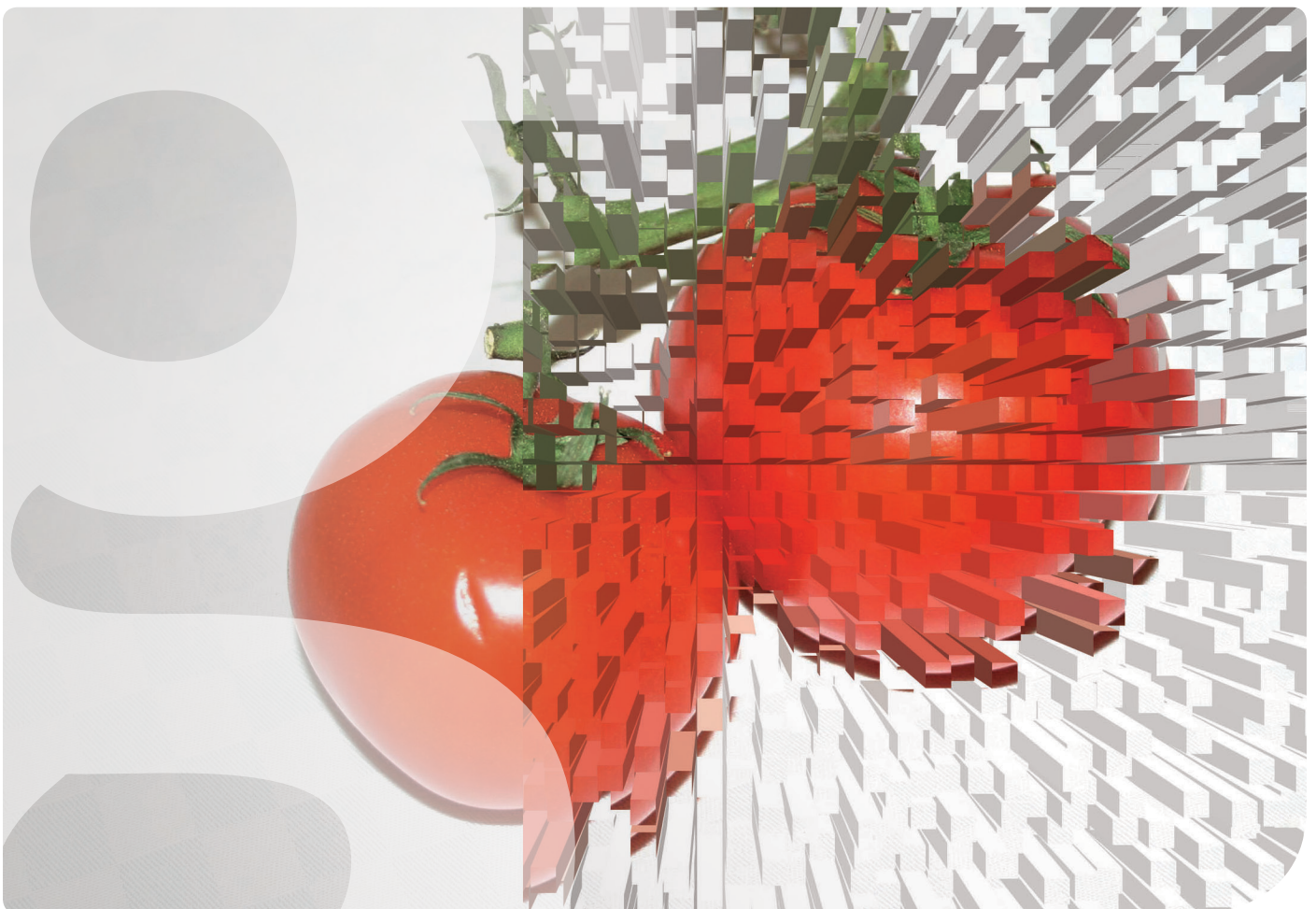




BUNDESMINISTERIUM  
FÜR GESUNDHEIT

# Neue und neuartige Rohstoffe und Lebensmittel

Teil 3 aus „Neue Verfahren und Techniken bei der  
Lebensmittelherstellung und Lebensmittelversorgung“



## Impressum

**Herausgeber, Medieninhaber und Hersteller:**

Bundesministerium für Gesundheit, Sektion II  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

**Autorinnen und Autoren:**

Ao. Univ.-Prof. DI Dr. Emmerich Berghofer  
Ass. Prof. Univ. Doz. Dr. Mag. Regine Schönlechner  
DI Julia Schmidt

**Für den Inhalt verantwortlich:**

Ao. Univ.-Prof. DI Dr. Emmerich Berghofer

**Cover-Foto:**

Magdalena Amann; Idee: Madeleine Gromann und Magdalena Amann

**Druck:**

Kopierstelle des BMG, Radetzkystraße 2, 1031 Wien

**Internet:**

Dieser Auszug Teil 3 sowie die gesamte Studie stehen als Download auf der Website des BMG unter [www.bmg.gv.at](http://www.bmg.gv.at) zur Verfügung.

**Erscheinungstermin:**

Studie: Juli 2015 / Auszug Teil 3: April 2016

# Inhaltsverzeichnis

1. Funktionelle Lebensmittel ( <i>functional food</i> ) bzw. Lebensmittel mit gesundheitsbezogenen Aussagen ( <i>health claims</i> ).....	4
1.1. Funktionelle Lebensmittel beziehungsweise funktionelle Ernährung durch Epigenetik .....	6
2. Neue Rohstoffe und Zutaten .....	9
2.1. Einleitung.....	9
2.1.1. Mögliche Gründe für das Interesse an neuen Rohstoffen .....	9
2.2. Wiedernutzung alter (einheimischer oder eingeführter) Rohstoffe .....	13
2.2.1. Getreidesektor.....	13
2.2.1.1. Gefärbte Getreidearten.....	15
2.2.1.2. Weitere Getreideraritäten.....	20
2.2.1.3. Pseudogetreide – Amaranth, Quinoa und Buchweizen .....	22
2.2.1.4. Verwendung von Getreideraritäten in den Ländern des Nordens für die Ernährung .....	26
2.2.1.5. Schlussfolgerungen.....	31
2.2.2. Ölsaaten und Leguminosen .....	31
2.2.2.1. Chia.....	34
2.2.2.2. Lupinen und Tarwi.....	35
2.2.2.3. Sacha Inchi.....	36
2.2.2.4. Schlussfolgerungen.....	38
2.2.3. "Superfrüchte" .....	38
2.2.3.1. Acerolakirschen .....	38
2.2.3.2. Goji-Beeren.....	39
2.2.3.3. Açaí-Beeren .....	39
2.2.3.4. Noni .....	40
2.2.3.5. Schlussfolgerungen.....	40
2.3. Neue, nichttraditionelle Rohstoffe (Novel Food) .....	41
2.3.1. Insekten .....	41
2.3.1.1. Chemische Zusammensetzung von Insekten .....	42
2.3.1.2. Pharmakologische Wirkungen von Insekten .....	43
2.3.1.3. Umweltauswirkungen von Entomophagie (Insektenverzehr).....	44
2.3.1.4. Zukünftige Herausforderung für den Verzehr und die Verarbeitung von Insekten .....	45
2.3.1.5. Schlussfolgerungen.....	48
2.3.2. Algen als Nahrungsmittel .....	49
2.3.2.1. Chemische Zusammensetzung von Makroalgen .....	50
2.3.2.2. Chemische Zusammensetzung der Mikroalgen .....	52
2.3.2.3. Verwendung von Algen in der menschlichen Ernährung .....	52
2.3.2.4. Risiken für die Nutzung von Algen als Nahrungsmittel .....	53

2.3.2.5. Ökologische Aspekte der Algenproduktion .....	54
2.3.2.6. Schlussfolgerungen.....	54
2.4. Gesamtresümee und Ausblick .....	55
3. Gesamtverwertung und Fraktionierung von Rohstoffen .....	57
3.1. Prinzipielle Trenn- und Fraktionierungsmethoden .....	58
3.2. Gründe für die Fraktionierung von Rohstoffen .....	58
3.2.1. Produktion einer breiten Palette von maßgeschneiderten, techno-funktionellen Zutaten und Ingredienzen.....	58
3.2.1.1. Beispiel 1 - Weizen: .....	59
3.2.1.2. Beispiel 2 - Soja.....	59
3.2.1.3. Beispiel 3 - Milch .....	59
3.2.2. Ernährungsphysiologischer (Zusatz-)Nutzen .....	59
3.2.2.1. Ernährungsphysiologische Zusatznutzen am Beispiel von Weizen .....	59
3.2.3. Reststoffverwertung.....	60
3.3. Beispiele für häufig verwendete Rohstofffraktionen .....	60
3.4. Konsequenzen der zunehmenden Fraktionierung von Rohstoffen .....	62
3.4.1. Problematik: Technologische Wirkung? – Ernährungs-physiologische Wirkung? .....	62
3.4.2. Rechtliche Einordnung von Reststofffraktionen .....	63
3.4.3. Problem: Reststoffe aus der Reststoffverwertung.....	63
3.5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	63
4. Gentechnisch veränderte Rohstoffe und Lebensmittel .....	65
4.1. Stand der Technik .....	65
4.1.1. Agrarbereich .....	65
4.1.2. Mikroorganismen .....	67
4.2. Mögliche, zukünftige Entwicklungen im Bereich der Gentechnik.....	68
4.2.1. Modifikation der Produktqualität.....	68
4.2.2. Neue Züchtungsmethoden .....	68
4.2.3. Gensynthese .....	70
4.3. Rechtliche Aspekte .....	70
4.4. Nutzen und Risiken .....	70
4.5. Informationsstand, Wahrnehmung und Akzeptanz seitens der Verbraucherinnen und Verbraucher	71
5. Biofortifikation (biofortification) .....	73
5.1. Biofortifikation durch klassische Züchtungsmethoden .....	73
5.2. Biofortifikation durch transgene Pflanzen .....	73
6. Nutzung von pflanzlichen und tierischen Zellkulturen.....	75
6.1. Pflanzliche Zellkulturen .....	75
6.2. Tierische Zellkulturen – <i>in vitro</i> -Fleisch .....	76
7. Indoor-Pflanzenanbau mit LED-Beleuchtung .....	79

8. Klonen.....	82
8.1. Nutzen .....	82
8.2. Zukünftige rechtliche Regelungen.....	83
8.3. Risiken.....	83
8.4. Informationsstand und Akzeptanz der Konsumentinnen und Konsumenten.....	84
9. Literatur .....	85

# 1. Funktionelle Lebensmittel (*functional food*) bzw. Lebensmittel mit gesundheitsbezogenen Aussagen (*health claims*)

Die **primäre Funktion** (Nährwert) von Lebensmitteln ist es, uns mit Nahrungsenergie und den notwendigen Makro- und Mikronährstoffen zu versorgen. Lebensmittel müssen auch schmackhaft sein, sonst werden sie nicht verzehrt, mögen sie noch so hochwertig sein (⇒ **sekundäre Funktion** – sensorischer Wert). Die Erkenntnis, dass unsere Lebensmittel mehr können (müssen), als uns nur mit Energie und Makro- und Mikronährstoffen zu versorgen, ist der Menschheit seit Jahrtausenden bekannt. Sie tragen nämlich auch zu unserem Wohlbefinden bei und können den Gesundheitsstatus beeinflussen und Erkrankungen vorbeugen (⇒ **tertiäre Funktion** - Gesundheitswert).

Lebensmittel, welche diese Funktion in besonderem Ausmaß oder in spezieller Weise erfüllen, werden als "Funktionelle Lebensmittel" (*functional food*) bezeichnet. In den asiatischen Kulturkreisen war das Bewusstsein dieser dritten Funktion immer schon gut verankert, aber auch in unserem Kulturkreis nicht unbekannt, wie die Aussage des altgriechischen Arztes Hippokrates (um 460 bis 370 v. Chr.) beweist: „*Eure Nahrung soll eure Medizin sein und eure Medizin eure Nahrung.*“

In den 80er-Jahren des vorigen Jahrhunderts begannen dann Forscher in Japan sich mit dem Gesundheitsnutzen von Lebensmitteln wieder intensiv auseinanderzusetzen. Es wurde das sogenannte FOSHU-Konzept (FOSHU = *foods for specified health use*) etabliert, welches 1991 durch die japanische Gesetzgebung fixiert wurde. Lebensmittelhersteller, welche ihre Lebensmittel mit einem speziellen FOSHU-Siegel ausloben wollen, müssen sich einem entsprechenden Zulassungsverfahren unterziehen (Shimizu, 2003). Im Jahr 2002 waren in Japan bereits 293 Lebensmittel in diesem Bereich zugelassen (Shimizu, 2002).

Aufbauend auf die japanischen Erfolge begannen Forscher und Hersteller auch in anderen Ländern sich mit diesem Konzept zu beschäftigen. In einigen Ländern wurden gleichfalls mehr oder weniger spezifische Regelungen für diese neue Lebensmittelkategorie getroffen, wie z.B. in China, USA, Canada, Australien und Neuseeland (Shimizu, 2003; Tee, 2002; Corbo et al., 2014). In der EU wurde ursprünglich ebenfalls begonnen, sich mit dem japanischen Konzept von funktionellen Lebensmitteln zu befassen. Auf Initiative der EU-Kommission wurde die FUFOSE-Arbeitsgruppe etabliert (FUFOSE = *Functional Food Science in Europe*), die in einem *Consensus Document* folgende, vorläufige Definition von Funktionellen Lebensmitteln erstellte (Diplock et al, 1999):

*Ein Lebensmittel kann als „funktionell“ angesehen werden, wenn es über adäquate ernährungsphysiologische Effekte hinaus einen nachweisbaren, positiven Effekt auf eine oder mehrere Zielfunktionen im Körper ausübt, so dass ein verbesserter Gesundheitsstatus oder ein gesteigertes Wohlbefinden und/oder eine Reduktion von Krankheitsrisiken erzielt wird.*

In weiterer Folge hat aber die EU einen eigenen, völlig anderen Weg beschritten. Es wurde auf die Definition des Begriffes „Funktionelle Lebensmittel“ verzichtet und stattdessen im Dezember 2006 das Konzept der nährwert- und gesundheitsbezogenen Angaben über Lebensmittel eingeführt [VERORDNUNG (EG) Nr. 1924/2006].

Diese im allgemeinen Sprachgebrauch als "Health Claims"-Verordnung [*Regulation on nutrition and health claims made on foods*] bezeichnete Regelung legt zwei Kategorien von Lebensmitteln mit gesundheitsbezogenen Angaben (⇒ *health claims*) fest:

**Artikel 2:**

5. **„gesundheitsbezogene Angabe“** jede Angabe, mit der erklärt, suggeriert oder auch nur mittelbar zum Ausdruck gebracht wird, dass ein Zusammenhang zwischen einer Lebensmittelkategorie, einem Lebensmittel oder einem seiner Bestandteile einerseits und der Gesundheit andererseits besteht;

6. **„Angabe über die Reduzierung eines Krankheitsrisikos“** jede Angabe, mit der erklärt, suggeriert oder auch nur mittelbar zum Ausdruck gebracht wird, dass der Verzehr einer Lebensmittelkategorie, eines Lebensmittels oder eines Lebensmittelbestandteils einen Risikofaktor für die Entwicklung einer Krankheit beim Menschen deutlich senkt.

Gesundheitsbezogene Angaben, die auf allgemein akzeptierten, wissenschaftlichen Beweisen fundieren, fallen unter den Artikel 13.1, während solche, die auf neuen wissenschaftlichen Nachweisen beruhen, und/oder für die der Antragsteller Schutzrechte beansprucht, unter Artikel 13.5 eingeordnet werden. Angaben, die eine Verringerung eines Krankheitsrisikos oder die Entwicklung und Gesundheit von Kindern betreffen, fallen unter Artikel 14.

Ansprüche nach Artikel 13.1 betreffen Beziehungen zwischen Ernährung und Gesundheit und sind ausführlich in der wissenschaftlichen Literatur dokumentiert und es herrscht ein allgemeiner Konsens darüber in der wissenschaftlichen Gemeinschaft. In der Zwischenzeit sind die Bewerbungs- und Genehmigungsverfahren nach Artikel 13.1 abgeschlossen. Zukünftige Claims müssen nach den Artikeln 13.5 und 14 beantragt werden.

Auf der Homepage der EU (EU Register of nutrition and health claims made on foods; <http://ec.europa.eu/nuhclaims/>) findet sich einerseits die geschlossene Liste mit den 31 allgemein erlaubten, nährwertbezogenen Angaben und andererseits auch eine Aufstellung über beantragte, zugelassene und abgelehnte gesundheitsbezogene Angaben. Die letztere Aufstellung umfasst derzeit 830 (!) Seiten. Bis Seite 96 werden die erlaubten Anträge angeführt. Auf 736 Seiten werden die abgelehnten Anträge beschrieben, welche also weit mehr ausmachen.

Um eine gesundheitsbezogene Angabe zuzulassen, bedarf es eines entsprechenden Antrages. Die Formalitäten dafür werden in einer eigenen Verordnung geregelt [VERORDNUNG (EG) Nr. 353/2008]. Jedenfalls muss der Antrag ein umfassendes Dossier zur wissenschaftlich fundierten Beweisführung, einen Vorschlag für den Wortlaut des Anspruches und die spezifischen Bedingungen für seine Verwendung enthalten. Nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben sind nur zulässig, wenn sie wissenschaftlich begründet sind und erwartet werden kann, dass der durchschnittliche Verbraucher die positive Wirkung des eingereichten Anspruches versteht. Der durchschnittliche Verbraucher wird definiert als einer, der einigermaßen gut informiert, aufmerksam und umsichtig ist, unter Berücksichtigung sozialer, kultureller und sprachlicher Faktoren (Richardson & Eggersdorfer, 2015)

Die Zulassung einer gesundheitsbezogenen Angabe ist für einen Einreicher ziemlich aufwändig und kostspielig. Laut Corbo et al. (2014) beträgt der Aufwand 4,51-7,65 Millionen, wobei hier die Kosten für klinische Tests und andere Kosten, um eine wissenschaftlich gesicherten Beweis liefern zu können, gar noch nicht eingerechnet sind. Das wird zukünftig dazu führen, dass sich nur potente Firmen oder Konzerne einen solchen Antrag leisten und durchfechten können.

Der Weltmarkt für Funktionelle Lebensmittel (Lebensmittel mit spezifischen Health Claims, Energy Drinks nicht inkludiert) betrug im Jahr 2013 beachtliche 43,27 Milliarden Dollar. Das war eine wertmäßige Steigerung um 26,7 % seit 2009. Seitdem ist der Zuwachs etwas langsamer, bedingt durch die Weltwirtschaftskrise und die strengere Regelung in der EU (Leatherhead Food Research, 2014). Aufgrund des hohen Marktpotentials ist es verständlich, dass auch kleine Hersteller (KMU's) daran teilhaben wollen. Da es, wie oben schon erwähnt, für KMU's schwierig ist, eigene Claims zu erhalten, können sie nur allgemein erlaubte, nährwertbezogene Aussagen verwenden,



die aber kein Alleinstellungsmerkmal und keine Abgrenzung zu den Mitbewerbern ergeben. Die Suche nach Alternativ- oder Ausweichmöglichkeiten wird aus diesen Gründen in Zukunft verstärkt auftreten.

Gruenwald (2015) berichtet, dass es aufgrund der seiner Meinung nach sehr strengen Regelung der „Health Claims“-VO für viele Hersteller attraktiv ist, auf „Lebensmittel für besondere medizinische Zwecke auszuweichen“. Diese Lebensmittelkategorie (*FSMP – foods for medical purposes*) ist eine Unterkategorie der „Lebensmittel, die für eine besondere Ernährung bestimmt sind.“ (*PARNUTS – foods intended for particular nutritional uses*). Sie wurden in der VERORDNUNG (EU) Nr. 609/2013 erst kürzlich neu geregelt. Sie ermöglicht die Auslobung starker Ansprüche, ohne die Beschränkungen der „Health Claims“-VO. Ein FSMP muss sich zwar signifikant von einem normalen Lebensmittel bezüglich des Herstellungsverfahrens oder der Zusammensetzung unterscheiden, es kann aber über den dafür vorgesehenen Konsumentenkreis auch anderen Konsumenten zum Kauf freistehen. Da die gegenwärtige Regelung nicht völlig klar ist, plant die EU-Kommission bis Juli 2015 eine Präzisierung (Gruenwald, 2015).

Schönheitsbezogene Aussagen (*beauty claims*) wurden von der EFSA und der EU-Kommission offiziell als *Health Claims* abgelehnt (Frohnwieser & Verbeek, 2013; Normand, 2014). Eine genaue Definition oder Regelung für diese Art von Aussagen ist noch offen.

Eine weitere Alternative für die Hersteller ist das Ausweichen auf sensorische Aussagen. Als nächster Boom könnten deshalb vermehrt sogenannte **sensorische Auslobungen (*sensory claims*)** bevor stehen (Dawson & Stones, 2014). Es liegt es in der Natur der Sache mit dem Geschmack eines Lebensmittel zu werben, das Problem wird sein, den Wahrheitsgehalt sensorischer Aussagen zu belegen bzw. zu beweisen (z.B. fruchtiger Geschmack; cremiger Genuss; schmeckt, wie frisch gekocht). Vor allem die beiden Wörter „frisch“ und „natürlich“ kommen immer häufiger in allen möglichen Variationen und Kombinationen auf Lebensmitteletiketten vor, obwohl der Conveniencegrad unserer Lebensmittel generell ansteigt, also immer weiter vom Ausgangszustand entfernt ist. Unter Umständen kommen auf den Gesetzgeber hier weitere schwierige Aufgaben zu.

## 1.1. Funktionelle Lebensmittel beziehungsweise funktionelle Ernährung durch Epigenetik

In der EU wird mit der *Health Claims*-Regelung versucht eine eher sehr restriktive Abgrenzung zwischen Lebensmitteln und Medikamenten vorzunehmen. Es ist klar, dass Medikamente Krankheiten heilen und Krankheiten vorbeugen können, Lebensmittel aber nur den Gesundheitsstatus aufrechterhalten und damit ebenfalls Krankheiten vorbeugen können. Sie können aber keine Krankheiten heilen. Trotz der derzeit sehr strengen EU-Regelung werden weltweit in Zukunft die Grenzen zwischen Lebensmitteln und Medikamenten, zwischen Supermarkt und Apotheke verschwimmen.

Große Konzerne forschen sehr intensiv auf diesem zukunftssträchtigen Gebiet, wie beispielsweise der weltweit größte Lebensmittelkonzern Nestlé. Im Jahr 2011 gründete Nestlé eine neue Tochter, die Nestlé Health Science AG, in der alle Aktivitäten auf diesem Gebiet gebündelt werden. In den kommenden zehn Jahren sollen hunderte Millionen Schweizer Franken in den Aufbau eines Forschungszentrums für Gesundheitsernährung gesteckt werden (Die Presse, 2010). Nestlé teilte auch mit, dass ab 2014 18,31 Millionen Euro in den nächsten sechs Jahren in eine internationale Forschungsgesellschaft im Bereich der Epigenetik investiert werden (NESTLÉ, 2014 a).



Ausgelöst wurde dieser neue Boom durch die großen Fortschritte im Bereich der Biotechnologie und Genetik in den letzten Jahren. Es wurde erkannt, dass unsere Umwelt, zu der auch die Ernährung zählt, mit unserem Genom ( $\Rightarrow$  Erbgut beziehungsweise genetische Grundausstattung) interagiert. Noch vor einigen Jahren glaubte man, dass diese beiden Dinge voneinander unabhängig sind. Heute ist bekannt, dass alles was unsere Eltern und Großeltern gegessen haben, wie physisch aktiv sie waren, welchen Chemikalien sie ausgesetzt waren, das Aussehen und die Funktion unseres Körpers beeinflusst haben. Alles was wir selbst essen, kann unseren Körper über das Genom weiter beeinflussen und beispielsweise determinieren, ob wir bestimmte Krankheiten (z.B. Krebs) bekommen oder nicht (Jiménez-Chillarón, 2012; NESTLÉ, 2014 b).

Die junge Wissenschaftsdisziplin **Nutrigenomik** (*nutrigenomics*) bzw. **Nutrigenetik** umfasst Transkriptomik, Proteomik und Metabolomics und untersucht, wie durch Ernährung die Genexpression moduliert wird, also wie unsere individuelle genetische Ausstattung auf Ernährungseinflüsse reagiert (Kussmann & Fay, 2008). Sie versucht heterogene Effekte von Nährstoffen auf Sequenzvariationen im Genom zurückzuführen, und durch Einsatz neuer Untersuchungstechniken die Wirkungen von Nahrungsinhaltsstoffen auf die Expression des gesamten Genoms zu ermitteln. Dadurch werden wichtige Erkenntnisse zur Funktion von Lebensmittelinhaltsstoffen, sowie zur funktionellen Konsequenz einer genetischen Varianz gewonnen. Diese Erkenntnisse werden im Rahmen einer personalisierten Ernährung in Zukunft eine verbesserte Prävention ernährungsbedingter Erkrankungen ergeben.

Solche personalisierten bzw. individualisierten Ernährungsempfehlungen werden auch als „**molekulare Ernährung**“ bezeichnet. Diese umfasst die Aufklärung der physiologischen Wirkungen von Lebensmittelinhaltsstoffen auf den menschlichen Organismus auf molekularer Ebene. Unter anderem betrifft das die molekularbiologischen Grundlagen des Nährstofftransports, Wechselwirkungen zwischen Nährstoffen und Genen, molekulare Mechanismen der physiologischen Wirkung von Nährstoffen, sowie von ernährungsassoziierten Erkrankungen.

Jeder einzelne Mensch könnte durch Einhaltung individualisierter Ernährungsempfehlungen seinen Gesundheitsstatus besser und leichter aufrechterhalten und Krankheitsrisiken minimieren. Lebensmittelproduzenten würde eine solche Entwicklung ermöglichen, auf spezielle Risikogruppen oder sogar auf Individuen abgestimmte funktionelle Lebensmittel herzustellen.

---

## EPIGENETIK

---

Im Jahr 2003 war das Genom des Menschen vollständig entschlüsselt. Ernüchternd und enttäuschend dabei war, dass der Mensch mit etwa 25.000 Genen nicht wesentlich mehr als andere Säugetiere und sogar 6.000 Gene weniger als der Wasserfloh hat (Trageser, 2013). Das weckte Zweifel, ob unsere einzigartigen Fähigkeiten allein auf das Genom zurückzuführen sind. Hier kam nun die Epigenetik ins Spiel. Darunter ist das Studium bzw. die Wissenschaft von biologischen Mechanismen, die Gene aus- und einschalten können, zu verstehen; also ob ein bestimmtes, vorhandenes Gen transkribiert und in sein korrespondierendes Protein umgesetzt (translatiert) wird oder nicht. Die Anheftung von Acetylgruppen an Proteine, welche die DNA verpacken (Histone), verstärken die Transkription, während die Anheftung von Methylgruppen an bestimmte regulatorische Bereiche der DNA diese verringern (Ebert, 2013). Solche epigenetischen Modifikationen können durch Umweltfaktoren also auch durch die Ernährung verursacht werden, dauern lebenslang an und werden an die Nachkommen weitergegeben. Epigenetik heißt also, dass die genetische Aktivität verändert wird, ohne den genetischen Code zu verändern (Dahlhoff et al., 2008). Damit befindet sich eine Stufe oberhalb des Erbguts eine zweite Informationsebene, die darüber entscheidet, wann welche Inhalte aus dem genetischen Handbuch eines Organismus genutzt werden. Das Genom eines Menschen entspricht deshalb als Vergleich der Hardware eines Computers, während das epigenetische Programm – als Software – bestimmt, wann welche Gene zum Einsatz

kommen (Trageser, 2013).

Zwei Beispiele sollen die epigenetischen Wirkungen verdeutlichen. Das erste Beispiel sind die vom Epigenom-Netzwerk (2015 a) angeführten „holländischen Mütter“ zur Zeit des 2. Weltkriegs. Eine Gruppe von schwangeren Frauen in den Niederlanden, die aufgrund eines harten Winters und eines Lebensmittelembargos nahe am Verhungern waren, brachte relativ kleine Kinder zur Welt. Diese Kinder wuchsen dann zwar im verhältnismäßigen Wohlstand auf, aber als sie selbst Kinder bekamen, waren diese ebenfalls unerwartet klein. Die Auswirkung der schlechten Ernährung setzte sich als bis zu den Enkeln fort. Heute ist bekannt, dass dieser beobachtete Effekt auf Veränderungen an den epigenetischen Markierungen an der DNA zurückzuführen war und durch einen Mangel an entscheidenden Molekülen in der Ernährung der Großmütter verursacht wurde (Epigenom-Exzellenznetzwerk, 2015). Das zweite Beispiel beruht auf Tierversuchen mit einem Mausstamm, der anfällig gegenüber Krebs und Diabetes ist. Trächtige Mäuseweibchen wurden mit einem Futter versehen, dem großzügig Nahrungsergänzungsmittel (Folsäure, Vitamin B<sub>12</sub>, Cholin) zugesetzt wurde. Das wirkte sich auf die Nachkommen aus, die schlank und gesund blieben (Hahne, 2012).

Beim Menschen ist der Zusammenhang zwischen einer Überernährung der Mutter und einer Adipositas bei den Kindern gut untersucht. Die Neigung zum Übergewicht basiert auf einer epigenetischen Fehlprogrammierung (Hahne, 2012). Daraus lässt sich der Schluss ziehen, dass sowohl eine Unter- als auch eine Überernährung epigenetische Einflüsse auf die Nachkommen haben.

Das Verhältnis zwischen Epigenetik und Krebserkrankungen ist noch weitgehend unklar. Tumorzellen haben aber im Allgemeinen relativ geringe Werte an DNA-Methylierung. Wie oben angeführt, könnte eine Methylierung wichtige Gene abschalten und so zu Krebserkrankungen beitragen (Epigenom-Exzellenznetzwerk, 2015 b). Nach Schätzungen der WHO könnten 30 % aller Krebserkrankungen durch eine gesunde Ernährung vermieden werden, weil Ernährungsfaktoren fast jeden Schritt bei der Krebsauslösung durch epigenetische Modifikationen beeinflussen (Mahlknecht, 2013).

Dogra et al. (2015) fanden, dass der Erwerb des frühen Darm-Mikrobioms (Zusammensetzung der Bakterienarten im Darm) durch Umweltfaktoren sehr stark beeinflusst wird. Die Zusammensetzung hat aber einen langandauernden Effekt auf die Gesundheit der Kinder. Diese Erkenntnisse könnten in Zukunft bei der Entwicklung von spezifischen Lebensmitteln für Schwangere genutzt werden, berichtet Nestlé (NESTLÉ, 2015).

Mit dem Fortschritt der epigenetischen Forschung werden also in Zukunft funktionelle Lebensmittel entwickelt werden können, die für einen bestimmten Personenkreis optimiert sind. Denkbar ist auch, dass für jedes Individuum aufgrund seines ermittelten genetischen Codes spezifische Ernährungsempfehlungen abgegeben werden können, eine personalisierte Nahrungsauswahl aus dem Angebot im Supermarkt getroffen werden kann, und/oder spezifische Lebensmittel für eine bestimmte Genausstattung erzeugt werden.

Funktionelle Lebensmittel und funktionelle Ernährung werden zukünftig mit Sicherheit einen anderen Stellenwert bekommen, als er derzeit durch das enge Korsett der Health Claims-Regelung vorgegeben wird. Der Weg zur personalisierten Ernährung (⇔ **molekulare Ernährung**) ist zwar vorgezeichnet und es wird auch sicher bald einige Erfolge in diese Richtung geben, aber bis zu einem generellen Durchbruch wird noch einige Zeit vergehen. Die Frage wird auch sein, ob alle Menschen auf diesem Weg mitgenommen werden können, oder ob es einigen wenigen aus den verschiedensten Gründen vorbehalten sein wird.

## 2. Neue Rohstoffe und Zutaten

### 2.1. Einleitung

In letzten Jahren ist innerhalb des Lebensmittelsektors ein vermehrtes Interesse an neuen Rohstoffen oder Zutaten zu vermerken. Dabei handelt es sich in vielen Fällen um die „Wiederentdeckung“ von einheimischen Rohstoffen, die früher in unseren Breiten verwendet wurden (z.B. „alte“ Getreidesorten), oder um „neue“ Rohstoffe, die aus fernen Weltregionen stammen und dort noch regelmäßig genutzt werden oder ebenfalls fast in Vergessenheit geraten sind. Zumindest für Europa handelt es sich um neue Rohstoffe, weil sie bislang hier nicht genutzt wurden.

In diesem Kapitel werden einige wichtige dieser neuen Rohstoffe ausgewählt und näher vorgestellt. Es handelt sich hier aber um keine vollständige Behandlung ALLER neuen Rohstoffe. Eine Gliederung erfolgt in Getreide, Leguminosen und Ölsaaten sowie Früchte. Am detailliertesten wird die Gruppe der Getreidesorten behandelt, weil Getreide die Grundlage der Ernährung in allen Weltregionen darstellt und somit die Konsumentinnen und Konsumenten am meisten betrifft. Leguminosen und Ölsaaten werden gemeinsam behandelt, weil viele Leguminosen auch als Ölsaaten genutzt werden. Zuletzt werden noch einige „Superfrüchte“ ausgewählt und behandelt.

#### 2.1.1. Mögliche Gründe für das Interesse an neuen Rohstoffen

Woher kommt überhaupt das Interesse an diesen neuen/alten Rohstoffen? Dafür sprechen mehrere Gründe.

---

##### Erweiterung der Rohstoffvielfalt

---

Die meisten Nahrungsmittel, die wir heute in den Ländern des Nordens (Europa, Nordamerika) im Handel angeboten bekommen, werden aus immer weniger Rohstoffen hergestellt (siehe Teil 1 – Kap. 1.1.2.2.). Obwohl es eine scheinbar unendliche Vielfalt an Lebensmittelprodukten im Handel gibt, bestehen diese doch fast immer aus den gleichen oder ähnlichen Rohstoffen. Den „gesunden“ Konsumentinnen und Konsumenten fällt diese Einschränkung der landwirtschaftlichen Biodiversität kaum auf; wer aber an einer Allergie oder Intoleranz gegen einen dieser sehr häufig verwendeten Rohstoffe leidet (z.B. Glutenunverträglichkeit und damit Verzicht auf Weizenkonsum; oder Milcheiweißallergie), für den schränkt sich die mögliche Auswahl an Lebensmitteln in einem Supermarkt oft drastisch ein.

Warum gibt es diese Einschränkung auf so wenige Rohstoffe?

Zu den wichtigsten Gründen, die hier zu nennen sind, und für die Länder Europas und Nordamerikas zutrifft, zählen sicher wirtschaftliche Gründe.

- **Wirtschaftliche Gründe – Lebensmittelpreise so niedrig wie möglich**

Die Hersteller sind bemüht, Lebensmittel so billig wie nur möglich zu erzeugen. Der Konsument ist nicht (mehr) bereit, viel Geld für Lebensmittel auszugeben. Obwohl absolut gesehen die Preise für Lebensmittel im Einzelnen oft sehr stark schwanken und insgesamt steigen, so sind sie über die letzten Jahrzehnte real, bezogen auf das Haushaltseinkommen, stetig gesunken, wie Abb. 3.2.1 für

die Preisentwicklung von Nahrungsmittel (bezogen auf die gesamten Konsumausgaben, Beispiel Deutschland) zeigt. Auch in Österreich bewegt sich der durchschnittliche Anteil an Ausgaben für Nahrungsmittel heute bei etwa 12-13 %. Damit spielen die Kosten für Nahrung im privaten Durchschnittshaushalt – anders als im Bewusstsein vieler Konsumenten – keine dominierende Rolle mehr. Doch der Konsument reagiert gerade im Nahrungsmittelsektor sehr empfindlich auf Preis-erhöhungen (Grassmann, 2015).

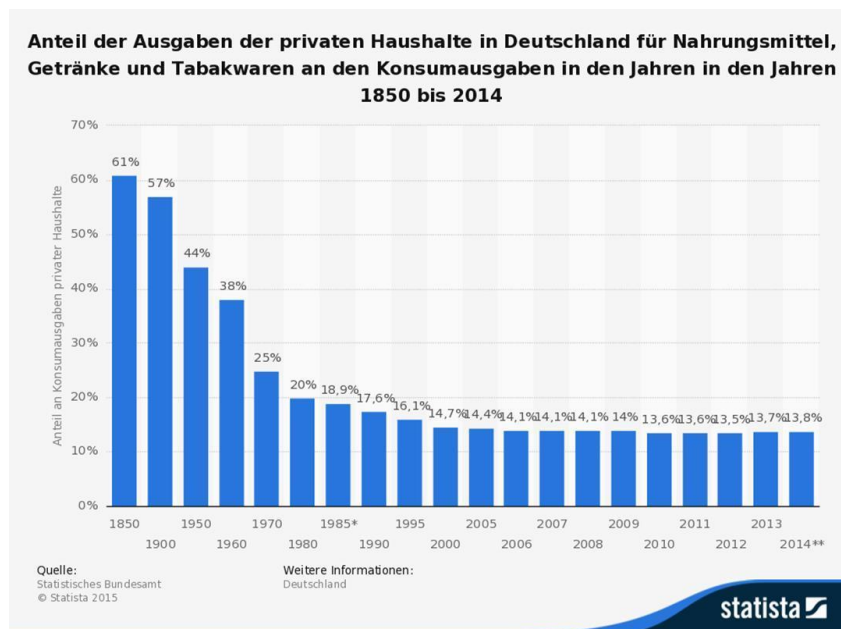


Abb. 3.2.1: Preisentwicklung für Nahrungsmittel bezogen auf die gesamten Konsumausgaben in den letzten 150 Jahren (Beispiel Deutschland) (Statista, 2015)

Die gesamte Lebensmittelkette, beginnend von der Landwirtschaft über die Verarbeitung bis zum Vertrieb, ist damit bestrebt, Lebensmittel so billig wie möglich zu produzieren und anzubieten. Umsatzmaximierung ist oberstes Gebot in der Lebensmittelindustrie. In der Landwirtschaft dominiert damit eine Ertragssteigerung, um so den Preis gering zu halten, in der Verarbeitung wird in großen Anlagen möglichst rationell produziert. Das hat auch zur Folge, dass sich Züchter und Saatgutfirmen nur auf wenige Sorten konzentrieren (können). In der Lebensmittelherstellung erlauben groß angelegte Produktionslinien nur eine geringe Flexibilität. Eine Semmelbackstraße, die beispielsweise 24.000 Semmeln pro Stunde produziert, kann nicht so einfach umgestellt werden, um zwischendurch eine (kleinere Charge an) Vollkornsemmeln aus Dinkel zu backen. Kleinere Firmen, die logistisch in der Lage sind solche Spezialprodukte herzustellen, können aber mit diesem Preisdruck kaum mithalten. Ihr Marktanteil bewegt sich daher in einem viel kleineren Bereich.

Warum ist aber gerade in den Ländern des Nordens der Preisdruck für Lebensmittel so enorm? Warum dürfen hier Lebensmittel aus der Sicht der Konsumentinnen und Konsumenten nichts kosten? In Asien beispielsweise sind die prozentualen Ausgaben für Lebensmittel viel höher als in Europa oder USA [z.B. Thailand 29,17 % der Gesamtausgaben im Jahre 2011, Österreich 10,40 % - 2010, USA 6,69 % - 2011; Daten bezogen von UNdata (Statistisches Bundesamt, 2015)].

Dazu soll ein Blick in die Geschichte gewagt werden.

- **Kulturbedingte/historische Gründe – statt Vielfalt an Rohstoffen, Vielfalt der Verarbeitung?**

Historisch betrachtet, verfügten die Länder in **Europa** - ausgenommen im mediterranen Raum -

eher über eine **begrenzte Auswahl an Nahrungsrohstoffen**. Umweltbedingt gab es in diesen geografischen Breiten viel weniger Obst- und Gemüsesorten als in den Ländern des Südens. Auch im Bereich der Getreidesorten wurden vor allem widerstandsfähigere Sorten wie Gerste, Dinkel, Einkorn oder Emmer angebaut, im Norden vermehrt Roggen. Vor der Einfuhr der Kartoffel aus Südamerika waren stärkereiche Nahrungspflanzen in Europa oft Mangelware.

Zusätzlich verlang(t)en die Klimabedingungen im Norden eine Vorratshaltung über oft lange Winterperioden, in denen frische Nahrungsmittel nicht geerntet werden konnten. Damit war eine Haltbarmachung von Lebensmitteln notwendig. Im Gegensatz dazu können in den tropischen Ländern Nahrungsmittel rund um das Jahr vom Feld geerntet werden.

Resultierend aus diesen Umständen hat sich **in den Ländern des Nordens eine umfassende Verarbeitung von Rohstoffen zu Lebensmitteln** entwickelt. Einerseits um die Haltbarkeit zu verlängern, andererseits aber sicher auch um eine Vielfalt an Mahlzeiten zu gestalten. Aus wenige(re)n Rohstoffen wurden viele verschiedene Gerichte kreiert. Schaut man sich die umfassende Vielfalt an Produkten an, die heute allein aus Weizen erzeugt werden (Brot, Gebäck, Kuchen, Nudeln, Kekse, Mehlspeisen, Knödel, Cracker, Flocken, Bier, Paniermehl, usw.) wird deutlich, dass lebensmitteltechnologisch sehr komplexe (und oft zeitintensive) Verarbeitungsmethoden entwickelt wurden. Die Backtechnologie beinhaltet eine Reihe von komplexen Verarbeitungsschritten und erfordert sehr viel Erfahrung und Wissen.

Vergleicht man dazu die Länder des Südens und speziell der Tropen, bestand hier bzw. besteht die Abwechslung im Speiseplan durch die vielfältige Verfügbarkeit an Rohstoffen zu jeder Jahreszeit. Gerichte, die daraus kreiert werden, entsprechen sehr häufig „Eintopf- oder Einpfannengerichten“. Auch im Andenraum, der oft als das größte Pflanzenzuchtzentrum der Welt bezeichnet wird, haben Eintopfgerichte und Suppen noch heute eine große Bedeutung. Küchentechnisch sind vor allem Kochen, Dämpfen und Braten relevant; in asiatischen Haushalten gibt es üblicherweise keine Backöfen. Die **Kochkunst in Asien besteht in der Komposition der Zutaten** – wie werden die Rohstoffe geschnitten oder sonst zerkleinert (unterschiedliche Schneidetechniken haben eine unterschiedliche Freisetzung der Inhaltsstoffe und Aromen zur Folge); wann wird welcher Rohstoff in welchen Mengen zugeben – es erfordert viel Verständnis für die Zutaten um am Ende ein harmonisches Geschmackserlebnis aus dieser Vielfalt zu schaffen. Technologisch betrachtet kann vereinfacht gesagt werden – während die asiatische Küche „nur“ ein großes Sortiment an Messern benötigt, verlangt die westliche Lebensmittelverarbeitung verschiedene komplexe Küchengeräte oder Verarbeitungsmaschinen.

Aufgrund dieser kultur- und umweltbedingten Faktoren können folgende Hypothesen abgeleitet werden:

- Die Länder des Nordens sind an eine Ernährung aus wenigeren Rohstoffen und weniger Geschmacksvielfalten gewöhnt. **Essen und Mahlzeiten haben dadurch nicht diesen Stellenwert entwickelt** wie in Ländern mit einer hohen Rohstoffvielfalt. Um ein Beispiel innerhalb Europas zu nennen: Italien ist als Weltküche eindeutig bekannter als England. Historisch betrachtet denke man an die vielbeschriebenen Festgelage der Römer im Vergleich zur Schweinsstelze oder Wildschweinbraten der Gallier. Auch heute noch hat Essen und vor allem die Qualität der Rohstoffe in Italien einen sehr hohen Stellenwert. Vielleicht „darf“ (unser tägliches) Essen deswegen nur wenig kosten, es wird als Grundrecht betrachtet und nicht als etwas, das einen hohen Wert besitzt (und daher kostet).
- Neue Rohstoffe werden nach Möglichkeit in die bekannten (verarbeiteten) Lebensmittelprodukte integriert. Das erfordert viel Geschick und gelingt nicht immer – technologisch gesehen, aber auch sensorisch. Wir reagieren empfindlich auf Geschmacksveränderungen der hochverarbeiteten Produkte (aus demselben Rohstoff). Eine Semmel sollte beispielsweise immer gleich

schmecken. Neue Rohstoffe können sich daher besonders dann gut auf dem Markt etablieren, wenn ihre Integration in die bestehende Lebensmittelverarbeitung gut gelingt.

Den Rohstoffhandel hat es zwar historisch schon immer gegeben und Beispiele für erfolgreiche Einführungen von neuen Pflanzen gibt es viele. Im Mittelalter war der Gewürzhandel von Asien nach Europa ein wichtiger Faktor, und nach der Entdeckung Amerikas sind zahlreiche Pflanzen von dort nach Europa und in die ganze Welt verbreitet worden. Wer denkt heute noch daran, dass Paradeiser, Chili, Mais, Gartenbohne, Koriander, Yucca (Cassava) u.v.m. ursprünglich aus Lateinamerika stammen? Die Einfuhr der Kartoffel war für die Ernährungssituation in Europa ein wahrer Segen und wurde wahrscheinlich auch deswegen so erfolgreich aufgenommen. Der Unterschied zu früher ist aber, dass in der heutigen Zeit der Austausch von Lebensmitteln an Umfang und Geschwindigkeit zugenommen hat. Mittlerweile ist heute im Bereich der Nahrungsmittel fast alles überall und jederzeit zu erhalten, und das zu leistbaren Preisen. Die Bevölkerung ist zunehmend an neuen Geschmacks- und Sinneseindrücken interessiert, beziehungsweise aufgrund der steigenden Mobilität sind viele dieser Rohstoffe von Fernreisen bekannt. Da aber die Länder des Nordens sehr verarbeitungsorientiert sind, genügt es in vielen Fällen nicht, diese Rohstoffe in ihrer Grundbeschaffenheit zu konsumieren. Es wird versucht diese Rohstoffe in bestehende, verarbeitete Produkte zu integrieren oder oft auch ganz neue und innovative Produkte zu entwickeln. Eine Integration von neuen Rohstoffen – technologisch und sensorisch – ist aber nicht in dieser neuen globalen Geschwindigkeit möglich und verlangen einen hohen Einsatz aller Beteiligten.

