen Produkten, die heute in Pflanzen hergestellt werden können, befinden sich auch menschliches alpha-Laktalbumin und Laktoferrin, menschliches Lysozym, Antikörper sowie einige Impfstoffe für Tiere, z.B. gegen die Newcastle-Krankheit bei Hühnern (Rehbinder et al., 2009, S. 12; Guevara-González / Torres-Pacheco, 2006, S. 262f; Research, 2006, S. 40).</p> <p>Die Entwicklung marktfähiger Arzneimittel für den Menschen ist allerdings bisher nicht gelungen. 2009 befanden sich nur einige wenige Substanzen in der klinischen Prüfung. In der Europäischen Union ist bisher kein Produkt zugelassen (Gilbert, 2009, S. 791).</p>

2.5 Pharming mit Pflanzen

Regulierung	<p>Für die Bewilligung gentechnisch veränderter Lebensmittel ist das Bundesamt für Gesundheit (BAG) zuständig (vgl. 2.4). Ob Pharming-Produkte als funktionelle Lebensmittel in Verkehr gebracht werden dürften, wäre im Einzelfall zu klären. Solche Produkte unterstehen sowohl der Lebens- als auch der Heilmittelgesetzgebung (BAG / swissmedic, 2009, S. 3).</p> <p>Die Europäische Union gab im August 2009 eine Richtlinie zum Pharming mit Pflanzen heraus. Die Richtlinie beschreibt, wie die Risiken für Mensch und Umwelt abgeklärt werden müssen. Ähnliche Vorschriften hat auch die US Food and Drug Administration erlassen (Gilbert, 2009, S. 791).</p>
Wichtige ethisch relevante Aspekte	<p>Gesundheit und Wohlergehen von Personen, die Pharming-Produkte konsumieren</p> <p>Auswirkungen einer möglichen unkontrollierten Verbreitung der zum Pharming produzierten transgenen Pflanzen auf die Biodiversität und natürliche Lebensgemeinschaften. Risikoanalysen sind in diesem Bereich mit hohen Unsicherheiten behaftet (Rehbinder et al., 2009, S. 73).</p> <p>Vermischung der transgenen Pflanzen mit herkömmlichen Nutzpflanzen und damit Verbreitung der Pharming-Produkte in der Nahrungskette.</p>

4.4. Ernährungskonzepte und Verarbeitung von Lebensmitteln

Bio- und nanotechnische Entwicklungen betreffen nicht nur Tiere und Pflanzen, die zu Lebensmitteln verarbeitet werden. Sie wirken sich auch auf die Herstellung von Zusatzstoffen, die Verarbeitung von Lebensmitteln und Ernährungskonzepte aus. Im Folgenden werden einige zentrale Entwicklungen vorgestellt.

3.1 Nutrigenetik und genotyp-basierte Ernährung

Das Wichtigste in Kürze	Die gesundheitsfördernden Potenziale einer genotyp-basierten Ernährung sind theoretisch sehr hoch. In der Praxis existieren bisher aber nur wenige überzeugende Ansätze. In der Schweiz ist Nutrigenetik nur zulässig, wenn sie medizinisch indiziert ist.
Definition oder Beschreibung	Nutrigenetik ist Forschung, die darauf abzielt, besser zu verstehen, wie die genetische Konstitution eines individuellen Menschen seine Reaktion auf eine bestimmte Ernährung beeinflusst (Mutch et al., 2005, S. 1604). Aus den so gewonnenen Erkenntnissen lassen sich Empfehlungen für eine genotyp-basierte Ernährung ableiten.
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Nutrigenetik zielt auf eine personalisierte Ernährung ab, die es jedem einzelnen Menschen erlaubt, seine Gesundheit seiner genetischen Konstitution entsprechend zu optimieren.</p> <p>Bisher ist Nutrigenetik vor allem medizinisch motiviert und beispielsweise auf die Vermeidung koronarer Herzkrankheiten oder von Übergewicht ausgerichtet. Grundlage der Nutrigenetik bildet die Nutrigenomik, bei der Erkenntnisse über die genetischen Grundlagen, welche die Wirkung bestimmter Nahrungsmittel im Körper bestimmen, gewonnen werden (Mutch et al., 2005, S. 1604). Gene mit ernährungsrelevanter Wirkung sind beispielsweise das Vitamin D Rezeptor Gen, das die Aufnahme von Vitamin D im Körper steuert, oder das Apolipoprotein E-Gen, das eine zentrale Rolle im Fettstoffwechsel spielt.</p> <p>Epidemiologische Studien haben gezeigt, dass verschiedene Individuen zum Teil stark unterschiedlich auf die gleiche Diät reagieren. Da Ernährung aus einer komplexen Mischung verschiedenster Komponenten besteht, lassen sich die Zusammenhänge jedoch schwerer erfassen als dies etwa im Bereich der Pharmakogenetik möglich ist, wo jeweils nur die Auswirkungen einer einzelnen Substanz untersucht werden (Mutch et al., 2005, S. 1610).</p>
Regulierung	<p>Rippe et al. stellten 2004 fest, dass spezifische rechtliche Regelungen für Pharmakogenetik und Pharmakogenomik bislang weder in der Schweiz noch im Ausland existieren. Dies gilt sowohl für den Bereich der klinischen Forschung als auch für die Medikamentenentwicklung und Therapien auf Basis von Pharmakogenetik und Pharmakogenomik (Rippe et al., 2004, S. 54). Diese Aussage dürfte auch für Nutrigenetik zutreffen.</p> <p>Das Bundesgesetz über genetische Untersuchungen beim Menschen (GUMG, SR 810.12) bestimmt seit Oktober 2004, unter welchen Voraussetzungen genetische Untersuchungen beim Menschen zu medizinischen Zwecken durchgeführt werden dürfen. Damit bezweckt es auch, missbräuchliche genetische Untersuchungen und die missbräuchliche Verwendung genetischer Daten zu verhindern. Eine breite, nicht direkt medizinisch indizierte Anwendung von Nutrigenetik, etwa mit genetischen Tests für den Hausgebrauch als Voraussetzung für die Bestellung massgeschneiderter Ernährungssets, ist nach diesem Gesetz nicht möglich.</p>

3.1 Nutrigenetik und genotyp-basierte Ernährung

Wichtige ethisch relevante Aspekte

Die ethisch relevanten Aspekte gleichen jenen der Pharmakogenetik (Rippe et al., 2004, S. 167-216):

Persönlichkeitsschutz der Personen, die Nutrigenetik anwenden

Autonomie der Personen, die Nutrigenetik anwenden

Vermeidung möglicher Diskriminierungsgefahren

3.2 Funktionelle Lebensmittel

Das Wichtigste in Kürze	<p>An funktionellen Lebensmitteln wird intensiv geforscht; das Angebot wird sich in den kommenden Jahren voraussichtlich kontinuierlich erweitern. Dabei kommen zunehmend auch medizinisch wirksame Lebensmittel auf den Markt. Der Konsum solcher Lebensmittel kann bei gesunden Menschen zu neuen Risiken führen. Die Regulierung funktioneller Lebensmittel befindet sich derzeit in Entwicklung.</p>
Definition oder Beschreibung	<p>Funktionelle Lebensmittel sind Lebensmittel, die mit zusätzlichen Inhaltsstoffen angereichert werden, um einen positiven Effekt auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit zu erzielen.</p> <p>Funktionelle Lebensmittel werden oft auch als Functional Food, die biologisch wirksamen Inhaltsstoffe als Nutraceuticals bezeichnet.</p>
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Abgrenzung. Funktionelle Lebensmittel sind bisher nicht eindeutig definiert. Die Abgrenzung gegenüber konventionellen Lebensmitteln, Nahrungsergänzungsmitteln, Naturheilmitteln und Arzneimitteln erweist sich oft als schwierig (Gedrich et al., 2005, S. 5).</p> <p>Inhaltsstoffe. Nutraceuticals, die vielfach eingesetzt werden, sind Probiotika und Präbiotika, (vgl. 3.3), sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, Antioxidantien, Vitamine, Mineralstoffe, bioaktive Peptide, strukturierte Lipide, mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Fettersatz- und -austauschstoffe (Menrad et al., 2000).</p> <p>Zielsetzung. Funktionelle Lebensmittel zielen vor allem auf Verbesserungen bei Wachstum, Entwicklung und Differenzierung des Körpers, den Stoffwechsel von Makronährstoffen, die Erhaltung der Knochengesundheit resp. die Prävention von Osteoporose, die Abwehr reaktiver Oxidantien, Gesundheit des Herz-Kreislauf-Systems, Physiologie des Magen-Darm-Trakts, Verhalten und Stimmung sowie geistige und körperliche Leistungsfähigkeit ab (Gedrich et al., 2005, S. 54).</p> <p>Generell lassen sich bei funktionellen Lebensmitteln zwei Anwendungen unterscheiden, die sich in weiten Bereichen überschneiden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Funktionelle Lebensmittel sollen allgemein das Wohlbefinden und die Gesundheit stärken und die Entwicklung fördern. Dazu gehören beispielsweise probiotische Joghurts. Powell weist darauf hin, dass solche Lebensmittel oft als Ersatz für eine konventionelle gesunde Ernährung dienen. Tiere, die im Freien auf artenreichen Wiesen grasen, akkumulieren natürlicherweise Omega-3-Fettsäuren. Tiere, die im Stall mit Krafffutter gemästet werden, weisen einen geringeren Gehalt an Omega-3-Fettsäuren auf und schaffen damit Bedarf, diese Wirkstoffe beispielsweise Milchprodukten nachträglich wieder zuzusetzen (Powell, 2007, S. 526). 2. Funktionelle Lebensmittel sollen gesundheitliche Störungen ausgleichen („Medical Food“). Dazu gehören beispielsweise Margarinen mit Pflanzensterinzusatz, die dazu beitragen, einen erhöhten Cholesterinspiegel im Blut zu senken (Niemann et al., 2007), oder Lebensmittel, die mit einer besonderer Mischung an essentiellen Fettsäuren entzündliche Prozesse lindern (Powell, 2007, S. 526). In den USA empfahl das National Cholesterol Education Program 2002, 2 g pflanzliche Sterole täglich zu konsumieren, um einen erhöhten LDL-Cholesterinspiegel zu senken (Jones / Jew, 2007, S. 388). <p>Wirkung. Die Wirkung funktioneller Lebensmittel ist umstritten. In vielen Fällen liegen kaum Untersuchungen zur Wirksamkeit vor oder Studien, die wissenschaftlichen Qualitätsansprüchen nur teilweise genügen. In anderen Fällen lassen die Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen widersprüchliche Schlussfolgerungen zu, etwa zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Vitamin E oder β-Karotin. Zudem hat die Aussicht, mit funktionellen Lebensmitteln Umsatz und Gewinn zu erhöhen, in der Vergangenheit auch immer wieder zu ungerechtfertigten Anpreisungen von Lebensmitteln geführt (Jones / Jew, 2007, S. 387). Jones und Jew fordern daher, vor der Zulassung neuartiger Lebensmittel weitgehend standardisierte Untersuchungen in der Art von klinischen Studien</p>

