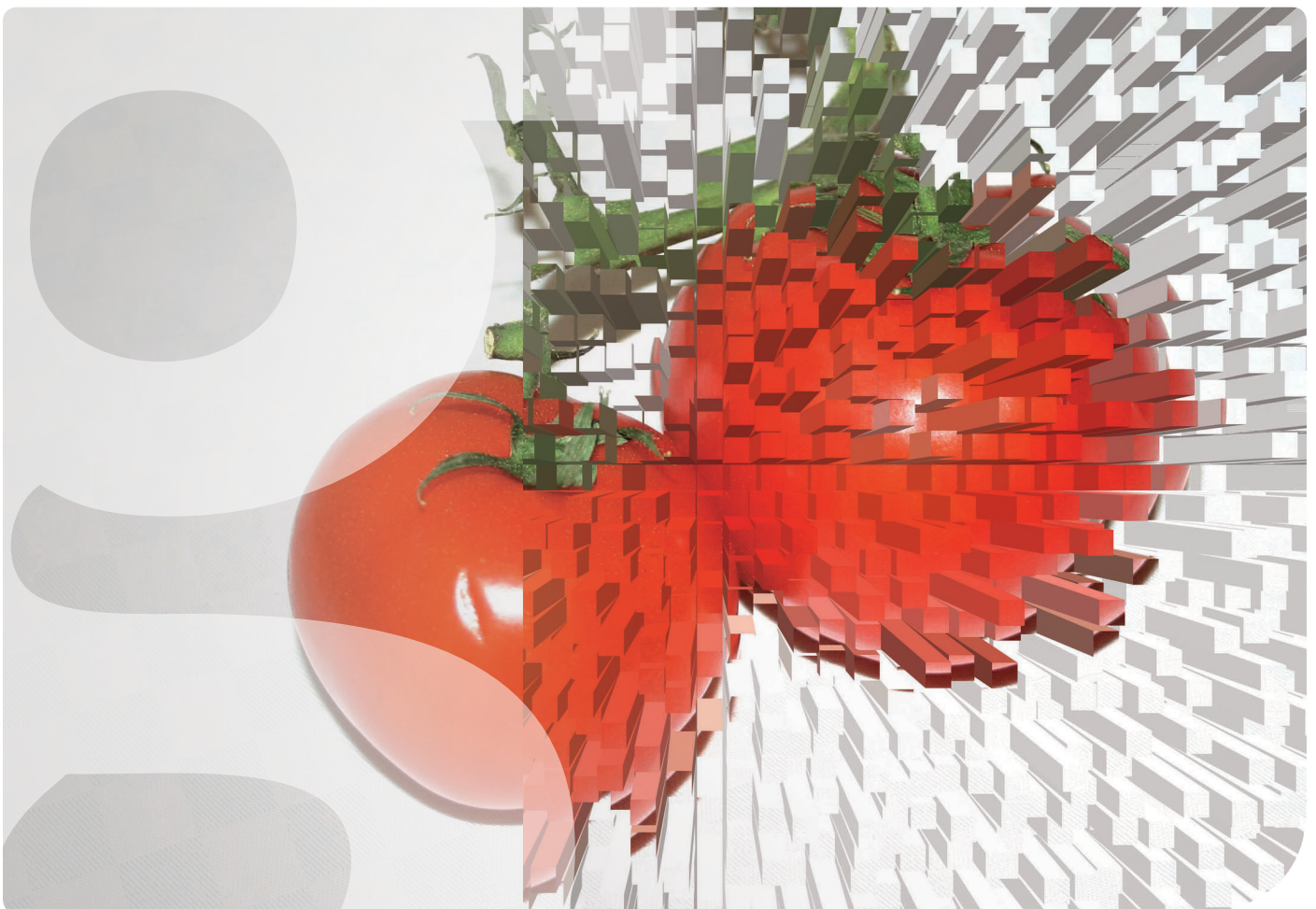




BUNDESMINISTERIUM
FÜR GESUNDHEIT

Entwicklung im Bereich von Zusatzstoffen, Aromen und Enzymen

Teil 2 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 2 sowie die gesamte Studie stehen als Download auf der Website des BMG unter www.bmg.gv.at zur Verfügung.

Erscheinungstermin:

Studie: Juli 2015 / Auszug Teil 2: März 2016

Inhaltsverzeichnis

1. Zusatzstoffe	5
1.1. Einleitung.....	5
1.1.1. Rechtliche Entwicklungen seit 2009.....	5
1.1.2. Allgemeine Anmerkungen	6
1.1.3. Nutzen, Risiko und Akzeptanz von Lebensmittelzusatzstoffen.....	10
1.2. "Frei von"- ("free from"-), "clean label"- und "natürlich"- ("natural"-) Trend	12
1.2.1. Einleitung.....	12
1.2.2. "clean label"-Trend.....	12
1.2.3. Definition von "clean label".....	14
1.2.4. Gesetzliche Regelungen.....	15
1.2.5. Prinzipielle Möglichkeiten zur Erreichung eines "clean label"	16
1.2.6. Erreichung eines "clean label" in der Praxis.....	17
1.2.6.1. Tatsächlich zusatzstofffrei oder doch Täuschung?.....	17
1.2.6.2. Noch Zutat oder schon Zusatzstoff?.....	18
1.2.7. "clean label" – Trend, Plateau oder Hype?	19
1.2.8. Abschätzung der Marktentwicklung.....	21
1.2.9. Schlussfolgerungen und Ausblick	23
1.3. Effektkennzeichnung bzw. Nichtkennzeichnung.....	28
1.3.1. Lebensmittelsicherheit und Verbraucherinformation	28
1.3.2. Zusatzstoffe versus Verarbeitungshilfsstoffe	29
1.3.3. Der technisch unvermeidbare Rückstand	29
1.3.4. „Grauzone“ Lebensmittelenzyme	30
1.3.5. Beispiel	31
1.4. Extrakte.....	31
1.4.1. Bezeichnungen	32
1.4.2. Trend: Multifunktionsextrakte	32
1.4.3. Nebenproduktextrakte (<i>side-stream extracts</i>).....	34
1.5. Süßungsmittel.....	35
1.5.1. Rechtliche und wirtschaftliche Entwicklungen seit 2009.....	35
1.5.1.1. Rechtliche und wirtschaftliche Entwicklungen beim wichtigsten Süßungsmittel Zucker (Saccharose).....	35
1.5.1.2. Rechtliche Entwicklungen bei Intensiv Süßungsmitteln.....	37
1.5.1.3. Wirtschaftliche Fakten und Daten zu Intensiv Süßungsmitteln	41
1.5.2. Neue Entwicklungen bei kalorienreduzierten oder kalorienfreien Süßungsmitteln.....	43
1.5.2.1. Neue bzw. neuartige Mono-, Di- und Oligosaccharide	43
1.5.2.2. Neue Entwicklungen bei Intensiv Süßungsmitteln	48

1.5.3. Neue Erkenntnisse zur Physiologie des Süßgeschmacks und zu dessen Beeinflussung	51
1.5.4. Nutzen und Risiken bei der Verwendung von kalorien-verminderten oder kalorienfreien Süßungsmitteln	52
1.5.4.1. Nutzen	52
1.5.4.2. Risiken.....	53
1.5.5. Informationsstand der Verbraucherinnen und Verbraucher und Irreführungspotential	54
1.6. Farbstoffe	54
1.6.1. Azofarbstoffe	55
1.6.2. Ammoniak-Zuckerulöre	56
1.6.3. „Natürliche“ Farbstoffe u. färbende Lebensmittel.....	56
1.6.4. Lebensmittelzutaten mit färbender Zusatzfunktion	58
1.6.4.1. Trend und Marketing.....	58
1.6.4.2. Definition	59
1.6.4.3. Aufklärung und Transparenz	60
1.6.5. Sonstige Trends	60
1.6.5.1. Biotechnologische Produktion	60
1.6.5.2. Farbstoffe mit Zusatzfunktion	61
1.6.5.3. Farben aus Reststoffen	61
1.7. Konservierungsmittel und Stoffe und Maßnahmen, um diese zu ersetzen	61
1.7.1. Allgemeines	61
1.7.2. Neue Entwicklungen bei Konservierungsmitteln	62
1.7.2.1. Ätherische Öle als Konservierungsmittel	62
1.7.2.2. Weitere organische Stoffe.....	64
1.7.2.3. Bacteriocine.....	64
1.7.3. Bakteriophagen	66
1.7.3.1. Einsatz zur Vermeidung von lebensmittelbedingter Krankheiten (<i>“food-borne diseases“</i>)	66
1.7.3.2. Weitere Einsatzmöglichkeiten der Bakteriophagen im s-Bereich.....	69
1.7.3.3. Potential von Bakteriophagen	69
1.7.3.4. Akzeptanz von Bakteriophagen.....	70
1.7.3.5. Nutzen und Risiken von Bakteriophagen	70
1.7.3.6. Information und Irreführungspotential.....	71
1.7.3.7. Kontrolle und Untersuchung	71
1.7.4. Schutzkulturen.....	71
1.7.4.1. Gesetzliche Regelungen	73
1.7.4.2. Sicherheit.....	74
1.7.4.3. Anwendung von Schutzkulturen und Bacteriocinen	74
1.7.4.4. Vorteile und Nachteile für die Anwendung von Schutzkulturen oder Bacteriocinen	75
1.7.4.5. Ausblick.....	77

1.8. Antioxidationsmittel und Stoffe und Maßnahmen, um diese zu ersetzen	77
1.8.1. Allgemeines	77
1.8.2. „Natürliche“ Antioxidantien	77
1.9. Emulgatoren und Stoffe und Maßnahmen, um diese zu ersetzen.....	79
1.9.1. Emulgierende Proteine	79
1.9.1.1. Proteinhydrolyse	80
1.9.1.2. Nanoemulsionen und Nanodispersionen	81
1.9.1.3. Multifunktionalität von Peptiden	81
1.9.1.4. Wechselwirkungen von emulgierenden Peptiden mit Polysacchariden und konventionellen Emulgatoren.....	81
1.9.1.5. Kennzeichnung von emulgierenden Peptiden	81
1.10. Geschmacksmodulierer, Geschmacksverstärker, Geschmackswandler und Geschmacksblocker ...	82
1.10.1 Allgemeines	82
1.10.2. Umami- und Kokumigeschmack.....	82
1.10.3. Salzgeschmack	84
1.10.4. Fettgeschmack.....	85
1.10.5. Bittergeschmack	85
1.10.6. Definitionen und rechtliche Aspekte bezüglich der Einordnung von Geschmacksmodulierern, Geschmacksverstärkern, Geschmackswandlern und Geschmacksblockern.....	86
1.11. Hydrokolloide	90
1.11.1. Pflanzliche Zellwandpräparate und Zellwandisolate.....	90
1.11.2. Sonstige Hydrokolloide.....	92
1.11.2.1 Mikrobielle bzw. enzymatisch gebildete Exo-Polysaccharide (EPS).....	92
1.11.2.2. Stärke und modifizierte Stärken.....	93
1.11.3. Kennzeichnungsproblematik bei Hydrokolloiden	93
1.11.4. Konsumentenbelange.....	95
2. Aromen	96
2.1. Anhang I der Verordnung (EU) 1334/2008.....	96
2.2. Ausmaß der verwendeten Aromastoffe.....	97
2.3. Aufklärung und Transparenz	97
2.4. Meinungsverschiedenheiten und Interpretationsspielraum	99
2.4.1. "Schokoladenstreit".....	100
2.4.2. "Tanz der Moleküle".....	100
2.5. Begriff "Natürlichkeit" im Zusammenhang mit Aromen	101
2.5.1. „Ja natürlich“	101
2.5.2. Biotechnologie.....	102
2.5.3. Analytik- und Toxizitätsprobleme.....	106
2.5.4. Formulierungsprobleme.....	107

2.5.5. Abgrenzungs- und Einordnungsprobleme.....	108
2.5.5.1. Zulassungspflichtig natürlich- nicht zulassungspflichtig natürlich	108
2.5.5.2. Arzneimittel	108
2.5.5.3. Zusatzstoff	109
3. Enzyme	110
3.1. Einleitung.....	110
3.2. Rechtlicher Entwicklungsstand seit 2010	110
3.3. (Effekt)-Kennzeichnung von Enzymen - Rechtliche Begriffsbestimmungen und Abgrenzungen.....	112
3.4. Nebenaktivitäten von Enzympräparaten	118
3.4.1. Substratähnlichkeit.....	118
3.4.2. Vorliegen eines Enzymgemisches.....	118
3.5. Wirtschaftliche Daten und Fakten zu Verwendung von Enzymen im Lebensmittelbereich	118
3.6 Trends und Innovationen bei der Herstellung und Verwendung von Enzymen im Lebensmittelbereich	119
3.6.1. Auffinden neuer Enzyme bzw. neuer Einsatzmöglichkeiten für Enzyme	119
3.6.2. Auffindung neuer Enzymfunktionen	120
3.6.3. Enzyme aus extremophilen Lebensformen	120
3.6.3.1. Thermostabile Enzyme	121
3.6.3.2. Kälte-adaptierte Enzyme	121
3.6.3.3. Enzyme adaptiert an hohe Salzkonzentrationen und an die daraus resultierende, geringere Wasseraktivität.....	122
3.7. Nutzen und Risiken bei der Verwendung von Enzymen	122
3.8. Informationsstand der Verbraucherinnen und Verbraucher und Irreführungspotential	123
3.9. Nutzen und Risiken bei der Verwendung von Enzymen	124
4. Literatur	125

1. Zusatzstoffe

1.1. Einleitung

Der vorliegende Teil 2 dieses Berichtes ist als Weiterführung der 2010 vom BMG heraus gegebenen FIAP-Broschüre „Zusatzstoffe, Aromen und Enzyme in der Lebensmittelindustrie“ (Berghofer, 2010) anzusehen. Es werden die seit 2010 stattgefunden rechtlichen und technischen Entwicklungen behandelt und diskutiert.

Nicht alles, was in dieser Studie an zukünftigen Möglichkeiten im Bereich der Zusatzstoffe beschrieben wird, muss auch wirklich eintreffen bzw. umgesetzt werden. Rechtliche Gründe, Sicherheitsaspekte, Akzeptanzgründe seitens der Konsumentinnen und Konsumenten, ethische, ökonomische und ökologische Gründe können dagegen sprechen. Nicht alles was technisch machbar ist, darf und soll auch gemacht werden.

1.1.1. Rechtliche Entwicklungen seit 2009

Mit der Basis-Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 über Lebensmittelzusatzstoffe wurden alle bisherigen Regelungen zu Zusatzstoffen zusammengefasst und grundlegend neu festgelegt. Diese Verordnung gilt unmittelbar in allen EU-Mitgliedsländern, eine Umsetzung in nationales Recht ist nicht mehr erforderlich. Nur Bereiche, die durch die EU-Rechtsvorschriften nicht abgedeckt werden, können nach wie vor durch nationale Vorschriften geregelt werden.

Der in der Basisverordnung noch fehlende Anhang II wurde in der Verordnung (EU) Nr. 1129/2011 am 11. November 2011 erlassen. Anhang II (Gemeinschaftsliste der für die Verwendung in Lebensmitteln zugelassenen Lebensmittelzusatzstoffe und ihrer Verwendungsbedingungen (gültig ab Juni 2013) ist sehr umfangreich und umfasst folgende Teile:

Teil A:

I. Einleitung

II: Allgemeine Bestimmungen über die angeführten Lebensmittelzusatzstoffe und die Verwendungsbedingungen

Teil B: Liste aller zugelassenen Zusatzstoffe

TEIL B1: Liste aller Zusatzstoffe (geordnet nach E-Nummern)

TEIL B2: Definition von Zusatzstoffgruppen (Farbstoffe, Süßungsmittel, andere ZS)

Teil C: Festlegung von 5 Zusatzstoffgruppen

(Gr.1 – ohne Höchstmengenbeschränkung, Gr. 2 – Farbstoffe ohne Höchstmengenbeschränkung., Gr. 3 – Farbstoffe mit Höchstmengenbeschränkung, Gr. 4 – Polyole, Gr. 5 andere)

Teil D: Inhaltsverzeichnis der Lebensmittelkategorien. Lebensmittelzusatzstoffe wurden erstmals **Lebensmittelkategorien** zugeordnet.