Was auch immer letztendlich die tatsächlichen Gründe für die eingeschränkte Verwendung von Rohstoffen sein mag, sowohl aus Gründen der landwirtschaftlichen Biodiversität als auch aus ernährungsphysiologischen Gründen, ist diese einseitige Verwendung von Rohstoffen nicht wünschenswert. Für Allergiebetreffene schränkt sich die für ihn mögliche Auswahl unter Umständen auf wenige Produkte ein.

---

### Lebensmittelversorgung einer wachsenden Weltbevölkerung

---

Ein weiterer Grund für das Interesse an neuen Rohstoffen liegt vielleicht in der Herausforderung die wachsende Weltbevölkerung ausreichend mit Lebensmitteln zu versorgen. Aufgrund des Bevölkerungsanstieges – im Jahre 2050 werden nach derzeitigen Prognosen etwa 9 Milliarden Menschen die Erde bewohnen – und dem damit einhergehenden wachsenden Nahrungsmittelbedarf werden die derzeitigen Systeme der Lebensmittelproduktion zunehmend hinterfragt. Der weltweite Ernährungstrend orientiert sich immer mehr an westlichen Bräuchen und Werten (Yen, 2009), dabei stößt dieses „westliche Modell“ teilweise schon jetzt an seine Grenzen und ist kaum nachhaltig (van Huis et al., 2013) (siehe Teil 1, Kap.1.1.).

Eine Suche nach alternativen Rohstoffen und die Erforschung deren Einsatzmöglichkeiten sind deshalb sinnvoll. Die Bemühungen beispielsweise Insekten oder Algen in die weltweite Ernährung zu etablieren ist auch in diesem Lichte zu sehen.

---

### Reduktion der Lebensmittelverschwendung

---

In letzter Zeit wurde die Bevölkerung durch Filme und Medien für die Tatsache sensibilisiert, dass (zu) viele Lebensmittel in der derzeitigen Versorgungskette weggeschmissen werden.

Einerseits werden hier viele fertig produzierte Lebensmittel im genusstauglichen Zustand entsorgt, um z.B. im Handel den Konsumentinnen und Konsumenten nur absolut frische Lebensmittel anzubieten. Viele Produkte werden aber auch vom Endnutzer (Einzelkunde oder Gastronomie) weggeschmissen. Im Bereich Brot und Backwaren beispielsweise belaufen sich die nicht consu-



mierten Waren unterschiedlichen Angaben zufolge auf etwa ein Drittel bis zur Hälfte aller hergestellten Produkte.

Andererseits entstehen während der Lebensmittelverarbeitung viele Lebensmittel"abfälle", weil nicht alle Rohstoffbestandteile für die Produktion der Endprodukte verwendet werden. Im Sinne einer nachhaltigen und wirtschaftlichen Arbeitsweise wird heute nicht mehr von Lebensmittelabfällen, sondern von Neben- und Restprodukten der Lebensmittelverarbeitung gesprochen.

In vielen Fällen ist die Abtrennung von Lebensmittelbestandteilen nicht vermeidbar, wie z.B. das Entfernen von Obstschalen, -kernen oder -steinen. In anderen Fällen ist die nur teilweise Nutzung von Rohstoffen zu hinterfragen, wie z.B. bei der Herstellung von weißem Auszugsmehl. Obwohl die abgetrennten Kleiefractionen durchaus wertvoll sein können, wird nur ein Bruchteil dessen, was in der Mühlenindustrie anfällt, in Endprodukten eingesetzt. Auch der Einsatz als Tierfutter kann diese großen Kleiemengen nicht auffangen. So wird ein großer Anteil der Weltgetreideernte letztendlich verbrannt oder deponiert.

Die Nutzung von alternativen Rohstoffen geht oftmals mit einer ganzheitlichen Nutzung einher – so werden beispielsweise die Pseudogetreide fast ausnahmslos als Vollkorn eingesetzt –, dadurch fallen weniger nicht genutzte Fraktionen dieser neuen Rohstoffe an.

Die Untersuchung der Verwendungsmöglichkeiten von Lebensmittelbestandteilen, die aufgrund einer nur teilweisen Nutzung von Rohstoffen entstehen, ist in letzter Zeit vermehrt im Fokus der Forschung. Da diese Lebensmittelbestandteile neben wertvollen Nährstoffen aber oftmals auch antinutritive oder gar toxische Inhaltsstoffe enthalten, unterliegen solche neuartigen Rohstoffe sehr oft der Novel Food Verordnung [VERORDNUNG (EG) Nr. 258/1997].

Bevor sie zugelassen werden, sind umfassende toxikologische Untersuchungen notwendig. Es handelt sich damit um „neue Rohstoffe oder Zutaten“. Die Beschreibung einer Auswahl solcher neuer Lebensmittelzutaten erfolgt in Kapitel 3.

## 2.2. Wiedernutzung alter (einheimischer oder eingeführter) Rohstoffe

### 2.2.1. Getreidesektor

Getreide und Lebensmittel aus Getreide (z.B. Brot, Teigwaren und Backwaren) bilden immer noch die Basis der Ernährung weltweit. Ihre Hauptaufgabe besteht in der Bereitstellung von Nahrungsenergie, weil sie reich an Kohlenhydraten sind, vor allem an Stärke. Auch als Proteinquelle sind sie für viele Regionen der Welt relevant. Daneben enthalten Getreide aber eine Reihe wichtiger Inhaltsstoffe, die gesundheitsfördernde Wirkungen ausüben. Dazu zählen Vitamine, Mineralstoffe, Ballaststoffe und sekundäre Pflanzenstoffe.

Botanisch lassen sich die Getreidesorten wie in Abb. 3.2.2 zusammengefasst einteilen. Die echten Getreidearten sind einkeimblättrige Pflanzen und werden den *Monocotyledoneae* zugeordnet. Demgegenüber stehen die zweikeimblättrigen Pflanzen (*Dicotyledoneae*), denen die meisten der blühenden Pflanzen zugeordnet werden. Etwa 90 % aller Landpflanzen sind zweikeimblättrig. Es gibt eine große Vielfalt an Getreidearten und -sorten und weiteren stärkereichen Samen (botanisch keine Getreidearten, aber wie solche verwendet, z.B. Pseudogetreide), die für die Ernährung



genutzt werden können. Leider schränkt sich aber in den letzten Jahren die Produktion und der Konsum weltweit auf nur drei Getreidearten ein: Weizen, Reis und Mais, die zusammen etwa 86 % der Weltproduktion ausmachen (Abb. 3.2.3). Insbesondere in Europa dominiert die Verwendung von Weizen sehr stark. Alle anderen Getreidearten werden nur in einem kleinen Ausmaß angebaut. Diese Tatsache kann nicht positiv bewertet werden, vor allem, weil es sehr viele Alternativen gibt. Innerhalb der Getreidesorten sind hier beispielsweise zu nennen: Gerste, Hafer, Dinkel, Einkorn, Emmer, Hirse und Sorghum. Auch innerhalb der häufig genutzten Getreidearten gibt es viele bislang noch wenig genutzte Sorten, wie z.B. gefärbte Weizen- und Gerstensorten (z.B. Purpurweizen). Daneben gibt es noch die sogenannten Pseudogetreidearten Amaranth, Quinoa und Buchweizen, die ebenso wie Getreide in der Ernährung verwendet werden können. Viele dieser Sorten werden hauptsächlich in den Ländern ihres Ursprungs angebaut (gefärbte Reisarten in Asien, gefärbte Maisarten in Südamerika, gefärbte Weizenarten vor allem in Äthiopien), sie rücken aber auch bei uns vermehrt ins Forschungsinteresse. Diese genannten alternativen Getreidevarietäten enthalten sehr viele gesundheitsfördernde Nährstoffe, die teilweise höher als im Weizen sind. Im Bereich der Weizensorten, werden diese Hochleistungssorten (Qualitäts- oder Brotweizen) vor allem auf ihren Ertrag und ihre Backeignung (hoher Klebergehalt und -qualität) gezüchtet. Ernährungsphysiologische Eigenschaften wie der Gehalt an Mikronährstoffen oder sekundären Pflanzenstoffen treten in den Hintergrund. Erstrangiges Ziel sind eine hohe Ertragsmenge und eine hohe Volumenausbeute im Brot- und Backwarenbereich. Die Semmel beispielsweise ist per Gewicht definiert. Der Konsument kauft allerdings „mit den Augen“. Ist die Semmel größer, glaubt er mehr zu bekommen, dabei enthält sie unabhängig von seiner Größe immer gleich viel Teig bzw. Mehl und damit gleich viel Nahrungsenergie.

In Österreich werden auf ca. einem Drittel des gesamten Ackerlandes Getreide angebaut (ca. 900.000 ha). Aufgrund der günstigen Wachstumsbedingungen ist Weizen (vor allem Weichweizen) die Hauptkulturart in Österreich, gefolgt von Mais. Weichweizen wird mit durchschnittlichen Erträgen von über 4,2 t/ha kultiviert, was eine jährliche Produktion von durchschnittlich 1,3 Mio. t ergibt. Mais stellt in Österreich nach Weizen die zweitwichtigste Kulturart dar. Jährlich werden derzeit auf rund 300.000 ha Mais angebaut, davon entfallen 220.000 ha auf Körnermais (Ernteprodukt ist das Korn). Die durchschnittlichen Hektarerträge belaufen sich bei Körnermais auf ca. 10 t/ha, was weltweit gesehen, beachtlich ist. Gerste (Sommer- und Wintergerste) wird in Österreich auf einer Fläche von rund 150.000 ha mit einem durchschnittlichen Hektarertrag von 3,4-5,3 t/ha angebaut. Wintergerste dient vor allem als Viehfutter, während Sommergerste vorrangig als Braugerste genutzt wird. Als weitere Getreidesorten werden noch Roggen, Triticale, Hartweizen, Hafer und Dinkel verwendet, allerdings alle in sehr kleinen Anbaumengen (unter 50.000 ha) (BMLFUW, 2015).

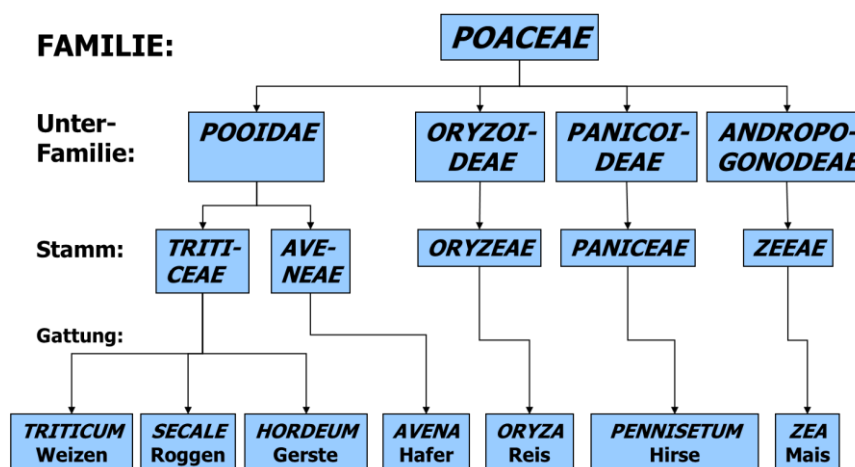


Abb. 3.2.2: Botanische Einteilung der echten Getreidearten

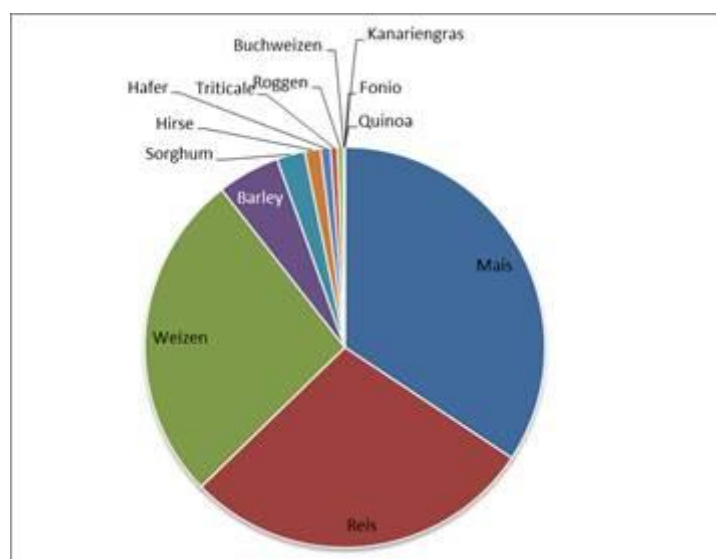


Abb. 3.2.3: Weltweite Produktion von Getreide (FAOStat, 2013)

In Österreich werden zwar laufend neue Sorten zugelassen (vor allem Biosorten), tatsächlich verwendet werden aber nur einige Wenige. Eine genaue Statistik über den mengenmäßigen Anbau der einzelnen Weizensorten ist zwar nicht verfügbar, aber die Landwirtschaftskammer Österreich nennt z.B. nur sieben Qualitätsweizensorten für 2014. Zu den wichtigsten Weizensorten Europas gehören Mulan, Akteur, Premio, Apache und Aubusson.

Die Öffentlichkeit ist sich zunehmend der einseitigen Nutzung von wenigen Getreidesorten bewusst, und es können in letzter Zeit vermehrt Bestrebungen wahrgenommen werden, alte, bekannte Sorten wieder für die Produktion von Backwaren zu verwenden, beziehungsweise rücken auch (neu) eingeführte Sorten in den Fokus. Vor allem bedingt durch die weltweite Zunahme der Glutenunverträglichkeit (Zöliakie und Glutensensitivität), wird in Zukunft eine gesteigerte Nachfrage nach glutenfreien Lebensmitteln entstehen, was alternative Getreidearten interessant macht. Das Potenzial dieser alternativen Getreidearten zur Entwicklung von neuen, gesunden und schmackhaften Lebensmitteln ist bei Weitem noch nicht ausgeschöpft.

Die letzten Ernährungsberichte (z.B. Österreichischer Ernährungsbericht 2012 und 2008) zeigen, dass der Konsum von Brot und anderen Getreideprodukten allgemein rückläufig ist. Innerhalb dieser Produktgruppe werden außerdem vermehrt (süße) Feinbackwaren konsumiert. Ein höherer Konsum von vollwertigen Brot und Backwaren wäre wünschenswert. Durch ein erweitertes Sortiment basierend auf einer ausgeweiteten Rohstoffvariation könnte dieses Ziel wahrscheinlich leichter erreicht werden.

### 2.2.1.1. Gefärbte Getreidearten

Es kann davon ausgegangen werden, dass ursprünglich alle unsere Getreidearten durch sekundäre Pflanzenstoffe stark pigmentiert, also gefärbt waren. Im Laufe der (Züchtungs)-Geschichte wurden diese sekundären Pflanzenstoffe mehr und mehr heraus gezüchtet, weil ein Übermaß sensorische und ernährungsphysiologische Nachteile haben kann. Diese Bemühungen waren so erfolgreich, dass heute fast nur helle, pigmentarme Sorten verwendet werden. Sekundäre Inhaltsstoffe haben aber, wie heute bekannt ist, auch viele positive Eigenschaften. So wie oft, hängt es von der aufgenommenen Dosis ab. Eine Steigerung der sekundären Pflanzenstoffe in der derzeitigen Ernährung ist durchaus als vorteilhaft zu sehen.

Prinzipiell können Farbpigmente in fast allen Pflanzenteilen vorkommen. Üblicherweise sind allerdings hauptsächlich die Kleieanteile gefärbt. Die purpurnen oder blauen Färbungen der Getreidesorten werden durch phenolische Komponenten, vor allem durch sogenannte Anthocyane hervorgerufen. Der Gehalt an Anthocyanen in gefärbten Getreidearten übersteigt den Gehalt in gewöhnlichen Sorten um ein Vielfaches (Bellido und Beta, 2009). Diese Anthocyane sind vorrangig in der Kleiefraktion (Pericarp) oder der Aleuronschicht (ein Teil der inneren Samenschale) zu finden. Schwarze Weizensorten sind nicht eigentlich schwarz, sondern stark dunkelpurpur. Schwarze Gerstensorten dagegen enthalten Melanine, die die purpurne oder blaue Färbung der Körner überlappen können. In Weizensorten sind diese Melanine bislang noch nicht bekannt.

Anthocyane gehören zur Gruppe der Flavonoide und werden zu den sekundären Pflanzenstoffen gezählt. Chemisch gesehen bestehen sie aus einem Aglykon und einem glycosidisch gebundenen Zuckeranteil. Das Aglykon des Anthocyanins, auch Anthocyanidin genannt, ist der farbbestimmende Anteil. Anthocyane sind sehr gut wasserlöslich und sind dadurch eine natürliche Alternative für künstliche Farbstoffe.

---

**Der Nutzen der gefärbten Getreidearten besteht vor allem aufgrund ihres hohen Gehaltes an sekundären Pflanzenstoffen, wie Anthocyanen und Carotinoiden. Die gesundheitsfördernden Effekte beruhen auf ihrer antioxidativen, immunsystemstärkenden und antikanzerogenen Wirkung.**

---

Die Wirkung von Anthocyanen ist die eines Antioxidans, sie können die Wirkung von Vitamin C oder Vitamin E um ein Vielfaches übersteigen (in vitro). Damit können sie freie Radikale binden, worauf ihre antikanzerogene Wirkung begründet ist. Es ist noch nicht gesichert, ob Anthocyane diese antioxidative Wirkung in diesem Ausmaß auch in vivo entfalten können, weil ihre Bioverfügbarkeit oft sehr schlecht ist und sie nur in geringen Mengen während der Verdauung aufgenommen werden. Weitere gesundheitliche Effekte, die Anthocyanen nachgesagt werden, sind ihre entzündungshemmende und immunmodulierende Wirkung.

Neben den Anthocyanen enthalten die gefärbten Getreidearten (Weizen oder Gerste) auch nennenswerte Mengen an Carotinoiden, z.B. Lutein oder Zeaxanthin. Diese sind im Gegensatz zu den Anthocyanen zumeist im Innern des Korns, im Endosperm verteilt (Siebenhandl et al., 2007). Potentielle Gesundheitseffekte, die den Carotinoiden und auch den anderen polyphenolischen Substanzen zugeschrieben werden, sind eine antioxidative, immunsystemstärkende und antikanzerogene Wirkung (Mares-Perlman et al, 2002; Calvo, 2005). Getreide mit einem hohen Gehalt an Carotinoiden können vor oxidativem Stress schützen, da Carotinoide hervorragende Radikalfänger sind. Lutein und Zeaxanthin sind für die Färbung der *Macula lutea* („gelber Fleck“) der Augennetzhaut, der Teil der Netzhaut mit der maximalen Sehkraft, verantwortlich. Aus diesem Grund wird vermutet, dass Lutein und Zeaxanthin vor altersbedingter Makuladegeneration und Augenkatarakten („grauer Star“) schützen können (Seddon et al., 1994; Beatty et al., 2000).

### **Gefärbte Weizen- und Gerstensorten**

Purpurweizen wurde erstmals von Ludwig Wittmack 1879 erwähnt. Die Getreidekörner wurden vom Botaniker Johann Maria Hildebrandt während einer Reise nach Ostafrika 1872/73 gesammelt und dem Landwirtschaftsmuseum in Berlin überbracht. Später wurde dieses Merkmal eines purpurfarbenen Perikarps (Teil der Weizenschale) von den ursprünglichen (tetraploiden) äthiopischen Weizensorten auf die heutigen (hexaploiden) Brotweizensorten übertragen (Zeven, 1991). Die blauen Weizensorten wurden in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts durch spezielle Kreuzung von Weizen mit Weizenverwandten gezüchtet. Original wurden diese Kreuzungen durchgeführt, um Gene für eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten, Winterfestigkeiten oder Ernteeigenschaften zu transferieren. Die Herkunft der blauen Aleuronschichten in europäischen „Blaukornweizen“ erwies sich als Einkornweizen (*Triticum boeoticum* Boiss. oder *Triticum monococcum* L), während verschiedene andere blaukörnige Weizentypen aus Kreuzungen von Ag-

*ropyron* (syn. *Thinopyrum*, eine Wildgrasart) und anderen wilden Weizensorten stammten (Zeven, 1991).

Die Gene für die purpurn gefärbten Kleiefractionen entstammen somit ursprünglichen, äthiopischen Sorten, während die blauen Aleuronschichten von Genen aus wilden Einkornweizen oder Wildgräsern hervorgerufen werden. Die schwarze Färbung der Weizensorten ist eigentlich „dunkelpurpur“ und kann durch eine Kombination von purpurn gefärbter Kleie und blau gefärbter Aleuronschicht hervorgerufen werden (Syed Jaafar et al., 2013).

Siebenhandl-Ehn et al. (2007) haben den Gehalt an phenolischen Substanzen und ihre antioxidativen Eigenschaften in verschiedenen gefärbten Getreidesorten (Weizen und Gerste) gemessen. Aufgrund der ungleichen Verteilung der physiologisch aktiven Stoffe innerhalb des Kornes, konnte durch Vermahlung in verschiedenen Kornfraktionen der Gehalt an Gesamtphenolen, Anthocyanen, Carotinoiden und die antioxidativen Eigenschaften signifikant beeinflusst werden. Die Kleiefractionen wiesen die höchsten antioxidativen Aktivitäten auf, welche 3 – 5-mal höher waren als in den Mehlfractionen. In den Weizensorten waren die Anthocyane vor allem in der Kleie verteilt, während sie in den Gerstenfraktionen vor allem in der Dunstfraktion zu finden waren. Die Carotinoide zeigten unterschiedliche Verteilungsmuster in den untersuchten Sorten. Während die gefärbten Weizensorten die Carotinoide durchwegs im Inneren des Kornes, also in der Mehlfraction, akkumulieren, so sind sie in den Gerstensorten eher in den äußeren Kornschichten verteilt. Auch Bellido & Beta (2009) fanden einen höheren Gehalt an Anthocyanen und antioxidativen Eigenschaften in den äußeren Schichten von schwarz und purpurn gefärbten Gerstensorten im Vergleich zu Vollkornmehl. Durch geeignete Mehlfractionierung können hier gezielt Mehle mit unterschiedlichen ernährungsphysiologischen Eigenschaften hergestellt werden.

### **Gefärbter Reis**

Reis (*Oryza sativa*) wird üblicherweise als geschälter, polierter weißer Reis verzehrt und ist ein wichtiges Grundnahrungsmittel in allen asiatischen Ländern. Je nach Sorte unterscheidet man zwischen Langkorn-, Mittelkorn- und Rundkorntypen, die auch ihre Art der Zubereitung und Verwendung bestimmen. Rundkornreistypen, auch Klebreis, wird für Sushis und andere asiatische Gerichte eingesetzt, in der westlichen Kost z.B. als Milchreis zubereitet. Mittelkornreissorten werden vorwiegend als Hauptgericht beispielsweise in Form von Risottos verwendet, während Langkornreissorten hauptsächlich als Beilage, vor allem in der westlichen Küche, gereicht werden. Es gibt unzählige Reisesorten, die teilweise geographisch bedingt sind. So unterscheiden sich chinesische von indischen oder italienischen Sorten. Für unterschiedliche Gerichte werden unterschiedliche Reissorten verwendet.

Im Internationalen Reisforschungsinstitut (IRRI) in Los Banjas auf den Philippinen wird seit 1960 Reisforschung für die ganze Welt betrieben. Dort ist auch die weltgrößte Genbank für Reis. Länder aus der ganzen Welt schicken ihre Reisvarietäten ins IRRI, das die Aufgabe übernommen hat, die genetischen Reisressourcen zu lagern, konservieren und charakterisieren, um sie der ganzen Welt zur Verbesserung von Reissorten zur Verfügung zu stellen. Die Genbank beherbergt momentan allein rund 124.000 verschiedene Reissorten, kultivierte Sorten, traditionelle Landessorten, aber auch wilde Reisarten (International Rice Research Institute, 2015), die sonst durch den einseitigen Anbau von Hochleistungssorten verloren gehen würden.

Es gibt eine Vielzahl an speziellen Reisvarietäten, die gefärbte Reiskörner ausbilden, wie schwarzer, roter oder brauner Reis. Die Farbpigmente werden auch hier hauptsächlich von Anthocyanen verursacht, die entweder in der Samenschale oder der Aleuronschicht vorzufinden sind. Es gibt auch rote Reissorten, bei denen das gesamte Korn gefärbt ist, z.B. Philippinischer roter Bergreis. Nicht verwechselt werden dürfen diese roten Reissorten mit Angkak (eine traditionelle chinesische Zubereitung von Reis). Angkak wird durch Fermentation von herkömmlichem Reis mit dem

Pilz *Monascus purpureus* gewonnen, wodurch die charakteristische, rote Farbe erzeugt wird. Aber genauso wie die gefärbten Reisarten, hat Angkak sehr hohe antioxidative Eigenschaften.

Nach Chaudhary (2003) ist China der größte Produzent von schwarzen Reissorten, gefolgt von Sri Lanka, Indonesien, Indien, Philippinen und Bangladesch. In kleinem Ausmaß wird er auch in Thailand, Malaysia und Myanmar produziert.

Gefärbte Reissorten sind sehr potente Rohstoffquellen für Antioxidantien, die für Nahrungszwecke genutzt werden können. Sompong et al. (2011) haben eine umfassende Studie über die chemische und ernährungsphysiologische Zusammensetzung und das antioxidative Potential von verschiedenen roten und schwarzen Reissorten durchgeführt. Alle Sorten wiesen einen sehr hohen Gehalt an Gesamtphenolen und gute antioxidative Eigenschaften auf. Beide Werte zeigten zwar Schwankungen zwischen den Sorten, aber nicht zwischen den unterschiedlichen Färbungen der Sorten. Das heißt, rote und schwarze Reissorten enthielten vergleichbare Mengen an gesundheitsfördernden Substanzen. Daneben hat schwarzer Reis viele weitere ernährungsphysiologische Vorteile gegenüber herkömmlichem weißem Reis. Er hat sehr hohe Gehalte an Protein, Vitaminen und Mineralstoffen. Der Mineralstoffgehalt wird allerdings sehr stark von der Sorte und den Anbaubedingungen beeinflusst (Suzuki et al., 2004). Schwarzer Reis wurde auch als potentieller Lieferant für natürliche Farbstoffe gesehen (Chaudhary, 2003). Roter Reis hat in Japan eine gewisse Popularität als funktionelles Lebensmittel gewonnen.

### **Gefärbter Mais**

Mais (*Zea mays*) ist bei uns zumeist nur in Form von gelben Maiskolben bekannt. Ursprünglich stammt Mais vom amerikanischen Kontinent, und war dort vor der spanischen Kolonisation das einzig genutzte (echte) Getreide.

Heute werden großindustriell fast ausschließlich Hybridmaissorten angebaut, die deutlich gesteigerte Erträge bringen. Dabei müssen die Bauern das Saatgut von den produzierenden Saatgutfirmen jährlich neu kaufen, weil ein Nachbau von Hybridsorten deutlich geringere Erträge liefert. Der Umgang mit Mais-Saatgut ist im Sortenschutzgesetz 2001 ([BGBl. I Nr. 109/2001](#)) und Saatgutverordnung (BGBl. II Nr. 299/1997) geregelt. Eine weitere Problematik, die von Konsumentinnen und Konsumenten (vor allem in Österreich) kontroversiell und zumeist negativ bewertet wird, ist die Tatsache, dass seit den 1990er Jahren auch gentechnisch modifizierte Maissorten angebaut werden. Diese gentechnische Modifikation wurde fast ausschließlich mit dem Ziel ausgeführt, die Sorten resistent gegenüber Schädlingen oder Herbiziden zu machen. Hauptanbaugebiete von gentechnisch modifiziertem Mais sind die USA, Brasilien, Argentinien oder Kanada. In der EU muss gentechnisch veränderter Mais in Lebensmitteln gekennzeichnet werden.

In den Ursprungsregionen (Lateinamerika) waren immer und sind es teilweise auch noch heute sehr viele „traditionelle“ Maissorten in Verwendung. Unter diesen gibt es sehr viele gefärbte Sorten, wobei hier eine Vielzahl an Färbungen der Kolben auftritt, die von orange, über rot, braun bis zu schwarz reichen. Im Gegensatz zu Weizen, Gerste oder Reis tritt die Färbung nicht nur einheitlich auf, sondern kann auch gemischt sein. Neben rein roten, braunen, schwarzen, weißen und gelben Maiskolben gibt es auch gesprenkelte Kolben in allen Variationen. Wie schon bei den zuvor genannten Getreidearten wird die Färbung zumeist von Anthocyanen hervorgerufen. Rot gefärbte Sorten konzentrieren die Anthocyane durchwegs in der Samenschale und der Aleuronschicht, wohingegen blau oder violett gefärbte Arten die Pigmente vor allem in der Aleuronschicht einlagern. Laut einer Studie von Moreno et al. (2013) war der Anthocyanengehalt in rot gefärbten Sorten etwa zehnmal höher als in den blau-violetten Sorten.

In Lateinamerika gibt es bis heute eine bestehende Nutzung dieser gefärbten Sorten in „traditionellen“ Gerichten, die in Mexiko und den Andenländern teilweise noch zubereitet werden. Vor al-

lem in der ländlichen Bevölkerung dieser Regionen gibt es ein umfangreiches Wissen um die Verwendung der verschiedenen Sorten. Nicht alle Sorten können für dasselbe Gericht herangezogen werden, manche Speisen werden nur aus bestimmten Sorten zubereitet. Durch die zunehmende Globalisierung der Ernährung, nimmt die „traditionelle“ Zubereitung dieser Speisen ab. Manche dieser Maissorten haben den Weg in die nördlichen Industrieländer gefunden, am ehesten bekannt sind der violett gefärbte Purpurmais oder blau gefärbte Maissorten. Blau oder violett gefärbte Maisschips sind mittlerweile in vielen (größeren) Supermärkten zu finden.

### **Gefärbte Hirse und Sorghum**

Die Hirsearten umfassen eine sehr heterogene Gruppe von Pflanzen aus den Arten *Sorghum*, *Panicum*, *Setaria*, *Pennisetum*, *Paspalum* oder *Euleusin*. Während Sorghumarten vor allem in Afrika ein Grundnahrungsmittel darstellen, ist Hirse (Rispenhirse auch als Goldhirse bezeichnet, *Panicum miliaceum* L, *subsp. miliacum*) mehr oder weniger die einzige Sorte, die auch in den Ländern des Nordens in größerem Maßstab in der Ernährung verwendet wird.

Hirsesorten, vor allem aber Sorghumsorten, gibt es gleichfalls in einer großen Farbvielfalt von hellbeige über orange bis rot und braun, welche unterschiedliche Gehalte an Phenolen aufweisen. Gefärbte Hirse- und Sorghumsorten werden fast ausschließlich in vielen afrikanischen Ländern konsumiert. In Europa gibt es bislang kaum bis gar keine Nutzung. Hirse und Sorghum ist die Grundlage einiger traditioneller Biere in Afrika (zum Beispiel *Dolo* in Westafrika oder *Merisa* im Sudan).

Eine besondere Hirseart, **Teff** (Zwerghirse, *Eragrostis tef*), ursprünglich aus Äthiopien stammend und dort nach wie vor Grundnahrungsmittel, ist seit einigen Jahren auch in den Ländern des Nordens vor allem für die Produktion von glutenfreien Nahrungsmitteln zu finden. In Äthiopien ist Teffmehl Grundlage für das äthiopische Nationalgericht *Injera*, eine Art Fladenbrot, das zu Gemüse- und Fleischgerichten verzehrt wird. Eine niederländische Firma hat sich vor einigen Jahren die Rechte an der genetischen Vielfalt von Teff gesichert. Das hat zur Folge, dass Äthiopien alle Rechte verloren hat, Teff als Ganzkorn nach Europa zu exportieren. Im Handel sind daher in Europa einzig Teffmehl oder fertige Produkte aus Teff erhältlich.

Hirse und Sorghum bieten eine Reihe von ernährungsphysiologischen Vorzügen. Sie enthalten nennenswerte, oft sehr hohe Mengen an phenolischen Substanzen. Der Gehalt an Gesamtphenolen reicht einer Studie von Bagdi et al. (2011) zufolge von 37,76 bis 50,54 mg/100 g (Ferulasäureäquivalente bezogen auf Trockenmasse). Damit sind die Werte viel höher als beispielsweise in Weizen. Die gesundheitsfördernden Wirkungen dieser Phenole in Hirse und Sorghum wurden von verschiedenen Forschern bestätigt (z.B. Taylor et al., 2006). So kann der Verzehr von Hirse und Sorghum den Blutcholesterinspiegel senken und den glykämischen Index der Endprodukte (z.B. Brot) verringern. Es wird auch berichtet, dass Personen, die regelmäßig diese beiden Getreidearten konsumieren, geringere Inzidenzen für Speiseröhrenkrebs aufweisen, als jene, die vor allem Weizen oder Mais verzehren (Van Rensburg, 1981; Chen et al., 1993).

Viele Sorghumsorten enthalten im Vergleich zu den Hirsearten oftmals schon wieder so hohe Mengen an Phenolen, dass sie für die menschliche Ernährung eher nachteilig sind. Phenole sind in der Lage, Proteine, Kohlenhydrate und Mineralstoffe aus der Nahrung zu binden und dadurch ihre Bioverfügbarkeit zu vermindern. Die Lebensmittelverarbeitung kann diese negativen Effekte reduzieren. Hirsesorten dagegen enthalten eine relativ ausgewogene Menge an Phenolen, ausreichend, aber nicht zu hoch. Es muss hier allerdings angemerkt werden, dass es für Phenole bislang keine Zufuhrempfehlung gibt, daher ist die Abschätzung zu wenig – adäquat – zu hoch nicht gesichert zu treffen.



### 2.2.1.2. Weitere Getreideraritäten

#### Nacktgerste

Gerste (*Hordum vulgare*) ist weltweit das viertmeist genutzte Getreide. Obwohl sie wertvolle Inhaltsstoffe enthält, beschränkt sich heute ihre Nutzung weitgehend auf den Bereich der Bierbrauerei. Fast alle Züchtungsbestrebungen, die in den letzten Jahrzehnten mit Gerstensorten neben einer Ertragssteigerung unternommen worden sind, haben die Optimierung ihrer Braueigenschaften zum Ziel gehabt. Dazu zählte vor allem die Reduzierung des Gehaltes an  $\beta$ -Glucanen, einer Ballaststofffraktion (mehr dazu im nachfolgenden Text), da diese den Filtriervorgang des Bieres stören.

Gerste wird anhand der unterschiedlichen Ähren in zwei- und mehrzeilige Formen eingeteilt. Zweizeilige Gerstensorten finden vorwiegend bei der Bierherstellung als Braumalz Verwendung. Vier- und sechszeilige Gerstensorten sind überwiegend Wintergerstensorten, die im Herbst gesät werden. Sie werden hauptsächlich als Futtergerste genutzt.

Üblicherweise ist Gerste ein sogenanntes Spelzgetreide, das heißt die Körner sind fest mit dem Korn verwachsen und müssen maschinell in einem extra Vorgang vor dem Vermahlen aufwendig entfernt werden. Geschälte Gerste wird als Rollgerste oder Gerstenflocken in den Handel gebracht, ihre Menge ist allerdings im Vergleich zu anderen Getreiden sehr gering. Im Gegensatz zu den Spelzgetreidearten (Gerste, Hafer, Dinkel, Emmer und Einkorn), werden bei freidreschenden Arten die Getreidekörner als ganzes Korn ohne Spelzen gewonnen. Weizen und Roggen sind Beispiele für solche freidreschenden Arten. Für Gerste und Hafer existieren ebenfalls sogenannte Nacktformen, bei denen die Spelzen nicht fest mit dem Korn verwachsen sind. Sie sind somit ebenfalls freidreschend und haben Vorteile für die Einbindung in die tägliche Nahrung. Es gibt zwei- und sechszeilige Nacktgerstesorten.

Die Verwendung von Nacktgerste für andere Produkte außer Bier hat besondere Vorteile in ernährungsphysiologischer Hinsicht. Der wertgebende Inhaltsstoff in Nacktgerste ist der hohe Gehalt an Ballaststoffen, vor allem an löslichen Ballaststoffen (Bhatty, 1999; Izydorczyk et al., 2000). Ballaststoffe werden in lösliche und unlösliche eingeteilt. Die unlöslichen Ballaststoffe können im Darm Wasser adsorbieren und sind vor allem für die Erhöhung der Stuhlmenge verantwortlich. Sie können damit Obstipation (ist in den Industrieländern weit verbreitet) entgegenwirken. Die gesundheitsfördernden Wirkungen gehen dagegen vor allem von den löslichen Ballaststoffen aus. So ist nachgewiesen, dass lösliche Ballaststoffe beispielsweise den Blutcholesterin- und Blutzuckerspiegel senken können und damit langfristig Herz-Kreislaufkrankungen positiv beeinflussen können. Daneben haben sie antikanzerogene Wirkungen und können das Auftreten von Darmkrebs verringern.

Die lösliche Ballaststofffraktion in Gerste, vor allem in Nacktgerste, machen vorwiegend die sogenannten  $\beta$ -Glucane (eine Mischung aus  $\beta$ -1,3 und  $\beta$ -1,4 glycosidisch verknüpfte D-Glucanen) aus (Grausgruber et al., 2004). Beta-Glucane haben wissenschaftlich nachgewiesene positive gesundheitsfördernde Wirkungen: sie können den Blutcholesterin- und Blutglucosespiegel senken und haben einen erhöhten Sättigungseffekt. Die EFSA hat daher Health Claims für  $\beta$ -Glucan zugelassen. Wird eine Verzehrsmenge von 3g/d oder 1g/Portion im Produkt bereitgestellt, darf das Produkt entsprechend ausgelobt werden (z.B.: „Regular consumption of  $\beta$ -glucans contributes to maintenance of normal blood cholesterol concentrations“ [dt. Übersetzung: Regelmäßiger Verzehr von  $\beta$ -Glucanen trägt zur Erhaltung eines normalen Blutcholesterolkonzentration bei]) (EFSA, 2011).

Außer in Gerste kommen  $\beta$ -Glucane in ähnlichem Ausmaß nur in Hafer vor. Während aber im Haferkorn  $\beta$ -Glucane hauptsächlich in der Aleuronschicht beziehungsweise in der Subaleuronschicht,



d.h. in den äußeren Teilen des Korn konzentriert sind, befinden sich die  $\beta$ -Glucane im Gerstenkorn vor allem im Endosperm (Mehlkörper), d.h. in den inneren Kornfraktionen.

Die Verwendung von Gerste in Backwaren ist aufgrund dieser nachgewiesenen ernährungsphysiologischen Effekte sehr zu empfehlen. Da aber, wie eingangs erwähnt, Gerste vor allem im Hinblick auf die Brauereieigenschaften gezüchtet worden ist, bietet sich die Verwendung von Nacktgerste an. Sie hat nicht nur den ursprünglich höheren Gehalt an  $\beta$ -Glucanen, sondern lässt sich aufgrund der nicht verwachsenen Spelzen leichter im Mühlenbereich verarbeiten. Ein weiterer wesentlicher Vorteil für die Verwendung von Nacktgerste für Backwaren ist, dass auch bei Verwendung von Mehlfractionen (innerer Kornanteil), Produkte mit einem ausreichend hohen Anteil an löslichen Ballaststoffen erzeugt werden können, wie in einer umfassenden Studie von Kinner et al. (2011) bestätigt wurde. Es besteht daher bei Nutzung von Nacktgerste keine Notwendigkeit ausschließlich Vollkornmehl (wie bei Hafer oder anderen Getreidearten) zu verwenden. Das kommt der noch immer vorherrschenden Präferenz der Konsumenten für Weißbrot zugute.

Bis vor kurzem gab es nur sehr wenige Produkte, vor allem Backwaren aus oder mit Gerste, wahrscheinlich aufgrund der Tatsache, dass Gerste prinzipiell keine so guten Backeigenschaften (im Vergleich zu Weizen) besitzt. Für die Herstellung von Backwaren aus Gerste sind entsprechende Rezeptur- und Prozessanpassungen notwendig (Kinner et al., 2011). Seit die EFSA allerdings Health Claims zugelassen hat, sind zumindest einige Bemühungen unternommen worden, Produkte (Backwaren, Kekse, und andere) aus oder mit (Nackt)gerste auf den Markt zu bringen.

#### **“Alte” Getreidesorten: Emmer und Einkorn**

**Einkorn** (*Triticum monococcum* L.) ist eine bespelzte diploide Weizenart und war eines der ersten Getreide, das vor etwa 10.000 – 12.000 Jahren domestiziert wurde. Es wurde für Tausende von Jahren umfassend im Mittleren Osten und Europa angebaut, bevor es durch den tetraploiden Durum (*T. durum* Desf.) und hexaploiden Weizen (*T. aestivum* L.) ersetzt wurde. Durum und Weizen liefer(t)en höhere Erträge und beide sind freidreschend (Spelze nicht fest mit dem Korn verwachsen). Einkorn ist relativ anspruchslos in Bezug auf die Qualität des Bodens. Außerdem ist es resistent gegen viele Schädlinge wie Wurzelfäule, Spelzenbräune oder den Mutterkorn-Pilz und kann sich besser gegen die Konkurrenz von Ackerunkräutern durchsetzen als moderne Hybridweizen-Sorten. Einkorn ist eine Weichweizenart mit einem besonders hohen Gehalt an Protein, Mineralstoffen und Gelbpigmenten (Carotinoide), aber es hat nur einen schwachen Glutengehalt und die rheologischen Eigenschaften sind jenen von Weichweizen unterlegen (D’Egidio et al., 1993; Borghi et al., 1996). Durch geeignete Teigrezeptur und Teigführung können aber aus Einkorn dennoch Brot und Backwaren hergestellt werden. Grausgruber et al. (2008) konnten durch den Einsatz von Enzymen und Emulgatoren, die Qualität von Einkornbrot steigern.

**Emmer** (*Triticum dicoccum* L.) ist ebenfalls eine der ältesten kultivierten Getreidearten und wird heute in Europa kaum noch angebaut. Nur in Italien gibt es einen nennenswerten Anbau der dort „farro“ genannt wird. Emmer gehört zur sogenannten „Emmer-Reihe“, zu der auch der Durum und Kamut (Beschreibung siehe im nachfolgenden Text) gehören (siehe Tab. 3.2.1). Die Wildformen lassen sich mit Durum kreuzen. Ursprünglich stammt Emmer so wie Einkorn aus dem Nahen Osten, wo er seit mindestens 10.000 Jahren angebaut wird. Von dort gelangte er über Ägypten und Nordafrika nach Europa. In der Römerzeit wurde sehr viel Emmer in Europa angebaut. Sein Vorteil ist, dass er auch auf schwachen, nährstoffarmen Böden stabile Erträge liefert. Von Emmer gibt es ebenfalls gefärbte Sorten: schwarzer Emmer, weißer Emmer und roter Emmer. Die schwarze Färbung wird von  $\beta$ -Carotin verur­sacht. Aufgrund seiner Eigenschaften zur Herstellung von Teigwaren, eignet er sich für Kleingebäck und Süßspeisen. Wie Durum zeichnet sich Emmer durch eine harte Korntextur aus, was eine Herstellung von geeigneten Grießfraktionen ermöglicht (Lembacher und Schally, 2009).

Der Vollständigkeit wegen, soll hier noch kurz **Kamut** erwähnt werden. Die Bezeichnung „Kamut“ ist ein eingetragener Markenname für die Vermarktung von Khorasanweizen. Kamut wird heute oft als altägyptische Weizensorte vermarktet, die den Pharaonen als Grabbeigabe mitgegeben wurde. Dabei ist Kamut, eigentlich Khorasanweizen, nach neuester Erkenntnis eine Kreuzung von *T. durum* und *T. polonicum*. Sie ist auf jeden Fall keine alte, ursprüngliche Sorte, im Vergleich zu Einkorn oder Emmer, sondern mit großer Sicherheit eine natürlich entstandene Kreuzung (Khlestkina et al., 2006). Khorasanweizen eignet sich wie Hartweizen besonders zur Herstellung von Teigwaren.

Gegenwärtig werden diese alten Weizensorten nur noch auf sehr kleinen Flächen angebaut, zumeist im ökologischen Landbau. Durch die wachsende Nachfrage nach mehr natürlichen, ursprünglichen, regionalen und „gesünderen“ Rohstoffen, ist das Interesse an Emmer und Einkorn wieder gestiegen.