3.2 Funktionelle Lebensmittel

zu erstellen und deren Ergebnisse in Fachzeitschriften, deren Beiträge einem Peer Review unterliegen, zu veröffentlichen (Jones / Jew, 2007, S. 389).

Marktsituation. Lebensmittel, die als funktionelle Lebensmittel deklariert werden, sind seit Mitte der neunziger Jahre erhältlich. Der weltweite Markt für funktionelle Lebensmittel teilt sich unter Japan, den USA und Westeuropa zu nahezu gleichen Teilen auf. Der Markt für funktionelle Lebensmittel hat sich in den letzten Jahren stärker entwickelt als der Markt für konventionelle Lebensmittel (Gedrich et al., 2005, S. 10-11). Eine konservative Schätzung veranschlagt den Umsatz mit Functional Food im Jahr 2000 in Europa auf etwa 2 Milliarden €, falls man nur solche Produkte berücksichtigt, bei denen gesundheitsbezogene Anpreisungen gemacht werden (Gedrich et al., 2005, S. 55). Auf der Anbieterseite finden sich neben Unternehmen aus der Lebensmittelbranche auch solche aus dem pharmazeutischen Bereich (Gedrich et al., 2005, S. 64). Die Entwicklung und Vermarktung neuer funktioneller Lebensmittel, die sich nachweislich positiv auf die Gesundheit auswirken, ist aufwändig. Ähnlich wie im Pharmamarkt behaupten sich daher auch bei funktionellen Lebensmitteln vor allem grosse, multinationale Unternehmen. Kleinere Unternehmen agieren mehrheitlich als Zulieferer (Powell, 2007, S. 525) – auch von Forschungsergebnissen.

Einige funktionelle Lebensmittel sollen spezifische Bedürfnisse in Entwicklungs- und Schwellenländern abdecken. Ein prominentes Beispiel ist der Goldene Reis, der bereits in den neunziger Jahren an der ETH Zürich entwickelt wurde. Dieser Reis ist in der Lage, Provitamin A zu bilden, und kann damit dem in vielen asiatischen Ländern verbreiteten Vitamin-A-Mangel entgegen wirken. Mit dem breiteren Anbau von Goldenem Reis ist frühestens 2012 zu rechnen (Powell, 2007, S. 530).

Für den Fünften Schweizerischen Ernährungsbericht wurden 639 erwachsene Einwohnerinnen und Einwohner des Kantons Genf nach dem Konsum funktioneller Lebensmittel befragt. 45% der Interviewten hatten bereits solche Lebensmittel verzehrt. Konsumenten funktioneller Lebensmittel zeichneten sich vor allem durch einen gesundheitsbewussten Lebensstil aus. Der tatsächliche Gesundheitszustand erwies sich als weniger bedeutsam. Hinweise auf gesundheitsschädigende Auswirkungen ergaben sich nicht (Eichholzer et al., 2005, S. 752). Eine weitere Untersuchung zeigte, dass ein anhaltender Trend zu mit Nährstoffen angereicherten und funktionellen Lebensmitteln im Schweizer Markt besteht. Die Autorinnen gehen davon aus, dass das Angebot auch in Zukunft weiter wachsen wird (Eichholzer et al., 2005, S. 768).

Entwicklungstendenzen. Neue Inhaltsstoffe und -zusammensetzungen für funktionelle Lebensmittel werden laufend entwickelt. Dabei kommen auch gentechnische Verfahren zur Anwendung. Verschiedene Unternehmen haben transgene Pflanzen entwickelt, die gesundheitsfördernde Fettsäuren produzieren (Powell, 2007, S. 526, 530). Eine weitere Stossrichtung sind pflanzliche Lebensmittel, denen bestimmte Allergene fehlen (Powell, 2007, S. 528). Da die Akzeptanz der Verbraucher in den wichtigsten Absatzmärkten derzeit gering ist, werden Neuentwicklungen von der Industrie jedoch nur zurückhaltend verfolgt (Powell, 2007, S. 528).

In vielen industrialisierten Ländern zeichnet sich in den letzten Jahren eine Abkehr von Zusatzstoffen ab. Konsumentinnen und Konsumenten bevorzugen „authentische“ Lebensmittel, die natürlicherweise positive gesundheitliche Auswirkungen entfalten. Dazu gehören beispielsweise Joghurts, die mit Probiotika hergestellt wurden (Powell, 2007, S. 527). Eier mit erhöhtem Gehalt von Omega-3-Fettsäuren, Lutein und Vitamin E lassen sich durch geeignete Fütterung der Hühner gewinnen (Mine, 2008, S. 308). Milch von Kühen, die in grösserer Höhenlage Gras weiden, enthält mehr α -Linolensäure als Milch von Kühen, die sich im Flachland aufhalten und mit Kraffutter ernährt werden (Bisig et al., 2008, S. 38-43).

3.2 Funktionelle Lebensmittel

Regulierung	<p>Die Zulässigkeit gesundheitsbezogener Angaben bei Lebensmitteln ist in der Schweiz durch die Verordnung des EDI über die Kennzeichnung und Anpreisung von Lebensmitteln (LKV, SR 817.022.21) geregelt. Anhang 8 der Verordnung enthält die zulässigen gesundheitsbezogenen Angaben für Vitamine und Mineralstoffe, andere Nährstoffe und Inhaltsstoffe sowie die Voraussetzungen für ihre Verwendung. Gesundheitsbezogene Angaben, die nicht in Anhang 8 aufgeführt sind, bedürfen einer Bewilligung des Bundesamts für Gesundheit (BAG).</p> <p>In der Europäischen Union ist das Anpreisen von Functional Food seit Mitte 2007 durch die sogenannte Health-Claims-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1924/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates über nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel vom 20. Dezember 2006) geregelt. Demnach sind Angaben über die Reduzierung eines Krankheitsrisikos sowie die Entwicklung und die Gesundheit von Kindern verboten, sofern sie nicht in eine Liste zugelassener Angaben aufgenommen worden sind. Diese Liste, die sich aus Angaben aller Mitgliedsstaaten zusammensetzt, soll in den nächsten Jahren veröffentlicht werden. Neue Einträge müssen anschliessend durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit geprüft werden (Schmid, 2007, o.S.).</p> <p>In den USA müssen Health Claims von der Food and Drug Administration (FDA) zugelassen werden (Gedrich et al., 2005, S. 21).</p>
Wichtige ethisch relevante Aspekte	<p>Gesundheitliche Auswirkungen auf die Verbraucherinnen und Verbraucher</p> <p>Bei einer Befragung in Deutschland wurde festgestellt, dass viele Menschen Margarine mit cholesterinsenkender Wirkung verzehren, obwohl sie keinen erhöhten Cholesterinspiegel aufweisen. Darunter befinden sich auch Kinder (Niemann et al., 2007, S. 41). Bisher kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieser nicht bestimmungsgemässe Verzehr zu gesundheitlichen Risiken wie Gefässschädigungen führt (Niemann et al., 2007, S. 6).</p> <p>Medikalisierung der Ernährung</p> <p>Tendenz zum Human Enhancement, d.h. zur Steigerung der individuellen Leistungsfähigkeit von Menschen</p>