Teil E: Zugelassene Lebensmittelzusatzstoffe und Verwendungsbedingungen nach Lebensmittelkategorie

Um Lebensmittel eindeutig einer der in Anhang II, Teil D angeführten Lebensmittelkategorien zuzuordnen zu können, wurde in weiterer Folge für jedes in Teil D angeführte Lebensmittel eine Liste sogenannter „*food descriptors*“ vom EU-Kommissionsdienst nach Rücksprache mit den Experten für Lebensmittelzusatzstoffe der Mitgliedstaaten erstellt. Diese Leitlinien haben aber keine Gesetzeskraft (Guidance Document, 2013). Unabhängig davon hat auch die EFSA eine „*food classificati-*

on and description system“ zum Zweck der Verzehrdatenerhebung für Expositionsabschätzungen entwickelt und bereits 2011 publiziert (EFSA, 2011 a).

Mit der Verordnung (EU) Nr. 231/2012 wurden Reinheitskriterien bzw. Spezifikationen für die in den Anhängen II und III der Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 aufgeführten Lebensmittelzusatzstoffe festgelegt.

Wenn neue Zusatzstoffe zugelassen werden oder sonstige Änderungen anstehen, wird jeweils eine Änderungsverordnung erlassen. Auf einer Website der EU-Kommission sind die einschlägigen Rechtsvorschriften der EU auf diesem Gebiet verfügbar:
(http://ec.europa.eu/food/food/FAEF/index_en.htm)

Eine weitere Basis-Verordnung zum Zusatzstoffrecht ist die Verordnung (EU) 1331/2008, in der ein einheitliches Zulassungsverfahren für Zusatzstoffe geregelt wird. Gemäß dieser Verordnung verabschiedete das ANS-Gremium (Gremium für Lebensmittelzusatzstoffe und Lebensmitteln zugesetzten Nährstoffquellen) der EFSA im Juli 2009 eine Stellungnahme mit Angaben der Art von Daten, die von der Industrie im Zusammenhang mit der Sicherheitsbewertung von Lebensmittelzusatzstoffen vorzulegen sind (EFSA, 2014 a). Im Juni 2012 gab dieses Gremium neue Leitlinien für die Einreichung von neuen Anträgen auf Zulassung von Lebensmittelzusatzstoffen heraus.

Der EFSA obliegen im Bereich der Lebensmittelzusatzstoffe drei wichtige Hauptaufgaben:

1. die Sicherheitsbewertung von neuen Lebensmittelzusatzstoffen oder vorgeschlagenen neuen Verwendungen bereits zugelassener Lebensmittelzusatzstoffen;
2. die Neubewertung aller bereits vor dem 20. Januar 2009 zugelassenen Lebensmittelzusatzstoffe in der EU;
3. die Beantwortung von Ad-hoc-Ersuchen der Europäischen Kommission um Überprüfung bestimmter Lebensmittelzusatzstoffe angesichts neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und/oder veränderter Verwendungsbedingungen.

Im Rahmen der Neubewertung bereits zugelassener Farbstoffe re-evaluiert die EFSA gegenwärtig die Farbstoffe und hat auf Ersuchen der Europäischen Kommission die Neubewertung von Aspartam (siehe Kap. 1.5) vorgezogen und abgeschlossen. Das vorgesehene Arbeitsprogramm für die Jahre 2014-2015 umfasst die Neubewertung von 22 Lebensmittelzusatzstoffen (EFSA, 2014 b)

1.1.2. Allgemeine Anmerkungen

In den allgemeinen Erwägungsgründen und Kriterien für die Verwendung von Zusatzstoffen (Erwägungsgrund Nr. 7) laut Verordnung (EU) 1333/2008 sollen Lebensmittelzusatzstoffe (LMZ) nur dann genehmigt werden,

- wenn sie in der vorgeschlagenen Dosis für den Verbraucher gesundheitlich unbedenklich sind
- wenn eine hinreichende technologische Notwendigkeit nachgewiesen werden kann und wenn das Ziel nicht mit anderen, wirtschaftlich und technisch brauchbaren Methoden erreicht werden kann;
- und wenn der Verbraucher durch ihre Verwendung nicht irreführt wird.

Die Verwendung eines Lebensmittelzusatzstoffes kommt auch nur dann in Betracht, wenn erwiesen ist, dass die vorgeschlagene Verwendung für den Verbraucher nachweisbare Vorteile bietet.

Für den Einsatz von LMZ müssen also aus rechtlicher Sicht entsprechende Gründe vorliegen. Die praktische Umsetzung und Präzisierung dieser Gründe ergibt die im Folgenden angeführten direkten und indirekten Vorteile:

1. LMZ erleichtern bzw. ermöglichen die großtechnische Herstellung

Beispiele zu Pkt. 1:

- Mehlgebundene Soßen sind nicht scherstabil, hitzestabil, säurestabil und gefrierbeständig ⇨ Ersatz von Mehl durch Stärkederivate
- Emulgatoren vermindern die aufzuwendende mechanische Energie

2. LMZ stabilisieren und konservieren Lebensmittel bei deren Distribution und Lagerung

Beispiele zu Pkt. 2:

- Verdickungsmittel verhindern ein Absetzen bzw. Entmischung
- Rieselhilfsmittel verhindern ein Zusammenpacken
- Ausgleich von Farbstoff- und Aromaverlusten durch die Herstellung und bei der Lagerung

3. LMZ ermöglichen eine kostengünstigere Herstellungsweise

Durch die ersten beiden Punkte ergibt sich eine kostengünstigere Herstellungsweise und schlussendlich eine Verbilligung der Lebensmittel

4. LMZ ergeben eine weitere Verbilligung der Lebensmittel durch Ersatz teurerer Zutaten durch kostengünstigere Zusatzstoffe

Beispiele zu Pkt. 4:

- Einsatz von Verdickungsmitteln, um teurere Zutaten zu ersetzen
- Ersatz von Umami-Zutaten durch „Geschmacksverstärker“
- Ersatz von Ei durch Emulgatoren
- Lebensmittelimitate bzw. -analoge statt originaler Lebensmittel. Erstere benötigen besonders viele Zusatzstoffe (z.B.: Schinkenimitate, Käseimitate, Kaffeeweißener)

5. LMZ können sensorische Eindrücke von Lebensmitteln verstärken oder verändern

Beispiele zu Pkt. 5:

- Einsatz von Farbstoffen
- Einsatz von sogenannte Geschmacksverstärker

6. LMZ können einen Zusatznutzen ergeben

Beispiele zu Pkt. 6:

- Kalorienreduzierte Lebensmittel (*Light Food*) (Süßungsmittel)
- Salzersatzmittel für salzreduzierte Lebensmittel

7. Ermöglichung der Herstellung völlig neuer Lebensmittel bzw. Lebensmittelkategorien

Beispiele zu Pkt. 7:

- Schmelzkäse
- Dressings
- Einige Produkte der „weißen“ Milchpalette
- Einige Produkte im Süß- und Feinbackwarenereich

Trotz dieser Vorteile ist der Begriff Lebensmittelzusatzstoffe in den Medien und in den Augen der Konsumentinnen und Konsumenten sehr negativ besetzt. Das „European Food Information Council – EUFIC“ (EUFIC, 2000) führt das negative Image auf eine Änderung der Kennzeichnungsanforderungen in den 80er Jahren zurück, welche die Deklaration jedes einzelnen Zusatzstoffes auf der Liste der Inhaltsstoffe der meisten vorverpackten Lebensmittel verlangte. Bis zu dieser Zeit wurden die Zusatzstoffe in allgemeinen Gruppen angegeben, die ihre Funktion in den Lebensmitteln

deutlich machten, wie zum Beispiel Konservierungsstoffe, Antioxidantien und Farben. Die neuen Etikettierungsregelungen brachten lange Listen mit Chemikaliennamen und ein neues E-Nummerierungssystem mit sich, die es dem Konsumenten erleichtern sollten, die Zusatzstoffe zu erkennen. Das "E" bedeutet, dass sie für den Gebrauch in der Europäischen Gemeinschaft als sicher eingestuft sind. EUFIC (2000) führt weiter aus, dass in weiterer Folge die Stimmung der Konsumentinnen und Konsumenten durch viele emotionale Artikel in den Medien über die schädlichen Auswirkungen aller chemischen Zusätze aufgeheizt wurde. Darin wurden sie für eine Reihe von Krankheiten verantwortlich gemacht, von Hyperaktivität bis zu chronischen Leiden. Eine Folge dieser "Anti-Zusatzstoff-Kampagne" war, dass die Lebensmittelhersteller den Einsatz von Lebensmittelzusatzstoffen mit der Absicht prüften, ihren Gebrauch zu eliminieren bzw. zu minimieren. Parallel führte dies zu einer Zunahme von Tiefkühlkost und häufigerem Gebrauch von Kühl- und Gefriertechniken als Alternative zur Lebensmittelkonservierung.

Seit dem Jahr 2000 ist diese negative Stimmung gegenüber Lebensmittelzusatzstoffen sicher nicht geringer geworden. Das belegen auch die Umfragen im Rahmen der Eurobarometer-Umfragen aus dem Jahr 2010 (Eurobarometer, 2010). Schon die Antworten auf Frage QF2 dieser Umfrage (Abb. 2.1.1) sind eigentlich schon sehr erschütternd. Demnach halten es im EU-Durchschnitt 48 % der Bürger für sehr wahrscheinlich (8%) und ziemlich wahrscheinlich (37%), dass ihr Essen die Gesundheit schädigt. Für Österreich sind diese Prozentsätze mit 5 und 18 % deutlich geringer.

QF2. Ich lese Ihnen nun eine Liste möglicher Gefahren vor. Sagen Sie mir bitte für jede, für wie wahrscheinlich Sie es halten, persönlich davon betroffen zu werden.

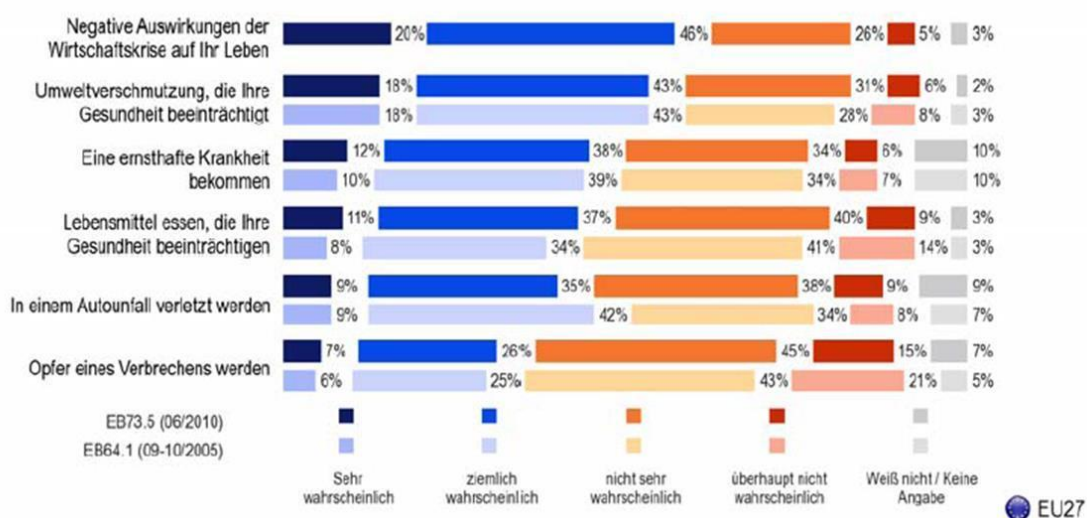


Abb. 2.1.1: Antworten der EU-Bürger auf die Frage QF-2 zu Risiken im Lebensmittelbereich allgemein (Eurobarometer, 2010)

Frage QF-4 setzt sich dann detailliert damit auseinander, worauf sich diese allgemeinen Befürchtungen bezüglich Risiken im Essen begründen (Abb. 2.1.2). Im EU-Durchschnitt steht schon das Risiko bezüglich „Zusatzstoffe, wie Farben, Konservierungsmittel oder Geschmacksverstärker“ an vierter Stelle. 66 % der EU-Bürger sehen sich sehr besorgt in dieser Hinsicht; 61 % beträgt dieser Anteil in Österreich.

Aufgrund dieser Tatsache ist es leicht verständlich, dass der Lebensmitteleinzelhandel und damit auch die Lebensmittelproduzenten verstärkt nach Möglichkeiten suchen, deklarationspflichtige Lebensmittelzusatzstoffe zu ersetzen. Weltweit ist daher ein Trend zu einem sogenannten "clear label" beziehungsweise einem "clean label(l)ing" zu verzeichnen. Aufgrund der anscheinend großen Bedeutung dieses Trends ist ihm in dieser Studie ein separates Kapitel gewidmet (Kap. 1.2).

Die spannende Frage in Zukunft wird sein, ob die Konsumentinnen und Konsumenten den Trend zur Vermeidung von Zusatzstoffen auch lohnen, das heißt,

- ob sie bereit sind, etwas mehr für zusatzstofffreie Lebensmitteln zu bezahlen;
- und ob Produzenten, die damit werben, einen höheren Verkaufserfolg gegenüber dem Mitbewerber haben?

Der Erfolg dieses Trends wird nicht zuletzt auch davon abhängen, ob es gelingt die Konsumentinnen und Konsumenten richtig zu informieren, wodurch Zusatzstoffe gegebenenfalls ersetzt werden.

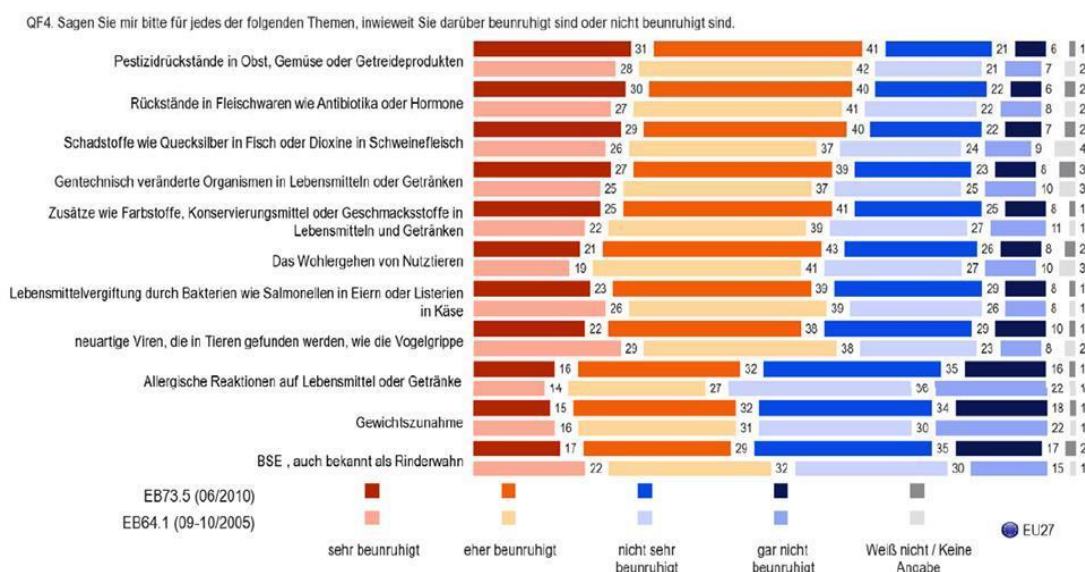


Abb. 2.1.2: Antworten der EU-Bürger auf die Frage QF-4 zu spezifischen Risiken im Lebensmittelbereich (Eurobarometer, 2010)

Beim Kauf eines Lebensmittels spielt dessen Preis eine ganz entscheidende Rolle. Das geht aus Abb. 2.1.3 aus dem Eurobarometer (2005) klar hervor. Mit 40 % : 42 % halten sich im EU-Durchschnitt die beiden wichtigsten Einflussfaktoren auf das Kaufverhalten (Preis : Qualität) ziemlich die Waage. In vielen EU-Ländern überwiegt das Preismerkmal. In Österreich lautet das Verhältnis 30 % : 48 % (Preis : Qualität). In diesem Zusammenhang muss aber sehr wohl darauf hingewiesen werden, dass diese Zahlen aus Befragungen ermittelt wurde. Das tatsächliche Kaufverhalten kann davon mehr oder weniger deutlich abweichen. So wie bei allen Befragungen werden Angaben zu nachteiligen Punkten gerne unterdrückt. Wer wird nicht gerne behaupten, er kauft nur Qualität als die Angabe zu machen, dass der Preis im Vordergrund steht.