	Wildformen	Kulturformen	Kulturform (freidreschend)
<b>Einkorn-Reihe Diploid, Genome AA</b>	Wildeinkorn ( <i>Tr. boeoticum</i> )	Einkorn ( <i>Tr. monococcum</i> )	Sinskaje-Einkorn ( <i>Tr. Sinskaje</i> )
<b>Emmer-Reihe Tetraploid, Ge- nome AABB</b>	Wildemmer ( <i>Tr. dicoccoides</i> )	Emmer ( <i>Tr. dicocum</i> )	Hartweizen ( <i>Tr. durum</i> ) Rauhweizen ( <i>Tr. turgidum</i> ) Polnischer Weizen ( <i>Tr. polonicum</i> ) „Kamut“ (nicht eindeutig)
<b>Dinkel-Reihe He- xaploid, Genome AABBDD</b>		Dinkel ( <i>Tr. spelta</i> )	(Weich-)Weizen ( <i>Tr. aestivum</i> )

Tab. 3.2.1: Botanische Unterscheidung der Wildweizenformen (Lembacher und Schally, 2009)

### 2.2.1.3. Pseudogetreide – Amaranth, Quinoa und Buchweizen

Unter der Gruppe Pseudogetreide werden jene stärkereichen Körnerarten zusammengefasst, welchen zwar botanisch keine echten Getreidearten sind, aber so wie diese für die Ernährung verwendet werden. Die drei wichtigsten Pseudogetreide, die heute verwendet werden, sind Amaranth, Quinoa und Buchweizen. Ihre botanische Klassifikation ist in Tab. 3.2.2 gezeigt. Amaranth zählt zur Familie der Fuchsschwanzgewächse, Quinoa zur Familie der Gänsefußgewächse. Beide gehören zu den *Caryophyllales*, während Buchweizen den *Polygonales* zugeordnet wird.

Amaranthensamen sind linsenförmig mit einem Durchmesser von ca. 1,0 mm. Tausend Körner wiegen 0,5 bis 1,0 Gramm. Der verhältnismäßig große Keimling umgibt ringförmig das stärkehaltige Nährgewebe und liegt gekrümmt an der Innenseite der Samenschalen an. Die Samenfarbe variiert von milchig-weiß über gelb, golden, rot, braun bis hin zu schwarz (Saunders und Becker, 1984). Quinoasamen haben die Form abgerundeter Scheibchen von 1,7 bis 2 mm Durchmesser und sind zumeist milchig-weiß bis beige gefärbt. Es gibt auch gelbe, rote, braune und schwarze Quinoasorten, die bis vor kurzem nur selten angebaut wurden. In den letzten Jahren ist aber das Interesse an diesen Sorten wieder gestiegen, vor allem seit dem Jahr 2013, das von der FAO als Jahr der Quinoa ausgerufen wurde. Im Gegensatz zu Amaranth enthält die Samenschale von Quinoa höhe-

re Mengen des Bitterstoffes Saponin, das vor dem Verzehr ausgewaschen oder abgerieben werden muss. Saponine dienen der Pflanze als Fraßschutz gegen Schädlinge und Vögel (Voß, 1990). Buchweizensamen sind dreieckig geformt, ungefähr 6 – 9 mm lang. Die Samen von *F. tataricum* sind etwas kleiner (4 – 5 mm) und runder. Das Tausendkorngewicht (10 – 20 g) hängt vor allem von der Dicke der Samenschale ab. Strukturell und chemisch entspricht das Endosperm jenem von Getreide und enthält ebenso wie diese große Zellen gepackt mit Stärkekörnern. Daneben gibt es bei Buchweizen auch eine Aleuronschicht.

Amaranth und Quinoa gehören zu den ältesten Pflanzen, die von den Menschen zur Ernährung genutzt und zu diesen Zwecken schon seit frühester Zeit angebaut wurden. Zu Zeiten der Inkaherrschaft kultivierte die indianische Bevölkerung an die 70 Pflanzenarten, Knollengewächse, Getreidearten, Leguminosen und Früchte. Neben Mais und Kartoffeln zählten auch Amaranth und Quinoa zu den Kulturpflanzen mit besonderer Wichtigkeit für die Menschen der damaligen Zeit (Flemming & Galwey, 1995, zitiert nach Dabringer, 1996). Eine sehr wichtige Bedeutung besaß Amaranth zweifelsohne auch in Mittelamerika. Für die Azteken in Mexiko war Amaranth – neben Mais und Bohnen – ein Grundnahrungsmittel. Jährlich wurden aus 17 Provinzen des damaligen Reiches ca. 10.000 Tonnen als Tribut an den Aztekenherrscher Montezuma nach Tenochtitlan geliefert. Die mit Amaranth bestellten Flächen im Hochland Mexikos müssen demnach riesig gewesen sein. Seit den 1970er Jahren verzeichnen diese beiden Pflanzen eine neue Renaissance. Viel zitiert wurden die Berichte der NASA, die Amaranth als Astronautennahrung mit in den Weltraum nahmen (Vietmeyer, 1981). Zentren der Produktion und Forschung sind heute in Lateinamerika vor allem die Andenländer (Kolumbien, Ecuador, Peru, Bolivien). Außerhalb Lateinamerikas beschäftigen sich vor allem die USA und Europa mit diesen Körnerfrüchten, aber auch einige Länder in Afrika und Asien (z.B. Äthiopien, Kenia, China, Indien, Nepal). Buchweizen stammt aus Kleinasien und wurde von nomadischen Völkern im 13. Jahrhundert nach Österreich transferiert. Obwohl sein Anbau im letzten Jahrhundert stetig abgenommen hat, ist heute aufgrund seiner Glutenfreiheit eine gesteigerte Nachfrage zu verzeichnen. Hauptproduzenten sind heute Russland, Ukraine und China. In Europa wird es vor allem in Polen und Frankreich angebaut, wenig auch in Ungarn, Slowenien, den Baltischen Länder und Österreich. Japan ist nach wie vor der wichtigste Importeur.

Für die „Wiederentdeckung“ dieser Körnerfrüchte beziehungsweise für das intensive Interesse, das ihnen entgegen gebracht wird, sprechen mehrere Gründe, von denen hauptsächlich zwei genannt werden sollen. Zum einen weisen alle drei Pseudogetreide, vor allem Amaranth und Quinoa, eine besonders wertvolle ernährungsphysiologische Zusammensetzung auf und zum zweiten sind alle drei glutenfrei und somit für die Diät von Menschen mit Getreideunverträglichkeit (Zöliakie oder Glutensensitivität) geeignet. (Das Thema glutenfrei wird später genauer beschrieben).

Vergleicht man den Nährstoffgehalt verschiedener Getreidearten mit jenen von Pseudogetreide, so sind doch erhebliche Unterschiede festzustellen (Tab. 3.2.3 und Abb. 3.2.4). Die Pseudogetreide enthalten etwa ähnliche Menge an Protein, einen etwas niedrigeren Gehalt an Stärke, aber signifikant höhere Mengen an Fett und Mineralstoffen. Der Ballaststoffgehalt, vor allem an löslichen Ballaststoffen, ist in manchen Getreidearten (z.B. Gerste) höher als in Pseudogetreide.

Entscheidend ist aber vor allem deren qualitativ bessere Zusammensetzung des Proteins. Besonders Lysin, die limitierende Aminosäure in den Getreidearten, ist in den Pseudogetreidearten in großer Menge vorhanden. Der hohe Gehalt an Arginin und Histidin, die für Säuglinge und Kleinkinder essentiellen Aminosäuren, macht die Pseudogetreide auch für die Kinderernährung interessant. In Südamerika gehören Produkte aus Amaranth und Quinoa seit Jahren schon zum Sortiment der Kindernahrungsmittel. Der Fettgehalt in Amaranth und Quinoa (nicht in Buchweizen) ist ebenfalls höher als in den gängigen Getreidearten. Auch hier ist wieder die Qualität des Fettes durch einen sehr hohen Grad an Ungesättigtheit (sehr hoher Gehalt an Linolensäure) zu bemer-

ken. Die Stärke in Amaranth und Quinoa ist durch einen sehr niedrigen Amylosegehalt (ca. 10 %) gekennzeichnet, außerdem besitzen sowohl Amaranth als auch Quinoa sehr kleine Stärkekörner von 1 – 3 µm Durchmesser (Atwell et al., 1983; Perez et al., 1993). Diese kleine Partikelgröße und der niedrige Amylosegehalt der Amaranth- und Quinoastärke bestimmen im Wesentlichen die physikalischen und funktionellen (verarbeitungstechnologischen) Eigenschaften, die sich auf die Herstellung der Produkte auswirken.

Besonders hoch sind die Gehalte einzelner Mineralstoffe und Vitamine. So enthalten Amaranth und Quinoa viel Calcium, Magnesium, Eisen, Kalium und Zink. Extra hervorzuheben ist der Gehalt an Folsäure. Dieses Vitamin ist eines der Vitamine, das momentan besonders in Diskussion steht, da eine latente Unterversorgung der Bevölkerung in allen letzten Erhebungen (z.B.: Österreichischer Ernährungsbericht 2004, 2008, 2012) festgestellt wurde. Manche Länder sind daher zu einer Folsäureanreicherung von Mehlen übergegangen. In Abb. 3.2.5 sind die Folsäuregehalte von Amaranth und Quinoa im Vergleich zu Weizen dargestellt. Demnach enthält Amaranth etwa dreimal und Quinoa etwa fünfmal so viel Folsäure als Weizen, weshalb sie als eine wesentliche Folsäurequelle bezeichnet werden können. Der Tagesbedarf beläuft sich auf 300 µg (DACH-Referenzwerte, 2008).

Aufgrund dieser ausgewiesenen guten ernährungsphysiologischen Zusammensetzung ist es verständlich, warum diese Körnerarten vermehrt in unsere Ernährung integriert werden und werden sollen. Durch den steigenden Bedarf an glutenfreien Nahrungsmitteln, sind diese Pseudogetreide von besonderem Interesse. Es besteht allerdings noch erheblicher Forschungsbedarf, um Produkte zu entwickeln, die den europäischen Konsumenten schmecken. Da die Pseudogetreide nicht bei uns beheimatet waren, ist die Bevölkerung des Nordens mit dem unterschiedlichen Geschmack dieser beiden Körner nicht aufgewachsen. Besonders Quinoa empfinden viele Personen als sehr gewöhnungsbedürftig, vor allem wenn es um süße Backwaren geht. Hier versprechen aber gerade die „wiederentdeckten“ schwarzen Varietäten eine gute Alternative zu sein. Nicht nur ihr Aussehen ähnelt den Mohnsamen, auch ihr Geschmack ist viel nussiger und „mohnähnlich“ im Vergleich zu den üblichen weiß-beigen Sorten.

<b>Klasse</b>	<i>Dicotyledoneae</i>		
<b>Unterklasse</b>	<i>Caryophyllidae</i>		
<b>Ordnung</b>	<i>Caryophyllales</i>		<i>Polygonales</i>
<b>Familie</b>	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Polygonaceae</i>
<b>Gattung</b>	<i>Amaranthus</i>	<i>Chenopodium</i>	<i>Fagopyrum</i>
<b>Art</b>	Mind. 60 Arten, z.B. <i>A. caudatus</i> <i>A. cruentus</i> <i>A. hypochondriacus</i>	Mehr als 250 Arten, z.B.: <i>Ch. quinoa</i> WILLD. (quinoa) <i>Ch. pallidicaule</i> AELLEN (kanigua, canihua) <i>Ch. nuttalia</i> SAFFORD	<i>F. tartaricum</i> (bitterer Buchweizen) <i>F. esculentum</i> MOENCH (süßer Buchweizen)

Tab. 3.2.2: Botanische Klassifizierung von Pseudogetreide

Werte in g/100g TS	Weizen	Dinkel	Roggen	Triticale	Gerste	Reis (nicht poliert)	Hafer (geschält)
<b>Protein (N=5.8)</b>	12.20	17.64	10.22	14.12	11.84	8.31	11.52
<b>Fett</b>	2.11	1.89	1.97	2.85	2.39	2.53	9.18
<b>Kohlenhydrate<sup>a</sup></b>	68.49	67.31	70.32	73.14	72.05	85.24	64.74
<b>Ballaststoffe</b>	15.31	11.12	15.29	7.74	11.16	2.54	11.24
<b>Asche</b>	1.90	2.04	2.20	2.15	2.56	1.38	3.31
	<b>Mais</b>	<b>Hirse</b>	<b>Sorghum</b>	<b>Amaranth</b>	<b>Quinoa</b>	<b>Buchweizen</b>	
<b>Protein (N=5.8)</b>	9.51	11.19	11.62	17.49	15.74	11.04	
<b>Fett</b>	4.35	4.43	3.61	10.56	6.16	1.97	
<b>Kohlenhydrate<sup>a</sup></b>	73.53	78.24	78.62	68.06	66.73	80.82	
<b>Ballaststoffe</b>	11.12	4.32	4.17	11.14	12.88	8.62	
<b>Asche</b>	1.49	1.82	1.97	3.89	3.80	1.96	

<sup>a</sup> Geschätzt nach Differenz: 100 - (Wasser + Protein (N x 5.8) + Fett + Asche + Ballaststoffe)

Tab. 3.2.3: Chemische Zusammensetzung ausgewählter Getreidearten (Souci et al., 2013)

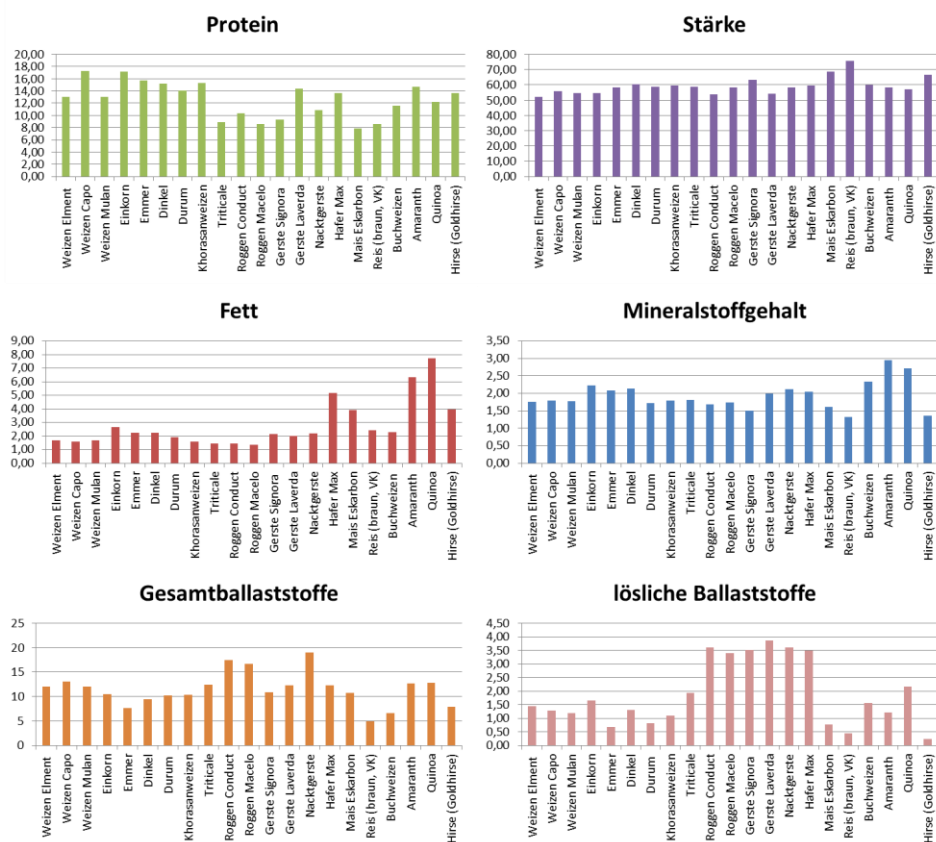


Abb. 3.2.4: Vergleich der ernährungsphysiologischen Zusammensetzung von verschiedenen Getreidearten und Pseudogetreide (Schoenlechner, 2015 - eigene Messdaten, noch unveröffentlicht)

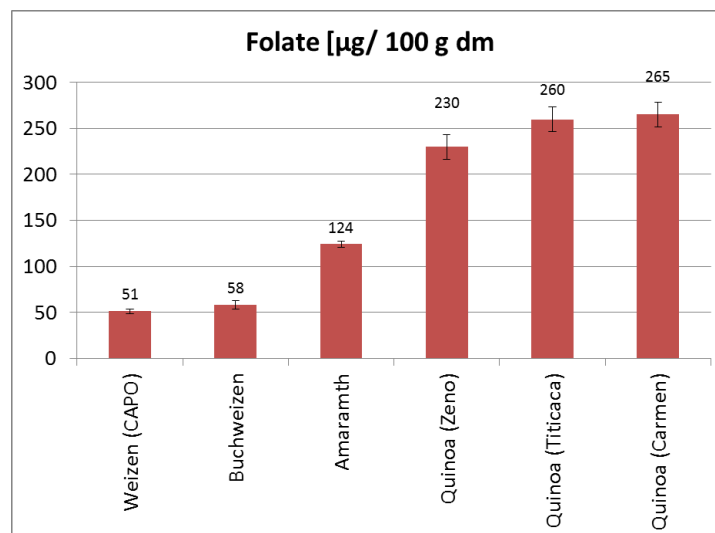


Abb. 3.2.5: Folsäuregehalt in Pseudogetreide im Vergleich zu Weizen (Schoenlechner, 2015, - eigene Messdaten, noch unveröffentlicht)

#### 2.2.1.4. Verwendung von Getreideraritäten in den Ländern des Nordens für die Ernährung

##### Allgemeine Aspekte für die Lebensmittelverarbeitung von Spezialitätengetreide

Die Herstellung von Lebensmittelprodukten aus speziellen Getreidesorten stellt in vielerlei Hinsicht eine Herausforderung dar:

- Die wenig bekannten Sorten weisen häufig einen neuartigen und ungewohnten Geschmack auf, der sehr oft als „fremd“ und „unangenehm“ wahrgenommen wird, und daher abgelehnt wird. Dies muss bei einer Produktentwicklung berücksichtigt werden.
- Wenig Forschungsergebnisse: Es gibt oft noch immer zu wenig Wissen über die grundlegende Struktur, über die funktionellen Eigenschaften der einzelnen Inhaltsstoffe, über die Veränderungen bei der Verarbeitung (z.B. Abbau des Gehaltes oder Änderung der Bioverfügbarkeit) und über die physiologischen Effekte im Menschen. Letzteres ist aber gerade im Hinblick auf eine etwaige Auslobung und dementsprechende Vermarktung wichtig. Die gesundheitsfördernden Wirkungen auf die menschliche Gesundheit zu erforschen, verlangt einen multidisziplinären Ansatz und oft auch Langzeitstudien, die sehr teuer sind.
- Die meisten speziellen Getreidesorten enthalten kein Gluten. Da aber die meisten Getreideprodukte wie Brot und Nudeln für Weizen entwickelt worden sind, erschwert dieses Fehlen von Gluten die Entwicklung dieser Produkte.
- Niedrige Erträge und die spärliche Verfügbarkeit erhöhen den Preis dieser Rohstoffe. Dies wiederum behindert eine kommerzielle Lebensmittelproduktion, insbesondere für Supermärkte. Die meisten dieser speziellen Getreidesorten fristen daher ein Nischendasein.
- Pseudogetreide im Speziellen weisen eine andere botanische Struktur auf, das zu anderen funktionellen Eigenschaften führt. Die Lebensmittelverarbeitung muss daran angepasst werden. Dazu bedarf es noch besonders viel Grundlagenforschung.



Es gibt viele Möglichkeiten diese Spezialitätengetreideformen zu verarbeiten um den Konsumentinnen und Konsumenten diese Produkte zur Verfügung zu stellen, wozu viele wissenschaftliche Studien mit diesen Rohstoffen durchgeführt wurden. Grundsätzlich können diese Spezialitätengetreide alleine (100 % des Mehles) verwendet werden, um ganz neue und innovative Produkte zu entwickeln. Für manche Spezialitätengetreide sind die grundlegenden Verarbeitungsschritte mit den kommerziell verwendeten Weizenmehlen vergleichbar (z.B. gefärbte Sorten). Andere Arten bedürfen mehr Anpassungsschritte, wie z.B. Gerste und Nacktgerste. Im Falle der glutenfreien Getreidearten können sie als glutenfrei vermarktet werden. Als zweite Variante können die Spezialitätengetreide aber auch bestehenden Produkten in bestimmten Prozentsätzen beigemischt werden, um so die ernährungsphysiologischen Eigenschaften des Endproduktes zu steigern. Eine Beimischung von bis zu 20 % in Broten oder Nudeln beispielsweise ist zumeist ohne größere Probleme durchführbar, bei größeren Prozentsätzen stellt das Fehlen von Gluten sicherlich die größte Hürde dar. Hier sind Rezeptur- und Prozessadaptierungen zu entwickeln.

Verarbeitet man neuartige Rohstoffe ist es oftmals ratsam sich die traditionellen Verarbeitungsweisen anzuschauen. Im Falle von Amaranth stellt Poppen (kurzeitige Einwirkung von intensiver, trockener Hitze auf die Samen) eine der ältesten Verarbeitungsform dar und wurde von den Lateinamerikanern schon vor der Ankunft der Spanier praktiziert. Gepoppter Amaranth weist ein angenehm nussiges Aroma auf und kann entweder direkt verzehrt werden oder aber auch als Rohstoff für weitere Produkte eingesetzt werden. Möglicherweise kommt gepoppter Amaranth den europäischen Geschmackspräferenzen mehr entgegen. Auch für Hirse und Sorghum existieren zahlreiche althergebrachte Verarbeitungsweisen und Gerichte in verschiedenen afrikanischen Ländern (Taylor et al., 2006). Grundlegende Prozessschritte (z.B. Fermentation) könnten vielleicht auch für westliche Produkte interessant sein.

### Marktsituation

Derzeit sind Lebensmittel aus Spezialitäten- und Pseudogetreidearten nur in geringem Ausmaß am Markt zu finden. Aufgrund des erhöhten Gesundheitsbewusstseins der Konsumentinnen und Konsumenten, und der wachsenden Nachfrage nach mehr natürlichen, ursprünglichen und regionalen Rohstoffen, ist das Interesse an diesen Getreidearten aber wieder gestiegen.

Von New Nutrition Business (2015) wird die Nachfrage nach „natürlichen“ Produkten als wichtigster Trend gesehen. Als fünfter Trend werden schon die „guten Körner“ („*good grains*“) genannt. Im Jahre 2012 wurden diese noch als zehnter Trend geführt („*Good grains – set for growth; ancient grains lend a health halo...*“). Durchforstet man das Internet, sind Produkte aus diesen Spezialitätengetreidearten heute auf einschlägigen Seiten (*food blogs* usw.) vermehrt zu finden. Auf der Website „Gesundheit.de“ wurde 2013 z.B. schwarzer Reis als Trend drei, glutenfreie Produkte als Trend vier und Quinoa als Trend sieben (von sieben) gesehen (Mehner K, 2013). Auf zahlreichen weiteren *food blogs* werden vor allem schwarz gefärbte Getreidesorten (oder schwarze Lebensmittel allgemein), als *trendy* gesehen (z.B.: Food in Canada, 2015). Seriöse, wissenschaftliche Argumente stehen meistens aber nicht dahinter.

Interessant ist, dass die Vermarktung und Bewerbung dieser Spezialitätengetreide generell sehr oft über verschiedene Mythen geschieht. Schwarzer Reis war dem Kaiser von China vorbehalten und für das normale Volk verboten; Kamut wurde den ägyptischen Pharaonen als Grabbeigabe mitgegeben; Amaranth wurde von den Azteken und Maya in Opferritualen verwendet, usw. Geschichten, die geheimnisvoll klingen, wo Verbotenes angeboten und eine lange historische Tradition versprochen wird, wecken Sehnsüchte und sind gute Marketinginstrumente. Viele Konsumentinnen und Konsumenten empfinden Speisen, die „für den Kaiser gut waren“, automatisch als „gesund“ und sind außerdem der Meinung, was früher für den Kaiser gut war, steht uns heute allen zu. In den meisten Fällen entbehren diese Geschichten seriöse Beweise, was aber von vielen Menschen nicht hinterfragt wird. Nur auf (wissenschaftlich) einschlägigen Seiten werden wirklich



die ernährungsphysiologischen Fakten wiedergegeben.

Wie auch immer man zu diesen „Geschichten“ stehen mag, Fakt ist, dass diese Spezialitätengereide im Fokus sind und das Angebot an Produkten aus Spezialitäten- und Pseudogetreide auf dem Markt steigt. Einkornbrot oder -weckerl, Einkorn„reis“ zum Kochen oder Nacktgerste sind heute am Markt zu finden, Emmer wird in Italien als regionale Spezialität (farro) gehandelt und bunte Reiscracker gibt es in Asiashops. Blaue Tortillachips sind schon vor einigen Jahren in den USA auf den Markt gebracht worden und mittlerweile auch in Europa erhältlich. Abb. 3.1.2.6 zeigt beispielsweise die neuen Produktzulassungen für Produkte mit Amaranth, Quinoa oder Buchweizen in den letzten 20 Jahren (Datamonitor, 2015). Der Zuwachs an Neuzulassungen ist vor allem ab dem Jahr 2000 deutlich zu sehen und seither ist ein stetiger Anstieg zu verzeichnen. Einzig für Buchweizen scheint evtl. ein Plateau erreicht worden zu sein.

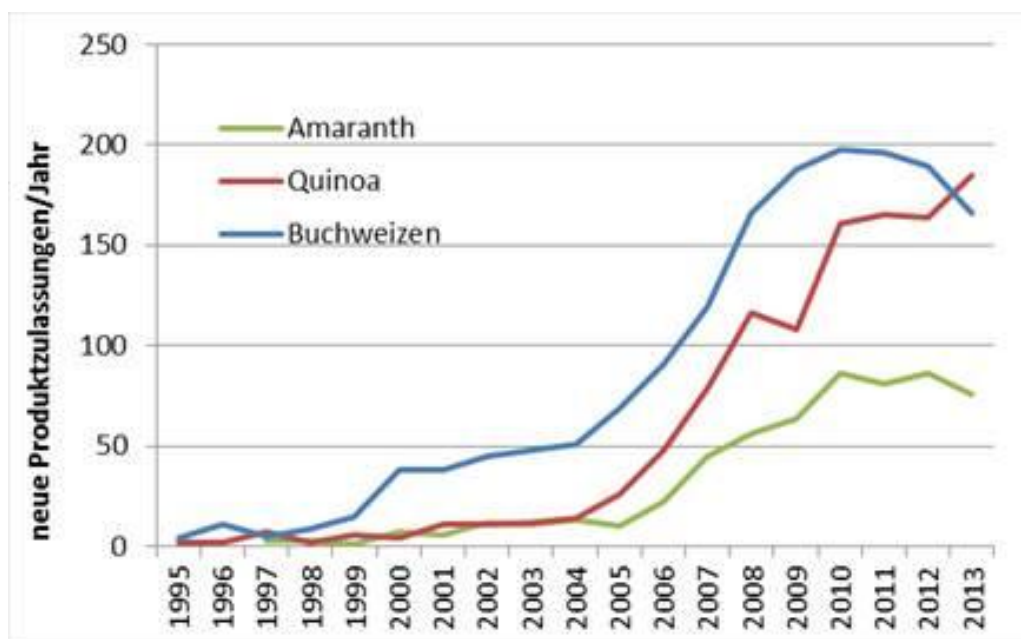


Abb. 3.2.6: Neue Produktzulassungen für Lebensmittel mit Amaranth, Quinoa oder Buchweizen (Datamonitor, 2015)

In Abb. 3.2.7 sind die Produktzulassungen nach Ländern aufgelistet. Die meisten neuen Produkte mit diesen drei Pseudogetreiden werden in den USA auf den Markt gebracht. Buchweizenprodukte werden daneben noch im asiatischen Raum, Amaranth- und Quinoaprodukte in Europa und Lateinamerika in ähnlichem Ausmaß entwickelt. Trotz dieses gestiegenen Angebots an solchen Produkten kann die Tatsache nicht geleugnet werden, dass ihr Gesamtmarktanteil noch immer sehr gering ist.

### Spezialfall: Glutenfreie Lebensmittel

Die Nachfrage nach glutenfreien Produkten steigt weltweit aufgrund der Zunahme der Prävalenz von Zöliakie (derzeit ca. 1 – 2 % der Gesamtbevölkerung), der Glutensensitivität (NCGS) (Prävalenz ca. 5 – 8 %) und der Personen, welche (aus diversen Gründen) Gluten aus ihrer Ernährung ausschließen wollen. In Abb. 3.2.8 ist die Marktentwicklung von glutenfreien Produkten graphisch

dargestellt. Es ist ein immenser Anstieg ab dem Jahr 2000 ersichtlich, der sich langsam auf einem hohen Niveau einzupendeln scheint.

Zöliakie ist eine chronische, gluteninduzierte Enteropathie (Glutenunverträglichkeit), die ein breites Spektrum an Symptomen und Intensität aufweisen kann. Ein typisches aber nicht immer vorhandenes Symptom ist die Darmzottenatrophie, deren Schweregrad in MARSH-Kriterien eingeteilt wird. Daneben gibt es aber noch eine Reihe von weiteren Komplikationen, sodass Zöliakie auch als eine Multiorgan-Autoimmunerkrankung gesehen werden muss. Das Auftreten dauert ein Leben lang und es gibt keine Heilung. Die einzige Behandlung besteht in einer lebenslangen glutenfreien Diät. Das Positive daran ist, dass Zöliakie eine der wenigen Krankheiten ist, die ohne Medikamente, rein über die Ernährung behandelt werden kann.

Von Zöliakie abgrenzbare Getreideintoleranzen sind die Glutensensitivität (*'non-coeliac' gluten sensitivity*, NCGS) und die Weizenallergie. Personen mit Glutensensitivität weisen eine negative Zöliakiediagnose auf (tTG und EmA negativ); Darmschädigungen können aber dennoch vorhanden sein (in der Duodenalbiopsie sind Anomalitäten erkennbar). Bei der IgE-vermittelten Weizenallergie werden hohe Gesamt-IgE Spiegel im Blut gemessen, daneben können messbare IgE gegen Weizenallergene auftreten. Glutensensitive Personen müssen ebenfalls auf eine glutenfreie Diät umsteigen, während Personen mit Weizenallergie einzig auf Weizen verzichten müssen.

Eine glutenfreie Diät muss auf alle glutenhaltigen Rohstoffe verzichten. Das sind alle Weizen-, Gerste- und Roggenarten (auch alle verwandten Arten wie Emmer, Einkorn, Durum, Dinkel oder Triticale) und eventuell Hafer. Der Status von Hafer als glutenfrei ist noch nicht ganz gesichert. Im Codex Standard *for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten* (2008) ist glutenfrei mit einem Grenzwert von 20 ppm geregelt. Wichtig ist, dass Gluten kontaminierte Lebensmittel vermieden werden sollen, und Nährstoffmängel ausgeglichen werden, besonders dann, wenn die Darmabsorption noch immer beeinträchtigt ist (durch Darmzottenatrophie). Trotz glutenfreier Diät muss eine ausgewogene Ernährung mit ausreichender Nährstoffzufuhr bei gleichzeitigem Ausschluss von Gluten sichergestellt werden.

Glutenfreie Produkte können prinzipiell aus den Getreidearten Reis, Mais, Hirse, Sorghum, (Hafer), aus den Pseudogetreiden Amaranth, Quinoa und Buchweizen und anderen stärkereichen Rohstoffen wie Leguminosen (Bohnen, Erbsen, Lupinen, etc.), Wurzel- und Knollenfrüchten (Kartoffelstärke), Bananen und Kochbananen oder Kastanien hergestellt werden. Obwohl damit ein großes Spektrum an Rohstoffen zur Verfügung steht werden etwa drei Viertel aller glutenfreien Produkte aus (weißem) Reis oder Mais(stärke) produziert. Das hat Folgen für die ernährungsphysiologische Qualität der Produkte: die Energiedichte ist hoch, aber die Nährstoffdichte gering (geringer Gehalt an Vitaminen, Mineralstoffen, Spurenelementen, Nahrungsfasern, sekundären Pflanzenstoffen). Auch die sensorische Qualität von solchen glutenfreien Produkten lässt in vielen Fällen zu wünschen übrig, besonders im Brotbereich. Es soll allerdings angemerkt werden, dass in den letzten Jahren die Qualität der glutenfreien Produkte stetig zunimmt. Die Verwendung von Spezialitäten- und Pseudogetreidearten hat besonders im glutenfreien Bereich eine besondere Bedeutung, da aus ihnen Produkte von hoher Qualität im Hinblick auf eine ausgewogene Ernährung hergestellt werden können.

**Insgesamt war und ist die gesteigerte Nachfrage nach glutenfreien Produkten allgemein und an ernährungsphysiologisch wertvollen glutenfreien Produkten im Speziellen ein sehr starker Promotor für die erhöhte Verwendung dieser Getreidearten. Geht man von den Prävalenzzahlen für betroffene Personen aus, die eine glutenfreie Ernährung benötigen, kann das Marktpotential mit etwa 8 – 10 % der Gesamtbevölkerung eingeschätzt werden, wobei dieser Anteil mit hoher Wahrscheinlichkeit weiter steigen wird.**

Glutenfreie Produkte werden nicht nur von Personen konsumiert, die eine glutenfreie Diät benö-

tigen, sondern auch von Personen, die glutenfreie Produkte als die gesündere Alternative betrachten, was aber grundsätzlich nicht stimmt. Besonders in den USA ist diesbezüglich ein Hype zu verzeichnen. Dort hat im Jahre 2012 der Verkauf von glutenfreien Produkten 19 % der Bevölkerung erreicht (Watson, 2012). Wenn die glutenfreien Produkte aber vermehrt aus hochwertigen Rohstoffen wie beispielsweise gefärbten (Vollkorn)hirsearten oder Pseudogetreidearten hergestellt werden, dann sind sie unter Umständen sehr wohl eine mögliche Alternative für den (zu) häufigen (Weiß-)Brotkonsum oder anderer Produkte aus Auszugsmehlen der Bevölkerung.

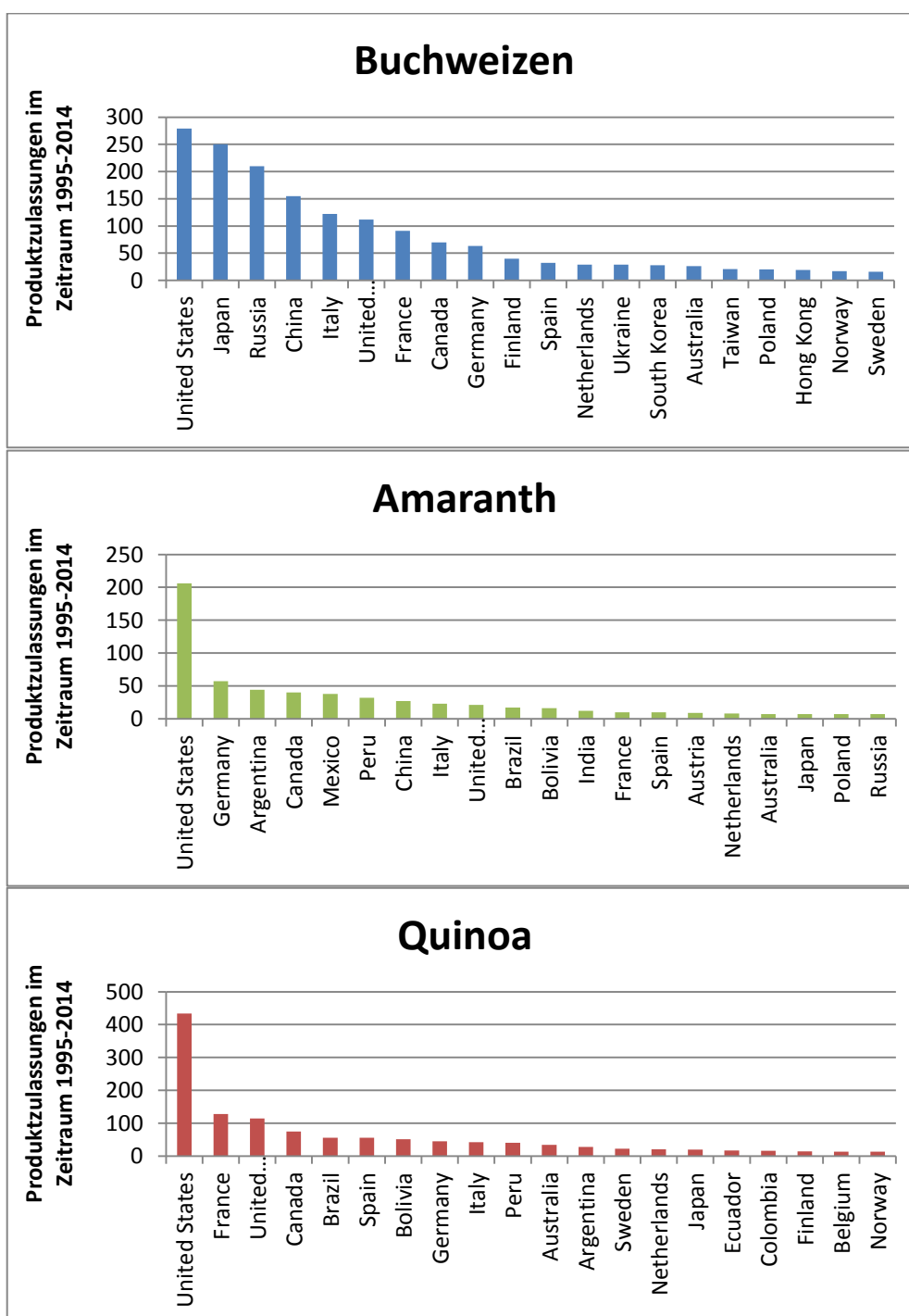


Abb. 3.2.7.: Produktzulassungen mit Amaranth, Quinoa oder Buchweizen im Zeitraum 1995 – 2014 aufgegliedert nach Ländern (Datamonitor, 2015)

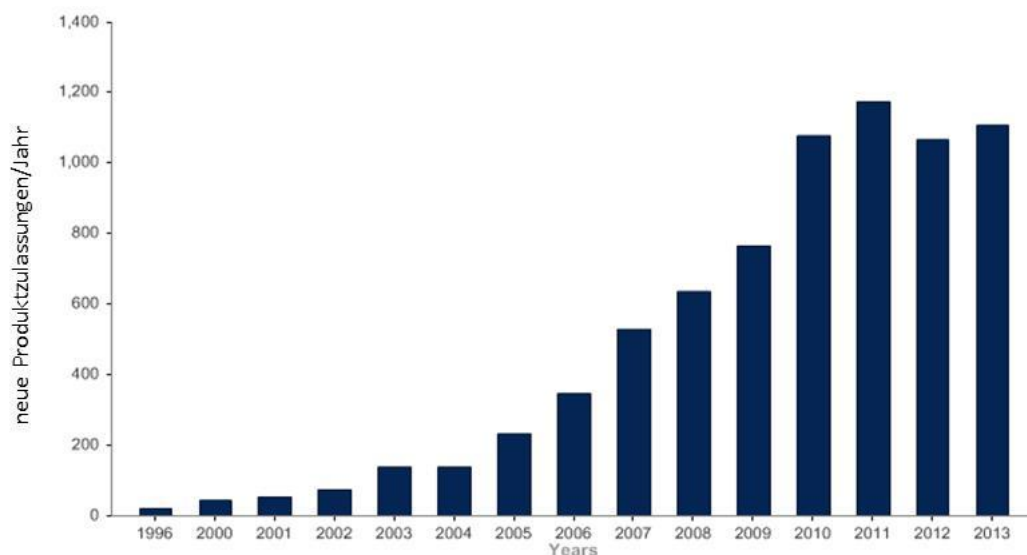


Abb. 3.2.8: Marktentwicklung von glutenfreien Produkten (Datamonitor, 2015)

### 2.2.1.5. Schlussfolgerungen

Getreide ist prinzipiell als Grundnahrungsmittel ein Hauptlieferant für Stärke und Ballaststoffe und macht auch heute noch immer weltweit den Hauptanteil der menschlichen Ernährung aus. Eine erhöhte Verwendung von einer größeren Rohstoffvielfalt im Getreidebereich wäre daher absolut wünschenswert und hätte darüber hinaus folgende Vorteile.

- **Ernährungsphysiologische Vorteile:** Spezielle Getreidearten zeigen Unterschiede in der ernährungsphysiologischen Zusammensetzung allgemein und konkret in der Zusammensetzung der Ballaststoffkomponenten, der phenolischen Substanzen, der Mineralstoffe und Vitamine und haben sehr oft ein anderes Protein- und Aminosäuremuster. Oftmals haben sie einen höheren Gehalt an diesen Nährstoffen. Durch Kombination von verschiedenen Getreide- und Pseudogetreidesorten kann zusätzlich der ernährungsphysiologische Wert gesteigert werden.
- **Innovative Lebensmittelprodukte:** Spezielle Getreidearten und Pseudogetreide haben einzigartige Eigenschaften für neue (funktionelle) Getreideprodukte und ermöglichen neue Geschmacks- und Texturerlebnisse.
- **Diätlebensmittel (z.B. glutenfreie Lebensmittel):** Viele dieser Getreiderohstoffe sind für bestimmte Bevölkerungsgruppen mit besonderen Ernährungsbedürfnissen (z.B. Allergiker, Zöliakiebetreffende) geeignet.
- **Erhöhung der Biodiversität in der Landwirtschaft:** „Alte“ Getreidearten, wie Emmer und Einkorn, haben oft niedrigere Ansprüche an den Boden oder sind resistenter gegenüber Krankheiten. Dadurch hat eine Erhöhung der Sortenvielfalt auch für die Landwirtschaft Vorteile.

### 2.2.2. Ölsaaten und Leguminosen

Leguminosen (Hülsenfrüchte) und Ölsaaten werden hier gemeinsam behandelt, weil aus botanischer Sicht viele Ölsaaten Leguminosen sind. Ihre hauptsächliche Verwendung beziehungsweise ihre Zusammensetzung definiert ihre Zuordnung als Ölsaat oder Leguminose (direkter Verzehr als Gemüse oder Proteinquelle). Die FAO ordnet zum Beispiel die Sojabohne unter die Ölsaaten, ob-

wohl Sojabohnen neben der Ölgewinnung auch sehr vielfältige Anwendungen im Lebensmittelbereich haben – als ganze Sojabohnen (Gemüse und Sprossen), Sojamehl, Sojaprotein(isolat), Fleischersatz, usw..

Die zu den Ölsaaten zählenden Leguminosen speichern als Reservestoffe in den Samen Öl und Protein. Bei Speiseleguminosen hingegen sind die Reservestoffe Protein und Stärke.

Leguminosen gehören zu den botanischen Familien *Fabaceae* oder *Leguminosae*, auch bekannt als Hülsenfrüchte. Sie sind eine sehr große und wirtschaftlich wichtige Familie. Die Gruppe ist die drittgrößte Landpflanzenfamilie, mit über 730 Gattungen und über 19.400 Sorten. Die wichtigsten Sorten sind Bohnen (*Phaesolus sp.*, *Vica sp.*), Erbsen (*Pisum sp.*), Kichererbsen (*Cicer arietinum* L.), Augenbohnen (*Vigna unguiculata*), Linsen (*Lens sp.*) und Lupinen (*Lupinus sp.*).

Ähnlich wie bei den Getreidesorten erfolgt auch innerhalb der für direkte Speisezwecke verwendeten Leguminosen eine immer stärkere Konzentration auf einige wenige Sorten (Abb. 3.2.9). Bohnen sind die am meisten produzierten Speiseleguminosen weltweit, gefolgt von Kichererbsen und Erbsen (FAOstat, 2014). Bohnen sind eine wichtige Feldfrucht in Lateinamerika, wo ihr Konsum eine sehr lange Tradition hat. Die Kombination von Mais und Bohnen war die Basis der Ernährung seit vielen Jahrhunderten und in manchen Ländern wird diese noch immer praktiziert (z.B. Mexiko). Kichererbsen werden in vielen Teilen Asiens und in der Mittelmeerregion Europas und Afrikas und für verschiedene Snacks verwendet (Annapure et al., 1998).