3.3 Pro-, prä- und synbiotische Lebensmittel

Das Wichtigste in Kürze	<p>Die Verwendung von Pro-, Prä- und Synbiotika ist eine etablierte Technik, die sich laufend weiter entwickelt. Von herkömmlichen Produkten geht kein nennenswertes Risiko für Mensch und Umwelt aus. Der Nutzen für die Konsumentinnen und Konsumenten ist umstritten.</p>
Definition oder Beschreibung	<p>Lebensmittel, die Pro-, Prä-, oder Synbiotika enthalten.</p> <p>Probiotika sind lebende Mikroorganismen. Beim Verzehr erreicht eine ausreichende Menge von ihnen den Darm in aktiven Zustand, wo sie eine gesundheitsfördernde Wirkung entfalten sollen (de Vrese / Schrezenmeir, 2008, S. 3).</p> <p>Präbiotika sind selektiv fermentierte Inhaltsstoffe. Sie sollen sich positiv auf die Gesundheit auswirken, indem sie die Zusammensetzung oder die Aktivität der Mikroflora in Magen und Darm beeinflussen (de Vrese / Schrezenmeir, 2008, S. 33).</p> <p>Synbiotika enthalten eine Kombination aus Pro- und Präbiotika (de Vrese / Schrezenmeir, 2008, S. 42).</p> <p>Pro-, prä- und synbiotische Lebensmittel werden oft den funktionellen Lebensmitteln (vgl. 3.2) zugerechnet (Menrad et al., 2000, S. 34f).</p>
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Zielsetzung. Die Herstellung pro-, prä- und synbiotischer Lebensmittel zielt darauf ab, die Gesundheit der Konsumenten und Konsumentinnen zu fördern.</p> <p>Verfahren. Heute sind zahlreiche probiotische Mikroorganismen bekannt. Beispiele sind Bifidobakterien, Lactobacillus casei, Lactobacillus rhamnosus GG oder Saccharomyces boulardii. In den Handel gelangen diese Mikroorganismen vor allem mit fermentierten Milchprodukten wie Joghurt. Präbiotika wurden in den letzten Jahren unter anderem eingesetzt, um die Ähnlichkeit von Säuglingsnahrung mit der Muttermilch zu verbessern (de Vrese / Schrezenmeir, 2008, S. 2).</p> <p>Wirkung. Die Frage, inwiefern probiotische Lebensmittel für gesunde Menschen notwendig bzw. nützlich sind, ist in der Literatur umstritten. Die gesundheitlichen Risiken sowie allfällige Risiken für die Umwelt werden im Allgemeinen als gering eingestuft. Nach de Vrese und Schrezenmeir werden Probiotika nicht nur positive Auswirkungen auf die Verdauung, sondern auch auf das Immunsystem zugesprochen. Wissenschaftliche Anhaltspunkte bestehen unter anderem für die Vermeidung oder Verminderung von Durchfällen infolge von Viruserkrankungen, Antibiotikakonsum oder Laktoseintoleranz, die Linderung von entzündlichen Krankheiten des Verdauungssystems und die Vermeidung von Infektionskrankheiten, besonders von Infektionskrankheiten der Atemwege (de Vrese / Schrezenmeir, 2008, S. 2). Auch im Fünften Schweizerischen Ernährungsbericht werden positive gesundheitliche Auswirkungen bestätigt. Die Autoren sehen zusätzliche Anwendungspotenziale im medizinischen Bereich, weisen jedoch gleichzeitig auf die Notwendigkeit von Nutzen-Risikoabschätzungen hin (Eichholzer et al., 2005, S. 802).</p> <p>Marktsituation und Entwicklungstendenzen. Probiotika sind heute überwiegend Milchprodukte. Gegenwärtig laufen viele Bestrebungen, das Spektrum der probiotischen Lebensmittel zu erweitern, z.B. auf fermentierte Getreideprodukte oder Schokoladenerzeugnisse (Kunz, 2006, S. 319).</p> <p>Der Umsatz an Probiotika nimmt tendenziell zu. 2008 ist der Umsatz an probiotischen Joghurts in Deutschland um 24% gestiegen. Einer Marktstudie zufolge sind Probiotika wesentlich für die künftige Entwicklung des Marktsegments Molkereiprodukte (Etscheidt, 2009, S. 20).</p> <p>Eine neue technische Entwicklungstendenz stellt die Anwendung pathobiotechnischer Verfahren dar. In der Pathobiotechnologie werden Eigenschaften von Krankheitserregern, wie z.B. die Fähigkeit, Abwehrsysteme des Körpers zu überwinden, genutzt. Dabei kommen häufig gentechnische Verfahren zum Einsatz.</p>

3.3 Pro-, prä- und synbiotische Lebensmittel

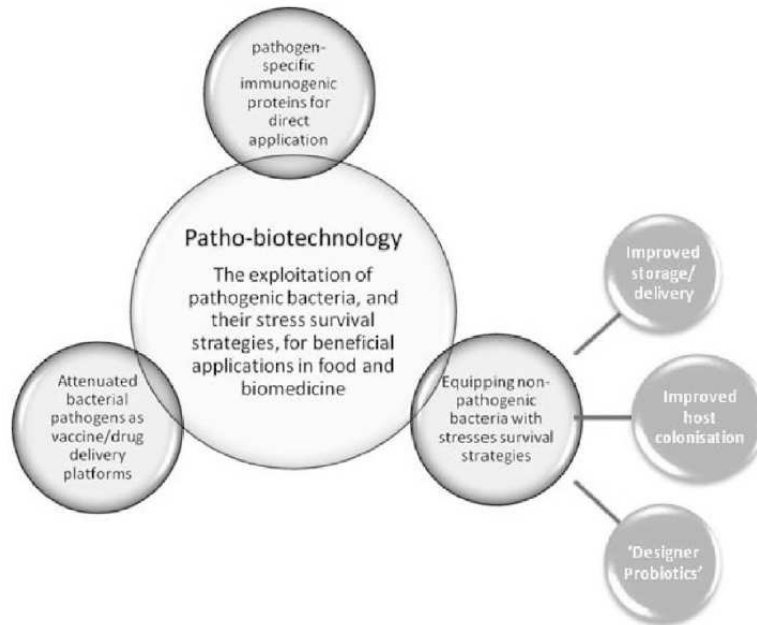


Abbildung 7: Konzept der Pathobiotechnologie (Sleator / Hill, 2007, S. 270).

Ein Ziel, das gegenwärtig pathobiotechnisch verfolgt wird, ist, probiotische Kulturen robuster und wirksamer zu gestalten (Sleator / Hill, 2007, S. 269). Unter anderem wird angestrebt, Probiotika zu erzeugen, die Infektionen mit Pathogenen entgegen wirken – z.B. indem das Probiotikum wichtige Ligand-Rezeptor-Wechselwirkungen zwischen Pathogen und Wirt blockiert (Sleator / Hill, 2007, S. 271).

Regulierung

Die Zulassung von Lebensmitteln wird im Bundesgesetz über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelgesetz, LMG, SR 817.0) behandelt. Gemäss Art. 8 kann der Bundesrat die Zulassung von Lebensmitteln regeln, die für Menschen bestimmt sind, welche aus gesundheitlichen Gründen besondere Ernährungsbedürfnisse haben, oder die mit einem Hinweis auf besondere ernährungsphysiologische Wirkungen angepriesen werden.

Genauere Angaben enthält die Verordnung des EDI über Speziallebensmittel (SR 817.022.104). Neue pro-, prä-, und synbiotische Lebensmittel benötigen eine Zulassung des Bundesamts für Gesundheit.

Wichtige ethisch relevante Aspekte

Verhältnis von Kosten und Nutzen pro-, prä-, und synbiotischer Lebensmittel

Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden der Konsumentinnen und Konsumenten, vor allem bei Anwendung neuer Verfahren, etwa aus der Pathobiotechnologie