Es kann durchaus so sein, dass der "clean label"-Trend ein gewisses Plateau erreicht, aber sicher nicht auf die ganze Produktpalette übertragen wird beziehungsweise übertragbar sein wird. Das Potential an "clean label"-Claims ist also nicht unerschöpflich, um sich von den Mitbewerbern abzugrenzen.

In Anbetracht der Bemühungen und Entwicklungen zur Erreichung eines "clean label" werden paradoxerweise Kennzeichnungsfragen in Zukunft steigende Bedeutung erlangen. Vor allem im Hinblick, wie weit und wie Konsumentinnen und Konsumenten aufgeklärt werden sollen, wodurch ein "clean label" erreicht wurde. Dieser Aspekt wird im Kapitel 1.3 näher beleuchtet.

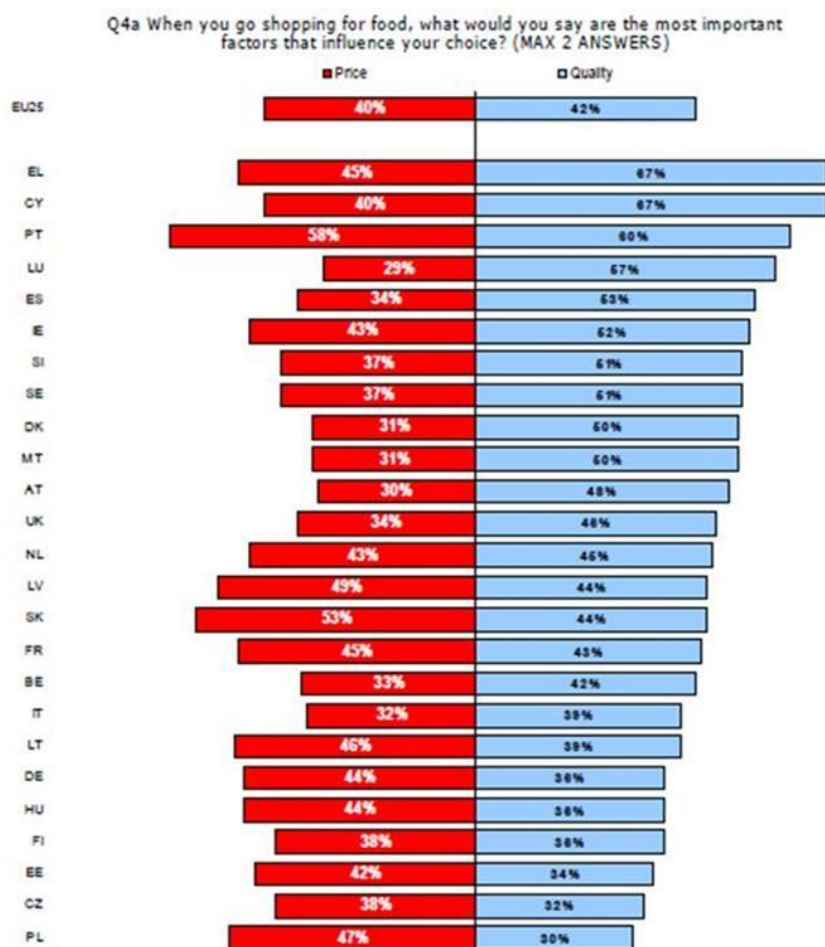


Abb. 2.1.3: Antworten der EU-Bürger auf die Frage Q4-a zu Einflussfaktoren auf das Kaufverhalten (Eurobarometer, 2005)

1.1.3. Nutzen, Risiko und Akzeptanz von Lebensmittelzusatzstoffen

Nutzen, Risiko und Akzeptanz von Lebensmittelzusatzstoffen werden jeweils für die einzelnen Zusatzstoffklassen im Detail getrennt abgehandelt, um spezifisch darauf eingehen zu können. Der allgemeine Nutzen von Zusatzstoffen wurde schon oben ausgeführt.

Derzeit sind ca. 325 Stoffe in der EU als Lebensmittelzusatzstoffe zugelassen und haben eine E-Nummer erhalten, davon sind

- ca. 43 % natürliche, organische Stoffe
- ca. 24 % anorganische Stoffe (z.B. Salze, Säuren) und
- ca. 33 % synthetische Stoffe.

Die E-Nummer bedeutet, dass der Stoff toxikologisch bewertet und in den erlaubten Mengen und Einsatzbedingungen nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens als sicher angesehen werden kann. Im Gegensatz dazu liegen für viele natürliche Lebensmittelinhaltsstoffe noch keine Sicherheitsbewertungen vor.

Das Gesundheitsrisiko wird jedenfalls in der Bevölkerung und in den Medien maßlos überschätzt. Beispielsweise belegen schon 1981 Doll & Peto (1981), dass bei den vermutlichen Ursachen für

die Krebsmortalität die falsche Ernährung mit 35 % an der Spitze liegt, während Nahrungsmittelzusätze mit unter 1 % an letzter Stelle stehen. Im Jahr 2010 wurden die Werte von Doll & Peto (1981) durch Omenn (2014) einer Neubetrachtung unterzogen. Diese sind in Tab. 2.1.1 angeführt. Die Ergebnisse weichen nur unwesentlich von den früheren Werten ab. Das Krebsrisiko durch Lebensmittelzusatzstoffe steht wieder an letzter Stelle.

Factor	Beste Schätzung (%)	Plausibler Bereich (%)
Tabakkonsum	33	25 - 40
Ernährung (einschließlich Adipositas & Bewegungsmangel)	30	20 - 60
Infektionen durch Viren, Mikroorganismen, und Parasiten	18	10 - 15
Sexualverhalten	7	5 - 10
Natürliche radioaktive Strahlung und Röntgenstrahlung	6	4 - 8
Erbfaktoren	5	2 - 8
Berufsfaktoren	3	2 - 8
Alkohol	3	2 - 4
UV Licht	1	0,5 - 1
Umweltverschmutzung	<1	< 1 - 2
Medikamente	<1	< 1 - 2
Industrieprodukte	<1	< 1 - 2
Lebensmittelzusätze	<1	-2 - 1

Tab. 2.1.1: Anteil der Krebserkrankungen (%) die verschiedenen Faktoren zugeschrieben werden (Omenn, 2014)

Ein zu beobachtender Trend ist auch, dass stetig neue Lebensmittelzusatzstoffe zugelassen werden. Die Gründe dafür sind folgende:

- Globalisierung: Weltweite Harmonisierung des Zusatzstoffrechtes durch den Codex Alimentarius der FAO/WHO und durch die WTO (Zugelassene Zusatzstoffe in der EU: 327; Zugelassene Zusatzstoffe lt. Codex Alimentarius FAO/WHO: ca. 500)
- Schutzrechte: Entwicklung und Zulassung eines Lebensmittelzusatzstoffes sind teuer. Jeder Hersteller wird deshalb versuchen, entsprechende Schutzrechte zu erlangen. Eine Umgehung der Schutzrechte erfordert Neuentwicklungen.
- Fortschritt der Wissenschaft und Forschung, die neue Möglichkeiten für neue Lebensmittelzusatzstoffe und zu deren Herstellung und Einsatz erschließen.

In der EU sollte, so wie in Japan, überlegt werden, ob wirklich alle zugelassenen Zusatzstoffe notwendig sind und auch tatsächlich verwendet werden. Im Jahr 2009 hat die japanische Regierung angekündigt 125 erlaubte Lebensmittelzusatzstoffe von der Liste zu streichen. Falls die Hersteller sie weiter einsetzen wollen, haben sie ihren Gebrauch zu dokumentieren (Gain Report, 2009).

Der EU-Gesetzgeber selbst hat in den Erwägungsgründen zur Zulassung von Zusatzstoffen angeführt (siehe oben), dass die Verwendung eines Zusatzstoffes nur dann erfolgen soll, wenn das Ziel nicht mit anderen, wirtschaftlich und technisch brauchbaren Methoden erreicht werden kann. Bei den großen Fortschritten, welche die Lebensmitteltechnologie in den letzten Jahren gemacht hat, und bei den vielen neuen Methoden, die uns in Zukunft ins Haus stehen werden, stellt sich durchaus die Frage, ob sie einzelne Zusatzstoffe nicht obsolet machen.

1.2. "Frei von"- ("free from"-), "clean label"- und "natürlich"- ("natural"-) Trend

1.2.1. Einleitung

Das Unbehagen der Konsumentinnen und Konsumenten gegenüber Außer-Haus verarbeiteten und verzehrten Lebensmitteln ist bedingt durch den fehlenden Einblick in die Lebensmittelherstellung bzw. mangelnde Nachvollziehbarkeit im Steigen begriffen. Geschürt wird dieses Unbehagen von vielen Medien und industiekritischen Organisationen einerseits und durch mangelnde Information über bzw. Transparenz in der Herstellung andererseits. Das führt dazu, dass die tatsächlich bedeutsamen Risiken in der Ernährung (Ernährungsfehlverhalten und biologisches Risiko) weit unterschätzt und Risiken im Zusammenhang mit der Verarbeitung von Lebensmitteln maßlos überschätzt werden (siehe Kap. 1.1.1 und 1.1.2). Zu diesen weit überschätzten Ernährungsrisiken zählt auch das Risiko im Zusammenhang mit der Verwendung von Zusatzstoffen. Weniger Zusatzstoffe wird auch gleichgesetzt mit mehr **Natürlichkeit** der Lebensmittel.

Deshalb ist ein Trend entstanden, der immer mehr Eigendynamik bekommt, nämlich Zusatzstoffe zu vermeiden [**Frei von** z.B. *Geschmacksverstärker*, oder **keine** z.B. (*chemischen*) *Konservierungsmittel*]. Da Zusatzstoffe aber wichtige technologische Funktionen in den Lebensmitteln erfüllen (siehe Kap. 1.1.2), können sie vor allem aus ökonomischen Gründen in vielen Fällen nicht komplett ersatzlos gestrichen werden. Deshalb sollen sie durch „nicht deklarationspflichtige“ Stoffe (keine E-Nummer auf der Verpackung) oder durch andere technische Maßnahmen ersetzt werden, um einen sogenannten *„clean label“* bzw. *„clear label“* oder *„clear label(l)ing“* zu erzielen.

Paradoxerweise führt das auf Lebensmittelverpackungen zu zusätzlichen Angaben wie z.B. frei von Konservierungsmitteln. Ein weiterer Grund, warum auf Lebensmitteletiketten immer mehr ausgelobt wird, was in Lebensmitteln nicht enthalten ist (**frei von**....., **keine**.....), beruht auf der Allergenproblematik, und auf den wirklichen und vermeintlichen Lebensmittelintoleranzen.

An dieser Stelle wird der Trend zur Erreichung eines „clean label“s im Zusammenhang mit Zusatzstoffen behandelt.

1.2.2. "clean label"-Trend

Schon in der FIAP-Studie (Berghofer, 2010) wurde angeführt, dass bereits eine eindeutiger Trend zur Erreichung eines *„clean label“* [bzw. *„clear label“* oder *„clear label(l)ing“*] beobachtet werden kann, der mit großer Wahrscheinlichkeit noch dramatisch steigen wird. Die weiteren Ausführungen behandeln nun die Entwicklung dieses Trends in den letzten fünf Jahren.

Dieser Trend wird mehr oder weniger zum Selbstläufer, weil aufgrund des tatsächlichen oder vermeintlichen Wunsch der Konsumentinnen und Konsumenten der Lebensmitteleinzelhandel die Lebensmittelhersteller dazu „nötigt“, auf diesen Trend aufzuspringen. Viele Lebensmittelproduzenten machen bereitwillig mit, weil sie glauben, sich einen Vorteil gegenüber den Konkurrenten zu verschaffen. Mit ihren *„clean label“*-Aussagen diskriminieren sie die Hersteller, welche Zusatzstoffe verwenden. Auslobungen wie „ohne Konservierungsstoffe“ oder „ohne künstliche Süßstoffe/Aromen/etc.“ implizieren, dass der Einsatz dieser Zusatzstoffe eine negative Angelegenheit ist.

Damit den Zusatzstoffhersteller nicht die Felle davon schwimmen, sind sie mehr oder weniger gezwungen deklarationsfreie Zusatzstoffalternativen zu entwickeln und anzubieten. In der Daten-

bank für Lebensmittelzusatzstoffe und –rohstoffe "PROSPECTOR" finden sich unter dem Stichwort "clean label" **500 Produkte**, die ausdrücklich als Ersatz für deklarationspflichtige Zusatzstoffe angeboten werden (PROSPECTOR, 2015).

Immer mehr Symposien werden zum Thema „clean label“ veranstaltet. So gibt es zum Beispiel die Serie "clean label" *Conferences*", die von Global Food Forums, Inc. in den USA ins Leben gerufen wurde (Global Food Forums, 2014).

Eigenartig bei diesem Trend ist, dass die gegenüber Zusatzstoffen kritischen Verbraucherinnen und Verbraucher und Konsumentenschutzorganisationen folgende zwei Tatsachen ausblenden (Unland, 2001):

- a) Alle zugelassenen Zusatzstoffe sind toxikologisch geprüft und nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand bei den zugelassenen Verwendungsbedingungen unbedenklich. Falls neue Kenntnisse oder sogar Bedenken auftauchen, muss ein zugelassener Zusatzstoff sofort neu bewertet werden. Einer der Gründe, warum ursprünglich das E-Nummern System eingeführt wurde, war das Ziel, allen zugelassenen Zusatzstoffen mit komplizierten Bezeichnungen bzw. Namen zur Vereinfachung der Kennzeichnung eine Nummer zuzuordnen. Eine E-Nummer bedeutet daher eigentlich ein Sicherheitsmerkmal.
- b) Wie schon erwähnt, bedeutet der Ersatz von toxikologisch geprüften Zusatzstoffen durch „natürliche“ Stoffe mit zusatzstoffähnlichen Wirkungen nicht automatisch eine Risikoverminderung. Natürliche Inhaltsstoffe, isoliert und in größeren Mengen eingesetzt, bedeuten a priori keine Risikoverminderung. Es kann sogar das Gegenteil eintreten, weil in unseren Nahrungsmitteln viele antinutritive Inhaltsstoffe natürlich vorkommen.

Konsumenten und Hersteller haben ein unterschiedliches Verständnis von "clean label"

Die Wahrnehmung von "clean label" scheint zwischen Konsumenten und Produzenten unterschiedlich zu sein.

Für **Konsumenten** impliziert ein "clean label", dass die Produkte als „natürlich“, „biologisch“ oder „frei von Zusatzstoffen/Konservierungsmitteln“ definiert werden können. Weiter versteht der Konsument oft, dass das Produkt weniger verarbeitet wurde und damit auch gesünder ist. Wieder ein Trugschluss, denn viele Lebensmittel sind erst nach entsprechender Verarbeitung verzehrfähig und verdaubar.

Für **Lebensmittelhersteller** bedeutet ein "clean label" dagegen, dass sie auf Zutaten zurückgreifen, die dem Konsumenten geläufig sind. Auf Zutaten, die „chemisch“ klingen, bzw. eine E-Nummer enthalten, sollte verzichtet werden und generell sollte die Zutatenliste möglichst kurz und überschaubar sein (Ingredient Incorporated, 2014).

Für den Produzenten ist es in diesem Zusammenhang schwer, das Konsumentenwissen abzuschätzen. Welche Zutaten bzw. Zusatzstoffe (er)kennt der Konsument, und wie bewertet er diese? Die Verbrauchererwartungen in diesem Zusammenhang abzuschätzen ist nicht einfach, da sie völlig uneinheitlich sind. Während sich viele unkritische Verbraucher durch Kennzeichnungen und Angaben eher verwirren als informieren lassen, erwartet sich der „kritische“ Verbraucher mehr transparente Information.

1.2.3. Definition von "clean label"

Unter dem Begriff "clean label" werden alle Lebensmittel zusammengefasst, die **entweder gänzlich ohne Zusatzstoffe** hergestellt wurden und als solche gekennzeichnet sind; oder in denen **ein bestimmter Zusatzstoff nicht eingesetzt beziehungsweise ersetzt wurde** und in Folge mit „ohne XXX“ gekennzeichnet sind.