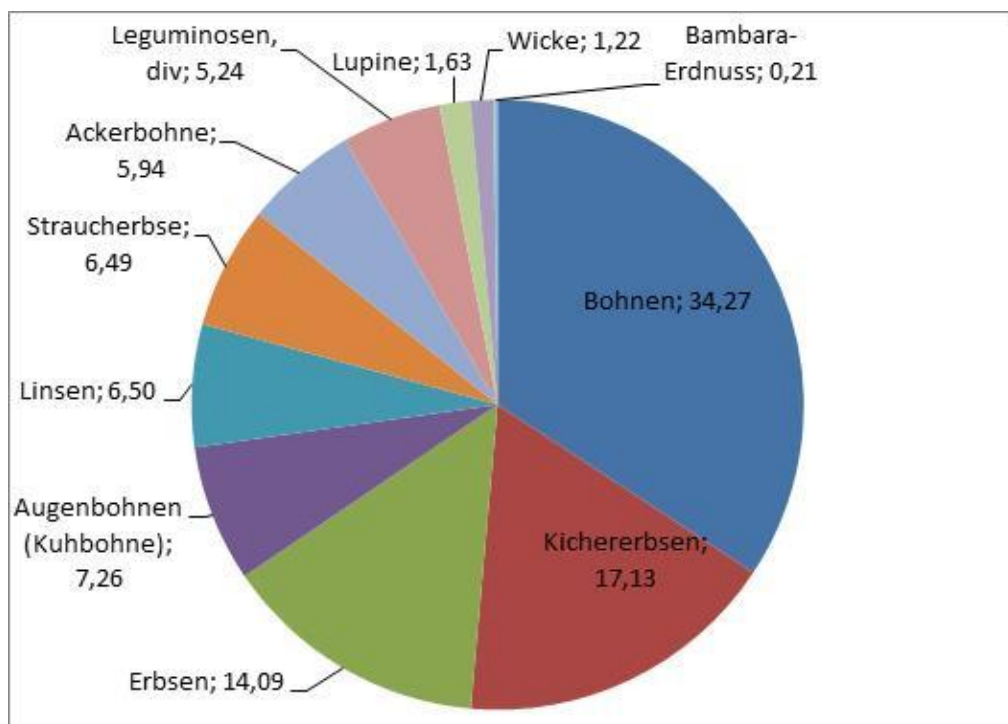


Abb. 3.2.9: Produktion von Leguminosen im Jahr 2011 weltweit (FAOstat, 2014) (Angabe für getrocknete Leguminosen)

Alle Leguminosen enthalten etwa 20 – 30 % Proteine. Ihre Aminosäurezusammensetzung ergänzt sich sehr gut mit jener von Getreide. Die Proteine der Leguminosen sind reich an Lysin aber limitierend in schwefelhaltigen Aminosäuren, während die Getreideproteine limitierend in Lysin sind,

aber ausreichende Mengen an schwefelhaltigen Aminosäuren aufweisen (Eggum & Beame, 1983). Die Kombination von Getreide- und Leguminosenprotein ergibt daher eine ausgewogene Aminosäurebalance. Ein weiterer Vorteil von Leguminosen ist, dass viele Sorten oft einen niedrigen Gehalt an Fett haben (0,6 – 5,5 % in Erbsen, ca. 1 % in Bohnen), aber einen hohen Gehalt an Mineralstoffen, Spurenelementen und Vitaminen, speziell jene der Vitamin B-Gruppe. Ihr niedriger glykämischer Index und ihr oft hoher Gehalt an sekundären Pflanzenstoffen sind weitere Vorteile von Leguminosen allgemein. Die anwesenden Oligosaccharide Raffinose, Stachyose und Verbascose werden mit erhöhter Flatulenz in Zusammenhang gebracht. Durch Fermentation, Keimen oder zu einem geringeren Ausmaß auch durch Einweichen kann der Gehalt an Oligosacchariden gesenkt werden. Ihre vollständige Entfernung ist nicht sinnvoll, weil diese Oligosaccharide eine prebiotische Wirkung haben.

Ein höherer Verzehr von Leguminosen wäre aufgrund der ernährungsphysiologischen Zusammensetzung wünschenswert (Tab. 3.2.4). Die Daten der letzten Ernährungsberichte (z.B.: Österreichischer Ernährungsbericht 2012, 2008) zeigen aber einen drastischen, kontinuierlichen Rückgang des Leguminosen-Verzehrs in den letzten Jahrzehnten.

Für die Öl- und Fettproduktion werden weltweit und ganz speziell in Europa gleichfalls immer weniger Arten verwendet (Abb. 3.2.10 und Abb. 3.2.11). Weltweit dominieren die Verwendung von Sojabohne und Ölpalme, die etwa die Hälfte der gesamten Weltproduktion ausmachen. In den USA hat vor allem Baumwollsaat einen höheren Anteil, in Europa dominieren vor allem Sonnenblume, Raps und Oliven (FAOStat, 2015). Insgesamt nimmt weltweit die Gesamtproduktion an Ölen und Fetten stetig zu, was den steigenden Fettkonsum in unserer Ernährung reflektiert. Interessante Alternativen und neuartige Rohstoffe gäbe es aber auch hier. Davon werden jene, die in letzter Zeit vermehrt in den Fokus gerückt sind, im Folgenden näher beschrieben.

Werte in g/100g TS	Bohnen <sup>a</sup>	Kichererbsen	Erbsen	Augenbohnen	Linsen
Protein (N=5.8)	24,82	21,32	27,00	28,36	27,49
Fett	1,90	6,78	1,70	1,71	1,88
Kohlenhydrate <sup>b</sup>	41,21	50,77	48,57	40,46	47,70
Ballaststoffe <sup>c</sup>	27,55	17,76	19,57	25,18	19,97
Asche	4,51	3,37	3,16	4,28	2,95

<sup>a</sup> *Phaseolus vulgaris*

<sup>b</sup> Geschätzt nach Differenz: 100 - (Wasser + Protein (N x 5.8) + Fett + Asche + Ballaststoffe)

<sup>c</sup> Modifizierte AOAC Methode (keine weiteren Angaben verfügbar, wahrscheinlich Methode AOAC 985.29)

Tab. 3.2.4: Chemische Zusammensetzung von ausgewählten Leguminosen (Souci et al., 2013)

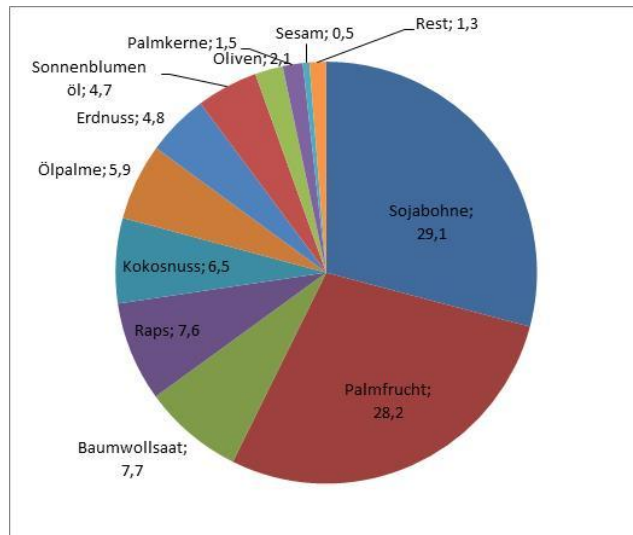


Abb. 3.2.10: Produktion von Ölsaaten im Jahre 2013 weltweit (FAOstat, 2015)

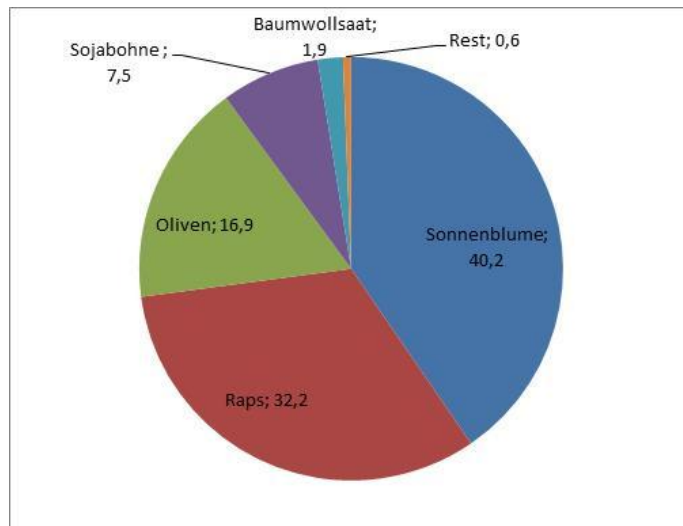


Abb. 3.2.11: Produktion von Ölsaaten im Jahre 2013 in Europa (FAOstat, 2015)

### 2.2.2.1. Chia

Chia (*Salvia hispanica* L.) ist derzeit in aller Munde und ihre Samen gelten als das *Superfood* schlechthin. Alle möglichen Heilwirkungen werden diesen Samen nachgesagt. Dabei sind Chiasamen eigentlich kaum mehr als neu zu bezeichnen. Von der EU-Kommission wurde sie im Oktober 2009 als neuartiges Lebensmittel zugelassen (EU-Kommission, 2009). Davor wurden sie in Europa nur als Tierfutter eingesetzt.

Chia gehört zur Familie der Lippenblütler und wurde ursprünglich von den Mayas und Azteken in Mexiko vor allem zu Heilzwecken verwendet. Heute wird Chia neben Südamerika (vor allem Argentinien) auch in Asien und Australien angebaut. Die Chiapflanze produziert kleine Samen (1 – 2 mm), die schwarz, grau, gesprenkelt aber auch weiß sein können. Die Tatsache, dass Chia auch in sehr trockenen Gegenden gedeiht, macht sie als Alternativpflanze für die Landwirtschaft interessant.



Chiasamen besitzen eine außergewöhnlich gute ernährungsphysiologische Zusammensetzung. Sie enthalten 15 – 25 % Protein, 26 – 41 % Kohlenhydrate, 18 – 30 % Ballaststoffe, 4 – 5 % Asche (Gesamtmineralstoffgehalt) und zwischen 25 und 40 % Fett, das sehr hohe Mengen an Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren (bis zu 60 % des Gesamtöles!) – hauptsächlich  $\alpha$ -Linolensäure – enthält. Zusätzlich sind Chiasamen glutenfrei (Norlaily Mohd et al., 2012). Damit enthält Chia weit mehr Protein als Getreide (vgl. Weizen oder Amaranth ca. 12 – 14 %), deutlich mehr Ballaststoffe als andere vergleichbare Samen (z.B. viermal so viel wie in Leinsamen) und viele Omega-3-Fettsäuren. Daneben zeichnet sich Chia aber noch durch einen hohen Gehalt an sekundären Pflanzenstoffen mit antioxidativer Wirkung aus. Insgesamt enthalten sie sehr viele ernährungsphysiologisch wirksame Stoffe, die je nach Vermarktungsschiene unterschiedlich hervorgehoben werden. Während die einen vor allem den Omega-3-Fettsäuregehalt betonen, verweisen andere auf den hohen Gehalt an Antioxidantien.

Aufgrund dieser chemischen Zusammensetzung wurden und werden Chiasamen sehr oft im medizinischen Bereich verwendet, finden aber nun über den Einsatz als Nahrungsergänzungsmittel auch den Weg zur Verwendung als Lebensmittel. Bislang wird in der Werbung und Vermarktung noch immer sehr auf die vielen (vermeintlichen) Heilwirkungen von Chia gegen so gut wie fast jede Zivilisationskrankheit (z.B.: info360 Media, 2015) hingewiesen. Eine detaillierte Bewertung der verfügbaren (klinischen) Studien zu Wirkungen von Chia gegen Allergien, Angina, athletischer Performance, Krebs, Herz-Kreislaufkrankungen, Herzinfarkt, hormonelle/endokrinische Störungen, Hyperlipidämie, Bluthochdruck oder Schlaganfall wurde von Ulbricht et al. (2009) veröffentlicht. Obwohl insgesamt doch einige Studien durchgeführt worden sind, gibt es bislang zu wenige gesicherte Beweise für die Wirkung von Chia gegen eine der genannten Indikationen. Nur zwei klinische Studien haben den Effekt von Chia auf Risikofaktoren für Herz-Kreislaufkrankungen untersucht und nur eine davon konnte gewisse Effekte nachweisen, während die zweite keine Effekte ergab. Keine der beiden konnte einen Effekt von Chia auf die Reduktion des Körpergewichtes zeigen. Dennoch schließen die Autoren, dass aufgrund der historisch langen Verwendung, Chia für die menschliche Ernährung als sicher gelten kann. Für eine Auslobung über besondere gesundheitsfördernde oder krankheitsverhindernde Wirkungen von Chia müssen allerdings noch gezielt Forschungsdaten erhoben werden.

Heute sind Chiasamen als ganze Körner im Handel erhältlich und werden für viele Lebensmittelanwendungen und -produkte vorgeschlagen, beispielsweise für Brot und Backwaren, Suppen, Salate (Chiasprossen), Getränke, Frühstückszerealien, Saucen, etc. Im Jahre 2000 haben die *US Dietary Guidelines* Chia als Grundnahrungsmittel empfohlen, allerdings soll die tägliche Aufnahme von Chia 48g/Tag nicht überschreiten. In der EU ist Verwendung von Chiasamen zugelassen in Backwaren, Frühstückszerealien, Mischungen aus Früchten, Nüssen und Samen (jeweils max. 10%); als vorverpackter Chiasamen als solches (max. 15g/d). Weiter ist die Verwendung von Chiaöl in Fetten und Ölen (max. 10%) zugelassen, in Nahrungsergänzungsmitteln mit max. 2g/d.

### 2.2.2.2. Lupinen und Tarwi

Lupinen (*Lupinus* L.) sind eine Pflanzengattung der Hülsenfrüchte. In der (heimischen) Landwirtschaft sind sie ein wertvoller Bestandteil der Gründüngung, da sie den Boden mit bis zu 100 kg Stickstoff pro Hektar anreichern können (über Knöllchenbakterien). Die Lupinen sind schon vor Jahrtausenden im Mittelmeerraum und Ägypten angebaut worden, allerdings enthielten diese früheren Sorten sehr viele Alkaloide, die nicht nur bitter, sondern in höheren Mengen auch toxisch sind. Vor dem Verzehr mussten Lupinen ausreichend entbittert werden (historisch durch Auswaschen). Heute werden in Mitteleuropa vorwiegend Süßlupinensorten (geringer Gehalt an Bitterstoffen), die im letzten Jahrhundert gezüchtet wurden, angebaut, z.B. die Weiße Lupine (*Lupinus albus*), die Blaue Lupine (*Lupinus angustifolius*) oder die Gelbe Lupine (*Lupinus luteus*). In

den Anden Südamerikas wird **Tarwi** (*Lupinus mutabilis* L.) (im Deutschen auch Anden-Lupine genannt, in Südamerika auch *chocho*) angebaut. Tarwi wird dort seit Jahrtausenden für die Ernährung genutzt, seit einigen Jahren ist auch das Interesse des Nordens an Tarwi erwacht. Tarwi ist wie die früheren Lupinensorten sehr bitter (hoher Alkaloidgehalt) und muss daher vor der Verarbeitung entbittert werden. In Südamerika geschieht dies traditionell meist durch tagelanges Wässern.

Lupinen sind wie alle Hülsenfrüchte proteinreich (ca. 40 %), besitzen aber im Gegensatz zu ihnen einen höheren Fettgehalt zwischen 5 und 14 %, und nur etwa 0,4 % Stärke (Todorov et al., 1996). Der Proteingehalt von Lupinen ist ähnlich dem der Sojabohnen aber höher als jener der meisten anderen Leguminosenarten. Tarwi enthält etwa 42 % Protein und einen für Leguminosen relativen hohen Fettgehalt von durchschnittlich 18 %.

Das Interesse an Lupinen in Europa ist einerseits darauf begründet, einen **heimischen Ersatz für (Import-)Soja** zu finden, andererseits haben die **Lupinenproteine vielversprechende Verarbeitungseigenschaften**. Isoliertes Lupinenprotein wird in letzter Zeit vermehrt erforscht, entweder als Ersatz für Sojaprotein in herkömmlichen Produkten, andererseits für glutenfreie Produkte oder für vegane Fleischersatzprodukte. Aus Lupinenmehl hergestellter „Tofu“, in diesem Fall „Lupino“ genannt, ist schon seit einiger Zeit im Handel erhältlich. Ein Zusatz von Lupinenmehl verbessert die Konsistenz und die Haltbarkeit von Backwaren (Ersatz von Sojamehl oder -protein). Mit Lupinenschrot gebackene, eiweißreiche Brote enthalten weniger Kohlenhydrate als normales Brot und werden oft im Rahmen der Low-Carb-Diäten vermarktet (Verband für Unabhängige Gesundheitsberatung e. V. - Deutschland, 2015).

Das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) in Freising, Deutschland, hat sich intensiv mit der Verwendung und Verarbeitung von Lupinen innerhalb des Projektes „Lebensmittelzutaten aus Lupinen – Beitrag zu ausgewogener Ernährung und verbesserter Proteinversorgung“ auseinandergesetzt, das mit dem Deutschen Zukunftspreis 2014, dem Preis des Dt. Bundespräsidenten für Technik und Innovation, ausgezeichnet wurde. „Die ausgezeichneten Forscherinnen und Forscher (Dr. Stephanie Mittermaier, Dr. Peter Eisner und Dipl.-Ing. Katrin Petersen) haben ein Verfahren geschaffen, mit dem sich aus den Samen von Lupinen Zutaten für vegetarische und vegane Lebensmittel gewinnen lassen, die tierischen Proteinen ähneln. Damit können geschmacklich überzeugende Fleisch- und Milchersatzprodukte hergestellt werden – eine Chance, um den Verzehr pflanzlicher Lebensmittel zu steigern und so eine bessere Ernährung der Weltbevölkerung zu sichern“ (Geschäftsstelle Deutscher Zukunftspreis - Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., 2015).

Lupinen müssen so wie Sojabohnen aber auch als Allergen laut EU-Lebensmittelinformationsverordnung Nr. 1169/2011 gekennzeichnet werden.

### 2.2.2.3. Sacha Inchi

Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) ist eine ölreiche Pflanze aus der Familie *Euphorbiaceae* (Wolfmilchgewächse) (Abb. 3.2.12), die aus Südamerika (Amazonasgebiet) stammt und in Europa bislang noch wenig bekannt ist. Bei der einheimischen Bevölkerung ist diese Frucht schon seit Jahrtausenden in Verwendung (Cai, 2011; Gutiérrez et al., 2011). Die sternförmigen Sacha Inchi-Früchte, auch bekannt als Inka-Erdnuss oder wilde Erdnuss, sind Kapseln mit vier bis sieben Samen, die etwa 15 – 20 mm lang und 7 – 8 mm dick sind. Ihr Anbau erfolgt heute wieder vermehrt in Peru und Kolumbien.

Das Interessante an Sacha Inchi ist der hohe Gehalt an Öl (35 – 60 %), welches einen sehr hohen

Anteil an ungesättigten Fettsäuren aufweist (Guillén et al., 2003). Es ist vergleichbar mit Leinsamen-, Raps- oder Distelöl; sehr intensiv gelb und weist einen charakteristischen Geruch und Geschmack auf, der oft als bohlig, aber auch als nussig bezeichnet wird. Das Öl ist besonders reich an  $\alpha$ -Linolensäure ( $\omega$ -3) und Linolsäure ( $\omega$ -6), welche 50 % beziehungsweise 34 % ausmachen. Dafür sind die Gehalte an Ölsäure (9,1 %), Palmitinsäure (4,4 %) und Stearinsäure (2,4 %) niedrig. Damit weist das Öl insgesamt etwa 84 % mehrfach ungesättigte Fettsäuren, 9 % einfach ungesättigte Fettsäuren und nur 7 % gesättigte Fettsäuren auf (Gutiérrez et al., 2011). Trotz seines hohen Anteils an mehrfach ungesättigten Fettsäuren ist Sacha Inchi-Öl verhältnismäßig oxidationsstabil. Der Grund liegt in einem ebenso außergewöhnlich hohen Tocopherolgehalt von ca. 176 – 226 mg/100 g Öl. Primär besteht es aus  $\delta$ - und  $\gamma$ -Tocopherolen, die dem Öl gut verschlossen, kühl und dunkel gelagert, immerhin eine Haltbarkeit von ca. 9 Monaten gewähren. Das ist für ein Öl mit einer Jodzahl von ca. 192 ein sehr guter Wert und im Vergleich mit Leinöl ein nicht zu unterschätzender Vorteil. Neben Vitamin A und E weist Sacha Inchi-Öl ca. 250 mg/100 g Phytosterole auf, darunter vorwiegend Stigmasterol, Campesterol und  $\Delta$ 5-Avenasterol (Olionatura, 2015).

Neben einem hohen Fettgehalt enthält Sacha Inchi ein hochwertiges Protein (etwa 27 %; Sathe et al., 2002) mit hohen Mengen der essentiellen Aminosäuren Cystein, Tyrosin, Threonin und Tryptophan. Der Stärkegehalt ist dagegen mit ca. 30 % eher niedrig (Maurer et al., 2012). Der Gesamtmineralstoffgehalt liegt bei etwa 4 % mit hohen Mengen an Magnesium, Calcium, Eisen und Zink. Aufgrund der Neuheit dieser Pflanze gibt es bislang nur wenig detaillierte Daten zur chemischen Zusammensetzung der Samen oder des Öls und noch weniger über seine physiologische Wirkung. Der hohe Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren legt eine blutcholesterinsenkende Wirkung nahe; dem Öl wird eine positive Wirkung gegen Herz-Kreislaufkrankungen, Bluthochdruck, Rheuma, Krebs u.a. nachgesagt, aber konkrete (klinische) Studien dazu fehlen noch weitgehend.



Abb. 3.2.12: Sacha Inchi Pflanze (links) und Früchte (rechts), Chang Rai University, Thailand (©D'Amico, 2015)

In den letzten Jahren ist das Interesse an Sacha Inchi aufgrund seines charakteristischen Geschmacks und seiner herausragenden chemischen Zusammensetzung in den Ländern des Nordens erwacht. In Asien, besonders in Thailand wird dieses Öl derzeit intensiv beforscht – Anbauversuche werden beispielsweise im Norden des Landes (Region um Chang Rai) unternommen (Rawdkuen, 2014). Erst seit 2013 ist Sacha Inchi Öl in der EU als Lebensmittel zugelassen in Speiseölen als Lebensmittelzutat und Nahrungsergänzungsmittel erhältlich - davor wurde es nur im Kosmetikbereich vertrieben. Sacha Inchi als Gesamtf Frucht ist allerdings noch immer als Novel Food eingestuft und bislang noch nicht zugelassen. Damit können derzeit weder die ganzen Samen noch das Protein für innovative Lebensmittel in der EU genutzt werden (European Commission, 2015). Exportiert wird Sacha Inchi Öl vor allem von Peru. Hauptimportländer sind Frankreich, Italien und Spanien (CBI Factsheet, 2014). In Europa wurden im Jahre 2014 insgesamt etwa 50 Tonnen an Sacha Inchi Öl importiert. Damit bewegt sich dieses Öl in einer sehr kleinen Nische. **Da es aber ein**

**noch sehr „junges“ Produkt in Europa ist, aber vielversprechende Eigenschaften besitzt, ist anzunehmen, dass das Marktvolumen in den nächsten Jahren steigen wird.**

#### 2.2.2.4. Schlussfolgerungen

Im Bereich der Leguminosen und Ölsaaten gibt es sehr viele interessante Alternativen, die vor allem in ernährungsphysiologischer Hinsicht eine gute Erweiterung des verwendeten Spektrums darstellen. Aufgrund der nachweislich sehr guten ernährungsphysiologischen Zusammensetzung wird sich der mengenmäßige Umsatz der vorgestellten neuen Rohstoffe Chia und Sacha Inchi eher steigern und sie werden sich in einem bestimmten Segment halten können. Auch Lupinen als Fleisch- und Sojaersatz werden eine gewisse Bedeutung erlangen. Dennoch werden sie zumindest in nächster Zukunft Nischenprodukte bleiben. Meist sind die neuen Rohstoffe sehr teuer im Vergleich zu den kommerziell im großen Stil angebauten Sorten, was ihre Verbreitung limitiert. Viele der interessanten Öle werden daher oft im Kosmetikbereich verwendet, einerseits weil sie als Lebensmittel in der EU noch keine Zulassung haben, zum anderen, weil hier eine ganz andere Wertschöpfungskette vorliegt, und teurere Rohstoffe durchaus eingesetzt werden können.

#### 2.2.3. „Superfrüchte“

Im Bereich der Früchte und Beeren ist ein wahrer Boom bezüglich sogenannter „Superfrüchte“ (*super fruits*) ausgebrochen. Das sind Früchte aus fernen Ländern, die mit vielversprechenden Eigenschaften angepriesen werden. Die Heilsversprechen umfassen dabei fast alle Bereiche; von verlangsamter Alterung über strahlende Schönheit bis zur Heilung unzähliger Krankheiten ist hier alles vertreten. Freilich, mit klinischen Studien sind diese Versprechen selten gestützt. Neben den gesundheitsbezogenen Wirkungen werden manche dieser Früchte als Ersatz für diverse Zusatzstoffe verwendet (z.B. Pulver aus Acerolakirschen statt isoliertem Vitamin C). Der zumeist hohe Preis dieser Früchte ist hier aber sicherlich ein großes Hindernis. Vier der derzeit besonders häufig vermarkteten Früchte werden hier kurz näher vorgestellt.

##### 2.2.3.1. Acerolakirschen

Acerolakirschen sind Steinfrüchte mit einem Durchmesser von 10 – 15 mm und stammen vor allem aus dem mittelamerikanischen Raum (Texas/USA, Mexiko, Guatemala) und Brasilien. Botanisch sind sie nicht mit unseren Kirschen verwandt.

Die Acerolakirsche (*Malpighia glabra*, Syn.: *Malpighia puniceifolia*) wird vor allem wegen des hohen Gehalts an Vitamin C (1400 – 4500 mg/100g Frischsaft; Assis et al., 2008) sehr geschätzt. Keine andere bekannte Frucht hat einen höheren Vitamin C-Gehalt. Acerolakirschen werden als Nahrungsergänzungsmittel vermarktet, aber auch als Lebensmittel (Saft) direkt verzehrt. Da sie frisch kaum haltbar sind, werden sie in der Lebensmittelindustrie in Form von Saft, Fruchtfleisch, Konzentrat und Pulver (sprüh- oder gefriergetrocknet) für verschiedenste Anwendungen eingesetzt – entweder zur Vitaminanreicherung oder zur Nutzung der antioxidativen Wirkung des Vitamin C anstelle von synthetischem Vitamin C.

### 2.2.3.2. Goji-Beeren

Goji-Beeren (dt. auch Wolfsbeeren) sind die orange-roten Früchte des Gemeinen Bocksdorns (*Lycium barbarum*, synonym: *L. halimifolium*) und werden vor allem in der chinesischen Küche und der traditionellen chinesischen Medizin (TCM) schon seit Tausenden von Jahren verwendet. Laut TCM wirken Goji-Beeren gegen hohen Blutdruck und hohen Blutzucker, bei Augenproblemen und werden zur Unterstützung des Immunsystems und zur Vorbeugung und Behandlung von Krebs eingesetzt. Als Lebensmittel werden die Früchte gekocht oder auch roh gegessen; einige Varianten sind allerdings sehr sauer. In Asien werden auch Blätter von Jungpflanzen als Blattgemüse verwendet, in der EU sind allerdings nur die Beeren erlaubt. In Tibet nennt man Goji-Beeren auch „Glücksbeeren“. In Europa sind sie seit etwa 5 – 10 Jahren erhältlich, anfangs vor allem in getrockneter Form, neuerdings auch in frischer Form. In Europa wird der Fruchtsaft von einigen Herstellern angeboten.

Die besonderen Heilsversprechen, die dieser Pflanze nachgesagt werden, sind besonders ein Anti-Aging-Effekt, und noch viele weitere, die zumeist unbestätigt sind. Fakt ist, dass Goji-Beeren einen hohen Gehalt an Antioxidantien (Zeaxanthin und Lutein) haben, die zum Teil für diese Wirkungen verantwortlich sein könnten. Einer Studie (in vivo) von Chan et al. (2007) zufolge konnten Extrakte aus Goji-Beeren den Verlust von retinalen Ganglienzellen bei Glaukumpatienten verhindern.

Einen offiziellen EU-Health Claim für Goji-Beeren gibt es bislang nicht.

### 2.2.3.3. Açai-Beeren

Açai-Beeren (sprich: *Assai*) sind die Früchte der Açaipalme (*Euterpe oleracea*) und sehen äußerlich den Heidelbeeren ähnlich. Sie sind ebenso dunkelblau-purpur und haben eine vergleichbare Größe. Die oft auch Kohlpalme genannte Pflanze wächst im Amazonasgebiet und Trinidad, wo die Beeren schon seit Jahrhunderten genutzt werden.

Ihren Ruhm verdanken die Açai Beeren dem Gehalt an Antioxidantien (Polyphenole wie z.B. Procyanidinoligomere, Protocatechuinsäure, Ferulasäure) (Pacheco-Palencia et al., 2008), denen grundsätzlich eine antioxidative Wirkung nachgesagt wird. Im Vergleich zu anderen Früchten oder Beeren (z.B. Acerolakirsche, Trauben) enthält sie aber laut einer Studie von Kuskoski et al. (2006) nur mittlere Mengen an Polyphenolen. Klinische Studien über die genaue Wirkung in der menschlichen Ernährung haben keine eindeutige Wirkung nachgewiesen (NutraIngredients, 2011).

In einschlägigen Websites werden Açai-Beeren als besondere „Wunderbeeren“ angepriesen, so sollen sie den Hunger mindern, zusätzlich die Fettverbrennung anregen und hochgradig entzündungshemmend, herzstärkend, immunsystemstärkend usw. sein. Der Hype um Açai-Beeren ist ein besonders gutes Beispiel von Marketing via Sozialmedien oder Internet und basiert nicht auf einer wissenschaftlichen Basis bezüglich ihrer gesundheitliche Wirkung. Nachdem in einer Talkshow von Oprah Winfrey (USA) ein Gast Açai-Beeren als Schlankmacher angepriesen hat, ist ein wahrer Boom um diese Beere ausgebrochen und zahlreiche Firmen werben mit unbestätigten Aussagen. Mittlerweile wurden viele dieser Firmen in den USA deswegen verklagt. Wissenschaftliche Studien zur gesundheitlichen Wirkung wurden nur begrenzt durchgeführt und erlauben keine eindeutige Aussage, bzw. widerlegen in anderen Fällen die Heilsversprechen (Heinrich et al., 2011). Freilich kommen diese Informationen auf den einschlägigen Medien zumeist nicht an.



#### 2.2.3.4. Noni

Noni ist die Frucht des Nonibaumes (*Morinda citrifolia* L.), bekannt auch als Indische Maulbeere. Die Frucht ist ein Fruchtverband aus Steinfrüchten und etwa hühnereigroß. Der Geschmack und Geruch der reifen Früchte ist ähnlich dem von Käse und wird daher manchmal als unangenehm empfunden. Die ursprüngliche Heimat sind die Urwälder in Norden Australiens, des westpazifischen Raumes und die polynesischen Inseln. In der traditionellen Volksmedizin Polynesiens wird Noni als Heilmittel eingesetzt. Seit einigen Jahren wird sie wegen dieser Heilsversprechen weltweit vermarktet. Aber auch für Noni fehlen eindeutige Studienbelege von gesundheitlichen Wirkungen, die über die Wirkung von anderen Fruchtsäften hinausgeht. In einschlägigen Seiten richten sich die Heilsversprechen von Noni auf eine positive Wirkung bei Diabetes und Arthritis, sie soll gegen Depressionen, Übergewicht, Stress und ähnliche Beschwerden helfen, aber alle diese Wirkungen konnten bislang nicht bestätigt werden.

In der EU wurde Noni im Jahre 2003 als Novel Food zugelassen. Auflagen für den Vertrieb waren unter anderem die Pasteurisierung des Getränks und der Verzicht auf Werbeaussagen, die dem Produkt eine gesundheitsfördernde Wirkung unterstellen. Seit 2008 sind auch Noni-Blätter als Novel Food zugelassen und seit 2010 Noni-Püree und Noni-Konzentrat.

Nachdem in Österreich Bedenken bezüglich der Lebertoxizität von Noni-Saft aufgetreten sind, wurde von der AGES eine Sicherheitsstudie durchgeführt. Sie kam zum Schluss: „Eine lebertoxische Wirkung durch das oben beschriebene Produkt ist aufgrund der derzeit vorliegenden Erkenntnisse nicht nachvollziehbar“. Auch die EFSA, die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit, hat auf Anfrage der EU das Thema wissenschaftlich bearbeitet und ist mit 6. September 2006 zum selben Ergebnis gekommen.“ (AGES, 2015).

#### 2.2.3.5. Schlussfolgerungen

Im Bereich der Früchte ist besonders auffallend, dass hier mit sehr vielen gesundheitlichen Aussagen geworben wird. Der Reiz des Exotischen befördert den Ruf dieser „Superbeeren“. Diese Früchte werden in verschiedenen Formen (Pulver, Saft, getrocknet, usw.) vorwiegend als Nahrungsergänzungsmittel zu sehr teuren Preisen verkauft.

Durch eine medienbedingte Aufmerksamkeit treten diese Früchte in einem anfangs oft höheren Umfang auf dem Markt auf und lösen einen gewissen Hype aus. Können sie aber die vielen Versprechen nicht halten beziehungsweise kommt ein neues „Supernahrungsmittel“, welches mehr verspricht, dann klingt der Hype rasch wieder ab. Zu beobachten ist dies beispielsweise für die Anzahl der neuen Produktzulassungen von Açaí-Beeren im Vergleich zu Goji-Beeren oder Acerolakirschen (Abb. 3.2.13). Açaí-Beeren waren vor fünf Jahren offensichtlich besonders „in“, ihr Marktvolumen ist aber inzwischen wieder stark gesunken.



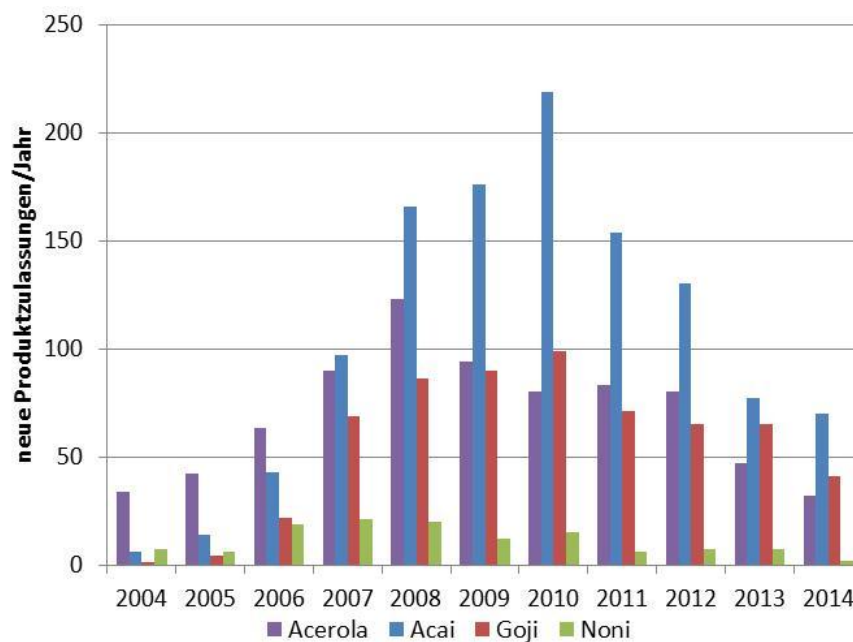


Abb. 3.2.13: Marktentwicklung der "Superfrüchte" in den letzten 10 Jahren (Datamonitor, 2015)

Objektiv betrachtet kann zusammengefasst werden, dass trotz überzogener Werbung und Vermarktung diese Früchte oft tatsächlich einen hohen Gehalt an verschiedenen wertbestimmenden Inhaltsstoffen haben und daher eine interessante Alternative zu den häufig konsumierten Früchten darstellen und für Abwechslung auf dem Speiseplan sorgen können. Damit haben sie eine berechnete Stellung in der Nahrungsvariation. Als „Medizin“ oder „unverzichtbar“ sollten sie aber keinesfalls angesehen werden, denn auch die bei uns üblichen und bekannten Früchte und Beeren weisen eine sehr gute Nährstoffdichte auf.

## 2.3. Neue, nichttraditionelle Rohstoffe (Novel Food)

### 2.3.1. Insekten

Insekten werden vielerorts als Lebensmittel der Zukunft angepriesen, unter anderen auch von den Vereinten Nationen (UN) (Kaffsack, 2013). Aufgrund des hohen Proteingehalts und der vorteilhaften Aminosäurezusammensetzung stellen sie eine alternative Proteinquelle zu Fleisch und Fisch dar. Erwähnenswert sind weiter die teilweise sehr hohen Eisen- und Zinkgehalte. Einige Insekten sind auch sehr vitaminreich. Aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung können Insekten eine weitere Proteinquelle darstellen, um alle Menschen möglichst flächendeckend mit vergleichbarer Qualität und Quantität an Nährstoffen zu versorgen. Von der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) wird in enger Zusammenarbeit mit Forschungsinstitutionen wie der niederländischen Universität Wageningen ebenfalls der Konsum von Insekten propagiert. In einem knapp 200 Seiten langen Bericht werden in diesem Zusammenhang die bisherigen Publikationen und Erkenntnisgewinne zu diesem Thema zusammengefasst (van Huis et al., 2013).

Insekten sind in vielen Ländern der Welt ein natürlicher Teil des Speiseplanes, in Europa und anderen westlichen Ländern sind Insekten dagegen tabuisiert, bzw. haben eine Ekel-Schranke. Der Verzehr von Insekten wird als Entomophagie bezeichnet.

Insekten sind in vielerlei Hinsicht nützlich für den Menschen. Als Bestäuber, zur Verbesserung der Bodenqualität, beim Abbau organischen Abfalls oder auch in medizinischen Anwendungen. Bekanntlich werden mancherorts lebende Maden zur Reinigung und Desinfektion von Wunden verwendet (Vantomme, 2010). Über 3.000 ethnische Gruppen in 113 Ländern ernähren sich zumindest teilweise von Insekten (MacEvily, 2000). Dabei werden Insekten entweder als billige Nahrungsquelle in ärmeren, ländlichen Regionen genutzt, während in anderen Regionen Insekten als wahre Delikatessen auf den Märkten verschiedener, vor allem asiatischer Länder gehandelt werden. Vereinzelt bieten auch Restaurants in Nordamerika oder Europa Insekten an (Ayieko et al., 2010). Der Verzehr von Insekten (Entomophagie) ist in den Tropen weiter verbreitet als in anderen Ländern. Einerseits ist das auf die ganzjährige Verfügbarkeit von mehreren größeren Insektenarten, andererseits auf das in früheren Zeiten knappe Vorhandensein von größeren Säugetieren wie Schweinen oder Rindern begründet.

---

### Vielfalt an Insektenarten – Vielfalt an (traditionellen) Gerichten

---

Laut van Huis et al. (2013) werden weltweit über 1.900 verschiedene Insektenarten als Nahrungsmittel verzehrt. Die beliebtesten sind Käfer (*Coleoptera*), Raupen (*Lepidoptera*), Bienen, Wespen und Ameisen (*Hymenoptera*), die alle zusammen bereits über 50 % aller verspeisten Insekten ausmachen. In geringerem Maße werden auch Grillen und Heuschrecken (*Orthoptera*), Zikaden oder Schildläuse (*Hemiptera*), Termiten (*Isoptera*), Libellen (*Odonata*), sowie Fliegen (*Diptera*) verzehrt. Angesichts der unglaublich großen Anzahl an Insektenarten weltweit (beinahe eine Million Arten sind bis heute beschrieben) ist es nicht verwunderlich, dass die ernährungsphysiologische Zusammensetzung nicht nur zwischen den Arten, sondern auch innerhalb einer Art, erheblich variiert. Hinzu kommen Faktoren wie Entwicklungsstadium und Zusammensetzung des Futters, die merkbare Auswirkungen auf die chemische Zusammensetzung haben. Fütterungsversuche mit Futter, welches einen hohen Gehalt an essentiellen Fettsäuren aufwies, hatten Auswirkungen auf die Fettsäurezusammensetzung der Insekten, führten aber auch zu einem höheren Proteingehalt (van Huis et al., 2013).

Die Zubereitung der Insekten kann auf vielerlei Arten erfolgen, wie z.B. kochen, dämpfen, dünsten, braten und rösten (Chen et al., 2009). Oft werden sie danach einfach nur noch gesalzen. So vielfältig die Insektenarten, so vielfältig sind die Gerichte, die daraus zubereitet werden können. Für die westlichen Essgewohnheiten ist der Verzehr der meisten Insektenspeisen allerdings (noch?) schwer vorstellbar. Chakravorty et al. (2011) beschreiben z.B. eine Methode, bei der Insekten in Bambusrohre gestopft werden, darin für knapp eine Woche geräuchert werden und entweder im Ganzen mit Chili und Salz gewürzt zu Reisgerichten gereicht oder zerstoßen und mit anderen Gewürzen und Zutaten zu Chutneys weiterverarbeitet werden. Für die Bevölkerung im Westen scheint das kaum appetitanregend.

#### 2.3.1.1. Chemische Zusammensetzung von Insekten

Generell scheinen Insekten ein ausgewogenes Nährwertprofil aufzuweisen. Betrachtet man den Energiegehalt, so erreichen sie Werte zwischen 89 kcal/100 g bei rohen Heuschrecken und 1.272 kcal/100 g bei rohen Weberameisen. Insekten wären somit für die verschiedensten Anwendungszwecke geeignet. In Entwicklungsländern oder generell für die Ärmere der Bevölkerung könnten energiereiche Arten für Ernährungszwecke gezüchtet werden; für die reicheren Bevölkerungsschichten, die ohnehin meist zu viel Energie aufnehmen, wären eher energieärmere Arten zu forcieren.

Wie eingangs schon erwähnt, enthalten Insekten Proteine von sehr hoher ernährungsphysiologi-

scher Qualität. Eine Erhebung der Aminosäureprofile von über 100 Insektenarten zeigte, dass die Profile dem Referenzprotein der FAO sehr nahe waren (Chen et al., 2009). Der Rohproteingehalt schwankt zwischen 20 – 70 %.

Die Ergebnisse der Fettbestimmungen von Insekten zeigten einen Gehalt zwischen 10 – 50 %. Larven und Puppen scheinen generell einen höheren Fettgehalt zu haben als ausgewachsene Exemplare. Genauso gibt es auch Arten mit geringeren Fettgehalten, wie beispielsweise die ausgewachsene Form von *Oxya chinensis* (eine Heuschreckenart), die nur 2,2 % Fett enthält. Generell zeigte sich, dass die Fettsäureprofile von Insekten denen von Geflügel oder Fisch sehr ähneln, jedoch in vielen Fällen mehr essentielle Fettsäuren enthalten als herkömmliches tierisches Fett. EPA oder DHA wurden in Insekten nur in Spuren gefunden, der Anteil könnte jedoch durch Fütterung mit Fischabfällen gesteigert werden (Rumpold & Schlüter, 2013).

Relativ niedrige Werte wurden für den Gehalt an Kohlenhydraten gemessen, welcher bei 1 – 10 % lag. Laut Sun et al. (2007) könnten einige in Insekten enthaltenen Polysaccharide das menschliche Immunsystem stärken. Wichtig ist bei Insekten der Chitingehalt, der über 90 % der Haut ausmacht. Der Gesamtanteil wird mit 5 – 15 % angegeben (Chen et al., 2009). Chitin, dem weltweit zweitmeistverbreiteten Polysaccharid nach Cellulose (van Huis et al., 2013), werden ernährungsphysiologisch und gesundheitlich wertvolle Eigenschaften nachgesagt. Nach Kadam & Prabhasankar (2010) soll Chitin stärkend auf das Immunsystem wirken und auch als Ballaststoff fungieren.

Den Mineralstoffgehalt betreffend, enthalten Insekten laut Rumpold und Schlüter (2013) einen hohen Anteil an Kalium, Kupfer, Eisen, Zink, Mangan, Selen und Phosphor. Der Gehalt an Calcium soll laut dieser Studie sehr gering sein, ebenso der Natriumgehalt. Aufgrund des weitverbreiteten Eisenmangels (weltweit sind zwei Milliarden Menschen davon betroffen; WHO, 2013) sehen manche Autoren ein großes Potential in Insekten, allen voran in Grillen der Art *Onjiri mammon*, sowie Termiten der Art *Oyala* und *Agoro*, um Eisen- oder Zinkmangel zu bekämpfen (Christensen et al., 2006). Bukkens (1997) berichtet von Eisengehalten in Insekten, die jene von Rindfleisch übertreffen. Erwähnenswert sind auch die Gehalte an Kupfer und – wie bereits erwähnt – Zink. Als Beispiel sei die Larve eines Rüsselkäfers, *Rhynchophorus ferrugineus*, genannt, die mit einem Gehalt an Zink von 26,5 mg/100g den Zinkgehalt in Rindfleisch mit 12,5 mg/100 g übertrifft (van Huis et al., 2013).

Auch die Vitamingehalte der Insekten sind nicht unbedeutend. Die Werte variieren jedoch je nach Insektenart, Entwicklungsstadium und den umgebenden Faktoren wie Fütterung. Es gilt die geeignetsten Arten für den jeweiligen Anwendungszweck zu finden und ihre Eigenschaften durch Fütterung zu optimieren. Laut Rumpold & Schlüter (2013) sind Insekten generell eine gute Quelle für Riboflavin, Pantothenensäure und Biotin. Manche Käfer und Heuschrecken liefern auch viel Folsäure (manche Arten bis zu 0,9 mg/100g); ein Vitamin, dessen Versorgungslage in der Bevölkerung oft und vor allem in den westlichen Ländern mangelhaft ist. Bukkens (1997) berichtet von Insekten, bei denen äußerst hohe Werte an Thiamin (4 mg), Riboflavin (8,9 mg) und Cobalamin (8,7 µg pro 100 g) gefunden wurden (zitiert nach van Huis et al., 2013).

### 2.3.1.2. Pharmakologische Wirkungen von Insekten

Neben der guten ernährungsphysiologischen Zusammensetzung werden den Insekten bestimmte pharmakologische Wirkungen nachgesagt und sie finden auch in der traditionellen chinesischen Medizin Anwendung. Ob das die Anwendung von Insekten als Lebensmittelzutat für Health Foods gerechtfertigt, muss allerdings noch von Fall zu Fall genau untersucht werden. Als Beispiele nennen Chen et al. (2009) Proteine und Peptide mit antibakterieller Wirkung, sowie Hormone und En-

zyme. In der chinesischen Medizin gilt die männliche Motte der Art *Antheraea pernyi* als ein wirksames Potenzsteigerungsmittel. Sogenannter Ameisenalkohol, erhalten durch *Polyrhachis dives* (eine Ameisenart), welche in Alkohol getunkt werden, soll das Immunsystem stärken. Vor allem in Form von flüssigen Extrakten oder zermahlen als Insektenmehl räumen Chen et al. (2009) Insekten ein hohes Potential zu einer gesunden Nahrungsergänzung ein. Mustafa et al. (2008) testeten das antibakterielle Potential des Öls des Melonenkäfers (*Coridius vidutus*) und konnten eine gute Wirkung gegen Gram-positive Bakterien nachweisen (zitiert nach Van Huis et al., 2013). Sie schlagen einen möglichen Einsatz als Konservierungsmittel in Fleischprodukten vor.