3.4 Nutzung gentechnisch veränderter Mikroorganismen bei der Lebensmittelherstellung

<p>Das Wichtigste in Kürze</p>	<p>Gentechnisch veränderte Mikroorganismen werden bereits heute vielfach zur Produktion von Zusatzstoffen eingesetzt. Zusatzstoffe, die mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen gewonnen wurden, sind in vielen Fällen nicht kennzeichnungspflichtig.</p> <p>Lebensmittel, die direkt mit Hilfe gentechnisch veränderter Organismen hergestellt wurden und auch entsprechend gekennzeichnet werden, treffen bei den Verbrauchern in Europa auf geringe Akzeptanz. Am Markt haben sie sich daher nicht durchgesetzt.</p>
<p>Definition oder Beschreibung</p>	<p>Bei der Herstellung von Lebensmitteln kommen gentechnisch veränderte Mikroorganismen oder Zusatzstoffe, die aus gentechnisch veränderten Mikroorganismen stammen, zur Anwendung.</p> <p>Zusatzstoffe sind Substanzen, die einem Lebensmittel zugesetzt werden.</p>
<p>Stand der Technik und der Anwendung</p>	<p>Fermentationsprozesse werden bereits seit Jahrhunderten zur Herstellung von Lebensmitteln genutzt. Bei Fermentationsprozessen werden biologische Materialien mit Hilfe von Bakterien-, Pilz- oder Zellkulturen oder durch Zusatz von Enzymen verändert. Auf diese Weise werden beispielsweise Joghurt, Käse und Bier hergestellt.</p> <p>Durch Fermentation werden traditionell Haltbarkeit, Geschmack und Konsistenz der Ausgangsprodukte verbessert. Generell können neue Formen der Fermentation entwickelt werden, indem bisher nicht genutzte natürliche Kulturen oder Enzyme verwendet oder mit gentechnischen Verfahren neue Kulturen oder Enzyme hergestellt werden. Innovationen basieren heute meistens auf der Ausweitung bestehender Produktlinien, indem neue Starterkulturen Verwendung finden. Die raschen Fortschritte der Gentechnik ermöglichen es jedoch zunehmend, die natürliche Diversität im Stoffwechsel der Mikroorganismen für neue Fermentationsprozesse zu nutzen oder den Ablauf bereits bekannter Fermentationen zu verbessern. Letztlich werden voraussichtlich systembiologische Ansätze dazu führen, dass sowohl die Prozesse zur Herstellung von Lebensmitteln als auch die erwünschten Eigenschaften von Lebensmitteln optimiert werden können (Kleebezem, 2006, S. 179-180).</p> <p>Im Folgenden werden einige Beispiele für die Nutzung gentechnisch veränderter Mikroorganismen vorgestellt:</p> <p>Gentechnisch veränderte Hefen werden zum Backen sowie bei der Herstellung alkoholischer Getränke eingesetzt. An der gentechnischen Veränderung von Hefen wird intensiv gearbeitet. Die gentechnischen Veränderungen zielen vor allem darauf ab, den Gärprozess zu beschleunigen, zu vereinfachen oder die Zusammensetzung der Gärprodukte zu optimieren. Hefen können beispielsweise wesentlich zum Geschmack von fermentierten Getränken beitragen.</p> <p>In der Europäischen Union sind derzeit keine gentechnisch veränderten Hefen auf dem Markt. In Grossbritannien wurden eine Bäckerhefe, die den Gärprozess beschleunigt, und eine Bierhefe, mit der Diätbier hergestellt werden kann, zugelassen (Transgen, 2009, o.S., Havkin-Frenkel / Belanger, 2008, S. 38). Diese Hefen wurden allerdings nur vorübergehend im Probetrieb zur Lebensmittelherstellung eingesetzt (Transgen, 2005, o.S.). In Finnland wurde eine Hefe entwickelt, die den Prozess des Bierbrauens massiv beschleunigt. Aus Akzeptanzgründen kam diese Hefe nie zum Einsatz. Die Erfahrungen, die mit der gentechnischen Veränderung gewonnen wurden, erlaubten es jedoch, eine ähnlich leistungsfähige Hefe mit konventioneller Züchtung zu gewinnen (Powell, 2007, S. 529).</p> <p>Neben Hefen werden auch andere Mikroorganismen in Starterkulturen eingesetzt. Da gentechnisch veränderte Starterkulturen auf wenig Akzeptanz bei den Verbrauchern in</p>

3.4 Nutzung gentechnisch veränderter Mikroorganismen bei der Lebensmittelherstellung

	<p>Europa treffen, besteht jedoch die Tendenz, stattdessen traditionelle Verfahren zu verbessern. Dazu gehört z.B., mit systematischen Screenings nach vielversprechenden Mikroorganismen zu suchen (Transgen, 2005, o.S.).</p> <p>Herstellung von Zusatzstoffen. Zusatzstoffe dienen der Verbesserung des Nährwertes, des Genusswertes und der Haltbarkeit oder Verarbeitbarkeit. Sie können Lebensmitteln eine besondere Konsistenz, einen besonderen Geruch oder Geschmack verleihen (BAG, 2007, S. 1-6).</p> <p>Einige Zusatzstoffe werden auch aus gentechnisch veränderten Pflanzen hergestellt, z.B. der Zusatzstoff Cellulose (E460) aus Baumwolle, Lecithin (E322) und Tocopherol (E306) aus Soja. Zusatzstoffe, die aus gentechnisch veränderten Organismen stammen, müssen auf der Zutatenliste des Lebensmittels mit dem Hinweis „aus genetisch verändertem (z.B. Soja)“ gekennzeichnet werden (BAG, 2007, S. 5-6).</p> <p>Verbreitet sind Zusatzstoffe, die mit Hilfe von gentechnisch veränderten Mikroorganismen gewonnen wurden. Die Zusatzstoffe werden als Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen gebildet, die isoliert, gereinigt und aufkonzentriert werden. Solche Zusatzstoffe dürfen keine Überreste des Mikroorganismus mehr enthalten. Beispiele sind Glutamat (E621), Ascorbinsäure (E300) und Riboflavin (E101). Eine Kennzeichnungspflicht besteht nicht. Ebenso sind Zusatzstoffe, die aus nicht gentechnisch veränderten Mikroorganismen stammen, welche mit gentechnisch veränderten Nährstoffen versorgt wurden, z.B. mit Glukose aus GVO-Mais, nicht kennzeichnungspflichtig (BAG, 2007, S. 5-6).</p>
Regulierung	<p>Die Verordnung des EDI über gentechnisch veränderte Lebensmittel (VGVL, SR 817.022.51) regelt unter anderem die Bewilligung und Kennzeichnung bei Lebensmitteln, die gentechnisch veränderte Organismen (GVO) sind, GVO enthalten oder aus GVO gewonnen wurden. Wer solche Lebensmittel in Verkehr bringen will, benötigt eine Bewilligung des Bundesamts für Gesundheit (BAG). Gemäss Art. 7 der Verordnung sind Lebensmittel, die gentechnisch veränderte Mikroorganismen enthalten, die zu technologischen Zwecken eingesetzt werden, mit dem Hinweis „mit gentechnisch veränderten Y hergestellt“ oder „mit genetisch veränderten Y hergestellt“ zu kennzeichnen. Werden die Mikroorganismen als solche abgegeben, so sind sie mit dem Hinweis „gentechnisch verändert“ oder „genetisch verändert“ zu kennzeichnen.</p> <p>Die Anwendung von Zusatzstoffen ist in der Zusatzstoffverordnung (ZuV, SR 817.022.31) geregelt. Analog zum EU-Lebensmittelrecht darf ein Zusatzstoff in der Schweiz nur verwendet werden, wenn er gesundheitlich unbedenklich und technologisch notwendig ist. Die Verbraucher dürfen durch die Verwendung des Zusatzstoffes nicht getäuscht werden. Zusatzstoffe, die diese Anforderungen erfüllen, werden in der Zusatzstoffverordnung aufgelistet. Die Unbedenklichkeit von Zusatzstoffen ist durch das Positivprinzip gegeben, d.h. ein Stoff der nicht ausdrücklich erlaubt ist und in der ZuV steht, darf nicht verwendet werden (BAG, 2007, S. 1).</p> <p>Die Kennzeichnung von Zusatzstoffen auf Lebensmitteln wird durch die Verordnung über die Kennzeichnung und Anpreisung von Lebensmitteln (LKV, SR 817.022.21) geregelt. Alle verwendeten Zusatzstoffe müssen in der Zutatenliste des Lebensmittels mit ihrer Gattung und der Einzelbezeichnung oder der E-Nummer angegeben werden, die europaweit gilt. Dabei steht E für Europa (BAG, 2007, S. 2).</p>
Wichtige ethisch relevante Aspekte	<p>Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden der Personen, die entsprechend hergestellte Lebensmittel konsumieren</p> <p>Information und Wahlfreiheit der Konsumentinnen und Konsumenten</p>