Auslobungen, die in diesem Zusammenhang verwendet werden, sind vielfältig und äußerst uneinheitlich. Die wenigsten Hersteller verwenden den Wortlaut "**clean label**", beziehungsweise ist deren Verwendung rückläufig. Oft wird (wurde) auf die Natürlichkeit der Produkte verwiesen mit "**natürlich**", "natürliche Zutaten", "Natur pur", "100 % Natur", und andere ähnliche Wortlaute, wobei auch diese „natürliche“ Auslobungen in den letzten Jahren sinken zugunsten von Verweisen auf die Abwesenheit eines bestimmten Zusatzstoffes, die mit "**ohne XXX**", oder "ohne Zusatz von XXX" erfolgen. Die Verwendung von "natürlich" ruft zunehmend Skepsis bei den Konsumenten hervor, da dieser Begriff (vor allem in der USA) überstrapaziert wurde und von den Verbrauchern oft auch missverstanden wurde (Food Navigator.com [a]).

Wird in diesem Text von "clean label"-Produkten gesprochen, sind Produkte mit sämtlichen Auslobungen wie "clean label", „natürlich“, oder „ohne XXX“, eingeschlossen.

Da es keine spezifische gesetzliche Vorgabe zur Verwendung dieser Auslobungen gibt, existiert hier eine große Vielzahl an unterschiedlichen "clean label"-Auslobungen, sowohl hinsichtlich der graphischen Umsetzung als auch bei der Formulierung der Werbeaussagen. Die deutschen Verbraucherzentralen fanden in einer Studie auf 151 untersuchten Produkten 59 unterschiedlich formulierte "ohne xy"-Versprechen (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V., 2010). Slogans wie "100 % Natur" oder "natürlich" kamen z.B. bei 80 % der Tütensuppen vor. Dadurch wird Ursprünglichkeit vorgegaukelt. In den langen Zutatenlisten waren jedoch hoch verarbeitete Zutaten enthalten, z.B. Aromen oder Antioxidantien (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V., 2010).

Vermehrt zu beobachten ist auch die Tendenz der Hersteller zur Verwendung von Produktinformationen wie laktosefrei, fettfrei, fettarm, glutenfrei, zuckerfrei, zuckerarm, ohne Zuckerzusatz, usw. Diese "frei von XXX" Angaben werden oft anstelle eines „clean label“s verwendet, können aber im weitesten Sinne dazugezählt werden. Viele dieser „frei von“ Angaben sind gesetzlich genauer definiert und Grenzwerte sind hier einzuhalten. Damit ist auch die Verwendung eines solchen Labels zuverlässiger und eine Täuschung für den Konsumenten eher ausgeschlossen.

Mehr und mehr sehen aber Konsumentenschützer den Ersatz von deklarationspflichtigen Zusatzstoffen durch deklarationsfreie Substanzen kritisch, weil er ihrer Meinung nach zur Täuschung führen kann. Es wurde der Begriff "**Zusatzstoff-Imitate**" (hochverarbeitete Stoffe, isoliert aus Lebensmitteln, die wie Zusatzstoffe wirken, sich aber einer Kennzeichnung entziehen) geprägt (Rempe, 2011). Wenn sich diese Ansicht weiter durchsetzt, wird dieser Trend wahrscheinlich gebrochen werden, weil die Hersteller dann bei den Konsumenten nicht mehr punkten können. Ein Beispiel dafür ist der weiter unten angeführte Hefeextrakt. Einige Unternehmen erwägen schon, diesen Kreislauf zu durchbrechen und schlicht wieder Natriumglutamat einzusetzen und auf Auslobungen im Zusammenhang mit Geschmacksverstärkern zu verzichten (Weck, 2013).

1.2.4. Gesetzliche Regelungen

Für die Lebensmittelproduzenten ist die Herstellung von Produkten mit einem „*clean label*“ eine Herausforderung, da es keine konkrete gesetzliche Definition dafür gibt. Ebenso wenig gibt es eine konkrete Definition bzw. EU-weite Regelung des Begriffes „natürlich“ (wird oft statt „*clean label*“/„*ling*“) verwendet) bei Lebensmitteln. Der Begriff „natürlich“ ist in der EU nur im Zusammenhang mit Aromen geregelt. In den meisten Fällen werden unter „*clean label*“ spezielle Produktkennzeichnungen (sogenannte Negativkennzeichnungen) verstanden, welche explizit auf das Nichtvorhandensein bestimmter Zutaten hinweisen. Angaben wie „frei von ‚XXX‘“ oder „ohne Zusatz von XXX“ fallen unter diese Kategorie und sind freiwillige Produktinformationen seitens der Lebensmittelhersteller. In erster Linie soll dabei ausdrücklich der Verzicht von deklarationspflichtigen Zusatzstoffen betont werden, weil E-Nummern im Zutatenverzeichnis verpackter Lebensmittel für viele Konsumenten mittlerweile ein Ausschlusskriterium bei der Produktwahl darstellen (Unland, 2011).

Beispiel Geschmacksverstärker: Für die Werbung mit der Angabe „ohne Geschmacksverstärker“ gibt es keine speziellen gesetzlichen Vorgaben. Rechtlich relativ eindeutig ist die Angabe „Ohne den Zusatzstoff Geschmacksverstärker“ bzw. „ohne den Zusatzstoff Mononatriumglutamat“. Hier wird relativ deutlich, dass dem Produkt kein Zusatzstoff „Geschmacksverstärker“ im rechtlichen Sinne beigefügt wurde. Andere geschmacksverstärkende Zutaten können jedoch enthalten sein. Aus Verbrauchersicht sind solche Formulierungen schwer zu unterscheiden. Problematischer zu bewerten ist die Angabe „ohne Geschmacksverstärker“, wenn das Lebensmittel zwar keine geschmacksverstärkenden Zusatzstoffe enthält, aber Zutaten, die geschmacksverstärkende Wirkung haben (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V., 2010).

Von den Konsumenten, Händlern, Industrie und Gesetzgeber wird gleichermaßen mehr Transparenz in Zusammenhang mit Lebensmittelkennzeichnung gefordert. Im Dezember 2014 trat zwar die neue Kennzeichnungsverordnung [Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 - Verbraucherinformationsverordnung] in Kraft, die für den Konsumenten klarere Informationen der Zutaten liefern soll. Eine genaue Definition, wann „keine Zusatzstoffe“, „natürlich“ oder „biologisch“ beworben werden darf, fehlt aber dennoch.

Weitere Unsicherheiten treten bezüglich der Nicht-Kennzeichnung der sogenannten *Verarbeitungshilfsstoffe* auf. Diese Stoffe werden aus technologischen Gründen bei der Verarbeitung von Lebensmitteln verwendet und dürfen im Endprodukt letztlich nur mehr in unvermeidbaren Mengen vorhanden sein, soweit eventuell verbleibende Rückstände oder deren Umwandlungsprodukte gesundheitlich unbedenklich sind. Rückstände gelten nicht als Zutat und müssen nicht deklariert werden. (Donner, 2011). Auch Enzyme, welche vermehrt in der Lebensmittelindustrie Einsatz finden (oft genau mit dem Ziel um ein „*clean label*“ zu erlangen) müssen, als Verarbeitungshilfsstoffe eingesetzt, nicht deklariert werden.

Ausnahmen von der Deklaration bestehen auch für Zusatzstoffe, die über Zutaten, in denen sie zugelassen sind, eingebracht werden. Wenn solche Zusatzstoffe nicht direkt im Endprodukt wirken, müssen sie nach jetziger Gesetzeslage nicht deklariert werden. Ein Beispiel dafür sind Milchprodukte mit Fruchtzubereitungen. Enthalten diese ein Konservierungsmittel, das aber nur zur Konservierung der Fruchtmasse und nicht zur Haltbarmachung des Milchproduktes dient, dann muss dieses nicht deklariert werden. Das trifft auf viele zusammengesetzte Produkte zu, wie zum Beispiel auf Keksstückchen im Pudding, Schinken auf der Pizza usw.

Die wichtigste Regulierung, die im Zusammenhang mit „*clean label*“ derzeit anwendbar ist, ist das Irreführungsverbot (EG Nr. 178/2002). Artikel 16 dieser Verordnung besagt: „Unbeschadet spezifischer Bestimmungen des Lebensmittelrechts dürfen die Kennzeichnung, Werbung und Aufma-

chung von Lebensmitteln [...] gleichgültig über welches Medium, die Verbraucher nicht irreführen“.

Laut § 5 Abs. 2 des LMSVG ist es verboten, „Lebensmittel mit zur Irreführung geeigneten Angaben in Verkehr zu bringen oder zu bewerben“. Besonders hingewiesen wird in diesem Absatz auf die Werbung mit Selbstverständlichkeiten. Demnach ist es nicht erlaubt, Angaben zu machen, die zu verstehen geben, dass das Lebensmittel besondere Eigenschaften besitzt, obwohl alle vergleichbaren Lebensmittel dieselben Eigenschaften besitzen. Ein Beispiel dafür ist die Vermarktung von Produkten mit „ohne XXX“, in denen der relevante Stoff üblicherweise keine Rolle spielt. Oft passiert das in den letzten Jahren mit den Kennzeichnungen „glutenfrei“ oder „lactosefrei“ (z.B. glutenfreie Wurstwaren oder lactosefreie Nudeln). Hersteller wollen so an den steigenden Umsätzen in diesen beiden Kategorien teilhaben. Ein Verbot zur Verwendung solcher Selbstverständlichkeiten ist schwer allgemein zu regeln und muss meist von Fall zu Fall entschieden werden.

1.2.5 Prinzipielle Möglichkeiten zur Erreichung eines „clean label“

Das Ziel, keine deklarationspflichtigen Stoffe auf den Etiketten anführen zu müssen, kann prinzipiell auf drei Wegen erreicht werden.

a) Tatsächliche Vermeidung von Zusatzstoffen:

Bei BIO-Lebensmitteln beispielsweise dürfen nur etwa ein Zehntel der bei anderen Lebensmitteln zugelassenen Zusatzstoffe eingesetzt werden [VO 834/2007].

b) Ersatz durch deklarationsfreie Stoffe mit zusatzstoffähnlicher Wirkung

Die Lebensmittelhersteller suchen immer intensiver nach Lebensmittelzutaten mit zusatzstoffähnlicher Wirkung, um deklarationspflichtige Stoffe zu ersetzen. Bekannte Beispiele aus der Vergangenheit sind der Einsatz von Gewürzextrakten als Antioxidationsmittel, Hefe- und Proteinhydrolysate als „Geschmacksverstärker“, oder der Einsatz von Lebensmitteln mit färbender Wirkung.

c) Eine weitere Methode ist die Bildung von Stoffen mit zusatzstoffähnlicher Wirkung direkt in den Lebensmitteln selbst, sei es durch chemische oder enzymatische Reaktionen. Beispielsweise besteht die Möglichkeit durch Zusatz spezieller Lipasen aus Ölen und Fetten direkt in den Lebensmitteln Mono- oder Diglyceride zu erzeugen. Letztere haben emulgierende Eigenschaften und sind bei Zugabe von außen deklarationspflichtige Zusatzstoffe. Weitere Beispiele sind im vorigen Bericht „Zusatzstoffe, Aromen und Enzyme in der Lebensmittelindustrie“ angeführt (Berghofer, 2010) bzw. in den betreffenden Kapiteln in diesem Bericht.

Die Verwendung nicht zugelassener Zusatzstoffe und die Nichtdeklaration eingesetzter Zusatzstoffe sind jedenfalls verboten.

Ziel all dieser Bestrebungen sollte es dennoch sein, durch die Einführung eines „clean labels“ keine Qualitätseinbußen hinnehmen zu müssen, da sich ansonsten die bereinigten Produkte wohl kaum am Markt behaupten werden können (Rempe, 2011).

Die Umstellung von bestehenden Lebensmittelprodukten auf eine deklarationsfreie Kennzeichnung bei gleichbleibender Endqualität stellt für die Produzenten eine große Herausforderung dar und verlangt eine ganzheitliche Überarbeitung des gesamten Herstellungsprozesses.

Das simple Weglassen von Zusatzstoffen ist ohne Qualitätseinbußen zumeist unmöglich. Damit sind die Hersteller oft auf den Ersatz von Zusatzstoffen durch andere Zutaten angewiesen. Die Verwendung solcher „natürlicher“ Ersatzstoffe verlangt in den meisten Fällen einen höheren technischen Aufwand, mehr handwerkliches Können und auch höhere Kosten. Die natürlichen Zutaten sind in der Regel teurer als die konventionellen Zusatzstoffe und müssen meist durch die geringere Ergiebigkeit höher dosiert werden. Zudem können sich durch weitere Produktionsstufen längere Prozesszeiten ergeben. Zusätzlich sind Rezepturänderungen, alternative Verarbeitungs- oder Verteilungsstrategien notwendig, um dieselbe Lagerfähigkeit des Produktes zu gewährleisten. So kann zum Beispiel die Notwendigkeit von Konservierungsstoffen durch verbesserte Hygienestandards im Betrieb, geänderte Prozessführung, Verpackung oder Verteilung eliminiert werden. Die Herstellung von „clean label“ Produkten betrifft somit nicht nur die Zutatenliste, sondern verlangt eine Anpassung des Gesamtkonzeptes der Produktion. Das verlangt eine gut durchdachte Strategie, die entsprechend Zeit und Aufwand bedeutet (Skarra, 2013, Gewürzmüller, o.J.).

1.2.6. Erreichung eines „*clean label*“ in der Praxis

Bei der Behandlung der einzelnen Zusatzstoffklassen wird ebenfalls noch speziell auf die jeweiligen Möglichkeiten eingegangen.

1.2.6.1. Tatsächlich zusatzstofffrei oder doch Täuschung?

Produkte, die mit einem „*clean label*“ ausgelobt sind, vermitteln dem Konsumenten, dass es sich um natürliche Produkte ohne unerwünschte Inhaltsstoffe handelt. Doch halten solche Produkte oft diese Versprechen nicht und erfüllen nicht die dadurch geweckten Erwartungen der Verbraucher. Vom Hersteller werden unbeliebte Zusatzstoffe durch deklarationsfreundliche Alternativen ersetzt, die eine ähnliche Wirkung haben, jedoch von Gesetzes wegen nicht als Zusatzstoff gekennzeichnet werden müssen. Nicht immer bedeutet eine saubere Kennzeichnung, dass die Lebensmittel tatsächlich frei von den genannten Stoffen sind. Hier liegen Verbrauchererwartung und Realität mitunter weit auseinander. Entspricht ein Lebensmittel nicht dem, was Aufmachung und Kennzeichnung erwarten lassen, fühlt sich der Verbraucher getäuscht.

Die Verbraucherzentralen in Deutschland führten eine bundesweite Markterhebung durch, um zu überprüfen inwieweit die Verbrauchererwartungen bezüglich Produkte mit „*clean label*“ erfüllt werden (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V., 2010). Die Analyse der Zutatenlisten ergab, dass Anbieter den durch „*clean label*“ ausgelobten Verzicht auf bestimmte Zusatzstoffe bzw. Zutaten, die eine gleiche oder ähnliche technologische Wirkung aufweisen, teilweise durch andere Stoffe ersetzen. Am häufigsten wurde auf den Verzicht von Konservierungsstoffen (59 %) hingewiesen, gefolgt von Geschmacksverstärkern (49 %), Farbstoffen (42 %) und Aromen (30 %). Sehr häufig wurde das Fehlen mehrerer Stoffgruppen ausgelobt. Mehrfachnennungen kamen in 55 % aller Produkte vor. Viele Hersteller wiesen speziell auf das Fehlen von „künstlichen XX“ hin. Häufig wurde zusätzlich zum „*clean label*“ durch weitere Aussagen wie z.B. „Natur pur“ eine Ursprünglichkeit impliziert, die durch den Blick auf die Zutatenlisten nicht bestätigt werden konnte. Laut der Studienergebnisse der Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V. (2010) weisen Produkte mit einem „*clean label*“ selten eine höhere Qualität aus. Oft enthalten sie nicht weniger Zusatzstoffe als Lebensmittel ohne entsprechende Hinweise, und sehr oft werben Hersteller mit Selbstverständlichkeiten. Wenn zum Beispiel ein Produkt, das laut Gesetz gar nicht mit Konservierungsstoffen behandelt werden darf, mit dem Label „ohne Konservierungsstoffe“ ausgelobt wird, unterstellt der Anbieter indirekt, dass vergleichbare Produkte anderer Wettbewerber unter Umständen Konservierungsstoffe enthalten könnten. Mit solchen Aussagen werden die Verbraucherbedürfnisse nach klaren Angaben auf den Verpackungen nicht gerecht. Eine Verwen-

dung in diesem Sinne wird in der Regel als irreführend beanstandet. Nicht zuletzt stellten die Verbraucherzentralen eine Reihe von Rechtsverstößen im Zusammenhang mit dem „*clean label*“ fest.