### 2.3.1.3. Umweltauswirkungen von Entomophagie (Insektenverzehr)

Der Verzehr von Insekten wird nicht nur aufgrund ihrer wertvollen ernährungsphysiologischen Zusammensetzung vorgeschlagen, sondern auch aus Gründen der Nachhaltigkeit. Im Vergleich zur herkömmlichen Fleischproduktion ist die Zucht von Insekten um sehr vieles effizienter und damit ressourcenschonender. In Abb. 3.2.14 findet sich eine Gegenüberstellung der Futterkonversionseffizienz von Grillen im Vergleich zu jener der drei Hauptmasttiere Geflügel, Schwein und Rind. Mitberücksichtigt ist die Tatsache, dass nur ein bestimmter Anteil des Tieres verzehrbar ist. Bei Grillen beispielsweise sind die Beine und die Flügel zu entfernen. Vor allem, wenn man die Bilanzen zwischen Futter-Input und tatsächlichem, verzehrbarem Fleisch als endgültiges Output vergleicht, schneiden Grillen um ein Vielfaches besser ab als die Säugetiere. Das heißt, es wird viel weniger Futtereinsatz für die gleiche Menge Produkt benötigt. Die Gründe hierfür liegen darin, dass Insekten Kaltblüter sind und keine Energie für ihre Temperaturerhaltung aufbringen müssen (van Huis et al., 2013). Neben der guten Futterkonversionsrate sind ihre rasche Reproduktionsrate und der geringe Flächenbedarf bei der Züchtung weitere Vorteile (Rumpold & Schlüter, 2013).

Bezüglich Klimawandel und dem damit verbundenem Thema der Treibhausgasemissionen erzeugen Insekten etwa um den Faktor 100 weniger Treibhausgase als Schwein und Rind. Methan wird laut Hackstein und Stumm (1994) nur von Kakerlaken, Termiten und Blatthornkäfern produziert (zitiert nach van Huis et al., 2013). In einer Weltallstudie wurde von Tong et al. (2011) die Larve des Seidenspinners (*Bombyx mori*) auf ihre Produktionstauglichkeit durch Respirationsversuche untersucht, in denen sie Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe maßen, bei paralleler Ermittlung der Nährstoffzusammensetzung. Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Seidenspinnerlarven im getesteten Szenario als beste tierische Proteinquelle im Vergleich zu Schnecken, Fisch, Huhn oder Schwein eigneten. Die Larven ließen sich unkompliziert auf geringer Fläche und unter geringer Abfallproduktion züchten. Sie wandelten für Menschen nicht verzehrbare Materialien in essbare, ernährungsphysiologisch hochwertige Biomasse um.

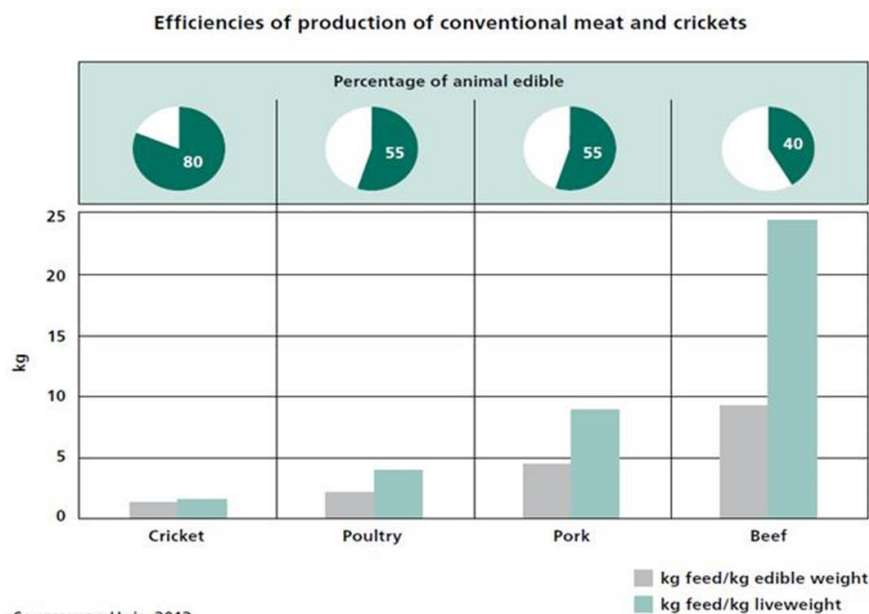


Abb. 3.2.14: Vergleich der Effizienz der Futterkonversion (van Huis et al., 2013).

Damit ergibt sich ein Modell für effiziente und schonende Nutzung der Ressourcen, nämlich die Züchtung von Insekten auf organischem Abfall. Aus Abfall könnte erneut verwertbares Protein zur Tierfütterung oder für den menschlichen Verzehr entstehen. Yen (2009) beschreiben die Möglichkeit Aquakultur oder Geflügelproduktion mit Insektenzucht zu koppeln. Ein in sich geschlossener Kreislauf, der den vom Huhn erzeugten Abfall den Insekten zur Verwertung zukommen lässt und diese Insekten wiederum dem Huhn als Futter nutzen lässt, wäre ideal. Im Allgemeinen könnten Insekten als Allesfresser bei der Reststoffverwertung von Nutzen sein. Grundsätzlich können sie sich sogar von Abfällen und Kot ernähren. Die Firma AgriProtein mit Sitz in Südafrika züchtet bereits Fliegen und Maden auf diese Weise für die Futtermittelindustrie (van Huis et al., 2013). Wie aber bereits erwähnt, wirkt sich die chemische Zusammensetzung des Futters auch auf die chemische Zusammensetzung und das Wachstum des Insekts aus. Für Insekten für den menschlichen Verzehr wäre auf Ausgewogenheit bezüglich der Nährstoffe zu achten. Hinzu kommt der Hygiene-Aspekt. Ungewiss ist, ob etwaige Keime übertragen werden könnten.

### 2.3.1.4. Zukünftige Herausforderung für den Verzehr und die Verarbeitung von Insekten

Eine der größten Herausforderungen für den breiten Verzehr stellt sicher die Ablehnung seitens der westlichen Bevölkerung dar. Bislang ist Insektenverzehr noch immer stark tabuisiert und die meisten Menschen graust schon allein beim Gedanken daran, Würmer, Maden, Bienen, Heuschrecken usw. auf dem Speiseteller vorzufinden. Historisch gesehen, bestand in den westlichen Kulturen aufgrund der ausreichenden Verfügbarkeit von größeren Säugetieren wie Schwein oder Rind keine Notwendigkeit Insekten in den Speiseplan zu integrieren. Das Sammeln und Verarbeiten dieser meist winzigen Tieren bedeutete einen immensen Mehraufwand, um an eine ausreichende Menge an Protein und anderen Nährstoffen zu kommen. Nur in sehr geringem Ausmaß kann Entomophagie im europäischen Kulturkreis historisch nachgewiesen werden. Laut van Huis et al. (2013) soll Aristoteles (384-322 v.Chr.) beispielsweise die Verwendung von Insekten als Nahrungsmittel erwähnt haben und bereits in der Bibel wird im Buch Leviticus der Konsum von Heuschrecken oder Käfer gebilligt. Mit der Sesshaftigkeit und dem Aufkommen von Ackerbau und Viehzucht scheinen Insekten aber nicht mehr für die Ernährung nötig gewesen zu sein. Sie wurden

in diesem Zusammenhang eher als Schädlinge gesehen und wurden oft auch mit Verderb in Zusammenhang gebracht. Dadurch erklären sich auch die entstandene Tabuisierung und die Ekel-Schranke gegenüber Insekten im Lauf der Geschichte.

Schaut man sich allerdings den westlichen Speiseplan genauer an, enthält die westliche Kost sehr wohl Nahrungsmittel, die den Insekten nicht ganz fern sind. Zu nennen wären hier alle Meeresfrüchte wie Shrimps, Garnelen, Seeigel, Tintenfische oder Weichtiere wie Schnecken. All diese tierischen Nahrungsmittel besitzen sogar durchwegs den Stellenwert von Delikatessen. Sowohl vom optischen Eindruck als auch zoologisch betrachtet sind diese Tiere von den Insekten nicht weit entfernt. Shrimps und Insekten sind beispielsweise beide Angehörige der Gruppe der Arthropoden (van Huis et al., 2013). Damit scheint eine Integration von Insekten in unsere tägliche Nahrung nicht ganz abwegig zu sein.

---

Die Frage erhebt sich, welchen Stellenwert Insekten als Nahrungsmittel einnehmen werden – Gaumenkitzel und Delikatesse für besondere Anlässe oder breite Anwendung in der täglichen Nahrung (z.B. Insektenburger)?

---

Die westliche Einstellung gegenüber Insekten kennt zumeist zwei Grundzustände: Ekel oder Neugierde, bzw. Neophobie und Neophilie. Daraus lässt sich folgern, dass auch die Bewerbung und Vermarktung auf zwei Arten erfolgen kann. Während Yen (2009) beispielsweise auf die Bekämpfung des Ekels durch Aufklärung setzen und Entomophagie als Beitrag zur Ernährungssicherung für die gesamte Weltbevölkerung sehen wollen (rationale Schiene), ergibt eine Fallstudie von Pascucci und De-Magistris (2013), dass in Europa Insekten wohl eher als ein extravagantes, ausgefallenes Essen angesehen wird. In Wien konnten Insekten bei einem 5 Gang Insekten-Menü, gekocht von Haubenchef Harald Irka bei einem „Insekten essen auf Sternen-Küchen Niveau“ im futurefoodstudio verkostet werden (Futurefoodstudio, 2015). Welcher dieser beiden Strategien letztendlich erfolgsversprechend sein wird, wird erst die Zukunft zeigen.

Um den Ekelfaktor gegenüber Insekten herabzusetzen, bieten sich einige Möglichkeiten:

- **Verarbeitung von Insekten zu Lebensmitteln, deren Äußeres optisch nicht mehr auf das Ausgangsmaterial rückschließen lässt:** Ayieko et al. (2010) testeten Produkte wie Würste und Fleischlaibchen, sowie Kräcker und Muffins auf Basis von Termiten und Fliegen in Regionen um den Victoriasee. Ihre Ergebnisse zeigten, dass die Verarbeitung dieser Insekten durchwegs positive Auswirkungen auf die sensorischen Eigenschaften des Produkts hatten und solche Produkte bei den meisten Testpersonen besseren Anklang fanden, als unverarbeitete Insekten. Da die eigentliche Hauptzutat nicht mehr sichtbar vorlag, reagierten auch Tester, die Entomophagie eher mit Angst begegneten, positiver.
- **Verarbeitung von Insekten zu Mehl, Granulat oder Pasten und deren Verwendung als Zutaten.**
- **Extraktion einzelner Inhaltsstoffe** wie Proteine, Chitin, Fette oder Spurenelemente und Vitamine.

Die beiden zuletzt genannten Möglichkeiten sind derzeit in der EU noch nicht umsetzbar. Laut derzeitiger Rechtslage ist es zwar erlaubt, Insekten als Lebensmittel zu verkaufen, allerdings unterliegen daraus isolierte Lebensmittelzutaten gemäß Artikel 1 der Novel-Food Verordnung einer Zulassung.

Vor einer breiten Anwendung in der europäischen Ernährung sind auch noch die folgenden, anwendungstechnischen Fragen und Probleme zu klären:



- Erstellung von Listen über essbare Insekten allgemein
- Charakterisierung der einzelnen Insekten: Chemische Zusammensetzung, ernährungsphysiologische Eigenschaften
- Charakterisierung eventuell vorkommender antinutritiver Eigenschaften bzw. gesundheitlicher Risiken (z.B. Allergene, mikrobielle Kontamination)
- Eignung und Möglichkeiten zur Züchtung
- Hygienische Bedingungen bei der Züchtung – Ausschaltung von Krankheitsrisiken durch Übertragung von Parasiten
- Festlegung des geeigneten Futters für die einzelnen Arten (Vermeidung der Aufnahme bzw. Anreicherung unerwünschter Stoffe)
- Entwicklung und Optimierung von Verfahren, um eine Züchtung und Produktion im großtechnischen Maßstab zu ermöglichen.
- Entwicklung und Optimierung von Aufbereitungsverfahren (z.B. Entfernung von Flügeln oder Beinen) und Verarbeitungsprozessen zur Herstellung von Lebensmitteln (z.B. Pulver, Pasten etc.)
- Haltbarkeitsstudien der verarbeiteten Produkte (Insekten sind wie alle tierischen Produkte sehr anfällig für Verderb).

Für eine kommerzielle Produktion von Insekten scheinen künstliche Züchtungsanlagen unabdingbar zu sein. Der natürliche Bestand unterliegt zu sehr den Schwankungen der Jahreszeiten und Witterungen. Bedenken werden hier allerdings gegenüber der Möglichkeit geäußert, dass gezüchtete Tiere ihren Weg in die freie Wildbahn finden könnten und eventuell Schäden unbekanntem Ausmaßes anrichten.

Zu den bisher unerforschten Risikofaktoren von auf Insekten basierenden Produkten gehören mögliche Ausbrüche von Zoonosen, die von Insekten auf Menschen übertragen werden können. Die Wahrscheinlichkeit dafür wird laut van Huis et al. (2013) zwar weitgehend als sehr gering eingestuft, da taxonomisch Insekten sehr weit vom Menschen entfernt sind, allerdings muss dieses Risiko in detaillierten Studien dennoch genau untersucht werden.

Nicht zu bestreiten ist jedenfalls die Tatsache, dass nicht alle Insektenarten zum Verzehr geeignet sind. Es existiert eine Reihe von Arten, die toxisch sein können. Oft kann dem durch Kochen, Entnahme der Eingeweide, oder wiederholtem Waschen mit warmem Wasser zur Entgiftung entgegengewirkt werden (Yen, 2009). Nishimune et al. (2000) berichteten über eine in gewissen Seidenraupen vorkommende Thiaminase, die für viele Fälle von Ataxie in Nigeria verantwortlich war. Durch ausreichendes Erhitzen kann dieses Enzym jedoch zerstört und so die Seidenraupen bedenkenlos verzehrt werden. Manche Insekten produzieren Toxine zum Selbstschutz (z.B. Pederin, ein toxisches Amid); oder nehmen sie über das Futter auf (z.B. cyanogene Glykoside, aus denen Blausäure abgespalten werden kann) (Rumpold und Schlüter, 2013). Möglich sind auch allergische Reaktion gegenüber Insekten (Yen, 2009). Dies betrifft vor allem Menschen, die auch gegen Krustentiere allergisch sind, weil, wie oben erwähnt, zwischen diesen Tierarten eine engere Verwandtschaft besteht. Sowohl antinutritive Inhaltsstoffe als auch allergene Komponenten betreffend sind umfassende Studien notwendig. Der derzeitige Kenntnisstand ist diesbezüglich noch nicht ausreichend.

Ein weiteres Risiko besteht bezüglich mikrobieller Kontamination. Auf der Oberfläche der Insekten anhaftend oder in den Gedärmen können beispielsweise Pathogene Mikroorganismen vorkommen (Banjo et al., 2006). Hygiene im Umgang mit Insekten in allen Verarbeitungsschritten ist daher besonders wichtig, um eine Kontamination mit Bakterien oder Pilzen zu vermeiden. Gerade

aufgrund ihrer guten Nährstoffzusammensetzung können Insekten ein idealer Nährboden für unerwünschte Bakterien sein (van der Spiegel et al., 2013). Eine ausreichende Hitzebehandlung und Gewissenhaftigkeit bei der Einhaltung von optimalen Lagerbedingungen sind grundlegend durchzuführen.

Genau kontrolliert werden muss die Verarbeitung der Insekten zu Lebensmitteln, um die Bildung von unerwünschten oder toxischen Stoffen zu verhindern. Im Fall der proteinreichen Insekten ist beispielsweise die Bildung von Acrylamid oder heterocyclischen aromatischen Aminen zu bedenken (van der Spiegel, 2013).

---

**Hauptaufgabe für die Zukunft wird es sein, die Befangenheit der Konsumenten gegenüber Lebensmitteln aus Insekten zu überwinden.**

---

Wenn all diese Fragestellungen und Risiken genau untersucht und charakterisiert werden, bleibt aber dennoch die große Aufgabe, den Konsumenten Nahrungsmittel aus Insekten schmackhaft zu machen. Die Überwindung der negativen Befangenheit wird sicherlich noch einige Jahre oder gar Jahrzehnte dauern. Die negativen Assoziationen zum Thema Insekten in Lebensmitteln sind sehr tief in unserer Gesellschaft verwurzelt. Maden werden meist mit Verdorbenem und mit Zersetzung in Verbindung gebracht. Pascucci und De-Magistris (2013) haben diesbezüglich eine Studie durchgeführt, bei der niederländische Konsumenten gebeten wurden, Produkte zu bewerten, die entweder ganze, sichtbare Insekten enthielten, oder verarbeitete, nicht mehr sichtbare. Zusätzlich wurden den Testpersonen unterschiedliche Zusatzinformationen über Insekten bereitgestellt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Konsumenten die Produkte, in denen das Insekt gut sichtbar war, eher negativ beurteilten. Auch zusätzliche Informationen über mögliche gesundheitliche Vorteile konnten die negativ gestimmten Meinungen nicht mildern.

### **2.3.1.5. Schlussfolgerungen**

Aufgrund ihrer hervorragenden ernährungsphysiologischen Zusammensetzung sind Insekten eine interessante Alternative, den Speiseplan zu erweitern und dadurch unter Umständen andere tierische Produkte zu reduzieren. Bis dieses Ziel erreicht werden kann, sind aber noch viele Forschungsfragen abzuklären, um eine risikofreie und kommerziell rentable Produktion von Insekten zu ermöglichen. Die Sammlung von wildlebenden Arten ist aus Kostengründen keine Alternative. Abgesehen davon gilt es hier zu beachten, dass es zu keiner Übernutzung wilder Insektenpopulationen kommt und dass die für Insekten als Lebensraum nutzbaren Flächen erhalten bleiben. Nachhaltigkeit muss sowohl bei einer Nutzung von wildlebenden Arten, als auch bei Produktion in Zuchtanlagen oberstes Gebot sein.

Selbst wenn alle Produktionsbedingungen und Risiken geklärt sind, so wird es die wichtigste Aufgabe sein, der Bevölkerung Nahrungsmittel aus Insekten anzubieten, die diese bereit ist zu essen. Auch wenn in anderen Regionen der Welt Insekten regelmäßig verzehrt werden, graust den europäischen Konsumentinnen und Konsumenten allein beim Gedanken an "Spinneneintopf" oder "Knusperameisen" (beides traditionelle Gerichte bei den Ureinwohnern Brasiliens). Eine Verarbeitung der Insekten zu einer Darbietungsform, in der die Insekten als solche nicht mehr wahrnehmbar sind, scheint eine Möglichkeit zu sein. Die Gewinnung von bestimmten Inhaltsstoffen aus Insekten und deren Einsatz in anderen Lebensmitteln wäre eine weitere. Allerdings müssen diesbezüglich noch viele Forschungsfragen geklärt und ihre Unbedenklichkeit nachgewiesen werden. Nach derzeitiger Rechtslage ist es zwar erlaubt, Insekten als Lebensmittel zu verkaufen, allerdings unterliegen daraus isolierte Lebensmittelzutaten der Novel-Food Verordnung und benötigen eine Zulassung.

**Zusammengefasst betrachtet, scheint eine breitere Nutzung von Insekten in der westlichen, menschlichen Ernährung noch in weiter Ferne zu liegen.**

## 2.3.2. Algen als Nahrungsmittel

In den letzten Jahren sind Algen vermehrt in Lebensmittelprodukten zu finden. Die Verwendung von Algen beruht vor allem auf ihren wertvollen ernährungsphysiologischen Inhaltsstoffen, allen voran der hohe Gehalt an Omega-3 Fettsäuren, aber auch essentiellen Aminosäuren. Einige Algen enthalten darüber hinaus einen nennenswerten Gehalt an Mineralstoffen oder Vitaminen.

Algen sind ein Nahrungsmittel das aus den Weltmeeren gewonnen wird. Dabei werden einzellige Algen (sogenannte Mikroalgen oder auch Phytoplankton genannt, mit einem Durchmesser von meist nur 1 – 50 µm) von sogenannten Makroalgen (multizelluläre Organismen) unterschieden. Algen wandeln Kohlendioxid in Biomasse um und erzeugen dabei Sauerstoff, genauer gesagt mehr als 75 % des Sauerstoffs, der von Mensch und Tier gebraucht wird. Laut Wolkers et al. (2011) existieren 200.000 – 800.000 verschiedene Algenarten, die bei weitem nicht alle taxonomisch zugeordnet sind.

---

Für Ernährungszwecke sind folgende Algengruppen am bedeutendsten: Grünalgen, Rotalgen, Kieselalgen, Braunalgen, Goldalgen, Gelbgrüne Algen und Blaualgen (eigentlich Cyanobakterien).

---

Von **Grünalgen** (*Chlorophyta*) gibt es ca. 7.000 Arten, sie wachsen entweder im Meer (2/5 aller Arten) oder Süßwasser (3/5 aller Arten), daneben gibt es auch landlebende Vertreter. Eine häufig genutzte Mikroalgenart aus der Gruppe der Grünalgen sind die **Chlorellaarten**.

**Rotalgen** (*Rhodophyta*) sind vorwiegend im Meer zu finden, manchmal auch in kalten sauberen Bächen. Aus Rotalgen werden Agar-Agar und Carrageen, die als Hydrokolloide in der Lebensmittelindustrie Anwendung finden, gewonnen. Manche Rotalgen werden auch direkt verzehrt, z.B. als Nori (geröstete, dunkelgrüne, quadratische, papierartige Blätter aus Meeresalgen) für Sushi.

**Kieselalgen** (*Bacillariophyta* oder Diatomeen) sind vorwiegend im Meer lebend. Sie sind Hauptbestandteil des Meeresphytoplanktons und sind die wichtigsten Primärproduzenten organischer Stoffe, also einen wesentlichen Teil der Basis der Nahrungspyramide. Marine Diatomeen können zu Vergiftungen bei Mensch und Tier führen, weil einige Arten das Toxin Domoinsäure produzieren. Manche Meerestiere, wie z. B. Muscheln oder auch Fische können diese Diatomeen akkumulieren. Kommt es zum Verzehr solcher mit Domoinsäure angereicherten Organismen durch den Menschen, treten Vergiftungserscheinungen auf.

Von **Braunalgen** (*Phaeophyta*) existieren ca. 1.500 Arten, die fast ausschließlich im Meer vorkommen. Es gibt sehr kleine, zart gebaute, fädige, bis sehr große, außerordentlich widerstandsfähige, derbe Organismen. Aus Braunalgen werden Alginat gewonnen, die als Verdickungsmittel eingesetzt werden. Einige Braunalgenarten werden auch direkt gegessen, z.B. Kombu (*Saccharina japonica* und andere *Saccharina*-Arten), Wakame (*Undaria pinnatifida*) und Cochayuyo (*Durvillaea antarctica*).

**Goldalgen** (*Chrysophyta*) sind selten marin, sondern kommen meist im Süßwasser vor, ebenso wie die gelbgrünen Algen (*Xanthophyceae*). Die Einteilung dieser beiden Gruppen ist taxonomisch nicht eindeutig geklärt. In der klassischen Einteilung der Algen werden die *Chloromonadophyta*, gelbgrünen Algen, Goldalgen, Kieselalgen und die Braunalgen als Klassen zu der Gruppe *Heterokontophyta* gestellt.

**Blualgen** werden heute nicht mehr den Algen zugeordnet, weil es sich nach derzeitigem Kenntnisstand um Cyanobakterien handelt. Sie zeichnen sich vor allen anderen Bakterien durch ihre Fähigkeit zur Photosynthese aus. Da sie auch heute oft noch als Algenlebensmittel vermarktet werden, finden sie in diesem Kapitel Berücksichtigung. **Spirulina** ist eine Gattung der Cyanobakterien („Blualgen“) und wird im Handel als wichtigster Vertreter der Mikroalgen angeboten.

Nicht selten findet man Algen in extremen Habitaten. So ungewöhnlich ihre Lebensräume sind, so ungewöhnlich sind auch so manche Sekundärmetabolite, die sie erzeugen. Dabei handelt es sich um biologisch aktive Substanzen, die für Menschen nützlich sein könnten. Durch maßgefertigte, kontrollierte Produktionsbedingungen lassen sich Algen dahingehend züchten, dass sie die größtmögliche Menge an bestimmten bioaktiven Substanzen produzieren (Plaza et al., 2008). Der Gehalt an Mikronährstoffen hängt von der Qualität des Wassers ab, in dem die Algen wachsen. Das gilt sowohl für wildwachsende Algen als auch für Algen aus Zuchtanlagen.

### 2.3.2.1. Chemische Zusammensetzung von Makroalgen

Algen bilden die Futtergrundlage für die meisten Meeres- beziehungsweise Wasserbewohner. Sie sind eine gute Quelle für verschiedene Farbstoffe, Antioxidantien, Proteine und Stärke. In den letzten Jahren wurden rund 15.000 neue chemische Stoffe in Algen entdeckt (Wolkers et al., 2011). Das Nährwertprofil von Algen ist damit durchwegs positiv. Durch gezielte Manipulation der Umgebungsbedingungen können Algen dazu veranlasst werden, bestimmte Stoffe vermehrt zu produzieren. Bei Mikroalgen wird unter limitiertem Stickstoffangebot beispielsweise vermehrt Öl in die Zellen eingelagert, durch hohe Lichteinstrahlung wird die Produktion von Carotinoiden angekurbelt (Wolkers et al., 2011). Die Voraussetzungen für eine breite Anwendung von Algen auch im Lebensmittelbereich sind denkbar gut.

Eine Studie durchgeführt von Dawczynski et al. (2007) ermittelte die chemische Zusammensetzung von 34 essbaren Makroalgen. Die getesteten Sorten hatten alle relativ niedrige Fettgehalte mit durchschnittlichen Werten von 2,3 g bezogen auf 100 g Produkt (halbtrocken). Hohe Gehalte an Omega-3-Fettsäuren, vor allem an Eicosapentaensäure (EPA) mit etwa 50 % Anteil am Gesamtfettsäuregehalt wurden gefunden. Das Verhältnis von Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren stellte sich als ideal heraus. Üblicherweise werden (Meeres)Fische als Quelle für Omega-3-Fettsäuren herangezogen. Fische bilden aber diese Fettsäuren nicht selbst, sondern reichern diese in ihrem Gewebe aufgrund des Algenverzehrs an. Das führte zur Überlegung Omega-reiche Öle nicht aus Fischen sondern aus Algen zu gewinnen, beziehungsweise die Algen für diese Zwecke zu kultivieren. Tab. 3.2.5 zeigt, dass einige solcher Öle aus *Schizochytrium*- und aus *Ulkenia*-Algen bereits als Novel Food in der EU zugelassen und auf dem Markt sind. Ihr Zusatz muss in der Zutatenliste kenntlich sein.

Der Proteingehalt unterliegt großen Schwankungen, weil er sehr von der Art der Algen abzuhängen scheint. Rotalgenarten haben rund 26,6 g, Braunalgenarten nur rund 12,9 g pro 100 g Masse. Die Umweltbedingungen scheinen den Proteingehalt zu beeinflussen. Die Zusammensetzung der essentiellen Aminosäuren der Algenspezies *Porphyra sp.* (eine Rotalge) ist durchaus vergleichbar mit der von Sojaprotein (Fleurence, 1999).

Beachtlich ist der durchwegs hohe Gehalt an Ballaststoffen, welcher im Durchschnitt bei 46,2 g pro 100 g Produkt angesiedelt ist und damit teilweise über dem der meisten Obst- und Gemüsesorten liegt. Der gesundheitliche Nutzen von Algen-Faserstoffen ist wissenschaftlich mehrfach belegt und beruht vor allem auf ihrer positiven Wirkung auf die Verdauung, den Darm und die Darmflora (Dawczynski et al., 2007; Jiménez-Escrig & Sánchez-Muniz, 2000; Guidel-Urbano & Goni, 2002).

Bekannt und schon lange genutzt sind Algen im Bereich der Zusatzstoffe, denn Algen enthalten lösliche Polysaccharide, wie z. B. Agar-Agar oder Carrageen in Rotalgen und Alginat in Braunalgen. Als Hydrokolloide werden diese aus den Algen isolierten Substanzen in der Lebensmittelindustrie schon seit vielen Jahren eingesetzt. Andere vorkommende Kohlenhydrate sind Cellulose, Xylan, Mannan, Mannitol oder verschieden gebundene Glucane. Die Art und Menge dieser Kohlenhydrate ist sehr artenspezifisch (Dawczynski et al., 2007).

Viele Algen weisen einen hohen Mineralstoffgehalt auf, der den Landpflanzen oder tierischen Produkten überlegen ist. Laut Rupérez (2002) kann nur Spinat solche hohen Werte erzielen. Die Mineralstoffe (Metallionen) sind dabei oft an die anionische Phosphat-, Sulfat- und Carboxylgruppen der Polysaccharide und Proteine in und an den Zellwänden der Makroalgen gebunden. Rupérez (2002) gibt die durchschnittlichen Aschegehalte mit Werten zwischen 21,1 – 39,3 % an. Der Nachteil eines so hohen Mineralstoffgehaltes ist allerdings, dass neben den für den Menschen essentiellen Mineralien auch unerwünschte Metalle in den Algen angereichert werden. So sind unter anderem Metalle wie Arsen, Cadmium, Blei oder Antimon in Algen zu finden. Der tatsächliche Mineralstoffgehalt und dessen Zusammensetzung ist einerseits von den Umweltbedingungen abhängig, aber auch von der Zusammensetzung und dem Aufbau der Algenzellen selbst (Ródenas de la Rocha, 2009). In optimaler Umgebung ohne nennenswerte Schwermetallbelastung haben Algen ein großes Potential, um als wichtige Mineralstoffquelle in der menschlichen Ernährung zu dienen.

Produkt/Verwendungszweck	Antragsteller	Beantragt in	Status
<b>Algenöl</b> - DHA-reiches Öl mit mehrfach ungesättigten Fettsäuren	OmegaTech	UK 02/2001	Zulassung erteilt am 05.06.2003 (2003/427/EG)
<b>DHA-reiches Öl aus <i>Schizochytrium</i> sp.</b> – Ausweitung der Anwendung - Lebensmittelzutat	Martek Biosciences	UK 01/2008	Zulassung erteilt am 22.10.2009 (2009/778/EG)
<b>Algenöl</b> - DHA-reiches Öl aus der Mikroalge <i>Ulkenia</i> sp. als Zutat für Backwaren, Speisefette- und öle, Riegelerzeugnisse, Getränke	Nutrinova	DE 11/2004	Zulassung erteilt am 21.10.2009 (2009/777/EG)
<b>DHA und EPA von <i>Schizochytrium</i> sp</b> - Lebensmittelzutat	Martek Biosciences	UK 01/2011	Schreiben der englischen Erstprüfbehörde (keine Einwände)
<b>DHA-reiches Algenöl (Ausweitung der Anwendung)</b>	DSM Nutritional Products	UK 11/2013	

Tab. 3.2.5: Anträge auf Zulassung neuartiger Lebensmittel gemäß Artikel 4 der Verordnung (EG) Nr. 258/97, Stand 17.04.2014 (BfR, 2014)

### 2.3.2.2. Chemische Zusammensetzung der Mikroalgen

Die wichtigsten Vertreter der Mikroalgen, die für die menschliche Ernährung verwendet werden sind *Chlorella vulgaris*, *Haematococcus pluvialis*, *Dunaliella salina*, *Isochrysis galbana* und *Diacronema vlkianum*. Daneben werden auch die Spirulinaarten, eigentlich Cyanobakterien oft als Algen gehandelt. Sie werden vor allem aufgrund ihres hohen Gehaltes an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, Protein, Aminosäuren, Antioxidantien, Vitaminen und Mineralien als Nahrungsergänzungsmittel angepriesen.

Christaki et al. (2011) untersuchten die Nährstoffzusammensetzung von Mikroalgen. Der Gehalt an Lipiden wies große Unterschiede zwischen den getesteten Arten auf, er reichte von 3 – 22 % in der Trockenmasse. Auch die Mikroalgen enthielten hohe Mengen an Docosahexaensäure (DHA) und Eicosapentaensäure (EPA).

Der Rohproteingehalt befand sich zwischen Werten von 39 – 71 %, in manchen Algenarten ist die Aminosäurezusammensetzung mit jener des Eies oder der Sojabohne vergleichbar (Becker, 2007).

De Jesus Raposo et al. (2013) fanden bei diversen Mikroalgen Kohlenhydratgehalte von etwa 10 – 15 %, höhere Werte werden von Christaki et al. (2011) angegeben, die Werte zwischen 8 – 32 % fanden. De Jesus Raposo et al. (2013) fanden weiter einige bioaktive Exopolysaccharide, die entzündungshemmend, antiviral oder antioxidativ wirken können.

Auch als Vitamin- und Mineralstofflieferanten sind Mikroalgen durchaus geeignet. Nennenswerte Mengen an Tocopherolen, Ascorbinsäure, den Vitaminen B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, Niacin, Biotin und B<sub>12</sub> wurden gemessen, sowie die Mineralstoffe Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium, Eisen, Zink, Mangan und Kupfer (Christaki et al., 2011; Becker 1994). Besonders der Gehalt an Vitamin B<sub>12</sub> ist hier hervorzuheben, denn Pflanzen verfügen allgemein über sehr geringe Gehalte an diesem Vitamin. Christaki et al. (2011) konnten eine Menge von 0,5 – 2 mg/g in Spirulina nachweisen. Das macht Algen für Vegetarier oder Veganer interessant, weil sie aufgrund des Verzichts auf tierische Lebensmittel oft Probleme mit der Deckung des Bedarfs an diesen Vitaminen haben.

Neben diesen Makro- und Mikronährstoffen sind auch sekundäre Metabolite vorhanden, z.B. die Antioxidantien  $\beta$ -Carotin oder Astaxanthin (Christaki et al., 2011).

### 2.3.2.3. Verwendung von Algen in der menschlichen Ernährung

Genau genommen haben Algen schon lange weltweit Einzug in die Ernährung gefunden. Im asiatischen Raum ist der Verzehr von Algen kulturell tief verankert. In Europa dienen sie bisher hauptsächlich als Quelle für Hydrokolloide wie Agar-Agar, Carrageen und Alginate; alles Polysaccharide, die zur Gelbildung, Verdickung, Wasserbindung und Ähnlichem zugesetzt werden. Die mittlerweile weltweit häufig konsumierten asiatischen Gerichte wie Sushi und Maki enthalten Algen als eine wesentliche Zutat.

Dawczynski et al. (2007) berichten, dass etwa 15 – 20 Algenstämme in Europa zum Verzehr verkauft werden. Viele Algenarten, darunter *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina* oder *Spirulina maxima*, werden derzeit vor allem als Nahrungsergänzungsmittel in getrockneter, pulverisierter Form angeboten (Wolkers et al., 2011).



Die Hauptgründe für die Verwendung von Algen in der Ernährung sind weniger auf technologische Gründe als vielmehr auf ernährungsphysiologische Aspekte zurückzuführen. Algen sind eine hervorragende Quelle für viele essentielle Nährstoffe, aber auch sekundäre Pflanzenstoffe wie Antioxidantien oder Farbstoffe. Die Verwendung von Algen kann als geeigneter Rohstoff angesehen werden, um Lebensmittel auf natürliche Weise mit einem Zusatznutzen zu versehen.

---

Einige Forscher versuchen ein breiteres kulinarisches Anwendungsspektrum zu eröffnen. Unzählige Möglichkeiten wurden in diesem Zusammenhang untersucht. Cofrades et al. (2008) versuchten den hohen Salz- und Fettgehalt (vor allem an gesättigten Fettsäuren) in Fleisch- und Wurstwaren durch einen Zusatz von Algen auszugleichen. Damit ließ sich die Textur von Salz- und fettreduzierten Fleisch- und Wurstwaren modifizieren. Christaki et al. (2011) schlugen die Verwendung von Algen in Nudeln, Keksen, Brot, Süßigkeiten, Joghurt oder Softdrinks vor. Auch Prabhasankar et al. (2009) führten Versuche mit Algenzusatz in Pastaprodukten durch und konnten so das Glutennetzwerk in den Endprodukten verstärken (zitiert nach Kadam & Prabhasankar, 2010)

Eine weitere Möglichkeit Algen in Lebensmittel einzubringen ist die Isolierung von bestimmten Inhaltsstoffen, wie das oben am Beispiel von Algenöl bereits angeführt wurde. Isolierte Algenproteine oder Vitamine können Backwaren zugesetzt werden, um die Qualität der Endprodukte zu steigern (Woltersdorf et al., 2002).

#### 2.3.2.4. Risiken für die Nutzung von Algen als Nahrungsmittel

Gedanken an abgestandene Gewässer voller Algen wecken nicht gerade den Appetit und die oftmals schleimig-glitschige Textur von Algen ist auch nicht besonders ansprechend. Darüber hinaus existieren bezüglich Algen noch weitere Bedenken. Wie schon bei Insekten sind auch manche Algenarten im wahrsten Sinn des Wortes mit Vorsicht zu genießen. Einige Algen können Neuro- oder Hepatoxine produzieren, die sich in weiterer Folge in anderen Meerestieren wie Fischen oder Muscheln anreichern und somit ihren Weg in die menschliche Nahrung finden können (van der Spiegel et al., 2013). Solche Muschelvergiftungen [amnestische oder zentralnervöse Form (*amnesic shellfish poisoning*, ASP) werden durch Toxine, wie die schon erwähnte Domoinsäure hervorgerufen. Kochen der kontaminierten Nahrungsmittel führt nicht automatisch zur Inaktivierung von Toxinen.

Gleichfalls berücksichtigt werden muss das Vorkommen von möglichen Pathogenen, Pestizid- oder Schwermetallrückständen oder das Vorhandensein von Allergenen. De Oliveira et al. (2009) fanden in einigen Algen antinutritive Stoffe wie Lektine, Phytinsäure, Tannine oder Trypsininhibitoren, sowie teilweise problematische Schwermetallgehalte. Die Anreicherung radioaktiver Isotope ist gleichfalls möglich. Umweltbedingt können auch Ammoniak oder Dioxine vorhanden sein.

Ein weiteres Risiko besteht im hohen Jodgehalt, der in manchen Algen bedenklich hohe Werte erreichen kann (van der Spiegel et al., 2013). Der durchschnittliche Jodgehalt von Algen wird mit 50 µg/100 g frischer Algen angegeben. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt eine maximale tägliche Aufnahme von 200 µg.

Für eine breite Kultivierung von Algen sind noch ausführliche Risikoanalysen durchzuführen, um die genannten Risiken mit allen verfügbaren Mitteln zu minimieren. In Prozessen, bei denen Abwässer oder Abfälle von Algen recycelt werden, muss noch genau erforscht werden, ob und wie die Nutzung solcher Abfälle eventuell neue Risiken generiert, z.B. Akkumulation schädlicher Substanzen, unvorhersehbare Modifizierungen oder Kontaminierungen (van der Spiegel et al., 2013).

Auch hier gilt, die Verwendung neuer Algenarten für die Lebensmittelindustrie muss laut Novel

Food Verordnung erst bewilligt werden, um Konsumenten vor Risiken zu schützen.

### 2.3.2.5. Ökologische Aspekte der Algenproduktion

Eine der Gründe Algen für die Ernährung zu nutzen besteht in ihrer positiven Ökobilanz während der Produktion. Algen betreiben Photosynthese und können überschüssiges Kohlendioxid in Biomasse konvertieren. Sie sind relativ einfach in großem Maßstab zu kultivieren und viele Arten wachsen sehr schnell (Plaza et al., 2008). Ein großer Vorteil laut Gouveia & Oliveira (2009) und Wolkers et al. (2011) ist außerdem, dass sie an Orten kultivierbar sind, an denen kaum andere Pflanzen angebaut werden können, wie etwa in Wüsten oder Küstenregionen.

Mit Algen lässt sich nicht nur umweltschonend eine breite Palette an Produkten erzeugen, sondern sie sind in der Lage Abfälle anderer Prozesse zu minimieren, indem sie diese erneut in wertvolle und verwertbare Biomasse umwandeln. Sie recyceln Nährstoffe und benötigen dabei vergleichsweise wenig Wasser. Algen sind auch sehr flexibel einsetzbar. Neben der Verwendung für Ernährungszwecke können Algen auch zur Energiegewinnung („Algendiesel“) genutzt werden. Wolkers et al. (2011) rechnen vor, dass eine Algenproduktion auf einer Fläche der Größe Portugals den jährlichen Treibstoffverbrauch für den europäischen Verkehr decken könnte. Als Nebenprodukt würden dabei noch zusätzlich 0,3 Milliarden Tonnen Protein für die Lebensmittelindustrie oder Futtermittelindustrie anfallen, die 40-fache Menge an jährlich importiertem Sojaprotein. Die Kohlendioxid-Bilanz würde gleichfalls davon profitieren. Auch Bioplastik kann aus Algen gewonnen werden (Lenihan-Geels et al., 2013; Wolkers et al., 2011). Verpackungen aus Algen für Produkte aus Algen wären somit denkbar.

### 2.3.2.6. Schlussfolgerungen

Aufgrund der Tatsache, dass Algen relativ umweltfreundlich erzeugt werden können, werden sie zunehmend auch für weitere Lebensmittelanwendungen vorgeschlagen. Wie Insekten können Algen aufgrund ihrer geringen Größe auch an ungünstigen Standorten – zumindest in geschlossenen Systemen – gezüchtet werden. Diese Produktionsweise erlaubt eine umweltfreundliche Herstellung von Nahrungsmitteln mit einem ausgewogenen Nährwertprofil oder eine potentielle Reststoffverwertung.

Für die Nutzung von Algen in breiterem Umfang besteht aber noch erheblicher Forschungsbedarf, um in Zusammenarbeit mit der Gesetzgebung die Risiken und Nutzen von Algen in der Ernährung abzuschätzen und Richtwerte festzulegen. Vor allem der hohe Jodgehalt in vielen Algenarten wird von vielen Seiten als bedenklich erachtet.

Spannend bleiben aber, ähnlich wie bei den Insekten, jedenfalls die Reaktionen der Konsumentinnen und Konsumenten. Die Akzeptanz gegenüber Algen und Insekten als künftigen Nahrungsquellen muss sich erst noch entwickeln.

## 2.4. Gesamtresümee und Ausblick

Anhand der beschriebenen neuen Rohstoffe und ihrem Marktpotential lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Je leichter sich neue **Rohstoffe in die bestehende Lebensmittelverarbeitung bzw. in bestehende Produkte integrieren** lassen (technologisch und sensorisch), desto mehr sind oder werden sie am Markt vertreten (sein). Die sensorische Qualität spielt dabei für die langfristige Akzeptanz eine entscheidende Rolle. Wie hoch sich der Marktanteil dieser „neuen“ Produkte entwickelt, ist aber in erster Linie vom Preis für diese Produkte abhängig. Es wird immer teure Spezialitätenprodukte in Nischen geben, aber Massenprodukte werden sie erst, wenn sie einen gewissen Preis nicht überschreiten.
- Die **steigenden Zahlen an Nahrungsmittelunverträglichkeiten** sind ein nicht weg zu diskutierender Faktor für den steigenden Marktanteil an alternativen Rohstoffen und Produkten. Der Bedarf an glutenfreien Lebensmitteln beispielsweise kann mit etwa 10 % der Bevölkerung eingeschätzt werden und war sicher einer der Hauptgründe, weshalb gerade das Angebot an Pseudogetreidearten und Produkten daraus in den letzten Jahren so stark zugenommen hat.
- Immer dann, wenn neue Rohstoffe durch **sachliche Argumente und fundierte Fakten überzeugen, können sie sich am ehesten längerfristig am Markt etablieren**, allerdings wieder preisabhängig in einem kleineren oder größeren Segment. Als deutlichstes Beispiel sollen hier wieder die glutenfreien Getreide- und Pseudogetreidearten genannten werden. Auch wenn diese begleitet von unsachlichen Argumenten kurzfristig einen Hype (vor allem in der USA) erzielten, so scheinen sich glutenfreie Rohstoffe doch auf einem höheren Niveau am Markt zu etablieren (siehe dazu Kapitel 1.2.2.1). Goji-Beeren, ein zweites Beispiel aus dem Bereich der Superfrüchte, deren ernährungsphysiologisch positive Eigenschaften zumindest teilweise nachgewiesen wurden, scheinen sich eher durchzusetzen als Açaï-Beeren, die mit besonders auffälligen „Heilsversprechen“ völlig überzogen angepriesen wurden.
- Lebensmittel, die mit rein emotionalen, sachlich meist unbewiesenen oder gar unrichtigen Argumenten beworben und vermarktet werden, erreichen erfahrungsgemäß einen kurzfristigen **Hype, der nach einigen Jahren wieder abflacht**. Eine Zeitlang sind diese in Mode und wer „in“ ist kann nicht darauf verzichten, aber sobald was Neues am Markt erscheint, werden diese abgelöst. Nur ein begrenzter Personenkreis lässt sich von solchen Argumenten ansprechen.
- Über all diesen Argumenten wird aber immer der **Preis** stehen: Solange der Preis eines Lebensmittels einen entscheidenden Faktor für eine Kaufentscheidung der Konsumenten darstellt, solange werden Produkte aus den meisten dieser neuen Rohstoffe immer nur ein Nischensegment einnehmen.