3.5 Beeinflussung der Zellphysiologie am Beispiel der Autophagie

<p>Das Wichtigste in Kürze</p>	<p>Sowohl bei der Lebensmittelproduktion als auch bei der Verwertung der Lebensmittel im menschlichen Körper spielen sich vielfältige Prozesse auf molekularer und zellulärer Ebene ab. Neue Forschungsergebnisse erlauben es, diese Prozesse zunehmend besser zu verstehen. Ein aktuelles Beispiel ist die Autophagie.</p> <p>Dadurch eröffnen sich Möglichkeiten, die Lebensmittelproduktion nach verschiedenen Kriterien zu optimieren. Dies gilt auch im Hinblick auf die Wirkung, die Lebensmittel im menschlichen Körper entfalten.</p>
<p>Definition oder Beschreibung</p>	<p>Autophagie oder Autophagozytose ist ein Prozess, bei dem Bestandteile eukaryotischer Zellen abgebaut werden.</p> <p>Dazu werden Teile des Zellplasmas in ein Lysosom oder eine Vakuole verbracht und dort abgebaut. Ein Lysosom ist ein Zellorganell. Es ist von einer Membran umschlossen und enthält Enzyme, die für den Abbau von Zellbestandteilen benötigt werden. Bei Tieren findet der Abbau in Lysosomen, bei Pflanzen in Vakuolen, die ebenfalls von einer Membran umschlossene Zellorganellen darstellen, statt.</p> <p>Eukaryoten sind Lebewesen, die über Zellkerne und Zellmembranen verfügen. Zu den Eukaryoten zählen auch die für die Lebensmittelverarbeitung wichtigen Hefen.</p>
<p>Stand der Technik und der Anwendung</p>	<p>Grundlagenforschung. Autophagie ist für viele Lebensprozesse, z.B. das Altern oder die Immunantwort, von Bedeutung und wurde daher in den letzten Jahren eingehender erforscht (Deretic / Klionsky, 2008, S. 58-68). Einen wichtigen Meilenstein stellt die Isolierung von Genen, welche die Autophagie beeinflussen, aus der Bierhefe, <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, dar (Cebollero / Gonzales, 2007, S. 396). Obwohl viele Gene, die für die Autophagie von direkter Bedeutung sind, bereits identifiziert und ihre Genprodukte charakterisiert worden sind, wird Autophagie heute erst ansatzweise verstanden. Insbesondere wurden bisher nur wenige Erkenntnisse über die molekularen Mechanismen, die zur Bildung von Autophagiebläschen beitragen, gewonnen (Cebollero / Gonzales, 2007, S. 406).</p> <p>Forschung zur Lebensmittelproduktion. Bei der biotechnischen Herstellung mancher Lebensmittel spielt Autophagie eine wichtige Rolle. Champagner etwa verdankt einige charakteristische Eigenschaften, z.B. geschmackliche Elemente und die Beschaffenheit des Schaums, der Autophagie von Hefezellen (Cebollero / Gonzales, 2007, S. 403). Fermentationsprozesse finden bei der Lebensmittelproduktion oft unter Bedingungen statt, die Autophagie induzieren, z.B. bei begrenztem Nährstoffangebot (Abeliovich / Gonzales, 2009, S. 925).</p> <p>Zudem kann Autophagie die Haltbarkeit von Lebensmitteln beeinflussen. Weltweit gehen grosse Mengen an Lebensmitteln aufgrund mikrobieller Prozesse, die zum Verderben der Lebensmittel führen, verloren. Als Konservierungsstoffe werden häufig schwache organische Säuren, z.B. Sorbinsäure oder Benzoesäure, eingesetzt (Abeliovich / Gonzales, 2009, S. 926). Verschiedene Forschungsarbeiten deuten darauf hin, dass die Haltbarkeit von Lebensmitteln verlängert wird, indem Benzoesäure die Autophagie von Hefezellen hemmt (Cebollero / Gonzales, 2007, S. 403). Hefezellen spielen vor allem beim Verderben saurer und zuckerhaltiger Lebensmittel sowie von Lebensmitteln mit hoher Osmolarität eine wichtige Rolle (Abeliovich / Gonzales, 2009, S. 926).</p> <p>Funktionelle Lebensmittel, die in der Lage sind, die Autophagie in Körperzellen der Konsumenten zu aktivieren, versprechen, Alterungsprozesse zu verlangsamen und Krebserkrankungen vorzubeugen. Resveratrol beispielsweise, ein antioxidativ wirkendes Polyphenol, das unter anderem in Weintrauben enthalten ist, und lebensverlängernd wirkt, induziert Autophagie. Zahlreiche Flavonoide wirken physiologischen Mechanismen, welche die Autophagie hemmen, entgegen. Die Frage, ob sich eine gesteigerte Autophagie beim Menschen positiv auf die Gesundheit und die Lebenserwartung auswirkt, ist jedoch</p>

3.5 Beeinflussung der Zellphysiologie am Beispiel der Autophagie

	<p>bisher nicht ausreichend geklärt (Abeliovich / Gonzales, 2009, S. 927-928).</p> <p>Anwendung. Autophagie spielt heute bereits eine wichtige Rolle bei der Lebensmittelproduktion. Die zunehmenden Erkenntnisse über die Prozesse, die Autophagie zugrundeliegen, und die Bedeutung von Autophagie für Zellen und Organismen werden sich mittelfristig wohl auch in der Lebensmittelproduktion niederschlagen. Sie könnten vor allem dazu beitragen, die Qualität von Lebensmitteln zu verbessern und die Produktionsprozesse wirtschaftlich zu optimieren (Cebollero / Gonzales, 2007, S. 404).</p>
Regulierung	<p>Die Regelungen variieren je nachdem, wie und wo Autophagie genutzt und beeinflusst wird.</p> <p>Neuartige Lebensmittel, die zum allgemeinen Verzehr bestimmt sind oder neuartige Speziallebensmittel benötigen in der Schweiz eine Bewilligung durch das Bundesamt für Gesundheit. Neuartig sind Lebensmittel, die nicht gemäss Art. 4 der Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV, SR 817.02) vom Eidgenössischen Departement des Inneren umschrieben sind.</p> <p>Die Anwendung der in Lebensmitteln zulässigen Zusatzstoffe regelt die Verordnung des EDI über die in Lebensmitteln zulässigen Zusatzstoffe. Demnach müssen Zusatzstoffe in der vorgeschlagenen Dosis für die Verbraucher gesundheitlich unbedenklich sein, eine Irreführung der Konsumenten ausgeschlossen werden und eine hinreichende technische oder organoleptische Notwendigkeit für die Verwendung des Zusatzstoffes nachgewiesen werden (Möller et al., 2009, S. 63-65).</p> <p>Die Zulässigkeit gesundheitsbezogener Angaben bei Lebensmitteln ist in der Schweiz durch die Verordnung des EDI über die Kennzeichnung und Anpreisung von Lebensmitteln (LKV, SR 817.022.21) geregelt. Anhang 8 der Verordnung enthält die zulässigen gesundheitsbezogenen Angaben für Vitamine und Mineralstoffe, andere Nährstoffe und Inhaltsstoffe sowie die Voraussetzungen für ihre Verwendung. Gesundheitsbezogene Angaben, die nicht in Anhang 8 aufgeführt sind, bedürfen einer Bewilligung des Bundesamts für Gesundheit (BAG).</p> <p>In der Europäischen Union kommt bei neuen Lebensmitteln die Verordnung (EG) Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 1997 über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten zur Anwendung. Neue Lebensmittel sind solche, die vor Inkrafttreten der Verordnung in der EU nicht in nennenswertem Umfang zum Verzehr in den Handel gebracht wurden. Neue Lebensmittel müssen vor dem Inverkehrbringen ein Zulassungsverfahren durchlaufen. Die Zulassung wird nur erteilt, wenn die Prüfung ergibt, dass das Produkt gesundheitlich unbedenklich ist (EU, 2009, o.S.).</p> <p>Das Anpreisen von Lebensmitteln, die sich positiv auf die Gesundheit auswirken sollen, ist durch die sogenannte Health-Claims-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1924/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates über nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel vom 20. Dezember 2006) geregelt. Demnach sind Angaben über die Reduzierung eines Krankheitsrisikos sowie die Entwicklung und die Gesundheit von Kindern verboten, sofern sie nicht in eine Liste zugelassener Angaben aufgenommen worden sind. Diese Liste, die sich aus Angaben aller Mitgliedsstaaten zusammensetzt, soll in den nächsten Jahren veröffentlicht werden. Neue Einträge müssen anschliessend durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit geprüft werden (Schmid, 2007, o.S.).</p> <p>In den USA müssen Health Claims von der Food and Drug Administration (FDA) zugelassen werden (Gedrich et al., 2005, S. 21).</p>
Wichtige ethisch relevante Aspekte	Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden der Konsumentinnen und Konsumenten

3.6 Neue Entwicklungen in der Verpackungstechnik von Lebensmitteln

Das Wichtigste in Kürze	<p>In der Verpackungstechnik zeichnen sich vor allem neue nanotechnische Entwicklungen sowie eine Tendenz zur Verwendung antimikrobiell wirkender Substanzen ab. Zu den möglichen gesundheitlichen Auswirkungen auf die Konsumentinnen und Konsumenten der Lebensmittel sind noch Fragen offen.</p>
Definition oder Beschreibung	<p>Neue technische Entwicklungen, die zur Verpackung von Lebensmitteln genutzt werden.</p>
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Aktuelle Trends in der Verpackungstechnik, die bio- oder nanotechnisch umgesetzt werden können, sind (vgl. u.a. Böhler, 2003, S. 16):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verpackungen, welche die Haltbarkeit der Lebensmittel verbessern und dabei der Nachfrage nach frischen, naturnahen, schonend behandelten Lebensmitteln ohne Konservierungsstoffe gerecht werden - Verpackungen, die anzeigen, wenn sich die Eigenschaften eines Lebensmittels verändern - Verpackungen, die essbar oder zumindest biologisch gut abbaubar sind - Verpackungen, die es erlauben, Lebensmittel eindeutig zu identifizieren und damit beispielsweise deren Herstellungsprozess nachzuverfolgen - Verpackungen mit neuen optischen Eigenschaften <p>Antimikrobielle Verpackungen. Mikrobielle Kontaminationen entstehen vor allem an der Oberfläche von Lebensmitteln. Hier werden Lebensmittel gehandhabt, kommen mit der Umwelt in Berührung. Eine wichtige Entwicklungslinie stellen Filme mit antimikrobiell wirkenden Substanzen dar, z.B. Nisin. Alternativ können antimikrobielle Zusatzstoffe in das Verpackungsmaterial integriert sein, z.B. Oregano-Öl oder Salze der Benzoesäure (Guevara-González, Torres-Pacheco, 2006, S. 193 f.). Für Lebensmittelverpackungen werden auch antimikrobielle Nanopartikel entwickelt, z.B. mit Zink- und Magnesiumoxid (Möller et al., 2009, S. 46). Nanosilber wirkt ebenfalls mikrocid (AG Nanotechnologien, 2008, S.13).</p> <p>Sensor-Verpackungen erlauben es, unerwünschte Eigenschaften von Lebensmitteln frühzeitig zu erkennen. Beispiele sind nanotechnische Sensoren, welche die Anwesenheit von Sauerstoff anzeigen oder auf bestimmte Gase resp. Bakterien an der Oberfläche der Lebensmittel reagieren (Möller et al., 2009, S. 46).</p> <p>Nanotechnik erlaubt es auch, Verpackungen herzustellen, die durchsichtig sind, aber gleichzeitig eine gute Barrierenwirkung aufweisen. In Kunststofffolien und -behälter eingearbeitete Nanopartikel aus Tonerde, Siliziumdioxid, Zinkoxid oder Titandioxid machen Folien-Verpackungen reiss- und schlagfester (AG Nanotechnologien, 2008, S. 13). Weitere verpackungstechnische Optimierungen im Bereich der Nanotechnik zielen auf die Verarbeitung der Verpackungen, Eigenschaften wie Wärmeleitfähigkeit oder Infrarotabsorption und individuelle Identifizierbarkeit (Möller et al., 2009, S. 47).</p> <p>Bei antimikrobiellen und nanotechnisch hergestellten Verpackungen bestehen noch offene Fragen zu Gesundheitsfolgen, Entsorgung und Zulassung (AG Nanotechnologien, 2008, S. 13).</p>
Regulierung	<p>Vgl. 3.7, „Neue Entwicklungen in der Verarbeitung von Lebensmitteln“.</p>
Wichtige ethisch relevante Aspekte	<p>Auswirkungen antimikrobieller und nanotechnischer Verpackungen auf die menschliche Gesundheit, vor allem aufgrund Diffusion antimikrobieller Stoffe oder von Nanopartikeln in die Lebensmittel und Auswirkungen einer verlängerten Haltbarkeit auf die Zusammensetzung der Lebensmittel.</p>