1.2.6.2 Noch Zutat oder schon Zusatzstoff?

Da gesetzliche Regelungen zur Auslobung eines „*clean label*“ fehlen, ist es für den Hersteller oft eine Gradwanderung, wenn er zugelassene Zusatzstoffe durch andere Stoffe zu ersetzen versucht. Die Vielfalt von Ersatzstoffen mit technologisch ähnlicher Wirkung ist unübersichtlich und verwirrend und auf den Zutatenlisten für Konsumenten nicht nachvollziehbar. Viele dieser Ersatzstoffe entsprechen tatsächlich nur Zutaten, ohne die vom Konsumenten unerwünschten Substanzen zu enthalten, andere Stoffe dagegen enthalten „natürlicherweise“ relevante Mengen jener Substanzen und können so die Wirkung des jeweiligen Zusatzstoffes ersetzen. Der Hersteller bewegt sich hier in einer gesetzlich undefinierten Grauzone und die Grenze zur Irreführung des Konsumenten ist oft schwer zu ziehen. Bedenklich ist in diesem Zusammenhang, dass die Höchstmengen der erlaubten Zusatzstoffe gesetzlich geregelt sind und sich sowohl auf toxikologische Studien als auch auf erhobene Verzehrsmengen stützen. Da diese Ersatzstoffe zumeist als Lebensmittelzutaten gelten, gibt es hier keine Höchstmengenbeschränkung.

Eine definierte Liste von solchen Ersatzstoffen zur Orientierung gibt es bislang nicht. In einigen Fällen wird erst nach Einsatz des Herstellers die Verwendung einer Zutat untersagt. Der Übergang von einem Lebensmittel zu einem Zusatzstoff ist nicht immer leicht festzulegen und muss im Einzelfall entschieden werden.

Im Folgenden sollen einige Beispiele für die Verwendung von Lebensmittelzutaten mit ähnlicher Wirkung wie Zusatzstoffe beschrieben werden.

Konservierungsstoffe: Hier werden oft Konservierungsstoffe durch andere (Zusatz)Stoffe ersetzt, die laut EU-Verordnung keine Konservierungsstoffe sind, aber teilweise ebenfalls konservierende Wirkung ausüben, z.B. Antioxidantien oder Säuerungsmittel. Erfolgt die Kennzeichnung unter dieser anderen Substanzklasse und wird das Produkt gleichzeitig ausgelobt mit der Aussage „ohne Konservierungsstoffe“, kann das als Irreführung des Konsumenten betrachtet werden.

Geschmacksverstärker: Ein bekanntes Beispiel ist der Ersatz von Natriumglutamat durch Hefeextrakt oder Sojaprotein. Beide Stoffe enthalten relevante Menge an Natriumglutamat. Rein rechtlich handelt es sich aber bei beiden um Lebensmittelzutaten und nicht um Zusatzstoffe, und sind daher als solche nicht zu deklarieren. Praktisch gesehen kommt es aber einer Täuschung des Konsumenten gleich. Laut der Studie der Verbraucherzentralen Deutschlands, enthielten 92 % der untersuchten Produkte, die mit dem Attribut „ohne Geschmacksverstärker“ gekennzeichnet waren, geschmacksverstärkenden Zutaten wie Hefeextrakt (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V., 2010).

Nitritpökelsalz: Als Ersatz für die Verwendung von Nitritpökelsalz zur Umrötung bei Fleischerzeugnissen könnten nitrathaltige Gemüseextrakte verwendet werden. Dabei werden stark nitrathaltige Gemüsesorten wie Spinat oder Salat zu Extrakten oder Pulvern mit erheblichen Gehalten an Nitrat verarbeitet. Diese Extrakte werden dann zum Beispiel bei der Herstellung einer Brühwurst dem fein zerkleinerten Fleischbrät zugesetzt. Gleichzeitig werden Bakterienkulturen verwendet, die das über die Gemüseextrakte zugesetzte Nitrat zu Nitrit umwandeln. Das Nitrit bewirkt wie bei einer herkömmlich mit Nitritpökelsalz gepökelten Brühwurst die typische Umrötung und die Ausbildung des Pökelaromas. Im Vergleich zur herkömmlichen Pökellung kommen zwar geringere Mengen an Nitrit zum Einsatz, trotzdem wird der Verbraucher über die Herstellungsweise getäuscht. Konsumenten, die gezielt ihre Nitrat- und Nitritzufuhr über Lebensmittel reduzieren wollen und deshalb auf ungepökelte Fleischerzeugnisse zurückgreifen, bekommen ein Produkt, welches dennoch Nitrat und Nitrit enthält. Zudem haben sie keine Möglichkeit, den wahren

Sachverhalt zu erkennen. Vom Hefeextrakt kann ein gut informierter Verbraucher wissen, dass Glutamat enthalten ist. Wenn bei ungepökelten Lebensmitteln im Zutatenverzeichnis jedoch „Gemüsepulver“ oder „Gemüsebrühe“ steht, ist nicht zu folgern, dass aus rein technologischen Gründen Nitrat in Kombination mit Bakterien zur Nitritbildung zugesetzt wurde. Nitrat und nitrit-haltige Gemüseextrakte sind nach Auffassung der Arbeitsgruppe Lebensmittelzusatzstoffe der EU-Kommission als Zusatzstoffe einzuordnen, aber bislang sind sie noch nicht zugelassen. Die Verwendung von Gemüseextrakten zur Pökellung ist damit verboten“ (Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014) Im Österreichischen Lebensmittelbuch wird ausgeführt, dass Lebensmittel in getrockneter oder konzentrierter Form (einschließlich Aromen) oder gleichwertige Extrakte (ausgenommen färbende Lebensmittel) nur dann für die Herstellung von Fleischerzeugnissen verwendet werden, wenn sie zur Verleihung einer aromatisierenden, geschmacklichen oder ernährungsphysiologischen Wirkung eingesetzt werden. Zur Erzielung einer technologischen Wirkung (z.B. Umrötung, Konservierung oder Haltbarkeitsverlängerung) werden sie nicht eingesetzt (Codexkapitel B14, **C.1.6**).

Ascorbinsäure und Antioxidantien: Häufig wird Ascorbinsäure (E 300) mit „Acerolakonzentrat“ ersetzt. Welchen Verarbeitungsgrad und welche Konzentration an Vitamin C weist diese Zutat auf? Handelt es sich hier um einen versteckten Zusatzstoff? Das ist oft sehr schwierig abzuschätzen und muss von Fall zu Fall untersucht werden. Die Verwendung von Fruchtsaftkonzentraten oder Fruchtextrakten dient in vielen Fällen dem Ersatz von Antioxidantien und wird in Produkten eingesetzt, in denen sie ungewöhnlich erscheinen (z.B. in Fleischwaren).

Farbstoffe: Hier werden üblicherweise Farbstoffe durch färbende Lebensmittel ersetzt. Prinzipiell will der Konsument nicht auf Färbung, sondern auf (künstliche) Farbstoffe verzichten. Irreführend ist aber aus Verbrauchersicht, wenn Lebensmittel zur Farbgebung eingesetzt werden, ohne diesen Charakter oder Zweck besonders im Zutatenverzeichnis zu kennzeichnen. Schwierig ist für den Produzenten, dass „natürliche“ Farbstoffe und färbende Lebensmittel oft nicht dieselbe Stabilität aufweisen. Neue Technologien, um alternative Farbstoffe zu gewinnen, werden verstärkt erforscht wie z.B. Fermentationsprozesse (Shelke, 2014). Genaue Informationen über die Einteilung von Farbstoffen bzw. färbenden Lebensmittel sind im sogenannten *Guidance document* der EU erklärt (*Guidance notes on the classification of food extracts with colouring properties*, 2013)

Aromen: Laut der Studie der Verbraucherzentralen Deutschlands, enthielten 92 % der untersuchten Produkte, die mit der Aussage „ohne künstliche Aromen“ gekennzeichnet waren, andere Aromen, die rechtlich nicht unter den Begriff „künstliche Aromastoffe“ fallen (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V., 2010).

1.2.7. „clean label“ – Trend, Plateau oder Hype?

Betrachtet man die Produkteinführungen der vergangenen Jahre, welche Auslobungen wie „clean label“, „natürlich“ oder „frei von...“ enthalten, geht der Trend in den letzten Jahren nach oben. Getreu dem Motto „weniger ist mehr“ versuchen Lebensmittelhersteller ihre Etiketten zu vereinfachen und so das Vertrauen der Konsumenten zurückzugewinnen. Die Konsumenten erwarten mehr Klarheit und Transparenz bezüglich der Zutatenliste. Sie sind zunehmend interessiert, man könnte auch sagen besorgt, welche Zutaten in ihren Lebensmittelprodukten enthalten sind. Einer Umfrage zufolge erachten 78 % der europäischen Konsumenten die Zutatenliste als sehr oder ziemlich wichtig. Claims wie „natürlich“ oder „natürliche Zutaten“ werden besonders akzeptiert, im Gegensatz zu „künstliche Farbstoffe oder Aromen“. Manchen Umfragen zufolge scheint die Zutatenliste nach dem Preis der zweitwichtigste Faktor für eine Kaufentscheidung zu sein.

Ein Produkt, das als „natürlich“ oder „ohne künstliche Zutaten“ beworben wird, wird demzufolge vom Konsumenten oft als gesünder wahrgenommen (Ingredion Incorporated, 2014).

Abb. 2.1.4 zeigt Produkteinführungen im „*clear label*“ Segment in verschiedenen Regionen in den Jahren 2003 und 2010. Vor allem in Amerika und Europa ist ein drastischer Anstieg zu verzeichnen (Pelofske, 2014)

Von der Fa. Mintel GNPD erhobene Daten zeigen, dass im Jahre 2013 in Europa zwischen 18-33 % (für die einzelnen Länder unterschiedlich) der neuen Produkteinführungen mit einem „*clean label*“ beworben wurden (Ingredion Incorporated, 2014). Laut Innova Market Insights dominiert der Clear label Trend die Top 10 Trends für 2015 für Lebensmittel und Getränke weltweit. Der Wechsel von „*clean*“ to „*clear labelling*“ spiegelt das Bestreben wieder, klare und einfache Kennzeichnung und Verpackung für Lebensmittel zu verwenden, um maximale Transparenz zu schaffen (Prepared Foods, 2014). Etwa ein Viertel aller Produkte und Getränkeinführungen werden mit clean bzw. clear label gekennzeichnet – Hersteller verweisen zunehmend auf die Natürlichkeit und Herkunft der Produkte.

Die Fa. Kampffmeyer Food Innovation führte eine umfassende Studie zum Thema „*clean label*“ durch und erhoben, was die Konsumenten zum Kauf motiviert. Insgesamt 4.000 Personen aus verschiedenen Ländern Europas wurden dazu interviewt. Den Ergebnissen zufolge bestimmen die Frische und Qualität die Kaufentscheidung der heutigen Konsumenten. Etwa 80 % wünschen sich Produkte ohne Zusatzstoffe. Die meisten Konsumenten sind davon überzeugt, dass diese Produkte gesünder sind, mehr Vitamine enthalten, besser schmecken und generell eine höhere Qualität aufweisen im Vergleich zu den „weniger natürlichen“ Lebensmitteln. Laut dieser Umfrage sollen vor allem Backwaren nur natürliche Zutaten enthalten, gefolgt von tiefgefrorenen Lebensmitteln (Kampffmeyer Food Innovations, 2014).

French (2013) präsentierte Daten zur „*clean label*“ Entwicklung in den USA. Demzufolge schauten im Jahre 2012 47% der Konsumenten bei Lebensmittel/Getränken auf ein Etikett mit kurzer Zutatenliste und verständlichen Zutaten, verglichen mit 37 % im Jahre 2007. Noch anschaulicher wird diese Entwicklung, wenn man die Anzahl der Produkteinführungen hernimmt, die mit „pure“, „simpel“ oder „real“ beworben wurden: Im Jahre 1999 waren es 178, im Jahre 2012 ist diese Zahl auf über 400 angestiegen.

Eine Studie von Natural Marketing Institute (NMI) erhob, dass Konsumenten auf folgende Merkmale schauen, wenn sie auf ihre Gesundheit achten wollen: nährstoffreiche Lebensmittel (68 %), ausgewogene Diät (66 %), natürliche Lebensmittel (35 %), angereicherte/ funktionelle Lebensmittel (27 %) und biologisch produzierte Lebensmittel (22 %) (French, 2013).

Vergleicht man die einzelnen Lebensmittelbranchen miteinander, so wird das Thema „*clean label*“ v.a. für die Hersteller von Tiefkühlprodukten an Bedeutung gewinnen, wie in Abb. 2.1.5 gezeigt (DLG Trendmonitor, 2012).

Laut Spiller & Zühlsdorf (2012) sind immer mehr Konsumenten dazu bereit, für qualitativ hochwertigere Produkte entsprechend mehr Geld auszugeben. Das Qualitätsbewusstsein vieler Konsumenten steigt und der Preis der Lebensmittel ist für einige möglicherweise doch zweitrangig. Diese Entwicklung birgt jedoch auch ihre Gefahren. Setzt sie sich weiterhin fort, so könnte es passieren, dass nach und nach zwei Klassen an Lebensmitteln entstehen: Zum einen preiswerte, zusatzstofffreie Lebensmittel für die Masse der Bevölkerung und zum andere teure, zusatzstoffarme Lebensmittel für die, die es sich leisten können bzw. wollen (Berghofer, 2010).