Als Beispiel für obige Argumente dient die Produktpalette, die auf der Biofach-Messe in Nürnberg 2015 (NürnbergMesse, 2015) – eine der bedeutendsten Messen im deutschsprachigen Raum zu Biolebensmittel (und Lifestyle/Wellness) – ausgestellt wurden. Viele der in diesem Kapitel beschriebenen, neuartigen Lebensmittel waren dort sehr prominent vertreten. Allein 79 Produkte gab es im Zusammenhang mit Chiasamen, entweder pur oder Produkte daraus. 78 Produkte betrafen Quinoa in all ihrer Sortenvielfalt, also von weißen über roten bis hin zu schwarzen Sorten. Rote und schwarze Quinoasorten waren bis vor etwa zwei Jahren in Europa nur ganz wenigen Menschen bekannt. Im Bereich der Früchte fanden sich Lebensmittel aus Goji-Beeren (42), Açaï-Beeren (19), Noni (13) und Acerolakirschen (17). Algenprodukte gab es 64, während interessanterweise keine Produkte aus oder mit Insekten ausgestellt wurden. Das mag natürlich auch daran liegen, dass es bislang keine „biozertifizierten“ Insekten gibt.

**In Zukunft wird es wichtig sein, die neuen Rohstoffe einer genauen Prüfung zu unterziehen. Dazu müssen die oft noch fehlenden Kenntnisse über die chemische Zusammensetzung und die ernährungsphysiologische Wirkung von beworbenen Inhaltsstoffen ermittelt werden, um diese neuen Rohstoffe mit fundierten Fakten und auf „ehrliche“ Weise zu nutzen und zu vermarkten. Die Schaffung neuer, innovativer Produkte aus alternativen Rohstoffen und damit die Erweiterung der Nahrungsvielfalt verlangt nach gemeinsamen Aktionen von Verarbeitern, Züchtern und Forschern.**

### 3. Gesamtverwertung und Fraktionierung von Rohstoffen

Wie im Kapitel 1.2 über neue Rohstoffe schon beschrieben, enthalten viele Lebensmittel im Supermarkt immer die gleichen Rohstoffe. Weizen beispielsweise kommt in etwa 30 % der Lebensmittel vor.

**Wie ist es möglich, dass aus einem Rohstoff so viele unterschiedliche Produkte hergestellt werden können?** Wie kann Weizen beispielsweise in so vielen verschiedenen Produkten eingesetzt werden und trotzdem gibt es eine so große Vielfalt an Lebensmitteln? Die Antwort liegt darin, dass Weizen nicht (nur) als Ganzkorn verwendet wird, sondern in eine Vielzahl von Zwischen- und Endprodukten verarbeitet wird, die dann für die verschiedenen Lebensmittel genützt werden können.

**Diese Fraktionierung von Rohstoffen wird für viele Rohstoffe durchgeführt, aber vor allem für jene, die in großem Umfang in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden.** Im Bereich Getreide ist das neben Weizen vor allem Mais, im Bereich der Ölsaaten die Sojabohnen, und bei tierischen Lebensmitteln die Milch und in weiterer Folge die Molke. Abb. 3.3.1 zeigt schematisch, wie diese Fraktionierung zu unzähligen Lebensmittelkomponenten und Zutaten aus einem Rohstoff gelingt, und damit aus immer weniger Rohstoffen eine immer größere Zahl an fertigen Lebensmitteln produziert werden kann. Die moderne Lebensmitteltechnik konzentriert sich immer mehr darauf zuerst zu trennen und dann wieder zu mischen.

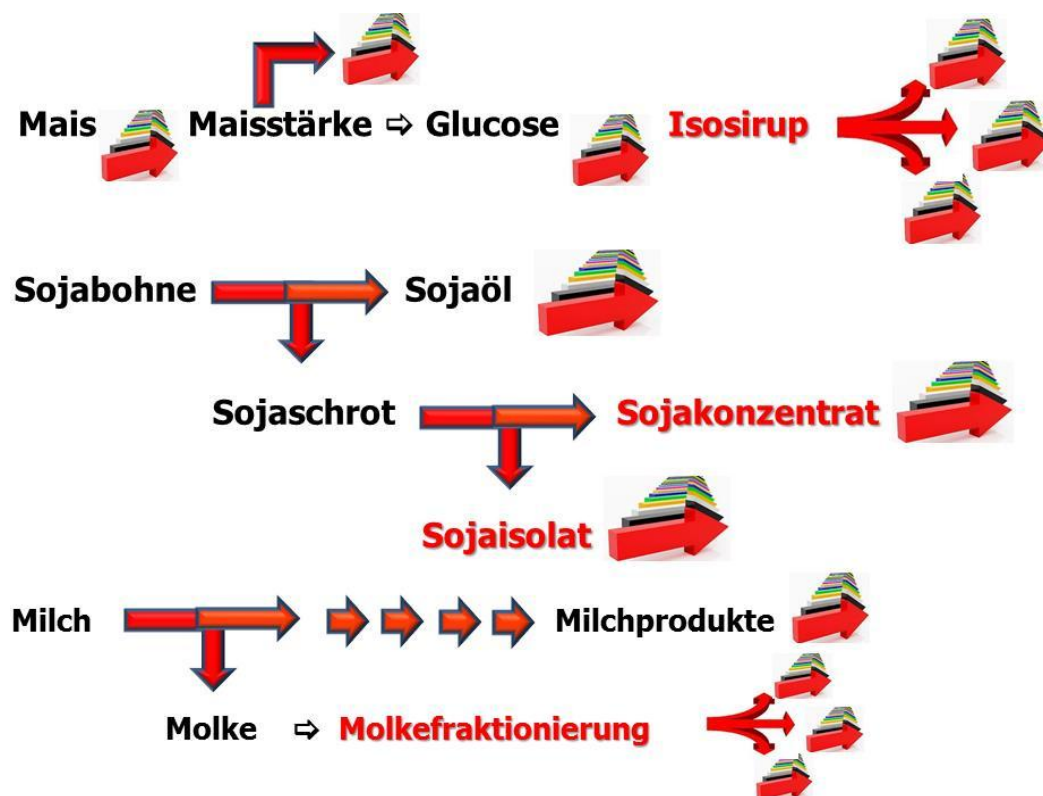


Abb.. 3.3.1: Schematische Darstellung der Fraktionierungsmöglichkeiten von Hauptrohstoffen

### 3.1. Prinzipielle Trenn- und Fraktionierungsmethoden

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten der Fraktionierung: die **Trockenfraktionierung** (Vermahlung, z.B. bei Getreide) und die **Nasstrennung** (z.B. Molkeproteinfraktionierung).

Die Trockenfraktionierung (Vermahlung) erfolgt mithilfe von verschiedenen Mühlen und Sichern oder Sieben. Das Prinzip besteht darin den Rohstoff (z.B. das Weizenkorn) zu zerkleinern und die erhaltenen Partikel anhand ihrer Größe und/oder Dichte aufzutrennen. Es haben sich die verschiedensten Mahl- und Trenntechniken im Laufe von Jahrtausenden entwickelt.

Die Nassvermahlung wird üblicherweise für Rohstoffe mit einem hohen Wassergehalt (z.B. Obst, Gemüse) angewandt. Grundsätzlich können auch feste Stoffe durch Wasserzusatz nass vermahlen werden. Die Auftrennung in verschiedene Fraktionen erfolgt mit Hilfe von Nassmühlen (z.B. Zahnkolloid- und Korundscheibenmühlen), und die weitere Fraktionierung mittels Sedimentation (z.B. Separatoren, Vollmantelzentrifugen) und Filtration.

Eine Sonderform der Filtration sind die Membrantrennfahren, die sich nicht nur für die Auftrennung von grobdispersen Systemen eignen, sondern auch kolloidale und molekulare Systeme (Lösungen) trennen können. Mit den Membrantrennverfahren wurde es ermöglicht, ein Stoffgemisch in seine Einzelkomponenten – also bis in den Nanobereich – zu zerlegen. Beispielsweise kann Molke in eine Salzfraktion, Laktosefraktion und Proteinfraktion getrennt werden. Die Proteinfraktion lässt sich weiter in einzelne Proteine trennen. Es ist daher nicht überraschend, dass Membrantrennverfahren in der heutigen Lebensmitteltechnik einen sehr hohen Stellenwert bekommen haben, der weiter im Steigen begriffen ist.

Die Fraktionierungstechnologien haben sich heute so weit entwickelt, dass Stoffe theoretisch sogar bis in den Nanobereich aufgetrennt werden können.

Möglich ist die Fraktionierung von Rohstoffen auch mittels Extraktion, diese wird aber im Teil 4 behandelt.

### 3.2. Gründe für die Fraktionierung von Rohstoffen

Die Tendenz zur Fraktionierung von (Haupt-)Rohstoffen hat sich in den letzten Jahren, wenn man sich die Forschungsdaten dazu anschaut, stark intensiviert. Sie wird aus unterschiedlichen Gründen angewendet, die im Folgenden etwas näher betrachtet werden sollen.

#### 3.2.1. Produktion einer breiten Palette von maßgeschneiderten, techno-funktionellen Zutaten und Ingredienzen

Zum besseren Verständnis werden drei Beispiele für die Fraktionierung detailliert angeführt, nämlich Weizen, Soja und Milch. Die hergestellten Fraktionen können dann für „maßgeschneiderte“ bzw. „designte“ Lebensmittel eingesetzt werden.



### 3.2.1.1. Beispiel 1 - Weizen:

**Weizen Ganzkorn** – gekochte Weizenkörner (Brei/Suppe)

⇒ **Weizenmehl** – Brot und Backwaren, Bindemittel für Suppen, Saucen, Nudeln, Knödel, usw.

⇒ **Isoliertes Weizenprotein** (z.B. Gluten) – Einsatz für alle Produkte, die besonders hohe Stabilität verlangen (z.B. Spezialbrote, Cracker, gefrorene Teiglinge) oder zur Proteinanreicherung

### 3.2.1.2. Beispiel 2 - Soja

**Sojabohne ganz** – gekochte Sojabohnen

⇒ **Sojaöl** – als Bratöl, Margarineherstellung – Anwendung in zahlreichen Produkten

⇒ **Sojalecithin** – einer der am meisten verwendeten Emulgatoren für fast alle Lebensmittelbereiche

⇒ **Vollfetter Sojaschrot** (z.B. Backwarenbereich)

⇒ **Entfetteter Sojaschrot** – in Suppen, Breien, Teigen

### 3.2.1.3. Beispiel 3 - Milch

**Milch** – direkter Verzehr, weiße und gelbe Milchpalette, Zugabe zu Lebensmitteln usw.

⇒ **Molke** – direkter Verzehr (wenig), Tierfutter

⇒ **Molkeproteinisolat (mind. 95 % Protein)** - in Backwaren, in Fleischprodukten, als Fleischersatz, zur Proteinanreicherung, etc.

⇒ **Funktionelle Molkenproteine** (als Stabilisatoren, Emulgatoren und Verdickungsmittel)

## 3.2.2. Ernährungsphysiologischer (Zusatz-)Nutzen

Nährstoffe sind in den meisten Fällen nicht über das gesamte Rohmaterial gleichmäßig verteilt. Apfelschalen beispielsweise, oder die Schicht knapp darunter enthalten mehr Vitamine als das innere Nährgewebe. Dasselbe gilt für die Getreide: im Getreidekorn sind Ballaststoffe, Mineralstoffe, Vitamine und andere Nährstoffe ebenfalls in den äußeren Kornschichten angereichert und nehmen graduell bis ins Korninnere ab. Die Forschung hat in den letzten Jahrzehnten für viele Rohstoffe sehr viele Kenntnisse diesbezüglich geschaffen. Separiert man diese nährstoffreicheren Gewebe von den nährstoffärmeren, können Produkte bezüglich ihres Nährstoffgehaltes maßgeschneidert werden.

### 3.2.2.1. Ernährungsphysiologische Zusatznutzen am Beispiel von Weizen

Weizenkörner sind sehr genau untersucht und man weiß heute, dass die Aleuronschicht (Einzellschicht an der Innenseite der Weizenkleie) die meisten (Mikro)Nährstoffe des Weizens enthält

(Brouns et al., 2012). In einer umfassenden von der EU finanzierten Studie wurde diese Fragestellung genau erforscht (Healthgrain, 2015), die Ergebnisse sind in zahlreichen Publikationen nachzulesen. Soll also ein Lebensmittel auf Weizenbasis mit einem erhöhten Gehalt an Nährstoffen entwickelt werden, wäre die Zugabe einer aus Weizenkleie isolierter Aleuronschicht eine Möglichkeit dafür. Durch intensive Forschungsarbeit ist genau das gelungen. Mit einem neuartigen Trockenmahlverfahren kann diese Aleuronschicht mit ihren Inhaltsstoffen isoliert gewonnen werden. Durch die Zugabe dieser Fraktion lassen sich Produkte erzeugen, welche die natürlichen Nährstoffe des Vollkornweizens enthalten, ohne einiger der unerwünschten Begleiterscheinungen, wie Farb- oder Texturveränderungen, die die Akzeptanz von Vollkornprodukten oft einschränken.

### 3.2.3. Reststoffverwertung

Im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft und einer möglichst ökonomischen Herstellung wird heute davon ausgegangen, dass es keine Abfallprodukte bei der Herstellung von Lebensmitteln gibt, sondern nur Nebenprodukte und Reststoffe. Deren möglichst vollständige und sinnvolle Nutzung, auch für die Lebensmittelherstellung, ist das Ziel.

Je nach Verarbeitungsgrad und Rohstoffbereich fallen unterschiedliche Mengen an Reststoffen an. Einerseits sind diese Reststoffe nicht (immer) vermeidbar, wie beispielsweise das Entfernen von Pflanzenstielen oder Obsteinen, andererseits fallen diese Reststoffe gerade durch die hier beschriebene Rohstofffraktionierung an. Im Getreidebereich werden bei der Herstellung von Auszugsmehl große Mengen an Kleie produziert, die nicht einmal vom Tierfutterbereich aufgefangen werden können. In letzter Zeit sind daher vermehrt Bemühungen im Gang, Kleie durch Fraktionierung zumindest teilweise wieder in der Lebensmittelproduktion einzusetzen.

Ein weiteres Beispiel sind die Schalen und Trester, welche bei der Obst- und Gemüseverarbeitung anfallen. Es gibt kaum einen Rohstoffbereich, wo aus diesen Reststoffen nicht schon Ballaststoffpräparate zur Ballaststoffanreicherung von Lebensmitteln gewonnen werden (siehe dazu Teil 2 – Kap. 1.11.1.)

## 3.3. Beispiele für häufig verwendete Rohstofffraktionen

In Tab. 3.3.1 sind einige in der Lebensmittelindustrie häufig verwendete Rohstofffraktionen (bezogen auf den Ursprungsrohstoff) aus der Prospector© Datenbank (PROSPECTOR, 2015) zusammengefasst. (Diese Liste erhebt keinesfalls Anspruch auf Vollständigkeit). Wie die Tabelle zeigt, gibt es eine Unzahl an Kleie- bzw. Faserfraktionen aus den verschiedensten Rohstoffen. Aufgrund der Abtrennung der äußeren Schichten der Getreide- und Hülsenfrüchtesamen sowie von Früchten und Nutzung vor allem der inneren Fraktionen für (Fein-)Backwaren oder Verarbeitung zu Fruchtsäften fallen große Mengen an diesen Reststoffen an. Aus ernährungsphysiologischen Gründen (zu geringer Verzehr von Ballaststoffen, niedrigere Nährstoffdichte der Endprodukte) wäre der Verzehr der gesamten Rohstoffe (Vollkorn oder ganzes Obst) natürlich erstrebenswert und würde auch diese Reststoffmengen reduzieren. Die Ernährungsberichte in den letzten Jahren (z.B. Österreichischer Ernährungsbericht 2012, 2008, 2004) zeigen aber nur geringe Veränderungen im Verzehrverhalten der Bevölkerung. Der Einsatz von definierten Kleie- und Faserfraktionen oder isolierten Ballaststoffkomponenten (z.B.  $\beta$ -Glucan) dient dem Bemühen den zu niedrigen Ballaststoffverzehr zu kompensieren.

Weiterer Anwendungsgrund für die Verwendung solcher Fasern ist oft auch ein Ersatz für Zusatz-

---

stoffe, die zu deklarieren sind (in diesem Falle z.B.: Verdickungsmittel).

Der Einsatz von Proteinisolaten oder -konzentraten kann ebenfalls aus ernährungsphysiologischen Gründen erfolgen (z.B. Proteinanreicherung der Endprodukte). Viel wichtiger sind aber die technologischen Einsatzgründe. Mit der Zugabe von maßgeschneiderten Proteinen lassen sich die Eigenschaften von Lebensmitteln gezielt einstellen, beispielsweise die Textur von Endprodukten verbessern oder erhalten, sowie das Volumen von Backwaren steigern.

Die große Anzahl an Rohstofffraktionen erlaubt eine Produktion einer Vielfalt an Lebensmitteln aus ein und demselben Rohstoff. Statt der Herstellung von Weizenvollkornbrot werden Backwaren heute vorwiegend aus einer Mischung von Auszugsmehl, Kleiefractionen, Proteinisolat, Emulgator, usw. komponiert. Durch unterschiedliche Mischung der einzelnen Komponenten wird so ein breites Spektrum an Backwaren erzeugt.

Rohstoff	Häufig daraus hergestellte und verwendete Rohstofffraktionen
<b>Weizen</b>	Definierte Mehle und Mehlfractionen Weizenmalz Vorverkleisterte Mehle Isolierte Stärken (unbehandelt oder modifiziert) Dextrine Isolierte Zuckerfraktionen (z.B. Maltitol) Proteinisolate, -konzentrate (z.B. isoliertes Gluten) Proteinhydrolysate Weizen(keim)öl Kleie und Fasern Einzelne unlösliche und lösliche Ballaststofffraktionen (z.B. Cellulose) Enzyme (z.B. isolierte Amylasen, Proteasen)
<b>Soja</b>	Proteinisolate, -konzentrate (sehr viele verschiedene) Isolierte Aminosäuren, Proteinhydrolysate Sojaöl Isoliertes Beta-Carotin Emulgatoren (vor allem Lecithin; Mono- und Diglyceride) Schalen, Fasern Isoflavone (hauptsächlich als Nahrungsergänzungsmittel)
<b>Milch und Molke</b>	Definierte Milchpulver Zahlreiche Proteinisolate/-konzentrate aus Milch und Molke (z.B. Caseinate) Proteinhydrolysate
<b>Erbsen</b>	Proteinisolate, -konzentrate, Kleie, Fasern Stärke
<b>Mais</b>	Maisstärke (unbehandelt oder modifiziert, Wachsmaisstärke) Glucosesirup, Fructosesirup Dextrine Proteinisolate, -konzentrate (z.B.: Zein) Maiskeimöl Kleie und Fasern
<b>Kartoffel</b>	Stärke (unbehandelt oder modifiziert) Dextrine Proteinisolate, -konzentrate Fasern
<b>Reis</b>	Stärke (unbehandelt oder modifiziert) Dextrine Kleie und Fasern
<b>Gerste und Hafer</b>	Kleie und Fasern $\beta$ -Glucan (löslicher Ballaststoff) Gerstenmalz
<b>Bambus</b>	Fasern
<b>Fisch und Fleisch</b>	Proteinkonzentrate (weniger Isolate) (z.B. Kollagen) Gelatine Fischöl und Fischölfractionen (z.B.: omega-3-Fettsäuren)
<b>Apfel und Zitrusfrüchte</b>	Fasern
<b>Artischocke, Chicorée</b>	Inulin Oligofruktose

Tab. 3.3.1: Häufige Rohstofffraktionen, angeführt nach Rohstoffbasis (UL, 2015)

### 3.4. Konsequenzen der zunehmenden Fraktionierung von Rohstoffen

Die zunehmende Tendenz, statt eine Gesamtverwertung der Rohstoffe diese in immer kleinere Fraktionen zu zerkleinern oder zu isolieren, hat natürlich Folgen für die Lebensmittelindustrie bzw. letztendlich für die Ernährung der Menschen. Es gilt verschiedene Aspekte zu bedenken.

#### 3.4.1. Problematik: Technologische Wirkung? – Ernährungs-physiologische Wirkung?

Viele dieser isolierten Rohstofffraktionen sind hinsichtlich ihrer technologischen aber besonders bezüglich ihrer ernährungsphysiologischen Wirkung noch zu wenig erforscht. Das trifft vor allem dann zu, wenn eine neue Rohstofffraktion/-komponente/-zutat noch nicht lange verfügbar ist. Die Verwendung von löslichen Ballaststofffraktionen wird zum Beispiel sehr oft aufgrund ihrer gesundheitsfördernden Wirkung vorgeschlagen, aber nicht in allen Fällen sind diese Wirkungen nachgewiesen. Hier ist aber zumindest die Gesetzeslage klar: Laut EU-Verordnungen dürfen gesundheitsbezogene Angaben nur für positiv bewiesene Komponenten/Zutaten erfolgen. So ist beispielsweise für  $\beta$ -Glucan die Wirkung auf den Blutcholesterinspiegel erwiesen und ein Health Claim diesbezüglich erlaubt.

Ein weiterer Aspekt, der berücksichtigt werden muss, ist die Auswahl der Rohstoffe für die Gewinnung von bestimmten Komponenten oder Substanzen. Eine physiologische Untersuchung und Bewertung von Fasern sollte daher besonders sorgfältig durchgeführt werden.

Es stellt sich auch die Frage, welche langfristigen physiologischen Auswirkungen eine isolierte oder einseitige Verwendung von Rohstofffraktionen hat:

- Einerseits kann durch die Komposition von Lebensmitteln aus Einzelkomponenten die Menge an bestimmten Stoffen in einem Endprodukt höher dosiert werden, als diese natürlicherweise im Rohstoff vorhanden wären. Wie wirkt sich langfristig eine erhöhte Aufnahme eines isolierten Stoffes bei häufigem Verzehr eines solchen Endproduktes aus? Durch Untersuchung der physiologischen Wirkung der Substanzen und Abschätzung von üblichen Verzehrmenngen, wäre es zielführend Höchstmengen zu definieren. Für einige Stoffe ist das schon erfolgt, aber bei weitem nicht für alle.
- Eine zweite Möglichkeit einer höheren Aufnahme von bestimmten Rohstofffraktionen gegenüber einer Gesamtrohstoffverwertung besteht dann, wenn eine bestimmte Rohstofffraktion in vielen verschiedenen Produkten eingesetzt wird. So wird beispielsweise derzeit diskutiert, ob der vielfältige Einsatz von Isosirup (Fruktosehaltiger Sirup) in der Lebensmittelindustrie Ursache für die eventuell vermehrt auftretende Fruktoseintoleranz sein könnte.

Zu guter Letzt soll noch darauf hingewiesen werden, dass für Personen mit Nahrungsmittelintoleranzen oder -allergien, die Lebensmittelauswahl durch die breite Verwendung von Rohstofffraktionen immer mehr erschwert und eingeschränkt wird. Die Lebensmittiletiketten müssen von jenen Personen genau studiert werden, denn oft finden sich Rohstoffkomponenten in Lebensmitteln, wo diese nicht erwartet werden.

### 3.4.2. Rechtliche Einordnung von Reststofffraktionen

Die Rohstofffraktionierung wirft hinsichtlich ihrer rechtlichen Stellung besonders schwierige Fragen auf. Wie sind diese Rohstofffraktionen einzuordnen? Wann sind sie (noch) ein Lebensmittel, bzw. eine Lebensmittelzutat? Ab wann gelten sie als Zusatzstoff, oder vielleicht als Nahrungsergänzungsmittel? Aufgrund dieser Einteilung sind unterschiedliche Prüfungen über die physiologischen, toxikologischen oder technologischen Eigenschaften notwendig. Diese Prüfungen sind für Zusatzstoffe genau vorgeschrieben, für Lebensmittel sind dagegen keine dieser Prüfungen vorgeschrieben, außer sie sind ein „neuartiges Lebensmittel“. Dann sind durch die Novel Food Verordnung der EU genaue Vorgaben für eine Beurteilung vorhanden.

Es gibt hier keine genauen Definitionen, wie so eine Einordnung in der Praxis vorzunehmen ist bzw. ist es auch sehr schwierig dafür genaue Kriterien zu definieren. Mögliche Kriterien die hier herangezogen werden könn(t)en und teilweise auch werden, sind beispielsweise der Grad der Zerkleinerung/Isolierung oder die Konzentration bzw. Reinheit an physiologisch aktiven Inhaltsstoffen. Aber auch damit ist eine Einordnung nicht immer sicher möglich.

### 3.4.3. Problem: Reststoffe aus der Reststoffverwertung

Ergänzend dazu soll noch erwähnt werden, dass durch die Verwertung und Aufarbeitung von Reststoffen wiederum (andere) Reststoffe anfallen, für die oft keine weitere Nutzung mehr möglich ist. Nach der Isolierung von löslichen Ballaststoffen aus Kleie bleiben beispielsweise nur noch unverdauliche Reststoffe über, die auch als Tierfutter nicht mehr genutzt werden können.

## 3.5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die intensive Rohstoffzerkleinerung und -zerlegung ist ein wesentliches Charakteristikum der heutigen Form der Lebensmittelverarbeitung. Die Auftrennung von Rohstoffen in einzelne Komponenten ist technologisch gesehen bis in den Nanobereich möglich. Damit einhergehend hat auch die Verwendung von Rohstofffraktionen massiv zugenommen. Statt einer gesamtheitlichen Verwendung von Rohstoffen werden Lebensmittel zunehmend aus Einzelkomponenten nach dem „Baukastenprinzip“ zusammengestellt.

Objektiv betrachtet, hat das Vor- und Nachteile für die Ernährung der Menschen. Während eine Rohstofffraktionierung auf der einen Seite oft wertgebende Inhaltsstoffe entfernt (z.B. Kleieentfernung bei der Herstellung von Auszugsmehl), kann durch den Einsatz von maßgeschneiderten Fraktionen (z.B. Einsatz von isoliertem Aleuron) dieser Nährstoffmangel wieder kompensiert werden. Auf der anderen Seite hat die Entfernung von ernährungsphysiologisch unerwünschten Stoffen (z.B. Mycotoxine auf den äußersten Getreideschalen) wiederum Vorteile.

Durch die Verwendung von Rohstofffraktionen können Lebensmittel mit einer großen Vielfalt an Eigenschaften produziert werden. So können die unterschiedlichsten Texturen und Konsistenzen in Lebensmitteln erzeugt und die Qualität von Endprodukten optimiert werden (z.B. Erhöhung des Brotvolumens)

Rein ernährungsphysiologisch betrachtet, wäre eine ganzheitliche Verwendung von Rohstoffen (z.B. Vollkorngetreide, ganzes Obst) natürlich wünschenswert. Theoretisch werden damit alle Nährstoffe ausreichend bereitgestellt. Eine solche Ernährungsweise entspricht aber heute nicht

mehr den typischen Verzehrgewohnheiten. Statt der aufwändigen Zubereitung von Speisen aus unverarbeiteten Rohstoffen (z.B. Getreide vermahlen, Gemüse schälen, usw.), wird vermehrt auf ganz oder teilweise zubereitete Rohstoffe (z.B. Mehl) oder Endprodukte (⇒ Convenienceprodukte) zurückgegriffen.

In Zukunft sollten aber vermehrt folgende zwei Aspekte für die Verwendung von Rohstofffraktionen berücksichtigt werden:

- 
- **Genauere Prüfung der Rohstofffraktionen hinsichtlich ihrer toxikologischen und ernährungsphysiologischen Wirkung**
  - **Eine ubiquitäre Verwendung von einzelnen Rohstofffraktionen in sehr vielen Lebensmitteln ist zu hinterfragen.**
- 

Diese beiden Aspekte sind in der Praxis nicht leicht zu bewältigen. Handelt es sich bei einer Rohstofffraktion um einen Zusatzstoff, ist eine toxikologische Prüfung gesetzlich vorgeschrieben und Höchstmengen zur Verwendung in Lebensmitteln werden gegebenenfalls definiert.

Handelt es sich aber um ein Lebensmittel, was meistens der Fall ist, so dürfen diese grundsätzlich überall eingesetzt werden. Eine Beschränkung auf bestimmte Lebensmittel(gruppen) oder eine Limitierung der Einsatzmenge ist hier nicht oder kaum möglich. Ein schwieriger Aspekt ist vor allem der Einsatz von Fraktionen in Lebensmitteln, wo diese eigentlich nicht erwartet werden. Meist kann erst dann reagiert werden, wenn sich langfristig durch eine einseitige Verwendung Probleme für bestimmte Personen ergeben, oder wenn sich beispielsweise eine bestimmte Rohstofffraktion als häufig allergieauslösend herausstellt. So wird beispielsweise ein Überzug von Obst oder Gemüse mit isoliertem (Weizen-)Gluten heute nicht mehr angewandt.



## 4. Gentechnisch veränderte Rohstoffe und Lebensmittel

### 4.1. Stand der Technik

#### 4.1.1. Agrarbereich

Bereits im Jahr 2011 wurden 11 gentechnisch veränderte bzw. modifizierte Nutzpflanzen (GVP) agroindustriell in 29 Ländern von 16,7 Millionen Farmern angebaut. 19 GVP waren in der Pipeline (Oh et al., 2015).

Im Jahr 2014 betrug die weltweite Anbaufläche an GVP 181,5 Millionen Hektar (Clive, 2014). Das sind etwa **13 % der gesamten, weltweiten Ackerbaufläche**. Die Steigerungsraten Jahren waren seit Beginn vor etwa 20 Jahren oft doppelstellig, wie Abb. 3.4.1 zeigt.

In der EU ist allerdings der Anbau an GVP ziemlich restriktiv und betrug im Jahr 2014 nur ca. 0,1 Millionen Hektar (Pollock & Hails, 2014). Das bedeutet aber nicht, dass keine Nutzung von GVP in der EU erfolgt. Ganz im Gegenteil, es werden große Mengen importiert. Die EU produziert also keine GVP, sondern sie lässt produzieren. In Tab. 3.4.1. sind die vier wichtigsten GVP und ihr jeweiliger Anteil in Prozent an der Gesamtmenge angeführt. Sojabohnen stellen mit Anstand die bedeutendste GVP dar. Nur mehr zehn Prozent beträgt der Anteil der konventionellen Sojabohnen. Während nur 0,4 % der Sojaanbauflächen in den EU-27 Ländern liegt, beträgt deren Sojaschrotbedarf ca. 20 % der Weltproduktion (FINADVISE, 2011). Konkret sind das etwa 30 Millionen Tonnen, überwiegend aus GV-Soja und vor allem eingesetzt zur Tierfütterung.

Einer der Gründe für die großen Vorbehalte seitens der Konsumentinnen und Konsumenten vor allem in Europa gegenüber gentechnisch veränderten Organismen (GMO) ist mit Sicherheit auf die Tatsache zurückzuführen, dass diese bis jetzt keine direkt Vorteile erkennen können. In der Datenbank der ISAAA (*Int. Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications*, ISAAA, 2015) werden folgende Ziele bzw. die Eigenschaften von GVP angeführt:

<i>Abiotic Stress Tolerance</i>	<i>(7 zugelassene GVP)</i>
<i>Altered Growth/Yield</i>	<i>(1 zugelassene GVP)</i>
<i>Disease Resistance</i>	<i>(24 zugelassene GVP)</i>
<i>Herbicide Tolerance</i>	<i>(195 zugelassene GVP)</i>
<i>Insect Resistance</i>	<i>(193 zugelassene GVP)</i>
<b><i>Modified Product Quality</i></b>	<b><i>(86 zugelassene GVP)</i></b>
<i>Pollination control system</i>	<i>(101 zugelassene GVP)</i>

Wie aus dieser Aufstellung hervorgeht, betrifft der überwiegende Anteil der genetischen Modifikationen die Veränderung landwirtschaftlicher Merkmale der Pflanzen (biotische und abiotische Faktoren) (Kanchsiwami et al., 2014). Nur in der Kategorie „*modified product quality*“ finden sich auch Merkmale, die direkt für die Konsumenten interessant sein könnten. Zwei Pflanzen werden in dieser Hinsicht immer genannt und als Beispiel angeführt.

## Goldener Reis

Bereits Ende der 1990er Jahre wurde von der Arbeitsgruppe um Ingo Potrykus, an der ETH Zürich, durch Genmodifikation ein  $\beta$ -carotinhaltiger Reis entwickelt. Damit  $\beta$ -Carotin im Reiskorn gebildet werden kann, mussten zuerst jeweils ein Gen aus der Narzisse und aus einem Bakterium übertragen werden, um den entsprechenden Biosyntheseweg aufzubauen. Später wurde das Narzissen-Gen durch ein Mais-Gen ersetzt. Das  $\beta$ -Carotin führt zu einer gelben Färbung des Reises, weswegen er als Golden Rice bezeichnet wird. Das Ziel von Golden Rice soll sein, das Problem der Vitamin A-Unterversorgung der Bevölkerung in vielen Ländern zu überwinden.

Aufgrund der weltweit sehr intensiven und harten Diskussionen zwischen Befürwortern und Gegnern (vor allem NGOs) eines breiten Anbau von Golden Rice hat er bis 2014 in keinem Land eine Anbauzulassung erhalten (Müller-Jung, 2014).

## Anti-Matsch-Tomate

In diesem Fall wurde kein Gen aus einem anderen Organismus in das Genom der Tomate eingeführt, sondern ein bereits vorhandenes Gen durch die **Antisense-technik** blockiert. Bei dieser Vorgangsweise wird eine zu einem Gen komplementäre RNA eingeführt, die sich mit der DNA zu einem Doppelstrang verbindet und die Expression des dazugehörigen Gens verhindert. Bei der sogenannten *Flavr-Savr*-Tomate wurde auf diese Weise das Gen blockiert, welches die Expression des Enzyms Polygalacturonase bewirkt. Bei der Lagerung von Tomaten spaltet dieses Enzym sukzessive das Pektin in den Zellwänden, wodurch die Tomaten weich, also matschig werden. Ohne dieses Enzym bleiben die Tomaten scheinbar länger haltbar. Scheinbar deswegen, weil zwar keine Gewebeerweichung eintritt, andere Reifungs- und Abbauvorgänge aber weiter laufen.

Die FlavrSavr-Tomate wurde 1998 zugelassen und bis 2002 in den USA angebaut. Da die Erwartungen der Erzeuger nicht erfüllt wurden, wird sie nicht mehr verwendet (TRANSGEN, 2015 b).

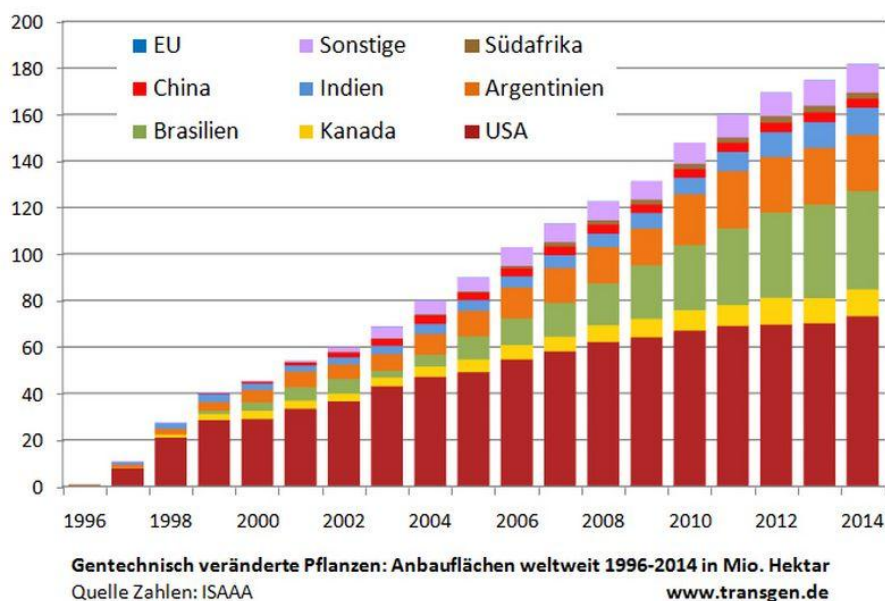


Abb. 3.4.1: Weltweite Anbauflächen gentechnisch veränderter Pflanzen 1996-2012 in Millionen Hektar (TRANSGEN, 2015 a).

Pflanze	Fläche GVP (Mio. ha)		Anteil GVP (in %)	
	2013	2014	2013	2014
Soja	84,5	90,5	79	82
Baumwolle	23,9	25,3	70	68
Mais	57,4	54,3	32	25
Raps	8,2	9,1	24	25

*Daten: ISAAA-Reports 2014 und 2013 (<http://www.isaaa.org/default.asp>)*

Tab. 3.4.1: Anbauflächen der wichtigsten, gentechnisch veränderten Pflanzen 2013/14 (TRANSGEN, 2015 a)

## 4.1.2. Mikroorganismen

Ein Großteil der im Lebensmittelbereich verwendeten Enzyme wird mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen erzeugt. Dieser Bereich wird in Teil 2, Kap. 3 genauer abgehandelt. Bei folgenden Enzymen ist eine gentechnische Herstellung möglich und wahrscheinlich (TRANSGEN, 2005 a):

Acetolactate-Decarboxylase	Aminopeptidase	Amylase
Asparaginase	Cellulase	CGTase
Chymosin	Dextranase	Galactosidase
Glucanase	Glukose-Isomerase	Glukoseoxydase
Hemicellulase	Hexoseoxydase	Katalase
Laccase	Lactase	Lipase
Lipoxygenase	Mannanase	Pektinase
Pektinesterase	Phytase	Protease
Pullulanase	Sulfhydryl-Oxidase	Transglutaminase
Xylanase		

So wie Enzyme lassen sich auch andere Proteine als Primärprodukte sehr leicht mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen gewinnen. Dazu gibt es auch schon ein praktisches Beispiel. Auf Antrag der Firma Unilever wurde von der EU-KOMMISSION (2009 b) ein Eis-strukturierendes Protein (ESP) als Novel Food zugelassen. Diese Proteinzubereitung wird durch Submersfermentation eines genetisch veränderten Stamms der Backhefe (*Saccharomyces cerevisiae*) hergestellt, in deren Genom ein synthetisches Gen für das Eis-strukturierende Protein eingefügt wurde. Das Protein wird exprimiert, in die Nährlösung abgesondert, und daraus durch Mikrofiltrierung von den Hefezellen getrennt und durch Ultrafiltrierung konzentriert. ESP bindet an die Eiskristalle bei der Speiseeiserzeugung und hält diese klein. Dadurch ergibt sich ein Speiseeis, welches auch bei extrem tiefen Temperaturen seinen cremigen Charakter beibehält und viel langsamer als herkömmliches Eis schmilzt. Es wird in einigen europäischen Ländern bereits bei der gewerblichen und industriellen Speiseeiserzeugung eingesetzt, nicht aber in Deutschland und Österreich.

## 4.2. Mögliche, zukünftige Entwicklungen im Bereich der Gentechnik

### 4.2.1. Modifikation der Produktqualität

Wie oben ausgeführt, war der Einsatz von gentechnisch modifizierten Nahrungsmittelpflanzen mit geänderten Rohstoffeigenschaften bisher nicht sehr erfolgreich. Viele Befürworter der Gentechnik erwarten sich aber eine höhere Akzeptanz von GVP in der Bevölkerung, wenn diese direkte Vorteile erkennen kann. Daher werden derzeit neue Anläufe in diesem Bereich unternommen, wie die folgenden zwei Beispiele zeigen.

---

#### Superbanane

---

Australische Forscher (Waltz, 2014) haben durch Gentechnik eine Kochbanane kreiert, die - so wie Goldener Reis - ebenfalls einen erhöhten  $\beta$ -Carotingehalt aufweist. Dieses Provitamin wird im Körper in Vitamin A umgewandelt. Weltweit fallen 650.000 bis 700.000 Kinder in den Ländern des Südens einem Vitamin-A-Mangel zum Opfer, 300.000 dieser Kinder erblinden.

Ende 2014 wurden in den USA klinische Tests durchgeführt, ob diese Superbananen geeignet sind den Vitamin-A-Mangel zu bekämpfen. Diese Tests wurden von der *Bill and Melinda Gates*-Stiftung finanziert. Bei erfolgreichem Verlauf sollen die Superbananen ab 2020 in Uganda, einem Vitamin-A-Mangelgebiet, angebaut werden (Dönges, 2014).

---

#### Nichtbräunende Äpfel

---

Ähnlich wie bei der Antimatsch-Tomate wurde hier kein neues Gen eingeführt, sondern die Gene zur Produktion der Enzymfamilie der Polyphenoloxidasen stillgelegt ( $\Rightarrow$  *Gen Silencing*) (OKANAGAN SPECIALITY FRUITS, 2015).

Solche Äpfel bräunen nicht mehr an den Schnittflächen und sind daher laut der Herstellerfirma Okanagan, Canada besonders gut zur Herstellung von vorgeschnitten Äpfeln geeignet (*fresh-cut*, siehe Teil 4, Kap. 2.1.), weil längere Haltbarkeitsfristen erreicht werden können.

Auch in diesem Fall ist zu hinterfragen, ob die Äpfel nicht scheinbar frisch bleiben, weil außer den Bräunungsvorgängen die anderen Inhaltsstoffveränderungen weiter ablaufen. Vorteile haben also nur die Hersteller und Supermärkte aber nicht die Konsumentinnen und Konsumenten.

Die Zulassungsverfahren für diese unter dem Markennamen *Arctic<sup>®</sup> Apples* (Basis Golden Delicious und Granny Smith) geführten Produkte laufen in Amerika. Die Firma arbeitet derzeit in gleicher Weise an Birnen, Pfirsichen und Kirschen.

### 4.2.2. Neue Züchtungsmethoden

Die klassischen Züchtungsmethoden vereinigen oder kreuzen sich immer mehr mit den neuen biotechnologischen bzw. gentechnischen Methoden. Derzeit sind neue Züchtungstechniken bekannt, die schon Verwendung finden, allerdings in noch überschaubaren Rahmen (BfG, 2012; Potthof, 2012; BDP, 2013).

### Cisgene Pflanzen - Gentechnik ohne Fremd-DNA-Einführung

---

Bei der Herstellung von cisgenen Pflanzen werden nur Gene aus dem Genpool der eigenen Art oder konventionell kreuzbarer, naher Verwandter übertragen. Die entstehenden Pflanzen werden als cisgen [*cis* = diesseits (der Artgrenze)] bezeichnet. Im Gegensatz dazu stehen die transgenen [*trans* = jenseits (der Artgrenze)] Pflanzen, bei denen ein Gen aus artfremden Pflanzen oder Mikroorganismen übertragen wird (Anonym, 2015 c).

Die Erbinformationen, die cisgenen Pflanzen übertragen wird, könnten auch auf konventionellem Weg eingekreuzt werden. Bei einer konventionellen Kreuzung werden aber eventuell auch unerwünschte Erbinformationen mitübertragen (z.B. schlechtere Anbaueigenschaften), die durch Rückkreuzung wieder aufwändig entfernt werden müssen. Cisgene Transferierung von Erbinformationen ermöglicht hingegen eine exakte Übertragung nur der erwünschten Merkmale und einen rascheren Züchtungserfolg.

### Intragenesis –Gentechnik ohne Fremd-DNA-Einführung

---

So wie bei cisgenetischen Pflanzen wird nur mit Erbmaterial der eigenen Art gearbeitet. Die in der Intragenesis gewünschten Eigenschaften werden jedoch durch eine Rekombination genetischen Elemente, wie Promotoren, Terminatoren und Kodierungssequenzen verschiedener Gene im Genpool erzeugt. Die durch die Kombination von verschiedenen Elementen erzeugten Gen werden als intragen bezeichnet. Intragenesis bietet damit deutlich mehr Optionen für die Änderung der Genexpression und für die Entwicklung von Pflanzeigenschaften (EFSA, 2012 a).

### Genome editing

---

Bei den in diese Kategorie fallenden Verfahren werden einzelne Bausteine der DNA verändert (BDP, 2013):

**Oligonukleotid gerichtete Mutagenese (ODM):** Die Veränderung der DNA-Bausteine ist analog einer natürlichen Mutation. Im Gegensatz zur willkürlichen, natürlichen Mutation oder den in der konventionellen Züchtung eingesetzten Mutageneseverfahren durch Strahlung oder Chemikalien kann mittels ODM eine gezielte Mutation an bestimmten Stellen der DNA ausgelöst werden.

**Zink-Finger 1/2 (ZFN/1/2):** Mit Hilfe sogenannter Zink-Finger-Enzyme werden einzelne Bausteine der DNA wie bei einer natürlichen Mutation, aber gezielt verändert.

**RNA induzierte Methylierung oder RNA induzierte epigenetische Veränderung RdDM):** Es werden Methylgruppen in die DNA eingebaut und epigenetische Vorgänge imitiert (siehe Kap. 1.1.1).

### Zink Finger 3 Methode (ZNF3)

---

Mit Hilfe dieser Methode können gezielt Gene ausgetauscht werden. Diese Gene können von der gleichen Art stammen, dann entstehen cisgene Pflanzen, oder von einer anderen Art, dann handelt es sich um transgene Pflanzen (BDP, 2013).