3.7 Neue Entwicklungen in der Verarbeitung von Lebensmitteln

Das Wichtigste in Kürze	Bei der Verarbeitung von Lebensmitteln zeichnen sich primär neue nanotechnische Entwicklungen ab. Mögliche gesundheitliche Auswirkungen auf die Konsumentinnen und Konsumenten der Lebensmittel sind erst ansatzweise geklärt..
Definition oder Beschreibung	Neue technische Entwicklungen, die zur Verarbeitung von Lebensmitteln genutzt werden.
Stand der Technik und der Anwendung	<p>Einige biotechnische Entwicklungen wurden bereits in den vorangehenden Kapiteln angesprochen, z.B. unter 3.4 „Nutzung gentechnisch veränderter Mikroorganismen“.</p> <p>Die nanotechnische Forschung und Entwicklung in der Lebensmittelindustrie zielt primär darauf ab, sensorische Eigenschaften von Lebensmitteln zu beeinflussen. Daneben werden Veränderungen technischer Eigenschaften, z.B. Fließfähigkeit, angestrebt sowie eine Optimierung der ernährungsphysiologischen Wirkung. Nanokapseln werden vor allem eingesetzt, um die Wirkung aktiver Wirkstoffe zu verändern oder zu verstärken. (Möller et al., 2009, S. 39-41).</p> <p>Mikro- und Nanoverkapselung. Viele Lebensmittel enthalten funktionelle Komponenten wie Vitamine, Geschmacksstoffe, Antioxidantien oder Farbstoffe. Durch Integration dieser Komponenten in Mikro- oder Nanopartikel kann sichergestellt werden, dass sich die Komponenten gut im Lebensmittel verteilen, dass sie vor äusseren Einflüssen geschützt sind und kontrolliert freigesetzt werden (Weiss et al., 2006, S. R108; Jones / Jew, 2007, S. 388). Mikropartikel erlauben es zudem, Lebensmitteln Nutraceuticals wie etwa Omega-3-Fettsäuren zuzusetzen, deren Geschmack und Geruch sonst von den Konsumenten und Konsumentinnen als eher unangenehm empfunden würde (Jones / Jew, 2007, S. 388).</p> <p>Biokonservierung. Biokonservierung erlaubt es, die Haltbarkeit von Lebensmitteln mittels antagonistischer Mikroorganismen zu erhöhen. So produzieren beispielsweise zahlreiche Laktokokkustämme Proteine, die das Wachstum nahe verwandter Bakterien hemmen. Nisin ist ein bakterielles Antibiotikum, das zur Konservierung von säurehaltigen Lebensmitteln eingesetzt wird (Heller, 2006, S. 115).</p> <p>Antimikrobielle Beschichtungen können die Verarbeitung von Lebensmitteln erleichtern. Im Anlagebau besteht Interesse, Verpackungsmaschinen beispielsweise mit Silber-Nanopartikeln zu beschichten. Reinigung und Hygiene könnten dadurch verbessert werden. Auf Nanotechnologie basierende, schmutzabweisende Oberflächen des Milchgeschirrs könnten den Reinigungsaufwand senken (AG Nanotechnologien, 2008, S. 14).</p> <p>Viele Lebensmittel weisen heute einen hohen Verarbeitungsgrad auf. Während ihrer Herstellung haben sie zahlreiche Verarbeitungsprozesse durchlaufen. So werden beispielsweise in den USA ca. 30% der Eier weiterverarbeitet, um sie Backwaren und anderen Lebensmitteln zuzusetzen (Mine, 2008, S. 307-308). Ein hoher Verarbeitungsgrad erschwert es, den Werdegang eines Lebensmittels bis an seine Ursprünge zurückzverfolgen. Das Risiko, dass Bestandteile eines Lebensmittels eine bio- oder nanotechnische Behandlung erfahren haben, ohne dass die Konsumenten des Lebensmittels darüber informiert sind, steigt.</p>

3.7 Neue Entwicklungen in der Verarbeitung von Lebensmitteln

Regulierung	<p>Die Lebensmittelsicherheit wird durch verschiedene Gesetze und Verordnungen des Bundes sichergestellt. Dazu zählen vor allem die Gesetze und Verordnungen über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (SR 817), aber auch beispielsweise die Verordnung über die Tierarzneimittel oder die Verordnung des EVD vom 23. November 2005 über die Hygiene bei der Milchproduktion (BVET, 2009, o.S.).</p> <p>Demnach müssen beim Gewinnen, Verarbeiten, Herstellen, Zubereiten, Verpacken, Lagern, Transportieren und Abgeben sowie beim Umgang mit Lebensmitteln alle nötigen Vorkehrungen getroffen werden, damit das Lebensmittel gesundheitlich unbedenklich und hygienisch einwandfrei bleibt. Es sind Massnahmen vorzusehen, welche die spezifischen biologischen, chemischen und physikalischen Gesundheitsrisiken beseitigen oder auf ein minimales akzeptierbares Mass reduzieren (BVET, 2009a, o.S.)</p> <p>Bezüglich nanotechnischer Anwendungen kommt die Arbeitsgruppe Nanotechnologien des Bundes zu folgendem Schluss: „Synthetische Nanopartikel, die z. B. in Bioziden, Pflanzenschutzmitteln und Arzneimitteln eingesetzt werden, unterliegen den entsprechenden rechtlichen Bestimmungen. In den einzelnen Regulierungsbereichen bestehen jedoch keine partikelspezifischen Anforderungen. Es gibt daher erhebliche Rechtsunsicherheiten, die einerseits dazu führen können, dass mögliche Risiken für die Gesundheit und die Umwelt nicht erkannt und durch geeignete Massnahmen minimiert werden können. Andererseits kann sich diese Rechtsunsicherheit innovationshemmend auswirken, da das Interesse der Wirtschaft gering ist, in die Entwicklung von Nanotechnologien oder Nanopartikel enthaltende Produkte zu investieren, solange nicht absehbar ist, welche rechtlichen Anforderungen zu erfüllen sind oder welche Restriktionen eventuell auf die Hersteller zukommen. Insgesamt zeigt sich, dass für eine abschliessende Risikobeurteilung und Regulierung von synthetischen Nanopartikeln die wissenschaftlichen und methodischen Grundlagen noch nicht ausreichen“ (Arbeitsgruppe Nanotechnologien, 2008, S. 23).</p>
Wichtige ethisch relevante Aspekte	<p>Auswirkungen auf die Gesundheit der Konsumentinnen und Konsumenten von Lebensmitteln, die entsprechend verarbeitet wurden</p> <p>Information der Konsumentinnen und Konsumenten über die „Verarbeitungsgeschichte“ der Lebensmittel, Wahlfreiheit der Verbraucher</p>

5. Literaturverzeichnis

- Abeliovich, H. / Gonzales, N. (2009): *Autophagy in food biotechnology*. Review. *Autophagy* 5:7. S. 925-929.
- AG Nanotechnologien (2008): *Nanotechnologien in der Landwirtschaft und im vor- und nachgelagerten Bereich*. Bericht der Arbeitsgruppe Nanotechnologien. Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD. Bern.
- Allsop, M. / Johnston, P. / Santillo, D. (2008): *Challenging the Aquaculture Industry on Sustainability*. Technical overview. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 01/2008. http://www.greenpeace.to/publications/Aquaculture_Report_Technical.pdf. 10.9.2009
- ALP (2009): *Ernährungsforschung im Zeitalter "omic"*. Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Ankündigung zum Kolloquium vom 8. und 10. September 2009.
- ALP (2009a): *Was wählt die Generation 50+ zum Zvieri?* Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Medienmitteilung vom 24. Juli 2009.
- Annas, M. / Bornes, G. (2007): *Das GenBuch Lebensmittel*. Orange-Press. Kempten.
- BAFU (2007): B/CH/07/04 (B07004): *Gesuch um Bewilligung eines Freisetzungsversuchs mit gentechnisch veränderten Ae. cylindrica x Triticum aestivum Hybriden*. <http://www.bafu.admin.ch/biotechnologie/01756/08902/08912/index.html?lang=de>. 14.9.2009
- BAG (2009). *Hinweise zu den Kennzeichnungsbestimmungen im Einzelnen*. Bundesamt für Gesundheit. Information vom 24.8.2009. <http://www.bag.admin.ch/themen/lebensmittel/04858/04863/04884/04931/index.html?lang=de>. 25.8.2009.
- BAG (2009a): *Gentechnisch veränderte Lebensmittel*. Bundesamt für Gesundheit. <http://www.bag.admin.ch/themen/lebensmittel/04858/04863/index.html?lang=de> #. 2.9.2009
- BAG (2007): *Zusatzstoffe*. Bundesamt für Gesundheit. Faktenblatt vom 13.12.2007. Bern.
- BAG / swissmedic (2009): *Abgrenzungskriterien Arzneimittel - Lebensmittel bzw. Gebrauchsgegenstände*. Bundesamt für Gesundheit / swissmedic. Bern.
- BAG / swissmedic (2006): *Einstufung pflanzlicher Stoffe und Zubereitungen als Arzneimittel oder als Lebensmittel*. Bundesamt für Gesundheit / swissmedic. Bern.
- BDM (2009): *Anzahl Nutzzassen und -sorten (Z1)*. Biodiversitäts-Monitoring Schweiz. <http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren/z1.php>. 11.9.2009.