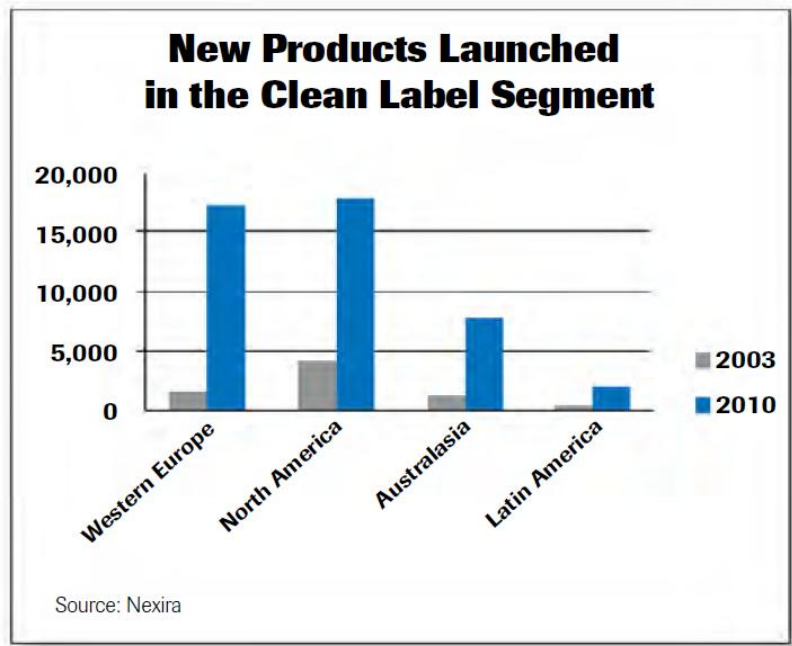


Abb. 2.1.4: „Clean label“ Produkteinführungen in den verschiedenen Regionen (aus Pelofske, 2014)

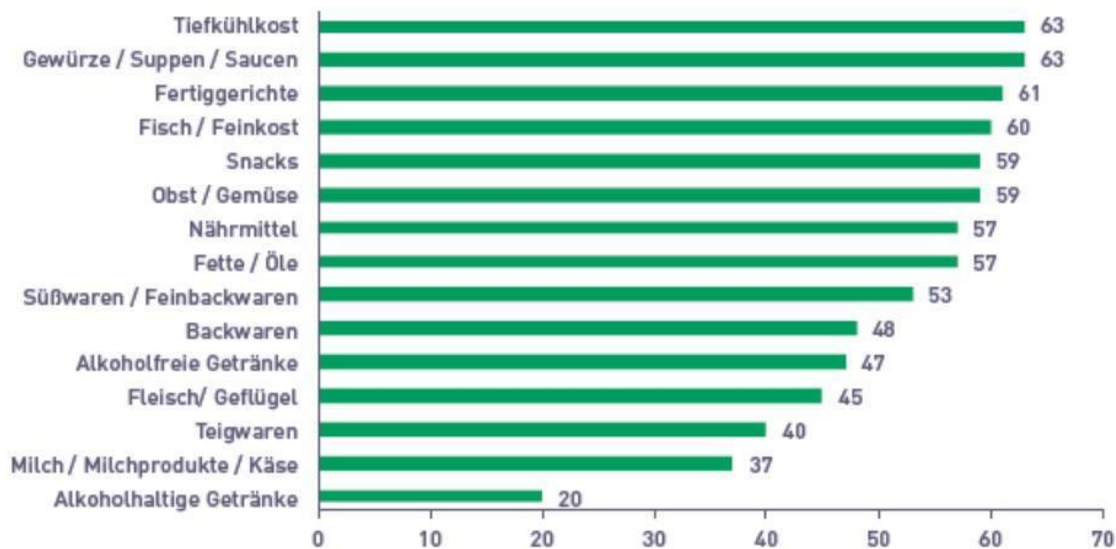


Abb. 2.1.5: Bedeutung des Themas „clean label“ in den nächsten 5 Jahren aus der Sicht der einzelnen Branchen (DLG Trendmonitor, 2012)

1.2.8. Abschätzung der Marktentwicklung

Zukünftige Prognosen sind in diesem Bereich nicht leicht. Wie eingangs erwähnt, ist in den letzten Jahren der Markt für „clean label“ Produkte massiv gestiegen. Hält dieser Trend nach oben weiterhin an, wächst der Markt für Lebensmittel „ohne künstliche Zusatzstoffe“ noch weiter, oder ist er vielleicht nicht doch langsam gesättigt?

Aus der Produktdatenbank Product Launch Analytics (Datamonitor Consumer©, Informa plc, UK) wurde erhoben, wie viele Produkte in den letzten 25 Jahren (von 1980 bis Ende 2013) weltweit, bzw. für Europa, bzw. für Nordamerika mit den folgenden *claims/tags* auf den Markt gebracht wurden:

1. *“clean label“*
2. *“no additives“*
3. *“natural“*
4. *“No Additives OR No Artificial Color OR No Artificial Flavor OR No Artificial Ingredients OR No Artificial Sweeteners OR No Chemicals OR No MSG OR No Phosphates OR No Preservatives OR No Saccharin OR No Sweeteners“*

Die *claims/tags* wurden deswegen so gewählt, weil laut Datamonotors innovation insight die Hersteller in letzter Zeit daher dazu übergehen, ihre Produkte anstatt mit „natürlich“, mit den Begriffen „frei von“, „*minimally processed*“ oder „organisch“ bewerben. Die Produkte wurden für die Kategorien „Beverages - Alcoholic OR Beverages - Non-Alcoholic OR Food“ analysiert. Alle Daten sind in Abb.2.1.6 - 2.1.9 dargestellt.

Produkte mit dem claim *“clean label“* scheinen weltweit zwar zuzunehmen, vor allem in Europa ist dieser Trend nach oben deutlich sichtbar. In Nordamerika dagegen, ist dieser Trend nach oben nicht mehr deutlich, hier ist seit einigen Jahren eher ein rückläufiger Trend zu beobachten, wobei das höchste Niveau schon vor etwa 5 Jahren erreicht worden sein dürfte. Es soll hier noch einmal betont werden, dass insgesamt nur wenige Produkte überhaupt den claim *“clean label“* verwenden. Schaut man sich die Daten für die *claims* *“no additives“* oder *“natural“* bzw. all den einzelnen unter Punkt 4 genannten *claims* an zeichnet sich ein ähnlicher Trend ab. Weltweit und in Europa im Speziellen scheinen die Produktentwicklungen mit diesen *claims* in den letzten 2-5 Jahren ein Höchstniveau erreicht zu haben, es scheint sich hier ein Plateau auszubilden. In Nordamerika scheint der Trend eher absteigend zu sein.

Diese Daten lassen eher vermuten, dass der Markt für Lebensmittel ohne künstliche Zusatzstoffe nicht weiter wächst, sondern eventuell doch gesättigt sein könnte. Laut den Zahlen von Datamonitor sinken die neuen Produkteinführungen von 8,8 % im Jahre 2007 auf 6,3 % im Jahre 2013. Die Frage stellt sich, ob tatsächlich ein Plateau erreicht ist, oder ob es vielleicht auch daran liegt, dass die Hersteller auf andere hier nicht erfasste *claims* ausweichen (z.B. *gluten-free* – Produkte mit diesem claim sind nachweislich gestiegen), bzw. ihre zusatzstofffreien Produkte ohne besonderen claim vermarkten. Diese Vermutung wird zumindest dadurch genährt, dass die meisten (oben erwähnte) Studien einen nach wie vor deutlichen Marktzuwachs prognostizieren.

Aufgrund der Unsicherheit von Zukunftsprognosen lässt sich die Frage „Trend, Hype oder Plateau?“ nicht eindeutig beantworten. Möglicherweise handelt es sich beim *“clean label“* eher um einen Hype, der sich parallel zur Nachfrage nach biologischen oder Lebensmittel mit einem Zusatznutzen entwickelt hat, aber ob hier noch weiteres Wachstum erwartet werden kann oder nicht, lässt sich nur schwer abschätzen. Zu bedenken ist auch, dass das Bewusstsein der Konsumenten steigen könnte, dass Produkte aufgrund eines *“clean label“* trotzdem nicht immer qualitativ besser oder gesünder sind. Wie oben bereits erwähnt, weisen einige Konsumentenorganisationen bzw. Internet-Blogs in diese Richtung.

1.2.9. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Herstellung von „*clean label*“ Produkten scheint zumindest ein anhaltender Trend für die nächsten Jahre dar und stellt die Lebensmittelproduzenten vor besondere Herausforderungen, die vor allem auf dem Fehlen von konkreten Definitionen und spezifischen gesetzlichen Regelungen beruhen. Es bleibt abzuwarten, wie sich der „*clean label*“ Trend in Zukunft entwickeln wird. Studien zeigten, dass die meisten Konsumenten die Begriffe „natürlich“ und „*clean label*“ anders verstehen als die Produzenten.

Der Ersatz von deklarationspflichtigen Zusatzstoffen durch andere, toxikologisch nicht abgeklärte, z.B. „natürliche Stoffe“ ist – wie bereits erwähnt - sehr oft keine Risikominderung, sondern eine Erhöhung. Teilweise müssen solche Stoffe als Allergene gekennzeichnet werden (z.B. Sojaprotein). Es könnte dem Image der Lebensmittelproduzenten mehr schaden als Vorteile bringen, wenn sie Produkte mit einem „*clean label*“ (o.ä.) bewerben, und dann Zutaten mit gleicher Wirkung verwenden, oder Stoffe einsetzen, deren Gesundheitswirkung oder –risiko nicht untersucht worden ist. Zudem tragen die Lebensmittelunternehmer hier im Gegensatz zu den geprüften Stoffen die volle Verantwortung für die Unbedenklichkeit der Produkte. Treten irgendwann mit einem solchen, mit „natürlich“ Image versehenem, Produkt Probleme auf (v.a. gesundheitliche Bedenken), könnte das langfristig vom Konsumenten als eine doppelte Täuschung wahrgenommen werden.

„*Clean label*“ ist ein Marketinginstrument, eine höhere Produktqualität ist nicht immer erkennbar. Die Labels werden dem Verbraucherbedürfnis nach klaren Angaben auf den Verpackungen nicht gerecht. Produkte ohne „*clean label*“ unterscheiden sich häufig nicht von Vergleichsprodukten mit „*clean label*“ Auslobung. Sie enthalten sehr oft nicht weniger Zutaten (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V., 2010). In vielen Fällen bedeutet „*clean label*“ nicht, dass die Produkte ohne Konservierungsmittel, etc. hergestellt werden. In der Mehrheit sind diese Stoffe, ohne die sie angeblich hergestellt werden, durch andere nicht zu deklarierende Stoffe ersetzt. Ob das dem Wunsch der Konsumenten nach mehr Natürlichkeit, bzw. nach einfacheren Lebensmitteletiketten entspricht, ist fraglich. Die Konsumenten verfügen nicht über dieses umfassende lebensmitteltechnologische Verständnis, um hier die Unterschiede zu erkennen. Eine Möglichkeit um mehr Klarheit oder Transparenz bezüglich den Zutaten zu schaffen wäre die Nennung des technologischen Zweckes, wenn Zusatzstoffe durch andere Zutaten ersetzt werden z.B. färbendes Tomatenpulver (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V., 2010).

Spezifische gesetzliche Regelungen zur Verwendung von *claims*, wie „*clean label*“, „natürlich“ oder „ohne ...“ wären sinnvoll. Die Begriffe „natürlich“ oder „künstlich“ in Zusammenhang mit Lebensmitteln sollten europaweit einheitlich definiert werden, um einerseits mehr Transparenz für die Konsumenten zu schaffen, und andererseits dem Hersteller eine Orientierung zu ermöglichen, welche Stoffe er in welchen Mengen einsetzen kann. Bislang bewegen sich die Produzenten eher in einer undefinierten Grauzone ohne Orientierungshilfe. Wenn ein Produkt mit der Aussage „ohne XXX“ ausgelobt wird, muss der Konsument sicher sein können, dass keine anderen Stoffe verwendet wurden, die diese oder eine ähnlich Wirkung haben.

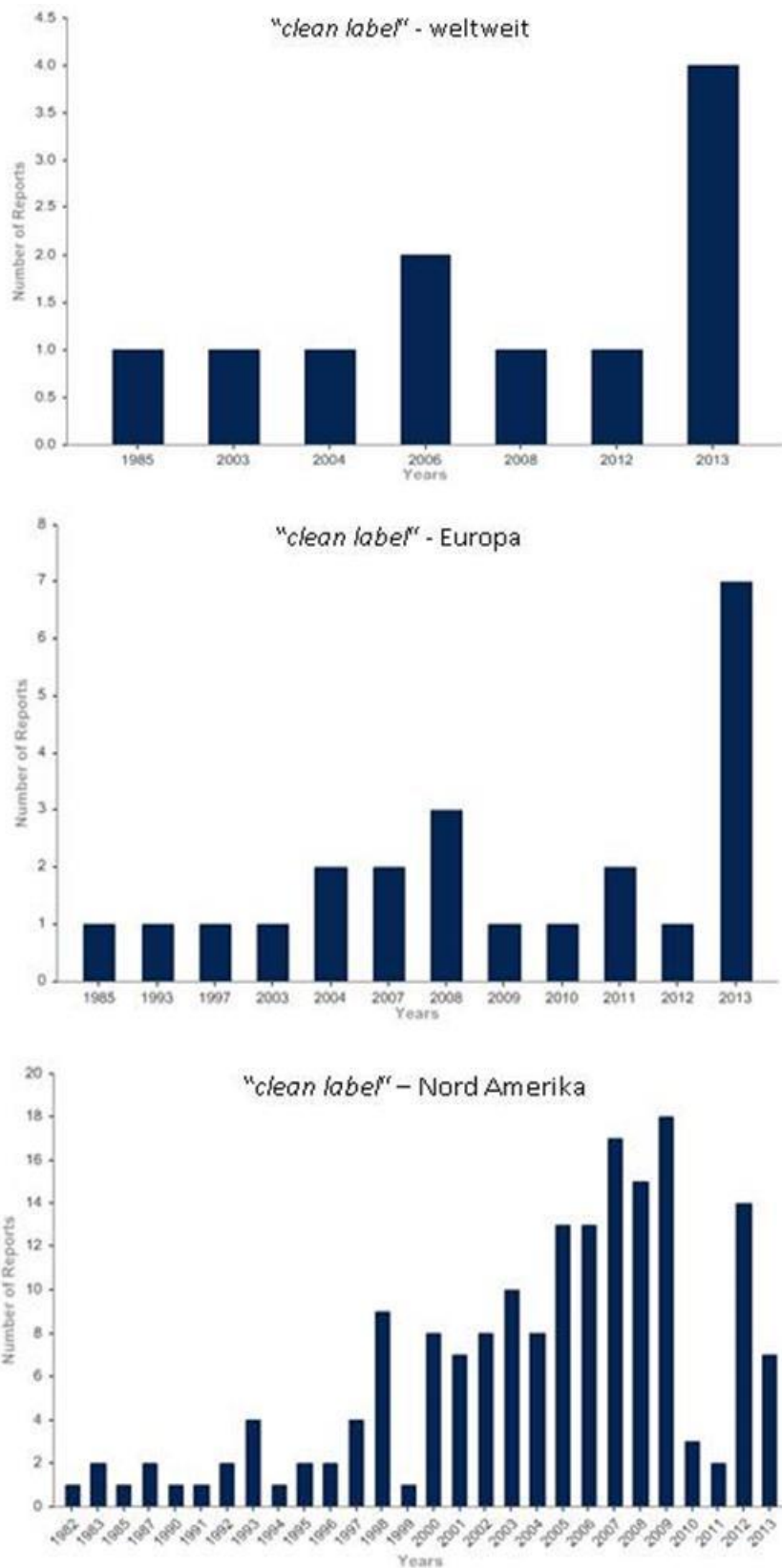


Abb. 2.1.6: Tendenz für Produkte mit dem claim/tag "clean label" weltweit (oben), Europa (Mitte) und North America (unten)

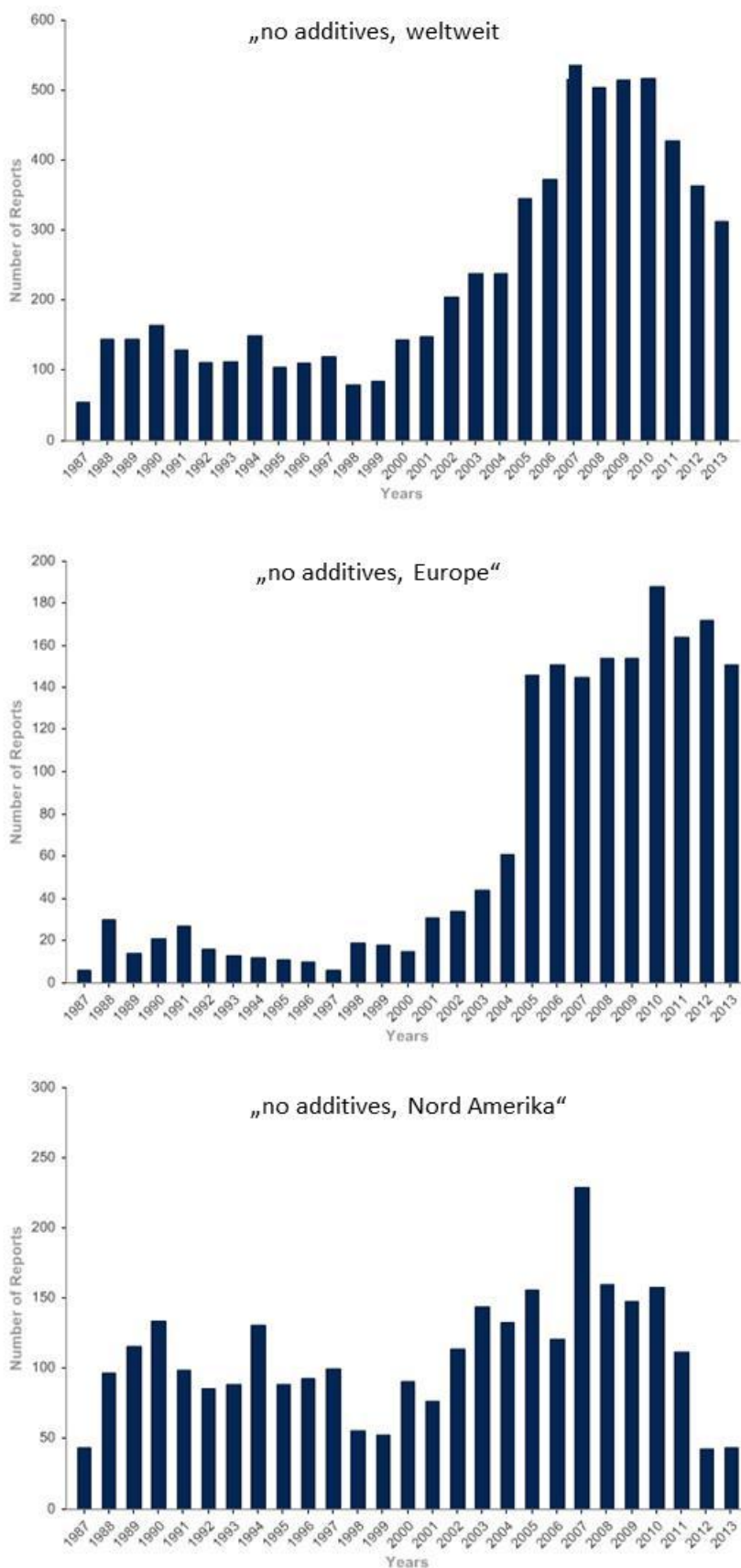


Abb. 2.1.7: Tendenz für Produkte mit dem claim/tag "no additives" weltweit (oben), Europa (Mitte) und North America (unten)