### 4.2.3. Gensynthese

Wenn das Genom und die einzelnen Gene eines Organismus bekannt sind, ist es heute möglich, nicht von Genen aus diesen Organismus auszugehen, sondern diese Gene synthetisch herzustellen. Zahlreiche Firmen bieten schon solche Gensynthesen kommerziell an. Der Vorteil liegt darin, dass eine Genoptimierung stattfinden kann, wodurch die Expression der Primärproteine verbessert werden kann.

## 4.3. Rechtliche Aspekte

Die Zulassung und Verwendung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) ist in der EU in mehreren Verordnungen und Richtlinien umfangreich und detailliert geregelt (siehe dazu: UMWELTBUNDESAMT, 2015) und muss hier nicht extra angeführt werden.

Neue rechtliche Fragen sind allerdings im Zusammenhang mit den neuen Züchtungstechniken aufgetaucht (siehe Kap. 4.2.2.), welche derzeit weltweit noch unterschiedlich betrachtet werden (Kanchiswamy et al., 2014). Die EFSA hat aber bereits 2012 (EFSA, 2012 b) eine Stellungnahme abgegeben, wonach cisgene und intragene Pflanzen gleich wie transgene Pflanzen zu behandeln und zu regeln sind.

Auch bei der rechtlichen Bewertung der sogenannten „**stacked events**“ (konventionelle Kreuzung zweier gentechnisch veränderter Sorten) ist global noch keine einheitliche Vorgangsweise in Sicht. Die rechtliche Frage ist hier, wie solche neuen Sorten zu betrachten ist. Handelt es sich um eine neue GVP, die eine neue Risikobewertung und Zulassung bedarf, oder reichen die Zulassungsverfahren der beiden Ausgangssorten? In der EU, aber nicht weltweit, herrscht gegenwärtig die Ansicht, dass ein neues Zulassungsverfahren notwendig ist (Kok et al., 2014).

## 4.4. Nutzen und Risiken

Die Debatte um für und wider die Gentechnik wird seit vielen Jahren intensiv und heftig, weltweit aber vor allem in Europa geführt. Es ist hier nicht der Platz und der richtige Ort detailliert darauf einzugehen. Stellvertretend für die Flut an Veröffentlichungen auf diesem Gebiet sollen zwei Publikationen zitiert werden, in dem die pro und contra Argumente gut zusammengefasst sind.

Die Befürworter führen aus, dass es mehr als 2.000 wissenschaftliche Publikationen gibt, die keine Unterschiede hinsichtlich des Risikos zwischen konventionellen und GVP finden. Gentechnik kann Pflanzen ernährungsphysiologisch hochwertiger und widerstandsfähiger gegenüber Umwelteinflüssen machen (Olivo, 2014).

Then (2013) fasst die Argumente der Gegner aus europäischer Sicht zusammen. Sie decken sich weitgehend mit denen bei Olivo (2014) angeführten Aspekten. Die Argumente der Gegner der Gentechnik im Bereich der Landwirtschaft betreffen eigentlich zum Großteil nicht direkt die Risiken der Gentechnik selbst, sondern die Begleitumstände ihres Einsatzes und ihre indirekten Auswirkungen (z.B. gesteigerter Herbizideinsatz, patentrechtliche Probleme, Coexistenz zwischen konventionellen und GVP nicht möglich, Abhängigkeit der Farmer von Großkonzernen).

Je nach Standpunkt des Betrachters werden pro oder contra Argumente überwiegen. Klar ist jedenfalls, dass jede Technologie, egal auf welchem Gebiet, immer Vorteile bringen kann, aber auch



unweigerlich Risiken birgt.

## 4.5. Informationsstand, Wahrnehmung und Akzeptanz seitens der Verbraucherinnen und Verbraucher

Bis dato wurde bei keiner Technik so umfangreich und intensiv die Akzeptanz der Bevölkerung erhoben als bei der Gentechnik. Allerdings erst als sie bereits eingeführt und auf weitverbreitete Skepsis oder Ablehnung gestoßen ist.

Sehr kritisch gegenüber der Gentechnik eingestellt sind die Verbraucherkreise in der EU, obwohl oder gerade deswegen weil nur zwei gentechnisch veränderte Pflanzen in der EU zugelassen sind (MON810 Mais der Fa. Monsanto und Amflora Kartoffeln der Fa. BASF). 25 % der EU-Bürger, die überhaupt eine Meinung zur Gentechnik haben, sind positiv eingestellt, aber 58 % sind dagegen. Innerhalb der EU gibt es ein Nord-Südfälle. In den südlichen Ländern ist die Akzeptanz etwas höher. Österreich ist das Land mit dem höchsten Anteil an Gegnern (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2010; Lyndhurst, 2009; Rollin et al., 2011).

US-Verbraucher zeigen prinzipiell eine vertrauensvollere Haltung gegenüber neuen Lebensmittel-techniken, insbesondere gegenüber der Gentechnik, als die Europäer (Rollin, 2011). Allerdings regt sich auch in den USA zunehmend Widerstand, dass keine Kennzeichnung von genmodifizierten Lebensmitteln vorgesehen ist. Das kleine Vermont hat als erster Bundestaat eine verbindliche Kennzeichnung für Lebensmittel aus gentechnisch veränderten Organismen eingeführt, ähnlich den Regelungen in der EU, die ab 1. Juli 2016 in Kraft treten soll. In Kalifornien (2012) und Washington (2013) sind Volksabstimmungen für eine solche Kennzeichnung knapp gescheitert. Das Gesetz in Vermont wird von der Industrie und den Handelsketten sehr stark bekämpft, wobei die Handelsketten sogar einen Lieferboykott für die 625.000 Einwohner Vermonts in den Raum stellen (Anonym, 2014).

In 64 von 194 Ländern der Erde gibt es Kennzeichnungsvorschriften für genetisch modifizierte Lebensmittel. Darunter sind alle entwickelten Länder, ausgenommen eben die USA, Canada und Argentinien, und die meisten afrikanischen Länder (Anonym, 2015).

In Entwicklungs- und Schwellenländern ist die Einstellung gegenüber gentechnisch modifizierten Lebensmitteln eher positiv. In China sind die Konsumenten angeblich sogar bereit dafür mehr zu bezahlen (Rollin et al., 2011).

Grundsätzlich haben die Konsumentinnen und Konsumenten das Gefühl bei der Gentechnik, dass wir uns „weg von der Natur“ bewegen. Natur und Natürlichkeit haben aber unbewusst einen sehr hohen Stellenwert in unserer Ernährung. Der zweite wesentliche Knackpunkt für die mangelnde Akzeptanz ist der, dass die Verbraucherinnen und Verbraucher keine direkten Vorteile in gentechnisch veränderten Lebensmitteln erkennen können. Wie die obigen Ausführungen beweisen, sind die bisherigen Erfolge in dieser Hinsicht auch nicht wirklich überzeugend. Ein dritter Grund ist die Komplexität der Materie und der Erhalt objektiver Informationen und der geringe Informationsstand generell (Lyndhurst, 2009).

Das zukünftige Verhalten gegenüber der Gentechnik wird in großem Ausmaß davon abhängen, ob es gelingt den Konsumentinnen und Konsumenten einen echten Mehrwert von gentechnisch modifizierten Lebensmitteln zu vermitteln (z.B. billiger, gesünder). Die Zulassung und Einführung solcher Lebensmittel wird aber durch die schon existierenden, generellen Vorbehalte und die daraus resultierende Gesetzgebung erschwert. In absehbarer Zeit wird sich daher zumindest in Europa an

der negativen Einstellung nichts ändern. Die in Kap. 4.2.2. behandelten, neuen Züchtungsmethoden werden dazu ebenfalls kaum beitragen können.

## 5. Biofortifikation (biofortification)

Unter dem Begriff Biofortifikation ist die Anreicherung von Mikronährstoffen (z.B. Mineralstoffe, Vitamine, sekundäre Pflanzenstoffe) oder die Verbesserung des ernährungsphysiologischen Profils von Makronährstoffen (Fettsäure- oder Aminosäurespektrum,  $\beta$ -Glucangehalt, resistente Stärke etc.) von pflanzlichen Nahrungspflanzen zu verstehen.

Der Gedanke dahinter ist, einerseits den Mangel an Mikronährstoffen in vielen Ländern des Südens durch Grundnahrungsmittel zu beseitigen. Andererseits soll dadurch in den Ländern des Nordens das ernährungsphysiologische Profil von häufig verzehrten, fett- und stärkereichen Lebensmitteln verbessert werden.

Eine Biofortifikation kann durch konventionelle Züchtung erreicht werden, eventuell unter Zuhilfenahme von neuen biotechnologischen bzw. gentechnischen Methoden (cisgene Pflanzen); oder durch genetisch modifizierte transgene Pflanzen.

### 5.1. Biofortifikation durch klassische Züchtungsmethoden

Nutzpflanzenarten und -sorten weisen eine große Variabilität hinsichtlich der diversen Makro- und Mikronährstoffe auf. Reis-Genotypen zeigen beispielsweise einen 4-fachen Differenzfaktor im Eisen- und Zinkgehalt, Leguminosen sogar bis zum 6,6-fachen (Hirschi, 2009). So konnten Bohnsensorten mit einem 50 – 70 % höheren Eisengehalt gezüchtet werden (Nestel et al., 2006). Abb. 3.5.1 zeigt die Variation verschiedener Getreidearten hinsichtlich des Anthocyan- und des  $\beta$ -Glucangehaltes.  $\beta$ -Glucan kommt in den Zellwänden vor und hat als eine der wenigen Substanzen einen Health Claim in der EU verliehen bekommen. Die Differenzfaktoren erreichen bei diesen beiden Inhaltsstoffen sogar Werte von 14,9 bzw. 17,3. Die Liste an solchen Beispielen lässt sich unbeschränkt fortsetzen.

Es liegt also auf der Hand, dass durch Nutzung der richtigen Arten und Sorten auch auf konventionellem Weg eine Biofortifikation möglich ist. Von den Pflanzenzüchtern wird das Hauptaugenmerk vor allem auf die Verbesserung landwirtschaftlicher Merkmale (Ertrag, Resistenz etc.) und technologischer Verarbeitungseigenschaften gelegt. Sensorische und ernährungsphysiologische Eigenschaften werden kaum berücksichtigt. Daher ist in dieser Hinsicht noch großes, natürliches Potential vorhanden.

### 5.2. Biofortifikation durch transgene Pflanzen

Wenn innerhalb einer Pflanzenart keine Art oder Sorte existiert, die einen hohen Gehalt an einem spezifischen Inhaltsstoffe aufweist, kann mit konventionellen Züchtungsmethoden keine Biofortifikation erreicht werden. Dann bleibt nur eine Kombination von verschiedenen Pflanzenarten in der Ernährung oder eine Biofortifikation durch gentechnische Methoden. Das heißt, es werden Gene aus einer Art genommen, die diesen Inhaltsstoff produzieren, und in eine andere Pflanzenart transferiert.

Goldener Reis und die Superbanane sind hier die am weitesten entwickelten Beispiele. Reis kann kein  $\beta$ -Carotin produzieren. Daher wurde ein Maisgen in Reis transferiert und so der Goldene Reis mit einem  $\beta$ -Carotingehalt von 31  $\mu\text{g/g}$  geschaffen (Nestel et al., 2006). Die Anreicherung kann

wahrscheinlich immer nur bis zu einem Level erfolgen, der in der Ursprungspflanze vorliegt und nicht darüber hinausgehen. Nur zum Vergleich, es gibt neben Mais auch andere Getreidearten, die von Natur aus einen vergleichbar hohen Gehalt an  $\beta$ -Carotin wie Goldener Reis aufweisen. Und es gibt andere Pflanzenarten, mit einem weitaus höheren Gehalt, wie beispielsweise orange-fleischige Süßkartoffel mit 200  $\mu\text{g/g}$  (Nestel et al., 2006).

In letzter Zeit werden vermehrt gentechnisch veränderte Pflanzen durch klassische Züchtung miteinander gekreuzt, um verschiedene, gentechnisch erzeugte Merkmale in einer Pflanze zu kombinieren. Die konventionelle Kreuzung zweier gentechnisch veränderter Sorten wird als „**stacked events**“ bezeichnet. Das ist in Zukunft wahrscheinlich eine Möglichkeit um ernährungsphysiologische Vorteile (z.B. hoher  $\beta$ -Carotingehalt) mit Resistenz (z.B. Herbizidresistenz) zu verbinden.

$\beta$ -Glucan [% TS] ( $\text{GD}_{5\%} = 0.14$ )				Gesamtanthocyane [mg C-3-gluc. Äquivalente/100g TS] ( $\text{GD}_{5\%} = 0.10$ )			
Sw Spelzgerste	4.62	A	Differenz-Faktor: 14,9	Purpurweizen	7.45	A	Differenz-Faktor: 17,3
Nackthafer	4.51	A		Blaukorn	6.01	B	
Nacktgerste	3.51	B		Winterroggen	2.22	C	
Spelzgerste	3.47	B		Sw Spelzgerste	2.13	C	
Spelzhafer	2.76	C		Waldstaudenro.	1.76	D	
Winterroggen	2.21	D		Spelzgerste	1.45	E	
Waldstaudenro.	1.87	E		Dinkel*	1.23	F	
Weichweizen	0.91	F		Spelzhafer	1.17	F	
Blaukorn	0.88	GF		Weichweizen	0.91	G	
Dinkel*	0.73	GH		Emmer*	0.78	H	
Purpurweizen	0.67	IH		Einkorn*	0.75	H	
Durum	0.53	I		Durum	0.68	H	
Khorassanw.	0.53	I		Khorassanw.	0.50	I	
Einkorn*	0.32	J		Nacktgerste	0.49	I	
Emmer*	0.31	J		Nackthafer	0,43	I	

\* entspelzt                      **GD = Grenzdifferenz**

Abb. 3.5.1: Variation des Anthocyan- und  $\beta$ -Glucangehaltes in Getreidearten (Berghofer et al., 2006; Siebenhandl et al. 2007).

## 6. Nutzung von pflanzlichen und tierischen Zellkulturen

### 6.1. Pflanzliche Zellkulturen

Als Zellkultur wird die Kultivierung tierischer oder pflanzlicher Zellen in einem Nährmedium außerhalb des jeweiligen Organismus bezeichnet. Es könnten damit unabhängig von landwirtschaftlichen Faktoren (Umwelt, Klima etc.) Pflanzeninhaltsstoffe hergestellt werden. Abb. 3.6.1 zeigt die prinzipielle Vorgangsweise bei der Nutzung von pflanzlichen Zellkulturen. In Tab. 3.6.1 sind einige Stoffe aufgelistet, deren Herstellung mit Zellkulturen bereits erforscht wurde.

Obwohl diese Technik seit vielen Jahrzehnten bekannt und im kleinen Maßstab verwendet wird, ist bei der Anwendung im Lebensmittelbereich bis jetzt noch kein Durchbruch gelungen (Zhang et al., 2002; Davies & Deroles, 2014). Die Gründe dafür liegen in der Schwierigkeit der Übertragung vom Labor- und Pilot- in den technischen Maßstab. Die Technik ist noch sehr teuer und die Produkte sind preislich derzeit nicht konkurrenzfähig. In der Zwischenzeit lassen sich außerdem viele pflanzliche Metabolite weit günstiger mittels gentechnisch modifizierter Mikroorganismen erzeugen. Durch gentechnische Veränderung der Pflanzenzellen hofft man, in Zukunft auf höhere Ausbeuten und billigere Produkte.

Nachdem es diese Technik im praktischen Einsatz kaum gibt, ist auch der Informationsstand der Konsumentinnen und Konsumenten sehr gering. Wie die zukünftige Akzeptanz sein wird, ist derzeit ebenfalls unbekannt. Zellkulturtechnik hat zwar im Prinzip nichts mit Gentechnik zu tun, es können aber gentechnisch veränderte Pflanzenzellen dafür genutzt werden. Diese mögliche Überschneidung mit der Gentechnik könnte für eine Akzeptanz nicht unbedingt hilfreich sein.

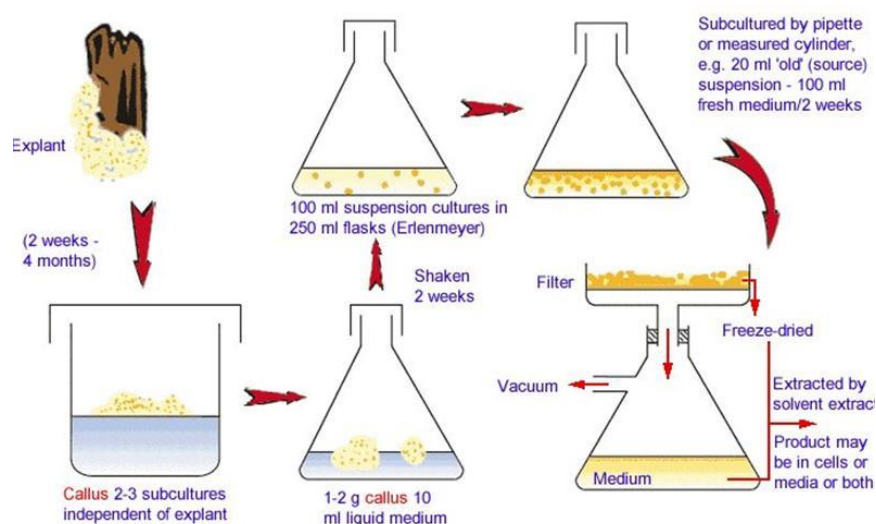


Abb. 3.6.1.: Prinzipielle Vorgangsweise bei der Herstellung und Nutzung pflanzlicher Zellkulturen (HONG KONG INSTITUTE OF EDUCATION, 2015)

Stoffbezeichnung	Stoffklasse	Ausgangspflanzen	Verwendung
Anthocyane	Flavonoide	Trauben, diverse Früchte, Süßkartoffel	Lebensmittelfarbstoff
Betacyanin	Betalaine	Rote Rüben, Amaranth	Lebensmittelfarbstoff
Crocin	Apocarotinoide	Safran	Lebensmittelfarbstoff & Aromastoff
Capsaicin	Capsaicinoide	Paprika	Geschmackstoff
Vanillin	Phenylpropanoid	Gewürzvanille	Geschmackstoff
Glycyrrhizin		Süßholzwurzel	Intensivsüßungsmittel
Stevioside	Stevioside	Steviapflanze	Intensivsüßungsmittel
Thaumatococin	Protein	Katemfe Frucht	Intensivsüßungsmittel
$\beta$ -Sitosterol	Phytosterine	Leguminosen	Functional Food
Resveratrol	Stilbene	Traubentrester, Leguminosen	Functional Food

Tab. 3.6.1: Mögliche pflanzliche Metaboliten, die durch Zellkulturtechnik erzeugt werden können (aus Rao et al., 2002 und Davis & Derolles, 2014).

## 6.2. Tierische Zellkulturen – *in vitro*-Fleisch

Die Technik der tierischen Zellkulturen hat in der medizinischen Forschung und in der pharmazeutischen Industrie große praktische Bedeutung. Dabei werden tierische und auch menschliche Zellen, Gewebe- und Organteile, Organanlagen und Organe außerhalb ihres Organismus in einem künstlich geschaffenen Milieu unter sterilen Bedingungen gehalten oder zur Vermehrung gebracht.

Denkbar ist, dass auch tierische Zellkulturen zur Herstellung tierischer Lebensmittel genutzt werden. Diese Idee ist an und für sich schon 70 Jahre alt und geht auf Winston Churchill zurück (Bhat & Fayaz, 2011). Dieser äußerte die Ansicht, dass es absurd ist, ein Huhn zu züchten und nur die Brust und die Keulen zu essen. Viel besser wäre es, diese Teile separat zu züchten. Diese Idee war damals nicht sehr realistisch. Mit dem Fortschritt der neuen Biotechnologie auf dem Gebiet der Zellkulturtechnik erscheint sie aber zumindest theoretisch umsetzbar.

Im Sommer 2013 wurde weltweit in allen Medien eine Geschichte verbreitet, die auf den Forschungen einer Arbeitsgruppe der Universität Maastricht, Holland unter der Leitung von Prof. Mark Prost beruht (MAASTRICHT UNIVERSITY, 2015). Das Projekt der Universität Maastricht, an dem mehrere Universitäten beteiligt waren, begann im Jahr 2009 und baute auf Vorgänger-Forschungsprojekten aus dem Jahr 2004 auf. Die Schlagzeilen in den Medien reichten von Laborburger über Kunstfleischburger bis Frankenburger. Dahinter steckt ein Forschungsprojekt dieser Universität, welches sich mit der Herstellung von „*in vitro meat*“ beziehungsweise „*cultured meat*“ (auf Deutsch *in vitro*-Fleisch bzw. kultiviertes oder gezüchtetes Fleisch) beschäftigt. *In vitro*-Fleisch ist auch die wissenschaftliche Bezeichnung für diese Thematik, mit der sich weltweit mehrere Forschergruppen beschäftigen.

Die Herstellung von *in vitro*-Fleisch läuft prinzipiell nach folgendem Schema ab (Bhat & Fayaz, 2011; Edelman et al., 2005; MAASTRICHT UNIVERSITY, 2015; Welin, 2013):

1. Stammzellen aus Embryos oder Muskelstammzellen aus dem Gewebe eines lebenden Tieres werden entnommen und in einer Nährlösung vermehrt (Zellvermehrung  $\Rightarrow$  Proliferation). Als Nährlösung dient Kälberserum. Da dieses sehr teuer ist und der Idee „Fleisch herzustellen, ohne Tiere zu schlachten“ widerspricht, wird nach alternativen Nährlösungen (z.B. Algenextrakte) gesucht.
2. Die Stammzellen müssen sich nun in Muskelzellen entwickeln. Wenn Muskelstammzellen verwendet werden, verläuft dies weitgehend automatisch, weil sie schon vordeterminiert sind.



3. Der schwierige Schritt ist nun, die Muskelzellen zu Muskelfasern und damit zu einer Fleischstruktur wachsen zu lassen. Das geschieht indem die vorgezüchteten Zellen in einem Bioreaktor auf Trägerschichten verankert und weiter gezüchtet werden. Diese Träger sind beispielsweise Polymerstrukturen aus Kollagen oder Polysacchariden. Sie sollten möglichst porös sein, um eine Diffusion der in der umgebenden Nährlösung vorhandenen Inhaltsstoffe zu den Muskelzellen zu ermöglichen. Je mehr Zellschichten sich aber bilden, umso schwieriger wird diese Nachdiffusion. In der Natur wird dieses Problem durch die Bildung von Blutgefäßen im Fleisch gelöst. Um wirklich dickere Muskelstrukturen zu erhalten, müssten gleichzeitig mit dem Muskelwachstum auch Blutgefäße gebildet werden und mitwachsen. Derzeit ist das noch illusorisch. Mit der weiteren Entwicklung der Nanobiotechnologie wäre es aber denkbar, selbstanordnende, schlauchähnliche Nanostrukturen mitwachsen zu lassen.
- Natürliches Fleisch besteht aber nicht nur aus Muskelfasern und Blutgefäßen, sondern auch aus Bindegewebe (Kollagen) und Fettgewebe. Gerade der Fettanteil ist ein wesentlicher Geschmacksträger bei Fleisch. Bevor diese Probleme nicht gelöst werden, können bestenfalls fleischähnliche Strukturen, aber nie echtes Fleisch erzeugt werden. Ein saftiges Steak aus *in vitro*-Fleisch wird noch lange eine Utopie bleiben.

Was derzeit schon möglich ist, zeigen die Ergebnisse der Gruppe in Maastricht. In diesem Fall wurde eine Gewebeprobe aus einer Kuh verwendet. Das Gewebestück wurde in einzelne Muskelzellen getrennt und weiter gezüchtet. Die Zellen lagerten sich zu sogenannten Myotubes mit einer Länge von 0,3 mm aneinander. Diese Myotubes wiederum wurden um einen Gel-Zylinder herum zu Fäden bzw. Fasern angeordnet. Viele dieser Fasern ergaben im Endeffekt eine fleischähnliche Struktur. Am 5. August 2013 wurde in einer Live-Show in London der erste auf diese Weise hergestellte Burger vor laufender Fernsehkamera zubereitet und verzehrt. Er bestand aus 20.000 solcher kleinen Fasern, die mit einem Bindemittel auf Stärkebasis zu einem Burger verklebt wurden. Das Gewicht betrug 140 g und seine Herstellung kostete 250.000 Euro.

Im Zuge der Diskussion, den Fleischverzehr aus ethischen und klimapolitischen Gründen zu verringern, wäre *in vitro*-Fleisch vielleicht eine Alternative. Ob es wirklich eine solche ist, bleibt noch abzuwarten. Zu viele Fragen und Probleme sind für eine endgültige Beurteilung noch offen. Die wichtigsten davon sind folgende:

- Können alle technischen Probleme gelöst werden?
- Ist eine wirtschaftliche Produktionsweise überhaupt denkbar?
- Wie ist ein solches Konstrukt rechtlich zu bewerten? Reicht es eine Zulassung nach der Novel Food-Verordnung zu bekommen, oder stehen auch ethische Fragen zur Diskussion?
- Wie ist die Akzeptanz in der Bevölkerung? Die Zellkulturtechnik hat zwar prinzipiell nichts mit Gentechnik zu tun, sondern ist eine andere biotechnologische Methode. Sie ist allerdings auch weit weg von der Natur. Die teilweise verwendete Bezeichnung „Frankenburger“ für das oben vorgestellte Produkt, lässt in dieser Hinsicht die Vermutung aufkommen, dass eher ein sehr negatives Image entstehen wird. Konsumentinnen und Konsumenten meiden auch Produkte, die als Ersatz oder als Imitat für irgendein natürliches Lebensmittel propagiert werden. Bestes Beispiel ist der Ersatz von Fleischprodukten durch texturiertes Sojaprotein. Aus letzterem lassen sich sehr leicht fleischähnliche Produkte erzeugen, deren Markterfolg aber bis jetzt ausgeblieben ist, obwohl sie schon seit den 50er-Jahren des vorigen Jahrhunderts auf dem Markt sind. Interessanterweise erfolgt derzeit eine Renaissance dieser Verfahren auf der Basis anderer Leguminosen, um den Trend nach vegetarischen Produkten entgegen zu kommen. Wenn solche Produkte nicht als Lebensmittel *sui generis*, sondern als Fleischimitate vermarktet werden, wird der Erfolg wieder sehr bescheiden sein.

- Welche ethischen Fragen ergeben sich? So wie jede Technik könnte auch die Methode der *in vitro*-Fleisch-Züchtung missbraucht werden, indem als Ausgangszellen menschliche Stammzellen eingesetzt werden und Menschenfleisch gezüchtet wird (Kannibalismus!?).
- Obwohl der technische Durchbruch noch in weiter Ferne liegt, sofern er überhaupt gelingt, werden ethische Fragen derzeit schon intensiv diskutiert und die mögliche Akzeptanz der Konsumentinnen und Konsumenten erforscht, um Entscheidungsgrundlagen zu erhalten, ob in diese Technik weiterhin Geld investiert werden soll (Bhat & Fayaz, 2011; Goodwin & Shoulders, 2013; Wellin, 2013; Allenby & Mattick, 2014).

## 7. Indoor-Pflanzenanbau mit LED-Beleuchtung

Der Anbau von Pflanzen in Gewächshäusern bzw. Treibhäusern wurde schon vor Jahrhunderten durchgeführt, setzte sich aber erst mit Beginn der Industrialisierung in breiterem Ausmaß durch. In den Gewächshäusern wird ein künstliches Klima geschaffen, welches eine Pflanzenproduktion unabhängig von Umweltfaktoren macht.

Zu den künstlichen Umweltbedingungen zählt auch die Beleuchtung. Auf diesem Gebiet ist in den letzten Jahren nun ein ganz bedeutender Durchbruch gelungen, der in Zukunft die Gewächshaus-technik und vielleicht auch unsere Ernährung entscheidend revolutionieren kann. Es handelt sich um den Einsatz der LED-Beleuchtung. LED steht für „*light emitting diode* (lichtemittierende Diode)“. Eine Diode ist ein Halbleiterelement, welches in Durchlassrichtung Strahlung abgibt. Die Wellenlänge der emittierten Strahlung, und damit die Farbe kann über die verwendeten Halbleitermaterialien gesteuert werden.

Eine LED-Gewächshaus-Beleuchtung bietet zahlreiche, gravierende Vorteile gegenüber den konventionellen Beleuchtungen:

- **Energieeinsparung:** Europas Gewächshäuser verbrauchen jährlich etwa 150 Terawattstunden Strom. Das entspricht dem gesamten Energiebedarf Schwedens (DEUTSCHLANDFUNK, 2013). Durch LED-Beleuchtung lassen sich bis zu 40 % Energie einsparen (SIEMENS, 2015).
- **Bauart:** LED-Lichtelemente sind klein, wodurch ein Mehretagenanbau in den Gewächshäusern (⇒ vertikale Gewächshäuser) möglich ist. Auf der gleichen Grundfläche kann ein vielfacher Ertrag erzielt werden.
- **Wärmeabstrahlung geringer:** LED-Dioden sind kühl und geben weniger Wärmeenergie ab. Sie können deshalb näher an die Pflanzen platziert werden, was nochmals Raum einspart. Geringere Wärmeabstrahlung bedeutet auch geringerer Energieverbrauch bei der Klimatisierung (THE ECONOMIST, 2014).
- **Lebensdauer:** LED-Dioden haben eine ungleich längere Lebensdauer als konventionelle Beleuchtungskörper. Sie müssen weit weniger oft getauscht werden, was wiederum eine geringeren Wartungsbedarf und kompaktere Bauweisen der Lichtelemente bedeutet.
- **Steuerung des abgegebenen Farbspektrums:** Der wichtigste Vorteil der LED-Beleuchtung ist aber, dass gezielt einzelne Bereiche des Farbspektrums abgegeben werden können. Durch Kombination mehrerer Leuchtdioden in einem Beleuchtungskörper lassen sich die Farbtöne beliebig verändern. Gerade diese Tatsache ist von ganz entscheidender Bedeutung. Die in den meisten europäischen Gewächshäusern verwendeten Natriumdampf-Hochdrucklampen strahlen gelblich, wie Straßenlaternen, und liefern zwar eine hohe Lichtausbeute; ihr abgegebenes Lichtspektrum ist aber keineswegs für das Pflanzenwachstum ideal. Pflanzen verwerten für ihr Wachstum nämlich nur einen Teil des sichtbaren Lichtspektrums. Chlorophyll kann besonders gut rotes und blaues Licht absorbieren und in chemische Energie umsetzen. Mit der Variierung der LED-Beleuchtung kann darüber hinaus die Wachstumsphase der Pflanzen beeinflusst werden. Rotlicht ist wichtig für die Entwicklung des photosynthetischen Apparats, es verstärkt das (Längen-)Wachstum durch eine gesteigerte Photosyntheserate. Die Pflanzen wachsen viel schneller, wodurch Vielfachernten im Jahr möglich sind. Blaue Strahlung steuert die Chloroplastenentwick-

lung und das Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen und fördert die Bildung von Knospen. Wird gezielt der Anteil von blauem Licht variiert, lassen sich Dünger und andere Chemikalien einsparen (Ma et al., 2012; SIEMENS, 2015). Über die Messung des von der Pflanze zurück gestreuten Lichtes kann der aktuelle Lichtbedarf der Pflanzen gemessen und sofort angepasst werden.

- Die faszinierendste Möglichkeit ist aber, dass die Bildung von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen (⇒ bioaktive Inhaltsstoffe) über eine gezielte Variation des Lichtspektrums ebenfalls angeregt bzw. gesteuert werden kann, wie z.B. von Carotinoiden (Brazaityte et al., 2015; Samuoliené et al., 2013). Auf diese Weise kann sogar eine sogenannte Biofortifikation (siehe Kap. 5) erreicht werden.

Der japanische Pflanzenphysiologe Shigeharu Shimamura hat nun neben der Einführung der LED-Beleuchtung ein weiteres Element zur Revolutionierung der Gewächshaustechnik hinzugefügt, nämlich die Reinraumtechnik (siehe Teil 4, Kap. 2.5). Indem das Gewächshaus unter Reinraumbedingungen betrieben wird, wachsen die Pflanzen unter mehr oder weniger sterilen Bedingungen auf. Der Einsatz von Pestiziden und Herbiziden erübrigt sich dadurch komplett und ermöglicht sozusagen die Produktion von „Bio“-Produkten. Eine Nacherntebehandlung, wie zum Beispiel Waschen, ist ebenfalls unnötig.

Im Jahr 2013 wurde ein solches Gewächshaus (*in door farm*) in der Miyagi Prefektur in Japan in Betrieb genommen (Abb. 3.7.1). Dazu wurde das Gebäude einer früheren Sony-Halbleiterfirma genutzt. Auf einer Fläche von etwa 2.300 m<sup>2</sup> werden auf 18 Stellagen mit jeweils 15 Etagen pro Tag 100.000 Häuptel Kopfsalat geerntet. Als Beleuchtung dienen 17.500 LED-Leuchten der Fa. General Electric (THE INDEPENDENT, 2014; DAILYMAIL, 2015; GE REPORTS, 2015 a + b). Die Wachstumsraten sind 2,5 mal höher und die Flächenproduktivität ist 100 mal besser. Der Wasserbedarf beträgt nur 1 % gegenüber der Feldproduktion.

Alle großen Technikkonzerne der Welt springen bereits auf diese neue Technik auf, weil hier ein sehr großes Marktpotential gesehen wird. Außerdem haben die meisten dieser Konzerne Erfahrung im Lampenbau, bei elektronischen Steuer- und Regelgeräten und in der Klimatechnik. Beispielsweise betreibt die Firma *Green Sense Farms* schon so ein LED-Gewächshaus in Indiana, USA. Sie nutzt LED-Beleuchtungen der Firma Philips. Neben Kopfsalat wird hier auch Kohl, Basilikum und Lauch kultiviert (THE ECONOMIST, 2014).

In Zukunft ist es vorstellbar kleine, vollklimatisierte und automatisch gesteuerte LED-Gewächshaus-Container für eine *Indoor*-Kultivierung zur Nutzung im Handel, Restaurants oder sogar im Haushalt anzubieten. Optimierte Lichtprogramme für jede Pflanzenart laufen automatisch in diesen Zellen ab. Tatsächlich gibt es schon erste Ansätze in diese Richtung (Kubotu, 2015).

Der einzige Nachteil der LED-Beleuchtung ist derzeit noch der relativ hohe Preis der Beleuchtungskörper. Die Japaner sind bekannt für ihre Bereitschaft, für exquisite, besondere Lebensmittel einen hohen Preis zu bezahlen. Das gilt nicht unbedingt für andere Länder. Es wird daher für einen allgemeinen Durchbruch der LED-Glashaustechnik davon abhängen, wie die Produkte preislich mit konventionell erzeugten abschneiden. Bei einer breiteren Anwendung wird sich der Preis aber verringern.

Die LED-Gewächshaus-Beleuchtung wird sich mit Sicherheit durchsetzen. Die Produktion von Grundnahrungsmitteln, wie Getreide, Ölsaaten, Wurzeln und Knollen wird auch weiterhin auf dem Acker stattfinden; für die Kultivierung von grünem Gemüse eröffnen sich aber ungeahnte Möglichkeiten.

Nachdem die Verbraucherinnen und Verbraucher derzeit Glashausprodukte akzeptieren, sollte eine Akzeptanz bei diesen neuen Produkten kein Problem darstellen.



Abb. 3.7.1: Bilder von Gewächshäusern mit LED-Beleuchtung (Rechtes Bild: Gewächshaus betrieben unter Reinraumbedingungen) (GE REPORTS, 2015 a + b)

## 8. Klonen

Prinzipiell wird zwischen therapeutischen und reproduktivem Klonen unterschieden. Therapeutisches Klonen dient zur Gewebebezug oder Züchtung einzelner Organe eines Organismus.

Das reproduktive Klonen trat erstmals im Juli 1996 mit der Geburt des Klonschafs Dolly im Roslin Institute, Schottland in den Fokus der Öffentlichkeit. Es war weltweit das erste Säugetier, welches durch Klonen eines erwachsenen Tieres entstanden war. Beim reproduktiven Klonen, wird der Zellkern aus einer ausdifferenzierten Körperzelle eines Tieres entnommen, dessen Eigenschaften vermehrt werden sollen. Dieser Kern wird in eine unbefruchtete Eizelle eines anderen Tieres eingepflanzt, deren Zellkern vor dieser Manipulation entfernt wurde. Nach kurzzeitiger Bebrütung in einer Nährlösung wird der Embryo wie bei einer normalen Schwangerschaft im Uterus einer hormonell "synchronisierten" Leihmutter ausgetragen (Groth, 2013). In Abb. 3.8.1 ist die Klonierung schematisch dargestellt. Durch reproduktives Klonen können also genetisch gleiche Nachkommen von Pflanzen, Tieren und prinzipiell auch von Menschen erzeugt werden. In der Natur finden sich auch Zellklone. Eineiige Zwillinge sind beispielsweise Abkömmlinge einer befruchteten Eizelle. Auch einzellige Organismen (Bakterien) sind Klone.

Die EU (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2013) hat in ihrem Richtlinienentwurf für die Regelung des reproduktiven Klonens eine entsprechende Definition erstellt, die folgendermaßen lautet (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2013 a & 2013 b):

*Im Sinne dieser Richtlinie bezeichnet der Ausdruck „Klonen“ die ungeschlechtliche Reproduktion von Tieren mit einer Technik, bei der der Kern einer Zelle eines einzelnen Tieres in eine Eizelle transferiert wird, aus der der Zellkern entfernt wurde, um genetisch identische einzelne Embryonen zu schaffen („Klonembryonen“), die dann Ersatzmuttertieren eingepflanzt werden, um so Populationen genetisch identischer Tiere („Klontiere“) zu erzeugen.*

### 8.1. Nutzen

Welche Vorteile lassen sich aus der Klonierung von Nutztieren ziehen? Mit der Klontechnik wird die Leistung eines Tieres nicht verbessert. Es werden nur die genetischen Eigenschaften weiter gegeben. Klonierung ist an und für sich eine aufwändige und teure Technik. Es ist daher unwahrscheinlich, dass Klontiere in großem Ausmaß direkt für die Gewinnung von Lebensmitteln eingesetzt werden. Züchter könnten aber aus besonders wertvollen Tieren (z.B. Zuchtbullen) größere Mengen an Reproduktionsmaterial (Sperma, Embryonen) erhalten. Schon jetzt wird durch die konventionelle Tierzucht bestimmte Eigenschaften von Tieren (z.B. Milchleistung von Kühen) verstärkt. Durch das Klonen werden ausgewählte Tiere vermehrt, ohne Gefahr zu laufen, dass sich gewünschte, selektierte Merkmale wieder auskreuzen.

Die Verbindung von Klonen und Gentechnik ergibt sich dadurch, dass transgene Tiere (z.B. Fähigkeit ein Wachstumshormon zu bilden) geklont werden. Die Massentierzucht erfolgt dann nicht mit den kostbaren Klontieren, sondern mit deren konventionell gezüchteten Nachkommen, welche zur Herstellung von Lebensmitteln verwendet werden. Diese Lebensmittel können billiger erzeugt werden; ob sie auch eine höhere, bessere Qualität haben bzw. haben können, ist derzeit nicht ersichtlich.

Für die Endverbraucher ist gegenwärtig kein direkter Zusatznutzen von geklonten Nutztieren erkennbar und damit am Markt auch nicht vermittelbar (Then & Tippe, 2010; Lyndhurst, 2009). Im



Endeffekt ergibt sich die gleiche Situation, wie bei der Nutzung der Gentechnik im Agrarbereich. Warum sollen die Konsumentinnen und Konsumenten eventuell vorhandene Risiken in Kauf nehmen, ohne offensichtlich Nutzen daraus zu ziehen?

Ob und in welchem Umfang tatsächlich schon Lebensmittel aus Klontieren auf dem europäischen Markt sind, ist unklar (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2013).

## 8.2. Zukünftige rechtliche Regelungen

Die Europäische Kommission wollte das Klonen in einer Novellierung der Novel Food Verordnung genauer regeln. Dieser Vorschlag fand aber keine Zustimmung im Europäischen Parlament. Deswegen wurde das Klonen aus diesem Vorschlag heraus genommen. An Stelle dessen hat die Europäische Kommission Vorschläge für zwei neue Richtlinien gemacht, in denen Klonen explizit geregelt werden soll (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2013 a & 2013 b).

Die erste geplante Richtlinie verbietet den Einsatz der Klontechnik bei landwirtschaftlichen Nutztieren sowie die Einfuhr und das Inverkehrbringen von Klontieren und Klonembryonen. Für andere Zwecke bleibt das Klonen erlaubt. Nicht erfasst sollen nämlich jene Tiere werden, die ausschließlich für andere Zwecke, z.B. Forschung, Herstellung von Arzneimitteln und Medizinprodukten, Erhaltung seltener Rassen und gefährdeter Arten oder für Sport- und Kulturereignisse gehalten und reproduziert werden (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2013 a).

Der zweite Richtlinienentwurf verbietet, dass Lebensmittel von Klontieren in den Verkehr gebracht werden. Die übrigen EU-Organe (Europäisches Parlament und der Rat) werden nun über diese Vorschläge der Kommission beraten und anschließend ihre Standpunkte vorlegen.

Es wird erwartet, dass diese beiden Rechtsakte frühestens im Jahr 2016 in Kraft treten werden (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2013 c). Fraglich ist, ob in der vorliegenden Fassung oder nicht. In der Zwischenzeit wurde von vielen Seiten heftige Kritik geübt, dass zwar die Herstellung und das Inverkehrbringen von Lebensmitteln aus Klontieren verboten werden sollen, aber auf die Nachkommen von Klontieren kein Bezug genommen wird (z.B. SPIEGEL, 2013; DIE WELT, 2013; EU-Ausschuss des Bundesrates, 2014). Die Kritik ist insofern nachvollziehbar, weil es nicht sehr wahrscheinlich ist, dass in Zukunft Lebensmittel aus Klontieren direkt in größerem Ausmaß auf den Markt kommen werden, sondern aus deren Nachkommen. Ein weiterer strittiger Punkt ist die nicht vorgesehene Kennzeichnung von Lebensmitteln (z.B. Fleisch und Fleischwaren, Milch und Milchprodukte, Eier) aus Klontieren.

## 8.3. Risiken

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat bereits 2008 ein Gutachten zum Klonen abgegeben. Dieses Gutachten wurde 2009, 2010 und 2012 durch Ergänzungen aktualisiert (EFSA, 2008).

Die EFSA hält fest, dass es keinen Unterschied bei Lebensmitteln zwischen gesunden Klontieren und gesunden, konventionell gezüchteten Tieren gibt. Das Klonen hat also keine Auswirkungen auf die Sicherheit der Lebensmittel. Sie konstatiert aber Probleme im Zusammenhang mit der Gesundheit der Ersatzmuttertiere (die die Klone austragen) und der Klone selbst. Ersatzmuttertiere leiden insbesondere unter Funktionsstörungen der Plazenta, was zu einer erhöhten Zahl an Fehl-

geburten beiträgt. Dies ist einer der Gründe für die geringe Effizienz der Technik (6 – 15 % bei Rindern und 6 % bei Schweinen) und dafür, dass mehreren Muttertieren Klonembryonen eingepflanzt werden müssen, um einen einzigen Klon zu erhalten. Außerdem führen Anomalien der Klone und außergewöhnlich große Nachkommen der ersten Filialgeneration zu schwierigen Geburten und neonatalen Todesfällen. Eine hohe Sterblichkeitsrate ist typisch für die Klontechnik.

Kritik an den Ausführungen der EFSA gibt es insofern, dass die häufigeren, gesundheitlichen Probleme bei Nachkommen von Klontieren auf die Lebensmittelsicherheit nicht entsprechend gewürdigt wird (z.B. Then & Tippe, 2010).

## 8.4. Informationsstand und Akzeptanz der Konsumentinnen und Konsumenten

Seit dem Klonschaf Dolly ist diese Technik im Bewusstsein der Bevölkerung an und für sich gut verankert. Das Klonen von Nutztieren zur Lebensmittelerzeugung wird aber eher sehr kritisch gesehen. 58 % der EU-Bürger sagen, die Nutzung dieser Technik für Nutztiere wird niemals gerechtfertigt sein (Harrington, 2010; Lyndhurst 2009). Es ergibt sich eine ähnlich breite Ablehnung wie bei der Gentechnik (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2010). Falls in Zukunft keine Kennzeichnung von Lebensmitteln aus Nachkommen von Klontieren vorgesehen wird, erübrigt sich eine Diskussion bezüglich der Akzeptanz, weil die Konsumentinnen und Konsumenten solche Lebensmittel gar nicht erkennen können. Ähnlich wie bei Lebensmitteln aus gentechnisch veränderten Organismen wird es wahrscheinlich zu einer Negativkennzeichnung kommen („klonfrei“, „nicht aus geklonten Tieren erzeugt“ usw.).