- Bettenworth, V. (2008): *Sind «Bio»-Lebensmittel gesünder als konventionell produzierte? Unterschiedlicher Gehalt an Inhaltsstoffen mit ungeklärter Relevanz.* Neue Zürcher Zeitung. 7. Mai 2008.
- BfS (2009): *Konsum von Bioprodukten.* Bundesamt für Statistik. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/06/ind13.indicator.130303.1371.html>. 28.8.2009
- Bioland (2009): *Bioland begrüßt Einführung eines einheitlichen Logos „Ohne Gentechnik“.* Pressemitteilung vom 10.8.2009. <http://www.bioland.de/presse/pressemitteilung/article/480.html>. 25.8.2009
- Bisig, W. / Collomb, M. / Bütikofer, U. / Sieber, R. / Bregy, M. / Etter, L. (2008): *Saisonale Fettsäurezusammensetzung von Schweizer Bergmilch.* AGRARForschung 15 (1): 38-43.
- Blaicher, G. / Klimitsch, A. (2005): *Fermentative Futterbehandlung mit probiotischen Keimen.* Diplomarbeit an der Höheren Bundeslehr- und Versuchsanstalt für chemische Industrie. Wien.
- BLE (2009): *Nationales Fachprogramm pflanzengenetische Ressourcen.* Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. http://www.ble.de/nn_454424/DE/05_Programme/02_BiologischeVielfalt/02_Pflanzen/NatFachprogrammPflanzen_node.html?__nnn=true. 11.9.2009.
- Bleeker, W. (2005): *Hybridisierung im Focus moderner Biodiversitätsforschung.* Universität Osnabrück. <http://www.biologie.uni-osnabrueck.de/SpezielleBotanik/botany/data/PraxisNaturwissenschaften2005.pdf>. 1.9. 2009
- BMGFJ (2007): *Transgene Tiere. Status-quo bezüglich Risikoabschätzung und Stand der Forschung.* Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend. Wien.
- Böhler, G. (2003): *Trends der Lebensmittel-Technik an der «Anuga FoodTec».* Lebensmittel-Industrie Nr. 5/6. S. 16.
- Bosshart, D. / Hauser, M. (2008): *European Food Trends Report – Perspektiven für Industrie, Handel und Gastronomie.* GDI Studie Nr. 29. Rüslikon / Zürich.
- Brügge, M. (2009): *Fernweh im Supermarkt-Regal. Die neuen Geschmacksrichtungen bei Lebensmitteln werden immer exotischer.* Brigitte 19/2009.
- BVET (2009): *Gesetzgebung für die Lebensmittelsicherheit.* Bundesamt für Veterinärwesen. <http://www.bvet.admin.ch/dokumentation/01013/01015/index.html?lang=de>. 17.9.2009.
- BVET (2009a): *Produktion und Verarbeitung.* Bundesamt für Veterinärwesen. <http://www.bvet.admin.ch/themen/lebensmittel/00330/index.html?lang=de>. 17.9.2009.
- Camenzind, S. (2009): *Klonen: Forschungsstand, tierethische und rechtliche Aspekte.* Gutachten zuhanden der EKAH. Entwurf vom August 2009.

- Cash (2009): *Lebensmittelpreise dürften laut Spar-Chef unter Druck kommen*. Mitteilung vom 24. Mai 2009. <http://www.cash.ch/news/story/pdf/800357>. 28.8.2009
- Cebollero, E. / Gonzales, R. (2007): *Autophagy: From basic research to its application in food biotechnology*. *Biotechnology Advances* 25. S.396-409.
- Chan, S. (2009): *Should we enhance animals?* *J Med Ethics* 35. S. 678-683.
- Chawla, H.S. (2009): *Introduction to Plant Biotechnology*. Science Publishers. Enfield.
- Coenen, Ch. (2008). *Schwerpunkt: Den Menschen »weiser und geschickter« machen? – Schöne neue Leistungssteigerungsgesellschaft? TAB Brief Nr. 33, S. 21-27.*
- Curia Vista (1999): *Importverbot für Produkte von mit Wachstumshormonen behandelten Tieren*. 99.3107-Interpellation. Eingereicht von Josef Lötscher.
- DEBInet (2009): *Ernährung im Alter*. Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz. <http://www.ernaehrung.de/tipps/alter/>. 27.8.2009.
- DEMOS (2003): *Alternde Gesellschaft – verjüngte Senioren. Über die doppelte Dynamik des Alterns*. Zitate zum Thema demografischer Wandel. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/dienstleistungen/forumschule/them/02/01.parsys.0012.downloadList.00121.DownloadFile.tmp/zitatezumthemademografischerwandel.pdf>. 27.8.2009.
- Deretic, V. / Klionsky, D.J. (2008): *Reinmachen in der Zelle*. *Spektrum der Wissenschaft*. Dezember 2008. S. 58-68.
- Deutsche Welle (2009): *Klonfleisch auf dem Weg auf Europas Teller*. Meldung vom 22.6.2009. <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,4415916,00.html>. 10.8.2009.
- De Vrese, M. / Schrezenmeir, J. (2008): *Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics*, in Stahl, U. / Donalies, U.E.B., Nevoigt, E.: *Food Biotechnology. Advances in Biochemical Engineering / Biotechnology*. Springer-Verlag. Berlin / Heidelberg.
- EC (2009): *Community register of genetically modified food and feed*. Europäische Kommission. http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm. 2.9.2009.
- EC (2009a): *Rules on GMOs in the EU*. Europäische Kommission. http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/gmo_intro_en.htm. 2.9.2009.
- Edelman, P.D. / McFarland, D.C. / Mironov, V.A. / Matheny, J.G. (2005): *In Vitro Cultured Meat Production*. Commentary, *Tissue Engineering*, Volume 11, Number 5/6.
- Edelman, P.D. (2003): *In vitro meat production*. Projektarbeit. Universität Wageningen.
- Eichholzer, M. / Camenzind-Frey, E. / Matzke, A. / Amadò, R. / Ballmer, P.F. (eds.) (2005): *Fünfter Schweizerischer Ernährungsbericht*. Bundesamt für Gesundheit. Bern.

- Ethikkommission (2009): *Interspezies-Mischwesen: Aspekte des Tierschutzes*. Ethikkommission für Tierversuche der Schweizerischen Akademie für Medizinische Wissenschaften SAMW und der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz SCNAT. Bern.
- Etscheid, G. (2009): *Lebensmittel mit Beipackzettel*. Süddeutsche Zeitung Nr. 192 S. 20.
- EU (2009): *Neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten*. http://europa.eu/legislation_summaries/consumers/consumer_safety/l21119_de.htm. 14.9.2009
- FDA (2009): *Animal Cloning*. Update vom 10.7.2009. <http://www.fda.gov/AnimalVeterinary/SafetyHealth/AnimalCloning/default.htm>. 10.8.2009
- Fiedeler, U. / Simkó, M. / Gzásó, A. / Nentwich, M. (2008): *Zur Definition der Nanotechnologie*. Nanotrustedossier 1. Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Wien.
- Forschungsanstalt Geisenheim (o.J.): *Gewebekultur als biotechnisches Verfahren in der Pflanzenvermehrung und Pflanzenzüchtung*. http://www.gruene-biotechnologie.de/downloads/Gewebekultur_144DPI.pdf. 1.9.2009.
- Gedrich, K. / Karg, G. / Oltersdorf, U. (2005): *Functional Food – Forschung, Entwicklung und Verbraucherakzeptanz*. Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel. Band 1. Karlsruhe.
- Geldermann, H. (2005): *Tier-Biotechnologie*. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- GfK (2009): *Bio-Produkte leicht rückgängig*. Ergebnisse der GfK-Studie zum Konsum von biologisch produzierten Lebensmitteln in Deutschland. GfK Gruppe. Pressemitteilung vom 7. August 2009. http://www.gfk.com/group/press_information/press_releases/004460/index.de.html. 28.8.2009
- Gilbert, N. (2009): *Europe prepares for drugs from GM plants*. Nature Vol. 460. 13. August 2009. S. 791.
- Guevara-González, R.G., Torres-Pacheco, I. (Eds.) (2006): *Advances in Agricultural and Food Biotechnology*. Research Signpost. Kerala.
- Havkin-Frenkel, D., Belanger, F.C. (2008): *Biotechnology in Flavor Production*. Blackwell Publishing. Oxford.
- Heller, K.J. (ed.) (2006): *Genetically Engineered Food. Methods and Detection*. 2nd revised and enlarged Edition. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim.
- Internationale Bodenseekonferenz, Europäische Gemeinschaft, Schweizerische Eidgenossenschaft, Interreg IIIA (o.J.): *Antibiotika und Medikamente in der Tierhaltung*. Gemeinsam für Boden und See.