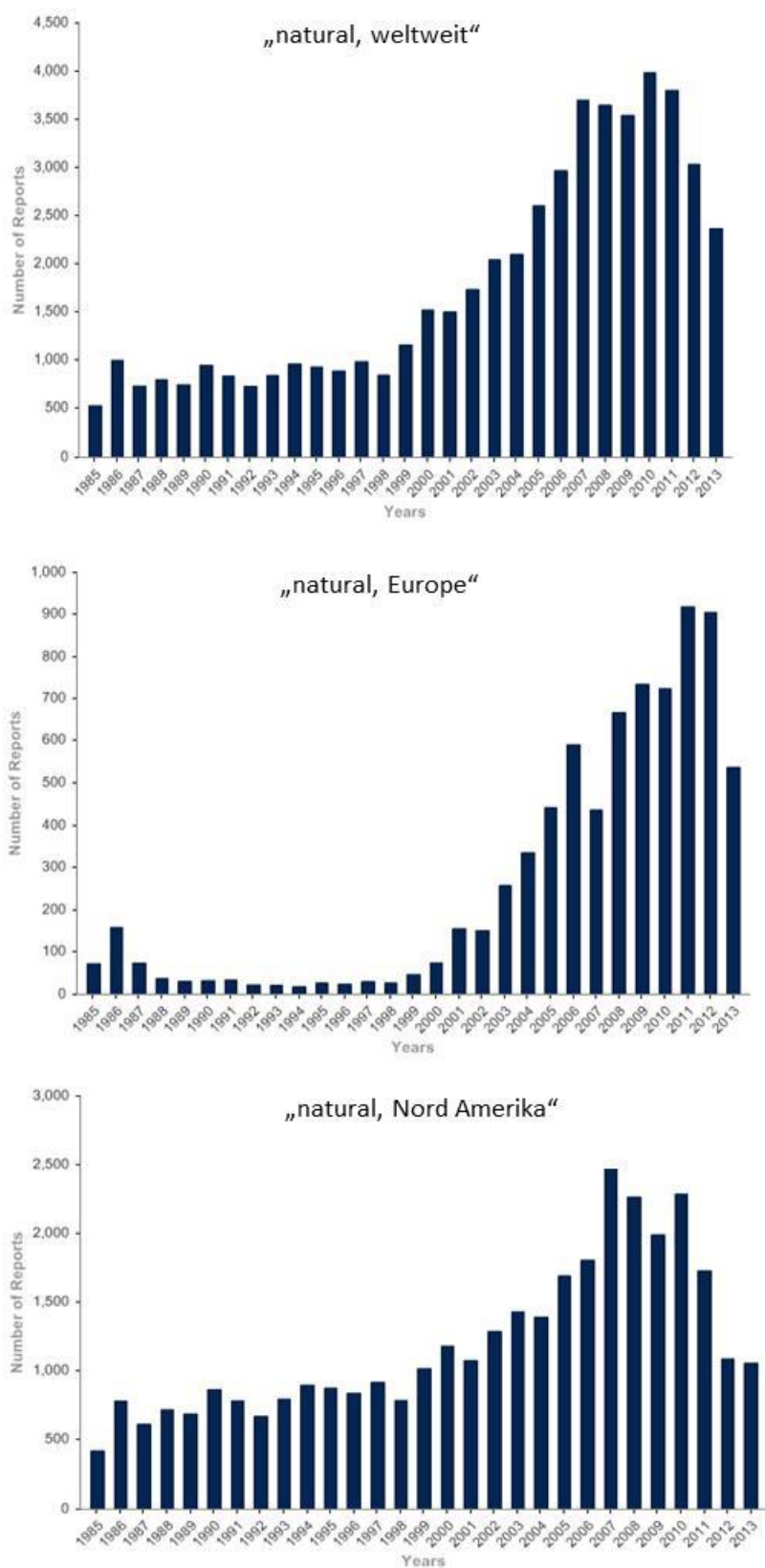


Abb. 2.1.8: Tendenz für Produkte mit dem claim/tag „natural“ weltweit (oben), Europa (Mitte) und North America (unten)

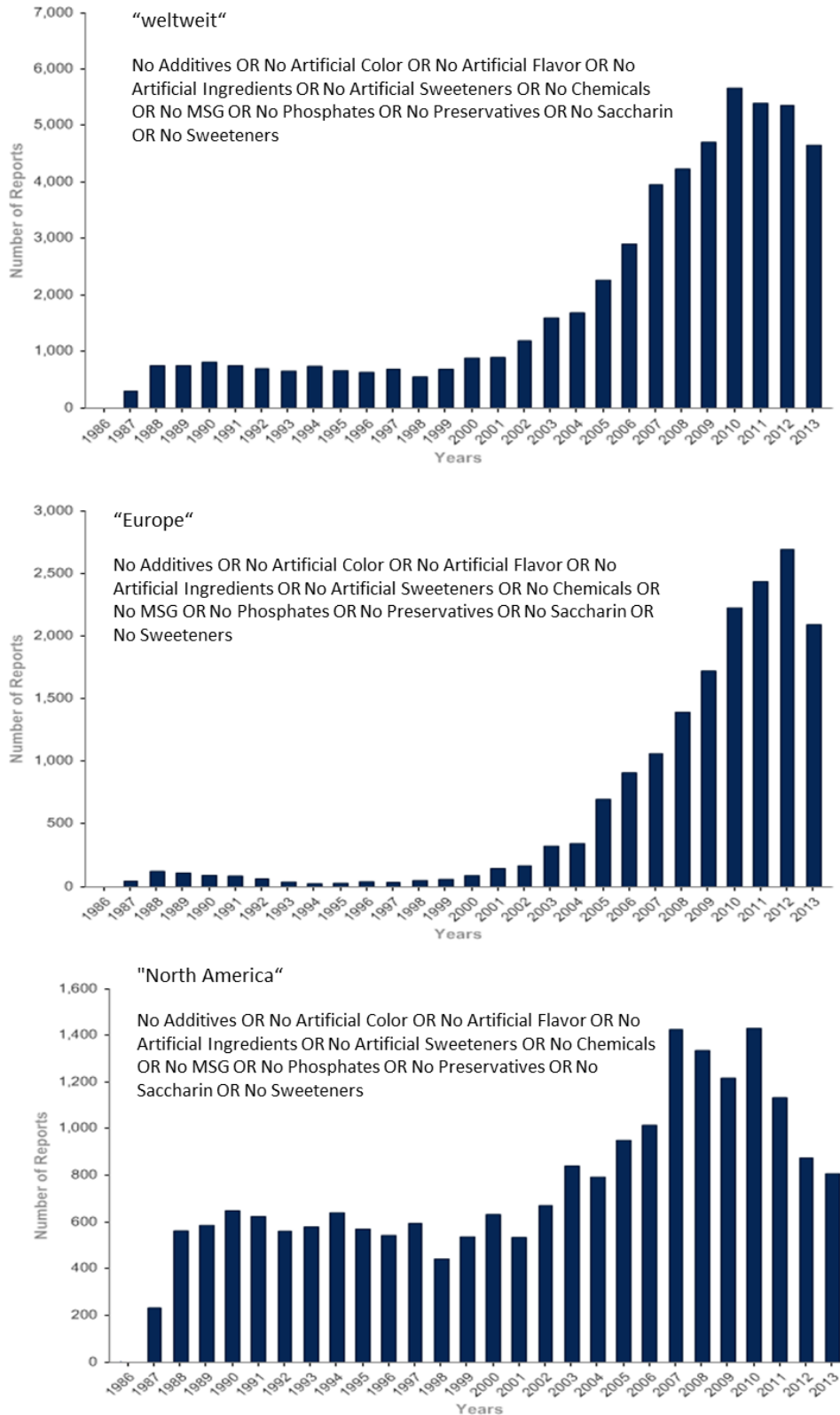


Abb. 2.1.9: Tendenz für Produkte mit den *claims/tags*: "No Additives OR No Artificial Color OR No Artificial Flavor OR No Artificial Ingredients OR No Artificial Sweeteners OR No Chemicals OR No MSG OR No Phosphates OR No Preservatives OR No Saccharin OR No Sweeteners" weltweit (oben), Europa (Mitte) und North America (unten)

1.3. Effektkennzeichnung bzw. Nichtkennzeichnung

„Effektkennzeichnung“ bedeutet, dass der Effekt im Enderzeugnis deklariert werden muss (z.B. „aus Fleischstücken zusammengefügt“ und „aus Fischstücken zusammengefügt“). Um ein Verständnis über die (Nicht)-Deklarationsmöglichkeiten zu erhalten, sollen zunächst einige dafür notwendige Grundbegriffe erklärt werden.

Eine Erläuterung des Begriffs „Effektkennzeichnung“ findet sich im *“Guidance Document on Criteria for Categorisation of Food Enzymes”*, das vom Ständigen Ausschuss Lebensmittelkette und Tiergesundheit verabschiedet wurde (Guidance Documents, 2014):

“In order to not mislead the consumer, the food enzyme Regulation (Article 7(2)(f)) requires that the entry of a food enzyme in the Union list shall specify, among other things, where necessary, specific requirements in respect of the labelling of food in which the food enzyme have been used in order to ensure that the final consumer is informed of the physical condition of the food or the specific treatment it has undergone (i.e. effect-labelling as it is the case with combined pieces of meat in a meat product).

In the context of meat products, meat preparations and fishery products which may give an impression that they are made of a whole piece of meat or fish but actually consist of different pieces combined together by other ingredients (e.g. food enzymes) or by other means shall bear the indication "formed meat" or "formed fish". This is prescribed in Annex VI Part A point 5 of Regulation (EU) No 1169/2011.

Other possible misleading characters of the label will be decided on a case-by-case basis depending on the process and in particular, taking into account the requirements of the following pieces of legislation: Article 7.2(f) of Reg 1332/2008, Articles 2.1(a)(i) and 5 of labelling Directive, and Articles 7.1(a) and 17 of Regulation (EU) No 1169/2011.”

1.3.1. Lebensmittelsicherheit und Verbraucherinformation

Einleitend ist zu erwähnen, dass die Begriffe „zulassungspflichtig“ und „deklarations- bzw. kennzeichnungspflichtig“ nicht gleichbedeutend mit unsicher oder gar gesundheitsgefährdend sind. Lebensmittelsicherheit ist einer der zentralen Begriffe des Lebensmittelrechts und regelt rigoros, dass Lebensmittel, die nicht sicher sind, auch nicht in Verkehr gebracht werden dürfen. Das liegt in der Verantwortlichkeit des Lebensmittelunternehmers, unter dessen Namen oder Firma das Lebensmittel vermarktet wird (das kann der Hersteller oder aber auch der Verkäufer sein). Der Lebensmittelunternehmer hat damit u.a. immer für alle von ihm vertriebenen Lebensmittel eine entsprechende Risikoanalyse (auch auf Basis wissenschaftlicher Literatur etc.) und Risikomanagement durchzuführen, sowie Verbraucherinteressen zu schützen (also Täuschung zu vermeiden). Für Lebensmittelbestandteile, die der Zulassung unterliegen und die vom Unternehmer in den entsprechenden festgelegten Kategorien und Einsatzmengen eingesetzt werden, ist die EFSA bei etwaigen dennoch auftretenden Gesundheitsproblemen etc. verantwortlich zu machen.

Die Deklaration dient der bestmöglichen Information der Verbraucherinnen und Verbraucher bzw. dem Schutz vor ihrer „Irreführung“. Wenn beispielsweise das Antioxidationsmittel Zitronensäure auf einem Lebensmittel deklariert ist, wird darüber informiert, dass dieses Lebensmittel nach „xy“ Tagen immer noch appetitlicher aussieht als ein unbehandeltes. Das dient auch zur Vermeidung der Wettbewerbsverzerrung.

1.3.2. Zusatzstoffe versus Verarbeitungshilfsstoffe

Eine wichtige, bereits für viele Substanzen bei ihren jeweiligen Einsatzzwecken über die Kennzeichnungspflicht vorentscheidende Einordnung ist diejenige in Zusatzstoffe bzw. Verarbeitungshilfsstoffe.

„Ein Lebensmittelzusatzstoff ist ein Stoff mit oder ohne Nährwert, der in der Regel weder selbst als Lebensmittel verzehrt noch als charakteristische Lebensmittelzutat verwendet wird und bei einem Lebensmittel aus technologische Gründen bei der Herstellung, Verarbeitung, Zubereitung, Behandlung, Verpackung, Beförderung oder Lagerung zugesetzt wird und dadurch selbst oder seine Nebenprodukte mittelbar oder unmittelbar zu einem Bestandteil des Lebensmittel wird oder werden kann.“ [Verordnung (EU) 1333/2008]

Der Stoffbegriff ist hier sehr weit gefasst und kann dabei auch ein Stoffgemisch oder auch ein MO sein. Natürliche Bestandteile eines Lebensmittels, die sich noch im natürlichen Verbund befinden (z.B. Paprikapulver) sind keine Stoffe in diesem Sinn, extrahierte Farbpigmente aus Paprikapulver hingegen schon.

„Verarbeitungshilfsstoffe sind definiert als Stoffe, die nicht als Lebensmittel verzehrt werden, bei der Be- und Verarbeitung von Rohstoffen, Lebensmitteln oder deren Zutaten aus technologischen Gründen während der Be- und Verarbeitung verwendet werden und unbeabsichtigte, technisch unvermeidbare Rückstände im Enderzeugnis hinterlassen können sofern diese Rückstände gesundheitlich unbedenklich sind und sich technologisch nicht auf das Enderzeugnis auswirken.“ [Verordnung (EU) 1333/2008]

Der wesentliche Unterschied liegt also darin, dass Verarbeitungshilfsstoffe *per definitionem* nur noch als technologisch unvermeidbare Rückstände vorliegen und damit keine technologische Wirkung im Enderzeugnis haben.

Die Lebensmittelkennzeichnungsverordnung EU 1169/2011 sieht nun vor, dass **alle „Zutaten“ auf der Verpackung gekennzeichnet** werden müssen und definiert dabei Zutaten folgendermaßen:

„Ferner bezeichnet der Ausdruck „Zutat“ jeden Stoff und jedes Erzeugnis, einschließlich Aromen, Lebensmittelzusatzstoffen und Lebensmittelenzymen, sowie jeden Bestandteil einer zusammengesetzten Zutat, der bei der Herstellung eines Lebensmittels verwendet wird und der – gegebenenfalls in veränderter Form – im Enderzeugnis vorhanden bleibt; Rückstände gelten nicht als „Zutaten“. [Verordnung (EU) 1169/2011]

Genau dieser dezidierte Ausschluss von Rückständen vom Zutatenbegriff führt letztlich dazu, dass Verarbeitungshilfsstoffe – vorausgesetzt, dass sie nur noch als Rückstände vorliegen (und so sind sie definiert [s.o. VO 1333/2008]) von der Kennzeichnungspflicht ausgenommen sind. Dieses Faktum kann unter den Lebensmittelherstellern das verständliche Bestreben hervorrufen, im Zweifelsfall von der Einordnung als Verarbeitungshilfsstoff auszugehen, um eine Deklaration zu vermeiden.