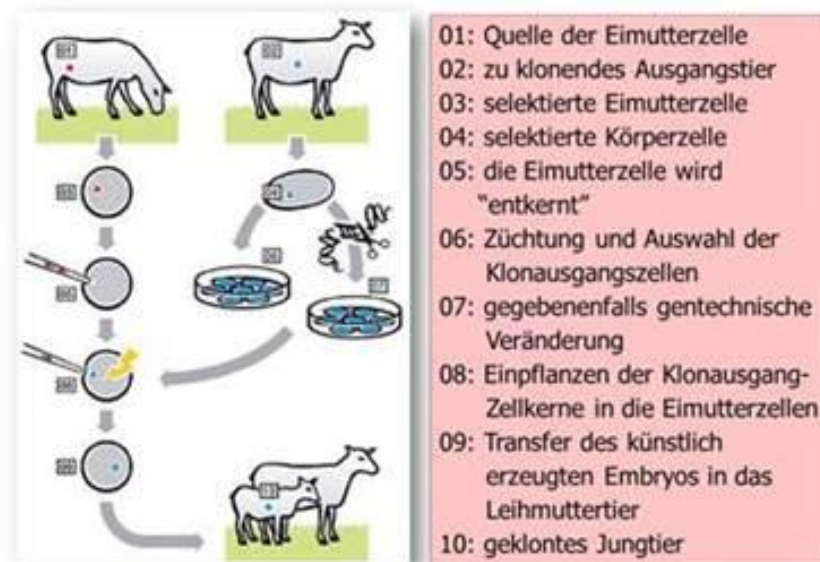


Abb. 3.8.1: Der Prozess des Klonens mittels Zellkultivierung und Transgenese (mod. nach Then & Tippe, 2010)

## 9. Literatur

- AGES (2015): AGES nimmt Stellung zu Noni-Saft. ([www.ages.at/themen/lebensmittel/neuartige-lebensmittel/noni-saft/](http://www.ages.at/themen/lebensmittel/neuartige-lebensmittel/noni-saft/); Zugriff 8.3.2015)
- Allenby B. and Mattick C. (2014): The future of meat (<http://issues.org/30-1/carolyn/>; Zugriff 06.03.2015)
- Annapure U.S., Singhal R.S. and Kulkarni P.R. (1998): Studies on deep-fat fried snacks from some cereals and legume. *Journal of Science of Food and Agriculture* 76, 377–382
- Anonym (2014): Vermont führt als erster US-Bundesstaat Gentechnik-Kennzeichnung ein - Umsetzung fraglich. *transparenzGentechnik* ([www.transgen.de/aktuell/1782.doku.html](http://www.transgen.de/aktuell/1782.doku.html))
- Anonym (2015): Labeling around the world. (<http://justlabelit.org/right-to-know/labeling-around-the-world/>; Zugriff 02.11.2014)
- Assis S.A.D, Fernandes F.P., Martins A.B.G. and Oliveira O.M.M.D.F. (2008): Acerola: Importance, culture conditions, production and biochemical aspects (Review). *Fruits*, 63 93-101
- Atwell W.A., Patrick B.M., Johnson L.A. and Glass R.W. (1983): Characterization of Quinoa Starch. *Cereal Chemistry* 60, 9-11
- Ayieko M., Oriaro V. and Nyambuga I. (2010): Processed products of termites and lake flies: Improving entomophagy for food security within the Lake Victoria region. *African Journal of Food Agriculture, Nutrition and Development*, 10(2), ISSN 1684 5374
- Bagdi A., Balázs G., Schmidt J., Szatmári M., Schoenlechner R. and Berghofer E. (2011): Protein characterization and nutrient composition of Hungarian proso millet varieties and the effect of decortication. *Acta Alimentaria* 40, 128-141
- Banjo A.D., Lawal O.A. and Adeyemi A.I. (2006): The microbial fauna associated with the larvae of *Oryctes monocerus*. *J. Appl. Sci. Res.* 2, 837–43
- BDP (2013): Wir wie von der Natur lernen: Neue Werkzeuge in der Pflanzenzüchtung sichern Vielfalt und Fortschritt. Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter, Positionspapier, 2.7.2014
- Beatty S.; Koh H.; Phil M., Henson D. and Boulton M. (2000): The role of oxidative stress in the pathogenesis of age-related macular degeneration. *Surv. Ophthalmol.* 45, 115–134
- Becker E.W. (2007): Micro-algae as a source of protein (Review). *Biotechnology Advances* 25, 207-210
- Bellido G.G. and Beta T. (2009): Anthocyanin Composition and Oxygen Radical Scavenging Capacity (ORAC) of Milled and Pearled Purple, Black, and Common Barley. *J. Agric. Food Chem.* 57, 1022–1028
- Berghofer E., Schönlechner R., Siebenhandl S. und Zeytlick G. (2006): Rohstoffe mit Potenzial - Funktionelle Lebensmittel aus Getreide, Pseudogetreide und Leguminosen. *Lebensmitteltechnik* 4, 68-69
- BfG (2012): Cisgenesis-Bundesministerium für Gesundheit. Report Oktober 2012, ISBN 978-3-902611-60-04

- BfR (2014): Anträge auf Zulassung neuartiger Lebensmittel gemäß Artikel 4 der Verordnung (EG) Nr. 258/97 (Stand: 17.04.2014). Bundesanstalt für Risikoforschung. ([www.bfr.bund.de/cm/343/140417-antraege-auf-zulassung-neuartiger-lebensmittel-gemaess-artikel-4-der-verordnung-eg-nr-258-97.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/140417-antraege-auf-zulassung-neuartiger-lebensmittel-gemaess-artikel-4-der-verordnung-eg-nr-258-97.pdf), Zugriff 20.03.2015)
- Bhat Z.F. and Fayaz H. (2011): Prospectus of cultured meat – advancing meat alternatives. *J. Food. Sci. Technol.* 48, 125-140
- Bhatty R.S. (1999): The potential of hull-less barley. *Cereal Chemistry* 76, 589-599
- Black food: (<http://www.kochmix.de/kochmagazin-black-food--der-neue-trend-schwarze-nahrungsmittel-teil-1-642.html>)
- BMLFUW, 2013: Getreideanbau und Getreidearten in Österreich. ([www.bmlfuw.gv.at/land/produktion-maerkte/pflanzliche-produktion/getreide/Getreide.html](http://www.bmlfuw.gv.at/land/produktion-maerkte/pflanzliche-produktion/getreide/Getreide.html)); Zugriff 12.2.2015
- Borghini B., Castagna R., Corbellini M., Heun M. and Salamini F. (1996): Breadmaking quality of einkorn wheat (*Triticum monococcum ssp. monococcum*). *Cereal Chem.* 73, 208–214
- Brazaitytė A, Sakalauskiėnė S, Samuolienė G, Jankauskiėnė J, Viršilė A, Noviėkovas A, Sirtautas R, Miliauskiėnė J, Vaštakaitė V, Dabašinskas L, Duchovskis P. (2015): The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens. *Food Chem.* 173, 600-606
- Brouns F., Hemery Y., Price R. and Anson N.M. (2012): Wheat Aleurone: Separation, Composition, Health Aspects, and Potential Food Use (Review). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 52, 553-568
- Bukkens S.G.F. (1997): The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food Nutrition* 36, 287-319
- Cai Z. Q. (2011): Shade delayed flowering and decreased photosynthesis, growth and yield of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) plants. *Crop Prod.* 1235-1237
- Calvo M. M. (2005): Lutein: A valuable ingredient of fruit and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 45, 671–696
- CBI Product Factsheet (2015): Sacha Inchi oil in the EU and EFTA. Practical market insights into your product. ([www.cbi.eu/sites/default/files/study/product-factsheet-sacha-inchi-oil-europe-vegetable-oils-oilseeds-2014.pdf](http://www.cbi.eu/sites/default/files/study/product-factsheet-sacha-inchi-oil-europe-vegetable-oils-oilseeds-2014.pdf); Zugriff 12.3.2015)
- Chakravorty J., Ghosh S. and Meyer-Rochow B. (2011): Practices of entomophagy and entomotherapy by members of the Nyishi and Galo tribes, two ethnic groups of the state of Arunachal Pradesh (North-East India). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 7, 5-10
- Chan H.C., Chang R.C., Koon-Ching I.A., Chiu K., Yuen W.H., Zee S.Y. and So K.F. (2007): Neuroprotective effects of *Lycium barbarum* Lynn on protecting retinal ganglion cells in an ocular hypertension model of glaucoma. *Exp Neurol.* 203, 269-73
- Chaudhary R. C. (2003): Speciality rices of the world: Effect of WTO and IPR on its production trend and marketing. *Journal of Food Agriculture and Environment* 1, 34–41
- Chen F., Cole P., Mi Z., and Xing L.-Y. (1993): Corn and wheat flour consumption and mortality from esophageal cancer in Shanxi, China. *Int. J. of Cancer* 53, 902-906

- Chen X., Feng Y. and Chen Z. (2009): Common edible insects and their utilization in China. *Entomological Research* 39, 299-303
- Christaki E., Florou-Paneri P. and Bonos E. (2011): Microalgae: a novel ingredient in nutrition. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(8), 794-799
- Christensen D., Orech F., Mungai M., Larsen T., Friis H. and Aargaard-Hansen J. (2006): Entomophagy among the Luo of Kenya: a potential mineral source? *Int. J. of Food Sciences and Nutrition* 57, 198-203
- Clive J. (2014): Global status of commercialized biotech/GM Crops: 2014. ISAAA Brief No. 49
- Cofrades S., López-López I., Solas M., Bravo L. and Jiménez-Colmenero F. (2008): Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. *Meat Science* 79, 767-776
- Corbo M.R., Bevilacqua A., Petrucci L., Casanova F.P. and Sinigaglia M. (2014): Functional beverages: The emerging side of functional foods. Commercial trends, research, and health implications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 13, 1192-1206
- D'Egidio M.G., Nardi S. and Vallega V. (1993): Grain, flour, and dough characteristics of selected strains of diploid wheat, *Triticum monococcum* L. *Cereal Chem.* 70, 298-303
- Dabringer M. (1996): Eine ethnobotanische Betrachtung des Gänsefußgewächses *Chenopodium quinoa* Wild. unter besonderer Berücksichtigung wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen agrarischer Produktion in der ecuadorianischer Sierra. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien
- Dahlhoff C., Fürst R.W., Ruhlig K., Sedlmeier E.M. und Bader B.L. (2008): Epigenetik und Ernährung. *Ernährung* 2, 116-124
- DAILYMAIL, (2014): Now THAT'S a power plant! Indoor farm grows 10,000 heads of lettuce a DAY using lights that mimic day and night. (<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2687674/Now-THATS-power-plant-Indoor-farm-grows-10-000-heads-lettuce-DAY-using-lights-mimic-day-night.html>)
- Datamonitor (2015): Product launch analytics. ([www.datamonitor.com](http://www.datamonitor.com); Zugriff 8.3.2015)
- Davies K. and Deroles S.C. (2014): Prospects for the use of plant cell cultures in food biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology* 26, 133-140
- Dawczynski C., Schubert R. and Jahreis G. (2007): Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry* 103, 891-899
- Dawson F. and M. Stones: Food firms look to sensory claims. ([www.foodmanufacture.co.uk/content/view/print/581136](http://www.foodmanufacture.co.uk/content/view/print/581136); Zugriff 10.10.2014)
- De Jesus Raposo M.F., De Morais R.M.S.C. and De Morais A.M.M.B. (2013): Health applications of bioactive compounds from marine microalgae (Review). *Life Sciences* 93, 479-486
- De Oliveira M., Ponte Freitas A., Urano Carvalho A., Tavares Sampaio T., Farias D., Teixeira A., Gouveia S.T., Pereira J., and De Castro Catanho de Sena M.M.. (2009): Nutritive and non-nutritive attributes of washed-up seaweeds from the coast of Ceará, Brazil. *Food Chemistry* 115, 254-259

DeStatis.de (2015):

([www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Internationales/Thema/ Tabellen/Basistabelle\\_KonsumN.html](http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Internationales/Thema/Tabellen/Basistabelle_KonsumN.html))

DIE PRESSE (2010): Nestlé: Lebensmittel als Medizin.

(<http://diepresse.com/home/wirtschaft/international/597664/print.do>, 27.08.2009)

DIE WELT (2013): EU-Bürgern wird unbemerkt Klon-Fleisch verkauft.

(<http://www.welt.de/wirtschaft/article122963615/EU-Buergern-wird-unbemerkt-Klon-Fleisch-verkauft.html>; Zugriff 07.03.2015)

Diplock A.T., Aggett P.J., Ashwell M., Bornet F., Fern E.B. and Roberfroid M.B. (1999): Scientific concepts of functional foods in Europe: Consensus Document". *British J. of Nutrition* 81, 1-27

Dogra S., Sakwinska O., Soh S-E., Ngom-Bru C., Brück WM., Berger B., Brüssow H., Lee Y-S, Yap F., Chong Y-S, Godfrey KM and Holbrook JD (2015): Dynamics of infant gut microbiota are influenced by delivery mode and gestational duration and are associated with subsequent adiposity. *mBio* 6(1):e02419-14., doi:10.1128/mBio.02419-14

Dönges J. (2014): Genetisch veränderte „Superbanane“ soll Mangelerscheinungen bekämpfen.

([www.spektrum.de/news/genetisch-veraenderte-superbanane-soll-mangelerscheinungen-bekaempfen/1295892](http://www.spektrum.de/news/genetisch-veraenderte-superbanane-soll-mangelerscheinungen-bekaempfen/1295892); Zugriff 3.3.2015)

Ebert V. (2013): Wie Lebensmittel den Organismus mitformen – Auswirkungen der Ernährung auf das Epigenom. ([www.scienceinschool.org/print/4324](http://www.scienceinschool.org/print/4324))

Edelmann P.D., McFarland D.C., Mironov V.A.Matheny J.G. (2005): *In vitro*-cultured meat production. *Tissue Engineering* 11, 659-662

EFSA (2011): Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to beta-glucans from oats and barley and maintenance of normal blood LDL-cholesterol concentrations (ID 1236, 1299), increase in satiety leading to a reduction in energy intake (ID 851, 852), reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 821, 824), and "digestive function" (ID 850) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2011, 21 pp

EFSA (2012 a): Lebensmittelsicherheit, Tiergesundheit und Tierwohl sowie ökologische Auswirkungen von durch Kerntransfer somatischer Zellen gewonnenen Klonen, ihrer ersten Filialgeneration und der von diesen Tieren gewonnenen Erzeugnisse (Gutachten und Erklärungen) ([www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/767.pdf](http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/767.pdf))

EFSA (2012 b): Scientific opinion addressing the safety assessment of plants developed through cisgenesis and intragenesis. *EFSA Journal* 10, 2651

Eggum B.O. and Beame R.M. (1983): The nutritive value of seed proteins. In: Gottschalk W., Müller P.H. (Eds) *Seed Protein Biochemistry, Genetics and Nutritive Value*, 499–531

Epigenom-Netzwerk (2015 a): Wir sind was wir essen. (<http://epigenome.eu/de/2,48,1015>; Zugriff 26.02.2015)

Epigenom-Netzwerk (2015 b): Essen für das Epigenom. (<http://epigenome.eu/de/2,48,1018>; Zugriff 26.02.2015)

EU-Ausschuss des Bundesrates (2014): EU: Klonen von Tieren für die Lebensmittelerzeugung. Aussendung des Pressedienst des Parlaments, 13. Februar 2014



EU-Kommission (2009 a): Entscheidung der Kommission vom 13. Oktober 2009 über die Zulassung des Inverkehrbringens von Chiasamen (*Salvia hispanica*) als neuartige Lebensmittelzutat gemäß der Verordnung (EG) Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union. Nr. L 294 vom 11. November 2009, 14

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2009 b): Entscheidung der Kommission vom 22. April 2009 zur Genehmigung des Inverkehrbringens des Eis-strukturierenden Proteins Typ III HPLC 12 als neuartige Lebensmittelzutat gemäß der Verordnung (EG) Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union, 25.4.2009, L 105/15

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2010): European and biotechnology in 2010.  
(<http://ec.europa.eu/research/resarch-eu>)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2013 a): Vorschlag für eine RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über das Klonen von Rindern, Schweinen, Schafen, Ziegen und Equiden, die für landwirtschaftliche Zwecke gehalten und reproduziert werden. Brüssel, den 18.12.2013, COM(2013) 892 final, 2013/0433 (COD)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2013 b): Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über das Inverkehrbringen von Lebensmitteln von Klontieren. Brüssel, den 18.12.2013, COM(2013) 893 final, 2013/0434 (APP)

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2013 c): Lebensmittel: Kommission legt Vorschläge über das Klonen von Tieren und zu neuartigen Lebensmitteln vor. Pressemitteilung, 18. 12. 2013, IP/13/1269)

EUROPEAN COMMISSION (2015): Notifications of novel foods.  
([http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/novelfood/notif\\_list\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/novelfood/notif_list_en.pdf); Zugriff 08.03.2015)

FAOSTAT (2015): ©FAO Statistics Division 2015, <http://faostat.fao.org> , Zugriff März und April 2015

FINADVISE (2011): Der weltweite Sojemarkt und die europäische Eiweißlücke. Vortrag beim 3. Österr. Soja-Symposium. LBWFS Ritzlhof, 7. Juni 2011

Fleurence J. (1999): Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. Trends in Food Science and Technology, 10, 25-28

Food in Canada (2015): Black is the new black. Antioxidant-rich black rice is an exotic staple quickly gaining popularity in North America. ([www.foodincanada.com/features/black-new-black/](http://www.foodincanada.com/features/black-new-black/); Zugriff 14.02.2015)

Frohnwieser K. und Verbeek U. (2013): Health-Claims-Sammelverfahren – Fokus: „On hold“-Claims. Deutsche Lebensmittelrundschau 109, 388-389

Futurefoodstudio (2015): Willkommen beim Ento-Trend. ([www.futurestudio.at](http://www.futurestudio.at); Zugriff 8.3.2015)

GE REPORTS (2015 a): The future of Agriculture. ([www.gereports.com/post/105532612260/the-future-of-agriculture-indoor-farms-powered-by](http://www.gereports.com/post/105532612260/the-future-of-agriculture-indoor-farms-powered-by); Zugriff 15.02.2015)

GE REPORTS (2015 b): Lettuce see the future: Japanese farmer builds high-tech indoor veggie factory. ([www.gereports.com/post/91250246340/lettuce-see-the-future-japanese-farmer-builds](http://www.gereports.com/post/91250246340/lettuce-see-the-future-japanese-farmer-builds); Zugriff 15.02.2015)

Geschäftsstelle Deutscher Zukunftspreis - Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. (2015): Bundespräsident Joachim Gauck verleiht Deutschen Zukunftspreis 2014.

([www.deutscher-zukunftspreis.de/de/news/bundespraesident-joachim-gauck-verleiht-deutschen-zukunftspreis-2014](http://www.deutscher-zukunftspreis.de/de/news/bundespraesident-joachim-gauck-verleiht-deutschen-zukunftspreis-2014); Zugriff 8.3.2015)

Goodwyn J.N. and Shoulders C.W. (2013): The future of meat: A qualitative analysis of cultures meat media coverage. *Meat Science* 95, 445-450

Gouveia L. and Oliveira A. (2009): Microalgae as a raw material for biofuels production. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 36, 269-274

Grassmann, M. (2015): Die ganze Wahrheit über die Lebensmittelpreise. Artikel aus Zeitung Die Welt 13. Mrz. 2015 ([www.welt.de/133552242](http://www.welt.de/133552242), Zugriff am 12.3.2015)

Grausgruber H., Miesenberger S., Schoenlechner R. and Vollmann J. (2008): Influence of dough improvers on whole-grain bread quality of Einkorn wheat. *Acta Alimentaria* 37, 379–390

Grausgruber H., Schoenlechner R., Zahlner V., Berghofer E. and Ruckenbauer P. (2004): Beta-glucan content of old and modern spring barleys. [9th International Barley Genetics Symposium, Brno, Czech Republic, 20-26 June 2004] In: J. Spunar, J. Janikova: 9th International Barley Genetics Symposium, 20-26 June 2004, Brno, Czech Republic; Proceedings - Part II (Poster Presentations), 442-448; Agricultural Research Institute Kromeriz, Ltd., Kromeriz, Czech Republic; ISBN 80-902545-9-4

Groth J. (2013): Therapeutisches und reproduktives Klonen. ([www.meine-molekuele.de/therapeutisches-und-reproduktives-klonen/](http://www.meine-molekuele.de/therapeutisches-und-reproduktives-klonen/); Zugriff 08.03.2015)

Gruenwald J. (2015): Foods for special medical purposes: An end to the confusion? ([www.nutraceuticalsworld.com/issues/2015-01/view\\_columns/foods-for-special-medical-purposes-an-end-to-the-confusion/](http://www.nutraceuticalsworld.com/issues/2015-01/view_columns/foods-for-special-medical-purposes-an-end-to-the-confusion/); Zugriff 27.02.2015)

Guidel-Urbano M. and Goni, I. (2002): Effect of edible seaweeds (*Undaria pinnatifida* and *Porphyra tenera*) on the metabolic activities of intestinal microflora in rats. *Nutrition Research* 22, 323-331

Guillén M.D., Ruiz A., Cabo N., Chirinos R. and Pascual G. (2003): Characterization of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and <sup>1</sup>H NMR. Comparison with linseed oil. *J Am Oil Chem Soc.* 80, 755-762

Gutiérrez L., Rosada L. and Jiménez Á. (2011): Chemical composition of Sacha Inchi seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas Y Aceites* 62, 76-83

Hackstein J.H. P. and Stumm C.K. (1994): Methane production in terrestrial arthropods. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 91, 5441-5445

Hahne D. (2012): Epigenetik und Ernährung: Folgenreiche Fehlprogrammierung. *Deutsches Ärzteblatt* 109(40), A-1986-A-1987

Harrington R. (2010): Consumers suspicious of nanaotech, irradiation and cloning. *FOOD production.daily* ([www.foodproductiondaily.com/content/view/print/280683](http://www.foodproductiondaily.com/content/view/print/280683))

Healthgrain (2015): Heathgrain Forum ([www.healthgrain.org/](http://www.healthgrain.org/); Zugriff 25.3.2015)

Heinrich M., Dhanjia T. and Casselman I. (2011): "Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) - A phytochemical and pharmacological assessment of the species' health claims". *Phytochemistry Letters* 4, 10-21

Hirsch, K.D. (2009): Nutrient biofortification of food crops. *Annu. Rev. Nutrition* 29, 401-421

- HONG KONG INSTITUTE OF EDUCATION (2015): Plant cellcultures ([www.ied.edu.hk/biotech/eng/classrm/class\\_agr6.html](http://www.ied.edu.hk/biotech/eng/classrm/class_agr6.html); Zugriff. 03.03.2015)
- info360 Media (2015): Chiasamen-Info. ([www.chia-samen.info/](http://www.chia-samen.info/); Zugriff 12.3.2015)
- International Rice Research Institute (IRRI) (2015): ([www.irri.org](http://www.irri.org); Zugriff 14.2.2015)
- Izydorczyk M.S., Storsley J., Labossiere D., MacGregor A.W. and Rosnagel B.G. (2000): Variation in total and soluble b-glucan content in hullless barley: effects of thermal, physical, and enzymic treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 982-989
- Jiménez-Chillarón J.P., Díaz R., Martínez D., Pentinat T., Ramón-Krauel M., Ribó S. and Plösch T. (2012): The role of nutrition on epigenetic modifications and their implications on health. *Biochimie* 94, 2242-2263
- Jiménez-Escrig A. and Sánchez-Muniz F. (2000): Dietary fibre from edible seaweeds: chemical structure physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutrition Research* 20, 585-598
- Kadam S and Prabhasankar P. (2010): Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. *Food Research International* 43, 1975-1980
- Kaffsack H.-J. (2013): UN werben für mehr Insekten auf dem Speiseplan. *Die Welt*, 13.05.2013 ([www.welt.de/116143425](http://www.welt.de/116143425))
- Kanchiswamy C.N., Sargent D.J., Velasco R., Maffei M.E. and Malnoy M. (2014): Looking forward to genetically edited fruit crops. *Trends in Biotechnology* 32, 1-3
- Khlestkina E., Röder M.S., Grausgruber H. and Börner A. (2006): A DNA fingerprinting-based taxonomic allocation of Kamut wheat. *Plant Genetic Resources*, 4, 172–180
- Kinner M., Nitschko S., Sommeregger J., Petrasch A., Linsberger-Martin G., Grausgruber H., Berghofer E. and Siebenhandl-Ehn S. (2011): Naked barley - Optimized recipe for pure barley bread with sufficient beta-glucan according to the EFSA health claims. *Journal of Cereal Science* 53, 225-230
- Kok E.J., Pedersen J., Onori R., Sowa S., Schauzu M., DeSchrijver A. and Teeri T.H. (2014): Plants with stacked genetically modified events: To assess or not to assess? *Trends in Biotechnology* 32, 70-73
- Kubotu C. (2015): Indoor cultivation for the future. Mirai, Co., Ltd. ([www.fieldrobotics.org/~ssingh/VF/Challenges\\_in\\_Vertical\\_Farming/Schedule\\_files/SHIMAMURA.pdf](http://www.fieldrobotics.org/~ssingh/VF/Challenges_in_Vertical_Farming/Schedule_files/SHIMAMURA.pdf))
- Kuskoski E.M., Asuero A.G., Morales M.T. and Fett R. (2006): Wild fruits and pulps of frozen fruits: antioxidant activity, polyphenols and anthocyanins. *Cienc. Rural* 36, 1283-1287
- Kussmann M. and Fay L.B. (2008): Nutrigenomics and personalized nutrition: Science and Concept. *Personalized Medicine* 5, 447-455
- Leatherhead Food Research (2014): Functional foods market increases in size. Press release, 24 November 2014 ([www.leatherheadfood.com/functional-foods-market-increases-in-size](http://www.leatherheadfood.com/functional-foods-market-increases-in-size))

Lembacher F. and Schally H. (2014): Emmer und Einkorn. NÖ. Landes-Landwirtschaftskammer ([www.lko.at/media.php?filename=download%3D%2F2009.11.23%2F1258966918.pdf&rn=Emmer-einkorn.pdf](http://www.lko.at/media.php?filename=download%3D%2F2009.11.23%2F1258966918.pdf&rn=Emmer-einkorn.pdf); Zugriff 12.2.2015)

Lenihan-Geels G., Bishop K. and Ferguson L. (2013): Alternative sources of omega-3 fats: can we find a sustainable substitute for fish? *Nutrients* 5, 1301-1315

Lyndhurst B. (2009): An evidence review of public attitudes to emerging food technologies. Social Science Research Unit Food Standards Agency (UK), March 2009

Ma G., Zhang L., Kato M, Yamawaki K., Kiriwa Y., Yahata M., Ikoma Y. and Matsumoto H. (2011): Effect of blue and red LED light irradiation on  $\beta$ -cryptoxanthin accumulation in the flavedo of citrus fruits. *J. Agric Food Chem.* 60, 197-201

MAASTRICHT UNIVERSITY (2015): First-ever public tasting of lab-grown cultured beef burger. (<http://www.maastrichtuniversity.nl/web/Main/Research/ResearchUM/FirsteverPublicTastingOfLabgrownCulturedBeefBurger.htm>; Zugriff 05.03.2015)

MacEvilly C. (2000): Bugs in the system. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin* 25, 267-268

Mahlknecht U. (2013): Der Krebs im Visier: Epigenetische Einflüsse der Nahrung auf die Karzinogenese und Aspekte der Prävention. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 38, S37-S41

Mares-Perlman J. A., Millen A. E., Ficek T. L. and Hankinson S. E. (2002): The body of evidence to support a protective role for lutein and zeaxanthin in delaying chronic disease. Overview. *J. Nutr.* 132, 518–524

Martha G.C., Armando R.T., Carlos A.A., Medina-Vera I., Gil-Zenteno L., Hernández-Viveros I., López-Romero P., Ordaz-Nava G., Canizales-Quinteros S., Guillen Pineda L.E. and Torres N. (2012): A dietary pattern including Nopal, Chia seed, soy protein, and oat reduces serum triglycerides and glucose intolerance in patients with metabolic syndrome. *Journal of Nutrition* 142, 64–69

Maurer N. E., Hatta-Sakoda B., Pascual-Chagman G. and Rodriguez-Saona L. E. (2012): Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) oil. *Food Chem* 134, 1173-1180

Mehner K. (2013): Ernährungstrends-2012. ([www.gesundheit.de/ernaehrung/gesund-essen/ernaehrung-und-lebensstil/ernaehrungstrends-2012](http://www.gesundheit.de/ernaehrung/gesund-essen/ernaehrung-und-lebensstil/ernaehrungstrends-2012); Zugriff 12.02.2015)

Moreno Y.S., Salinas C.G., Estrada B.C. and Vidal Martínez V.A. (2013): Variability in content and type of anthocyanins in blue/purple colored grains of Mexican maize populations (Review) [Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz]. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 285-294

Müller-Jung J. (2014): Machtkampf um den Goldenen Reis. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 15.01.2014 ([www.faz.net/aktuell/wissen/medizin/kampagne-gegen-greenpeace-machtkampf-um-den-goldenen-reis-12750595.html](http://www.faz.net/aktuell/wissen/medizin/kampagne-gegen-greenpeace-machtkampf-um-den-goldenen-reis-12750595.html))

Nestel P., Bouis H.E., Meenakshi J.V. and Pfeiffer W. (2006): Biofortification of staple food crops. *Journal of Nutrition* 136, 1064-1067

NESTLÉ (2014 a): Nestlé boosts research into cutting-edge maternal nutrition and epigenetics. ([www.nestle.com/media/newsandfeatures/nestle-research-epigenetics](http://www.nestle.com/media/newsandfeatures/nestle-research-epigenetics), Dec. 2014)

- NESTLÉ (2014 b): Could what your grandma ate matter for your health today? ([www.nestle.com/media/newsandfeatures/epigenetics-infographic](http://www.nestle.com/media/newsandfeatures/epigenetics-infographic), Dec. 2014)
- NESTLÉ (2015): Joint Nestlé study highlights factors that impact key infant gut bacteria. ([www.nestle.com/Media/news/Nestle-study-highlights-factors-that-impact-infant-gut-bacteria](http://www.nestle.com/Media/news/Nestle-study-highlights-factors-that-impact-infant-gut-bacteria), 3. Feber 2014)
- New Nutrition Business (2015): New 10 Key Trends in Food, Nutrition & Health 2015. ([www.new-nutrition.com/report/showReport/1235](http://www.new-nutrition.com/report/showReport/1235); Zugriff 12.02.2015)
- Nishimune T., Watanabe Y. and Okazaki H., Akal H. (2000): Thiamin is decomposed due to Anophe spp. Entomophagy in seasonal Ataxia patients in Nigeria. *The Journal of Nutrition*, 1625-1628
- Norlaily Mohd A., Swee Keong Y., Wan Yong H., Boon Kee B., Sheau W. and Soon Guan T. (2012): The Promising Future of Chia, *Salvia hispanica* L. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, Article ID 171956
- Normand L. (2014): Beauty claims fallen nicht unter die Health Claims-Verordnung. Vortrag 1. Fresenius Konferenz zum Schwerpunktthema „Food Supplements“ (Akademie Fresenius), Dortmund, Mainz, 7. Juli 2014
- Nürnbergmesse GmbH (2015): Biofach 2015. ([www.biofach.de/](http://www.biofach.de/); Zugriff 08.03.2015)
- NutraIngredients (2011) 'Insufficient and unconvincing' scientific evidence to promote Açai, says review". *NutraIngredients-USA.com*, 16 Mar 2011; Zugriff 03.03.2015
- Oh S., Park S-Y., Yeo Y., Park S.K. and Kim H-Y. (2015): Comparative analysis of genetically modified brown rice with conventional rice varieties for the safety assessment. *Int. J. Food Sci. Techn.*, doi:10.1111/ijfs.12742
- OKANAGAN SPECIALITY FRUITS (2015): Beauty of Arctic apples ist more than skin deep &The advantages of a nonbrowning apple are clear. ([www.okspecialityfruits.com/arctif-apples/](http://www.okspecialityfruits.com/arctif-apples/); Zugriff 28.02.2015)
- Olionatura (2015): Sacha Inchi Öl. ([www.olionatura.de/oele/index.php?id=30](http://www.olionatura.de/oele/index.php?id=30); Zugriff 12.03.2015)
- Olivo L. (2014): The great GMO debate. Varying views on biotech crops took the stage at supply side west. ([www.nutraceuticalsworld.com/contents/view\\_online-exclusives/2014-11-04/the-grat-GMO-debate](http://www.nutraceuticalsworld.com/contents/view_online-exclusives/2014-11-04/the-grat-GMO-debate))
- Pacheco-Palencia L.A., Mertens-Talcott S. and Talcott S.T. (2008): Chemical composition, antioxidant properties, and thermal stability of a phytochemical enriched oil from Açai (*Euterpe oleracea* Mart.). *Journal of Agricultural Food Chemistry* 56 (12), 4631-4636
- Pascucci S. and De-Magistris T. (2013): Information bias condemning radical food innovators? The case of insect-based products in the Netherlands. *International Food and Agribusiness Management Review* 16, 1-16
- Perez E., Bahanassey Y.A. and Breene W.M. (1993): Some chemical, physical, and functional properties of native and modified starches of *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus cruentus*. *Starch/Staerke* 45, 215-220
- Plaza M., Cifuentes A. and Ibáñez E. (2008): In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science and Technology* 19, 31-39

- Pollock C.J. and Hails R.S. (2014): The case of reforming the EU regulatory system for GMOs. *Trends Biotechnol.* 32, 63-64
- Pothof C. (2012): Neue Technologie. ([www.gen-ethisches-netzwerk.de/gid/212/pothof/neue-technologien](http://www.gen-ethisches-netzwerk.de/gid/212/pothof/neue-technologien); Zugriff 04.032015)
- Rao S.R. and Ravishankar G.A. (2002): Plant cell cultures: Chemical factories of secondary metabolites. *Biotechnology Advances* 20, 101-153
- Rawdkuen S., D'Amico S. and Schoenlechner R. (2014): A Comparative Study of Functional Properties and In Vitro Digestibility of Protein Isolates from Thailand and Peru Sacha inchi Oil-pressed Cakes In: Mae Fah Luang University, Chang Rai, Thailand, Proceedings "The 2nd International Conference on Agriculture and Agro-Industry 2014 (ICAAI2014)" November 20-21, 2014, Chang Rai, Thailand (no page number, published on CD)
- Richardson D.P. and Eggersdorfer M. (2015): Opportunities for product innovation using authorised European Union health claims. *Int. J. Food Science and Technology* 50, 3-12
- Ródenas de la Rocha S., Sánchez-Muniz F., Gómez-Juaristi M. and Larrea Marín M. (2009): Trace elements determination in edible seaweeds by an optimized and validated ICP-MS method. *Journal of Food Composition and Analysis* 22, 330-336
- Rollin F., Kennedy J. and Wills J. (2011): Consumers and new food technology. *Trends in Food Science and Technology* 22, 99-111
- Rumpold B. and Schlüter O. (2013): Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research* 57, 802-823
- Rupérez P. (2002): Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry* 79, 23-26
- Rützler H. (2014): FOODREPORT 2015. In Herausgeber: Zukunftsinstitut GmbH in Kooperation mit der Lebensmittel Zeitung. ISBN 978-3-938284-88-5, Frankfurt 2014
- Samuolienė G., Brazaitytė A., Sirtautas R., Viršilė A., Sakalauskaitė J., Sakalauskienė S. and Duchovskis P. (2013): LED illumination affects bioactive compounds in romaine baby leaf lettuce. *J. Scie. Food Agric.* 93, 3286-3291
- Sathe S. K., Hamaker B. R., Sze-Tao K. W. C. and Venkatachalam M. (2002): Isolation, purification, and biochemical characterization of a novel water soluble protein from Inca Peanut (*Plukenetia volubilis L.*). *J Agric Food Chem*, 50, 4906-4908
- Saunders R. M., Becker R. (1984): Amaranthus: A potential food and feed resource. *Advances in Cereal Science and Technology* 6, 357-396
- Seddon J. M., Ajani U. A., Sperduto R. D., Hiller R., Blair N., Burton T. C., Farber M. D., Gragoudas E. S., Haller J., Miller D. T., Yannuzzi L. A. and Willett W. (1994): Dietary carotenoids, vitamins A, C and E, and advanced age-related macular degeneration. Eye Disease Case-Control Study Group. *J. Am. Med. Assoc.* 272, 1413-1420
- Shimizu T. (2002): Newly established regulation in Japan: Foods with health claims. *Aisa Pacific J. Clin. Nutrition* 11, 94-96
- Shimizu T. (2003): Health claims on functional foods: The Japanese regulations and an international comparison. *Nutrition Research Reviews* 16, 241-252



Siebenhandl S., Grausgruber H., Pellegrini N., Del Rio D., Fogliano V., Pernice R. and Berghofer E. (2007): Phytochemical profile of main antioxidants in different fractions of purple and blue wheat, and black barley. *J. Agric. Food Chem.* 55, 8541-8547

Siebenhandl S., Grausgruber H., Pellegrini N., Del Rio D., Fogliano V., Pernice R. and Berghofer E. (2007): Phytochemical profile of main antioxidants in different fractions of purple and blue wheat, and black barley. *J. Agric. Food Chem.* 55, 8541–8547

Sompong R., Siebenhandl-Ehn S., Linsberger-Martin G. and Berghofer E. (2011): Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry* 124, 132–140

Souci S.W., Fachmann W. und Kraut (2013): Die Zusammensetzung der Lebensmittel, Nährwert-Tabellen. Medpharm (Online Datenbank, <http://www.sfk-online.net>)

SPIEGEL (2013): Klonverbot der EU: Klontier-Nachfahren werden nicht erfasst. ([www.spiegel.de/forum/wissenschaft/klonverbot-der-eu-klontier-nachfahren-werden-nicht-erfasst-thread-108621-1.html](http://www.spiegel.de/forum/wissenschaft/klonverbot-der-eu-klontier-nachfahren-werden-nicht-erfasst-thread-108621-1.html); Zugriff 07.03.2015)

STATISTA (2015): Anteil der Ausgaben der privaten Haushalte in Deutschland für Nahrungsmittel, Getränke und Tabakwaren an den Konsumausgaben in den Jahren in den Jahren 1850 bis 2014. (<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/75719/umfrage/ausgaben-fuer-nahrungsmittel-in-deutschland-seit-1900/>; Zugriff 8.3.2015)

Statistisches Bundesamt (2015): Konsumausgaben privater Haushalte: Nahrungsmittel. (<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Internationales/Thema/Erlaeuterungen/KonsumN.html> ; Zugriff 8.3.2015)

Suzuki M., Kimura T., Yamagishi K., Shinmoto H., and Yamaki K. (2004): Comparison of mineral contents in 8 cultivars of pigmented brown rice. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 51, 424–427

Syed Jaafar S.N., Baron J., Siebenhandl-Ehn S., Rosenau T, Böhmendorfer S. and Grausgruber H. (2013): Increased anthocyanin content in purple pericarp × blue aleurone wheat crosses. *Plant Breeding* 132, 546-552

Taylor J. R. N., Schober T. J., and Bean S. R. (2006): Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science* 44, 252-271

Tee E.-S. (2002): Nutrition labeling and claims: Concerns and challenges from the Asia pacific region. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 11, 215-232

THE ECONOMIST (2014): The light fanatic. Indoor farming may be taking root. ([www.economist.com/node/21602194/print](http://www.economist.com/node/21602194/print); Zugriff 05.03.2015)

THE INDEPENDENT (2014): Japanese plant experts produce 10,000 lettuce heads a day in LED-lit indoor farm. ([www.independent.co.uk/news/science/japanese-plant-experts-produce-10000-lettuces-a-day-in-ledlit-indoor-farm-9601844.html](http://www.independent.co.uk/news/science/japanese-plant-experts-produce-10000-lettuces-a-day-in-ledlit-indoor-farm-9601844.html); Zugriff 05.03.2015)

Then C. (2013): 30 years of genetically engineered plants – 20 years of commercial cultivation in the United States: A critical assessment. *Testbiotech* ([www.greens-efa.eu/fileadmin/dam/Documents/Studies/GMO/TESTBIOTECH%20Cultivation\\_GE\\_%20plants\\_US.pdf](http://www.greens-efa.eu/fileadmin/dam/Documents/Studies/GMO/TESTBIOTECH%20Cultivation_GE_%20plants_US.pdf))

Then C. and Tippe R. (2010): Risiken und Folgen der Einführung geklonter Nutztiere für Agrarwirtschaft und Lebensmittelerzeugung.

([www.provieh.de/downloads\\_provieh/klonstudie\\_de\\_lang\\_layout\\_final.pdf](http://www.provieh.de/downloads_provieh/klonstudie_de_lang_layout_final.pdf); Zugriff 10.02.2015)

Todorov N.A., Pavlov D.C. and Kostov K.D. (1996): Lupin (*Lupinus* spp.). In: Food and Feed from Legumes and Oilseeds, ed. by Nwokolo E., Smartt J., Chapman & Hall, London, UK

Tong L., Yu X. and Liu H. (2011): Insect food for astronauts: gas exchange in silkworms fed on mulberry and lettuce and the nutritional value of these insects for human consumption during deep space flights. *Bulletin of Entomological Research*, 1-10

Trageser G. (2013): Das enttrocknete Genom. *Spektrum der Wissenschaft – Spezial Biologie – Medizin – Hirnforschung* 2(2013): Gene und Umwelt, 1-16

TRANSGEN (2015 a): Gentechnisch veränderte Pflanzen

([www.transgen.de/anbau/flaechen\\_international/531.doku.html](http://www.transgen.de/anbau/flaechen_international/531.doku.html); Zugriff 02.03.2015)

TRANSGEN (2015 b): Die neue Anti-Matsch-Tomate

([www.transgen.de/datenbank/pflanzen/70.tomate.html](http://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/70.tomate.html); Zugriff 02.03.2015)

TRANSGEN (2015 c): Cisgene pflanzen: gentechnische Methoden aber nur mit Genen innerhalb der Artgrenzen. ([www.transgen.de/pflanzenforschung/verfahren/1796.doku.html](http://www.transgen.de/pflanzenforschung/verfahren/1796.doku.html); Zugriff 03.03.2015)

Ulbricht C., Chao W., Nummy K., Rusie E., Tanguay-Colucci S., Iannuzzi C.M, Plammoottil J.B., Varghese M. and Weissner W. (2009): Chia (*Salvia hispanica*): A systematic review by the natural standard research collaboration (Review). *Reviews on Recent Clinical Trials* 4, 168-174

UMWELTBUNDESAMT (2015): Gesetzliche Regelungen für GVO in der EU.

([www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/gentechnik/gentechnikgesetze/euregulatuons/](http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/gentechnik/gentechnikgesetze/euregulatuons/); Zugriff 05.03.2015)

Van der Spiegel M., Noordam M., Van der Fels-Klerx H. (2013): Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 12, 662-678

Van Huis A., Van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G. and Vantomme P. (2013): Edible insects: future prospects for food and feed security. *FAO Forestry Paper* 171. E

Van Rensburg S. J. (1981): Epidemiological and dietary evidence for a specific nutritional predisposition to oesophageal cancer. *Journal of the National Cancer Institute* 67, 243-251

Vantomme P. (2010): Edible forest insects, an overlooked protein supply. *Unasylva* 236, 61

Verband für Unabhängige Gesundheitsberatung e. V. – Deutschland (2015): Lupine: Die heimische Eiweißquelle ([www.ugb.de/lebensmittel-zubereitung/lupine/](http://www.ugb.de/lebensmittel-zubereitung/lupine/); Zugriff 10.3.2015)

VERORDNUNG (EG) Nr. 1924/2006 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 20. Dezember 2006 über nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel

VERORDNUNG (EG) Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 1997 über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten

VERORDNUNG (EG) Nr. 353/2008 DER KOMMISSION vom 18. April 2008 zur Festlegung von Durchführungsbestimmungen für Anträge auf Zulassung gesundheitsbezogener Angaben gemäß Artikel 15 der Verordnung (EG) Nr. 1924/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates

VERORDNUNG (EU) Nr. 609/2013 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. Juni 2013 über Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder, Lebensmittel für besondere medizinische Zwecke und Tagesrationen für gewichtskontrollierende Ernährung

Vietmayer N. (1981): Rediscovering American's forgotten crops. *Natl. Geogr.* 159, 704-712

VOSS C. (1990): Quinoa. *Ernährungs-Umschau* 37, 15-25

Waltz E. (2014): Vitamin A super banana in human trials. *Nature Biotechnology* 32, 857

Watson E. (2012): The rise and rise of gluten-free: But can the meteoric growth continue? Special Edition: Free from Foods. ([www.bakeryandsnacks.com](http://www.bakeryandsnacks.com); Zugriff 03.12.2015)

Welin S. (2013): Introducing the new meat: Problems and prospects. *Etikki i praxis. Nordic Journal of Applied Ethics* 7, 24-37

WHO (2013): Micronutrient deficiencies: Iron deficiency anaemia. ([www.who.int/nutrition/topics/ida/en/index.html](http://www.who.int/nutrition/topics/ida/en/index.html); Zugriff 02.02.2015)

Wolkers H., Barbosa M., Kleinegris D., Bosma R. and Wijffels R.H. (2011): *Microalgae: the green gold of the future? Large-scale sustainable cultivation of microalgae for the production of bulk commodities*, ©Wageningen UR., NL, ISBN 978-94-6173-062-6

Woltersdorf H., Rauer S., Knigge N., Rolle A. and Zehle G. (2002): Offenlegungsschrift Patent DE 100 29 743 A 1. Verfahren zum Einbringen von Nahrungsmittelalgen in Backwaren.

Yen A. (2009): Edible insects: traditional knowledge or western phobia? *Entomological Research*, 39, 289-298

Zeven A. C. (1991): Wheats with purple and blue grains: A review. *Euphytica* 56, 243-258

Zhang W., Curtin C. and Franci C. (2002): Towards manipulation of post-biosynthetic events in secondary metabolism of plant cell cultures. *Enzyme and Microbial Technology* 30, 688-69