- IRGC (2009): *Appropriate Risk Governance Strategies for Nanotechnology Applications in Food and Cosmetics*. Policy Brief. International Risk Governance Council. Genf.
- ITAS (2008): *Grundlagen des Gentechnikrechts*. Basisinformation Nr. 11. Diskursprojekt "Szenario Workshops: Zukünfte der Grünen Gentechnik". Diskursprojekt des Forschungszentrum Karlsruhe und der berlin-brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.
- JKI (2008): *Workshop Nanotechnologie in der Landwirtschaft – Chancen und Risiken*. Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. Kleinmachnow.
- Jones, P.J. / Jew, S. (2007): *Functional food development: concept to reality*. Trends in Food Science & Technology 18 (2007). S. 387-390.
- Kantonales Laboratorium Basel-Stadt (2006): *US-Rindfleisch / Rückstände von Hormonen*. <http://www.kantonslabor-bs.ch/files/berichte/USBeefHormone05.pdf>. Bericht vom 26.8.2009.
- Kast, B. (2008): *Die Chimäre in uns*. Der Tagesspiegel. 26.5.2008.
- Klade, M. / Kellner, J. (2007): *Grundlagenstudie zu Fleischersatzprodukten*. Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur an der Universität Klagenfurt.
- Kleerebezem, M. (2006): *Molecular advances and novel directions in food biotechnology innovation*. Current Opinion in Biotechnology 17. S. 179-182.
- Kole, Ch. / Hall, T.C. (2008): *Transgenic Tropical and Subtropical Fruits and Nuts*. Compendium of Transgenic Crop Plants. Blackwell Publishing Ltd. Chichester.
- Kunz, M. (2007): *Schweizer Fisch aus ökologischer Zucht*. Präsentation. Informationstag Aquaponic. Hochschule Wädenswil.
- Kunz, B. (2006): *Lebensmittelbiotechnologie*. B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG. Hamburg.
- Lahrtz, S. (2008): *Fleisch aus dem Labor statt von der Weide*. Neue Zürcher Zeitung Nr. 289. S. B3.
- Leimgruber, W. (2006): *Adieu Zmittag*. NZZ Folio 06/06.
- Menrad, M. / Hüsing, B. / Menrad, K. / Reiß, Th. / Beer-Borst, S. / Zenger, Ch. A. (2000): *Technology Assessment Functional Food*. Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS. Bern.
- Mine, Y. (ed.) (2008): *Egg Bioscience and Biotechnology*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.
- Möller, M. / Eberle, U. / Hermann, A. / Moch, K. / Stratmann, B. (2009): *Nanotechnologie im Bereich der Lebensmittel*. vdf Hochschulverlag AG. Zürich.
- Moore, P.H. / Ming, R. (eds.) (2008): *Genomics of Tropical Plants*. Springer Media. New York.

- Mutch, D.M. / Wahli, W. / Williamson, G. (2005): *Nutrigenomics and nutrigenetics: the emerging faces of nutrition*. The FASEB Journal Vol. 19 October 2005. S. 1602-1616.
- Neumann, K.-H. / Kumar, A. / Jafargoli, I. (2009): *Plant Cell and Tissue Culture – A Tool in Biotechnology*. Springer-Verlag. Berlin / Heidelberg.
- Niemann, B. / Sommerfeld, Ch. / Hembek, A. / Bergmann, Ch. (2007): *Lebensmittel mit Pflanzensterinzusatz in der Wahrnehmung der Verbraucher*. Projektbericht über ein Gemeinschaftsprojekt der Verbraucherzentralen und des Bundesinstitut für Risikobewertung. Berlin.
- NZZ (2009): *Hohe rechtliche Hürden für grüne Gentechnik. Für den Anbau von Gentech-Pflanzen ist eine Gesetzesrevision nötig*. Neue Zürcher Zeitung. 5./6.9.2009.
- NZZ (2005): *Alternde Gesellschaft – verjüngte Senioren. Über die doppelte Dynamik des Alterns*. Zitate zum Thema demografischer Wandel. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/dienstleistungen/forumschule/them/02/01.parsys.0012.downloadList.00121.DownloadFile.tmp/zitatezumthemademografischerwandel.pdf>. 27.8.2009.
- Orsi, A. (2007): *Novel plant based pharmaceuticals and functional foods*. Toxicology. Volume 240, Issue 3, 6 November 2007, Page 149. Proceedings of the Annual Congress of The British Toxicology Society.
- Powell, K. (2007): *Functional foods from biotech — an unappetizing prospect?* Nature Biotechnology. Volume 25. Number 5. S. 525-531.
- Rehbinder, E. / Engelhard, M. / Hagen, K. / Jørgensen, R.B. / Pardo-Avellaneda, R. / Schnieke, A. / Thiele, F. (2009): *Pharming. Promises and risks of biopharmaceuticals derived from genetically modified plants and animals*. Springer-Verlag. Berlin / Heidelberg.
- Research (2008): *Gegen Pilzbefall und Hitzeschock*. Forschungsmagazin des Unternehmens Bayer. Nr. 20.
- Research (2006): *Tabak für die Gesundheit*. Forschungsmagazin des Unternehmens Bayer. Nr. 18.
- Rippe, K.P. / Bachmann, A. / Faisst, K. / Oggier, W. / Pauli-Magnus, Ch. / Probst-Hensch, N. / Völger, M. (2004): *Pharmakogenetik und Pharmakogenomik*. Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung TA SWISS, TA 48/2004. Bern.
- Sauter, A. (2009): *Transgenes Saatgut in Entwicklungsländern – Erfahrungen, Herausforderungen, Perspektiven*. Endbericht zum TA-Projekt »Auswirkungen des Einsatzes transgenen Saatguts auf die wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Strukturen in Entwicklungsländern«. Zusammenfassung
- Sauter, A., Hüsing, B. (2005): *Transgene Pflanzen der 2. und 3. Generation*. Arbeitsbericht Nr. 104. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Berlin..

- Schmid, W. (2007): *Health-Claims - Verordnung (EG) Nr. 1924/2006 Übergangsfristen*. Information vom 23.3.2007. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. http://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/health_claims.htm. 3.9.2009.
- SGE (2009): *Label Inventory*. Schweizerische Gesellschaft für Ernährung. Im Auftrag des Bundesamts für Gesundheit. Bern.
- Shetty, K. / Paliyath, G. / Pometto, A.L. / Levin, R.E. (Eds.) (2007): *Functional Food and Biotechnology*. CRC Taylor & Francis. Boca Raton.
- Sigrist, S. (2007): *Megatrends in Wirtschaft und Gesellschaft*. Präsentation für B'VM München.
- Sleator, R.D. / Hill, C. (2007): *Improving probiotic function using a pathobiotechnology approach*. Gene Therapy and Molecular Biology Vol 11. S. 269-274.
- Sommaruga, S. (2007): *Warum ist die Schweiz so teuer?* Vortrag an der Fachhochschule Nordwestschweiz, Windisch bei Brugg. 22. Januar 2007.
- Stahl, U. / Donalies, U.E.B./Nevoigt, E. (Eds.) (2008): *Food Biotechnology*. Springer. Berlin.
- Stewart jr., C.N. (ed.) (2008): *Plant Biotechnology and Genetics*. John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey.
- Stickney, R.R. (2009): *Aquaculture. An introductory Text*. 2nd Edition. CABI. Wellesford.
- Swissworld (2009): *Bio-Landwirtschaft*. http://www.swissworld.org/de/wirtschaft/landwirtschaft/bio_landwirtschaft/. 28.8.2009.
- Thompson, P.B. (2007): *Food Biotechnology in Ethical Perspective*. 2nd Edition. Springer. Dordrecht.
- Transgen (2009): *Hefe*. <http://www.transgen.de/datenbank/zusatzstoffe/124.hefe.html>. 15.9.2009
- Transgen (2008): *Gentechnisch veränderte Lebensmittel: Kennzeichnung*. Kompakt 2. <http://www.transgen.de/pdf/kompakt/kennzeichnung.pdf>. 3.9.2009
- Transgen (2008a): *Futterpflanzen: Veränderte Zusammensetzung. Höherer Nährwert durch Aminosäureanreicherung*. <http://www.transgen.de/pflanzenforschung/produkteigenschaften/172.doku.html>. 18.9.2009
- Transgen (2005): *Vielfalt durch Starterkulturen*. <http://www.transgen.de/lebensmittel/mikroorganismen/593.doku.html>. 15.9.2009
- Twine, R. (2007): *Thinking across species – a critical bioethics approach to enhancement*. Theor Med Bioeth 28. S. 509-523.
- Von Sengbusch, P. (2003): *Protoplasten*. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d29/29c.htm>. 10.9.2009.

Weiss, J. / Takhistov, P. / McClements, J. (2006): *Functional Materials in Food Nanotechnology*. Journal of Food Science. Vol. 71, Nr. 9, 2006. S. R107-R116.