1.3.3. Der technisch unvermeidbare Rückstand

„Rückstand“ umfasst dabei – mit der Auslegung des Wortlautes befassten Juristen nach – sowohl einen stark mengenmäßig reduzierten Ausgangsstoff als auch seine Abbau- und Reaktionsprodukte bezeichnet, wobei bei letzteren eine mengenmäßige Reduktion nicht zwingend notwendig ist

(Schulz, 2012).

Weiteres gehen Juristen von einer technischen Unvermeidbarkeit aus, wenn die Rückstände oder Abbau- und Reaktionsprodukte mit den nach dem Stand der Technik verfügbaren Methoden und unter verhältnismäßigem Aufwand nicht vollständig entfernt werden können (Jagow & Teufer, 2007).

1.3.4 „Grauzone“ Lebensmittelenzyme

Enzyme sind zwar seit in Kraft treten der Verordnung (EU) 1332/2008 separat von den Zusatzstoffen geregelt, die Regeln für ihre Kennzeichnung sind aber zu jenen der Zusatzstoffe nach wie vor weitgehend ident:

Sie sollen in ihrer Zuordnung als Zutaten nach der LMIV (VO EU 1169/2011) jedenfalls grundsätzlich gekennzeichnet werden.

Konkret sind sie –analog zu den Zusatzstoffen - nach ihrer Hauptfunktion in deren in Verordnung (EU) 1333/2008 beschriebenen Funktionsklassen einzuordnen, und Voranstellung der am besten zutreffenden Funktionsklasse zu deklarieren (z.B. Backtriebmittel Alpha-Amylase).

Die praktische Ausnahme von der Kennzeichnung ergäbe sich nun im Fall, dass belegt werden kann, dass das zugegebene Ausgangsenzym nur noch als Rückstand im Enderzeugnis vorliegt bzw. *per definitionem* den Verarbeitungshilfsstoffen zugeordnet werden kann. So einfach ist das allerdings nicht:

Diesbezüglich muss man sich nämlich darüber im Klaren sein, unter welchen Voraussetzungen ein Enzym eine technologische Funktion in einem Lebensmittel ausübt:

- Das Enzymprotein muss im Lebensmittel in seiner nativen (nicht-denaturierten) Form vorliegen UND
- Sein Substrat muss vorhanden sein UND
- Das Enzym muss in der Lage sein, dass Substrat entsprechend zu nutzen UND
- Die Umgebungsbedingungen wie pH, Temperatur und Wassergehalt müssen in seinem Arbeitsbereich liegen.

Nur wenn all diese Voraussetzungen gegeben sind, kann das Enzym seine technologische Funktion erfüllen. Ist eine dieser Voraussetzungen nicht gegeben, gilt es als inaktiv (zu keinem „Effekt fähig“).

Inaktiv ist in diesem Fall aber nicht gleichbedeutend mit der zuvor erläuterten Auslegung von Rückstand (siehe 1.3.3), da es etwa in denaturierter Form oder mangels Substrat oder mangels geeigneter Umgebungsbedingungen inaktiv weder mengenmäßig reduziert ist noch in Abbauprodukte zerlegt vorliegt. Unter die Definition Verarbeitungshilfsstoff lässt sich ein inaktives Enzym ebenfalls nicht klar einordnen, zumal auch hier das ausschließliche Vorliegen als Rückstand obligatorisch ist. Praktisch ist ein inaktives Enzym allerdings einem Verarbeitungshilfsstoff im Fall, dass es nur während der Verarbeitung genutzt wird, um einen gewissen Effekt zu erzeugen, nach „getaner Arbeit“ inaktiviert wird (also zumindest zu so einer Art Rückstand wird) und im Endprodukt keine technologische Funktion („Effekt“) mehr ausübt, sehr ähnlich. Dies kann in diesen Fällen als Grund für eine Gleichsetzung/Einordnung mit/als Verarbeitungshilfsstoff und damit Wegfall der

Kennzeichnungspflicht als Zutat angesehen werden.

Aus diesen Erwägungen heraus wurde nun die Idee der „Effektkennzeichnung“ geboren. Dabei soll der technologische Effekt, den die genutzten Enzyme für das Endprodukt haben und damit selbstverständlich die entsprechend im Endprodukt aktiven Enzyme an sich, deklariert werden. Zu deklarierende Enzyme sind dabei somit von nicht-zu deklarierenden eben dadurch zu unterscheiden, ob sie einen Effekt im Endprodukt haben oder nicht.

Damit kommt man dem Recht der Konsumentinnen und Konsumenten nach, zu erfahren, dass „das enzymbehandelte Lebensmittel seine verbesserten Eigenschaften (meist Textur oder Haltbarkeit) gegenüber vergleichbaren unbehandelten Produkt einem Enzym verdankt“. Somit wird Konsumentinnen und Konsumenten die Möglichkeit überlassen, sich für ein „naturbelassenes Brot mit begrenzter Haltbarkeit“ oder für ein enzymbehandeltes Brot mit langer Haltbarkeit zu entscheiden. Daneben dient eine Kennzeichnung von enzymbedingten Effekten auch der Verhinderung der Wettbewerbsverzerrung.

1.3.5. Beispiel

Ein aktuelles Beispiel für ein Enzym, das unter diese Regelung fallen sollte ist das 2012 auf den Markt gekommenen Enzym „Alphamalt Fresh“ der deutschen Firma Mühlenchemie. Dieses soll Teile des für die Stärkeretrogradation („Altbacken werden“) verantwortlichen Stärketeils Amylopectin degradieren und somit die Haltbarkeit von Backwaren auf bis zu 21 Tage zu erhöhen.

Die Firma wirbt mit „*clean-labelling*“ vor dem Hintergrund der Einordnung als Verarbeitungshilfsstoff (Nieburg, 2012). Dem könnte mit der Effektkennzeichnung ein Ende gesetzt werden.

Technologisch ist dazu zu erwähnen, dass mittels Amylasen Brot zwar weichgehalten werden kann, eine knusprige, „rösche“ Kruste lässt sich damit aber nicht halten, womit am österreichischen Markt die Akzeptanz ohnehin herabgesetzt sein könnte. Weiteres lässt sich ein ähnlicher „Weichhalte-Effekt“ durch *Modified Atmosphere Packaging* (MA) erreichen. MAP-verpackte (und als solche zu kennzeichnende) Produkte haben kürzlich in Form belegter Brötchen der Billa-Eigenmarke „*freshy*“ den österreichischen Markt erobert.

Die Vielfalt an enzyminduzierten Effekten könnte diesbezüglich in nächster Zukunft noch einige Fragen hervorrufen.

1.4. Extrakte

Wie in Kap 2 Aromen diskutiert wird, sind Aromaextrakte per definitionem „natürliche Aromen“. Dabei ist es irrelevant, ob sie extrahiert oder mittels der (legalen und häufigen) biotechnologischen Produktion, sowie ggf. unter zusätzlicher Nutzung von GVMO gewonnen wurden.

Daneben ist das Streben nach Identifizierung und Nutzbarmachung von Extrakten aus natürlichen Rohstoffen - andere gibt es im Lebensmittelbereich nicht -, mit welchen sich diverse Funktionen typischer, als solche klassifizierter Zusatzstoffe ersetzen lassen, ebenfalls steigend. Dieses Interesse an Extrakten fußt auf dem Interesse nach „*clean-labeling*“ (siehe Kap. 1.2).

1.4.1. Bezeichnungen

Der Begriff „Aromaextrakt“ lt. Verordnung (EU) 1334/2008 ist deutlich weiter gefasst, als das, was im allgemeinen technischen Verständnis als Extrakt gemeint ist. Konkret sind neben Extraktion sehr viele andere, vor allem biotechnologische Produktionsmethoden eingeschlossen:

„Aromaextrakte sind andere Aromen als chemisch definierte Stoffe, die durch geeignete physikalische, enzymatische oder mikrobiologische Verfahren aus Stoffen pflanzlichen, tierischen oder mikrobiologischen Ursprungs gewonnen und als solche verwendet oder für den menschlichen Verzehr aufbereitet werden [Verordnung (EU) 1334/2008]

Unter Extraktion dagegen (aus dem lateinischen „*extrahere*“ = herausziehen) versteht man normalerweise ein Trennverfahren, bei dem mithilfe eines Extraktionsmittels (flüssig, fest, gasförmig) ein oder mehrere Komponenten aus einem Stoffgemisch herausgelöst, also vom Ausgangsstoff abgetrennt und angereichert werden.

Diese Verwirrung in der Begrifflichkeit der Extraktion beruht auf einem „Übersetzungsfehler“ aus der englischen Fassung der Aromenverordnung. In der englischen, sowie auch in allen anderen Fassungen anderer Sprachen, außer der deutschen, wird die treffendere Bezeichnung „*flavouring preparations*“ (also Aromazubereitungen anstatt Aromaextrakte) verwendet.

In weiterer Folge wird nur auf wirklich durch Extraktion gewonnene Extrakte näher eingegangen, zumal die Aromaextrakte bereits ausführlicher in Kap. 2 beschrieben werden.

1.4.2. Trend: Multifunktionsextrakte

Bis vor kurzem verstand man im Lebensmittelbereich unter Extrakten im Wesentlichen nur „Aromatisierendes“ und manches „Färbende“. Während „Aromatisierendes“ mittlerweile in der Aromenverordnung [Verordnung (EU) 1334/2008] geregelt ist, sind färbende Extrakte teilweise der Funktionsklasse Farbstoffe der Zusatzstoff-VO [Verordnung 1333/2008] zugeordnet; vorwiegend chemisch relativ klar definierte, wie z.B. Anthocyane, Betanin, Carotin, Lycopin etc..

Ein neuer Trend im Sinne des Clean-labeling ist die Nutzung von vorwiegend Gewürz- und Kräuter-Extrakten in ihrer Funktion als Antioxidans bzw. zur Konservierung. Die antioxidativen und konservierenden Funktionen sind dabei vorwiegend durch die enthaltenen phenolischen Substanzen, wie Phenolsäuren, phenolische Triterpene, Flavonoide und diverse flüchtige Öle determiniert (Brewer, 2011).: Extrakt aus Rosmarin scheinen momentan als einziges Antioxidationsmittel in der Liste der Zusatzstoffe auf, als Konservierungsmittel ist kein einziger dazu fähiger Extrakt gelistet. Extrakt aus Rosmarin ist mittlerweile kommerziell erhältlich, etwa in der Linie FreshMaxx© des deutschen Herstellers Friedrich-Gewürze mit dem Produkt „FreshMaxx Rosmarin“, das als „natürliches“ Antioxidans beworben wird. Wissenschaftlich ist die antioxidative bzw. konservierende Wirkung aber für eine Vielzahl von Gewürzen und damit Gewürzextrakte bestätigt (Kap. 1.7).

Beispielsweise wurde der antioxidative Effekt von einigen Gewürzextrakten wie Zimt und Oregano unter Senkung der Keimzahl und Lipidoxidation auf die Haltbarkeitsverlängerung von Hühnerfleisch beobachtet (Krishnan et al., 2014). Antimikrobielle Gewürzextrakte wie Rosmarin wurden erfolgreich zur Bekämpfung der pathogenen Keime *Listeria monocytogenes* und *Staphylococcus aureus* in Shrimps sowie zur Haltbarkeitsverlängerung von Mortadella eingesetzt (Weerakkody et al., 2011; Viuda-Martos et al., 2010). Für Thymian und Salbei gilt die antioxidative

Wirkung ebenfalls als bestätigt (Baboviv et al., 2010). Ein selektiver, vor allem Eugenol enthaltender, Extrakt aus Knoblauch wurde erfolgreich als Antioxidans in Mayonnaise eingesetzt (Chatterjee & Bhattharjee, 2014). Süßere Extrakte wie Anis, Kakao, Vanille und Zimt sollen antimikrobielle Wirkung gegen *Bacillus cereus* in Milchgetränken zeigen (Pina-Perez, 2013), und Vanilleextrakte gute Antioxidantien in Biscuitprodukten sein (Anuradha et al., 2010). Neben der Verwendung in den Lebensmitteln direkt, wurde durch Imprägnieren oder Oberflächenbehandlung auch der Einsatz antioxidativer (auch *anti-browning*) und antimikrobieller Extrakte als essbare Überzüge (*edible*)*coatings* und im *active-packaging*-Bereich erschlossen (z.B. Silva-Weiss et al., 2013).

Prinzipiell ist die Frage zu stellen, ab welcher "Extraktionsselektivität" ein Extrakt als Lebensmittelzutat, und ab wann er als Zusatzstoff angesehen wird. Chemisch befinden sich in den besprochenen Extrakten die Stoffe „im natürlichen Verbund“, was ein Einordnungskriterium als Lebensmittelzutat ist, aber der Verbund ist mehr oder weniger klar verkleinert, was bereits durch Trennung Wasserlösliches/Fettlösliches passiert. Die Extrakte sind auch oft zur Gewährleistung der notwendigen Löslichkeit und Dosierbarkeit in Lebensmitteln weiter aufbereitet, etwa mit Emulgatoren versetzt. Das ist also nichts mehr „was man als solches isst“ (ebenfalls Einordnungskriterium Lebensmittelzutat/Zusatzstoff). Bei Nutzung als Konservierungsmittel etwa wird zumindest höher aufkonzentriert als bei Einsatz desselben Extraktes für Aromazwecke. Bei Hopfenextrakten werden bestimmte Hopfensäuren für die konservierende, andere bei Absicht zur Nutzung der aromatisierenden Wirkung isoliert.

Der Vollständigkeit halber ist anzumerken, dass unverarbeitete Gewürze/Kräuter als Lebensmittelzutaten gelten, weil sie als solche verzehrt werden. In der industriellen Nutzung von Gewürzen zur Aromagebung sind lediglich die in Verordnung (EU) 1334/2008 geregelten Höchstmengen an sogenannten *active principles*, also natürlich vorkommende toxische Substanzen, zu beachten. Der Einsatz von Gewürzen in ihrer gerebelten oder pulverisierten "Urform" in der Lebensmittelindustrie wird immer weniger durchgeführt. Gewürze sind nämlich in dieser "Urform" schlecht zu dosieren und durch ihre starke Keimbelastung erfolgt eine Wiederverkeimung der fertig gegarten Speisen.

Wissenschaftliche Forschungen belegen mehr und mehr, dass nicht nur Extrakte aus „exotischen, unbekanntem Regenwaldpflanzen“ sondern auch einheimische bzw. traditionell in Europa viel genutzte Gewürzextrakte pharmakologische Wirkungen aufweisen. Diese pharmakologischen Wirkungen sind vor allem auf ihre antioxidativen Eigenschaften zurückzuführen (Przygodzka et al., 2014). Es gilt die Auffassung, dass traditionelle typische Arzneipflanzen in Lebensmitteln nicht verwendet werden sollen. Nun stellt sich die Frage: Was war zuerst da, die Nutzung in Lebensmitteln oder die Nutzung als Arznei?

So ist für Basilikum die cholesterinsenkende und damit Arteriosklerose vorbeugende Wirkung bekannt (z.B. Harnafi et al., 2013). Pfeffer soll gegen Husten, allgemein entzündlich und im speziellen auch gegen Leukämie einsetzbar sein (z.B. Nahak et al., 2011). Zur Bekämpfung von Diabetes sollen sich Gewürznelken eignen (Tu et al., 2014) und Paprikaoleoresine Antitumoraktivität aufweisen (z.B. Saponjac et al., 2014). Extrakte aus Safran wurden bereits mit zahlreichen positiven pharmakologischen Effekten wie Wirkung gegen Tumore, Entzündungen, Arteriosklerose, Bluthochdruck, Parkinson, Alzheimer, Depressionen und vieles mehr in Verbindung gebracht (z.B. Alavizadeh & Hosseinzadeh, 2014; Abb. 2.1.10.).

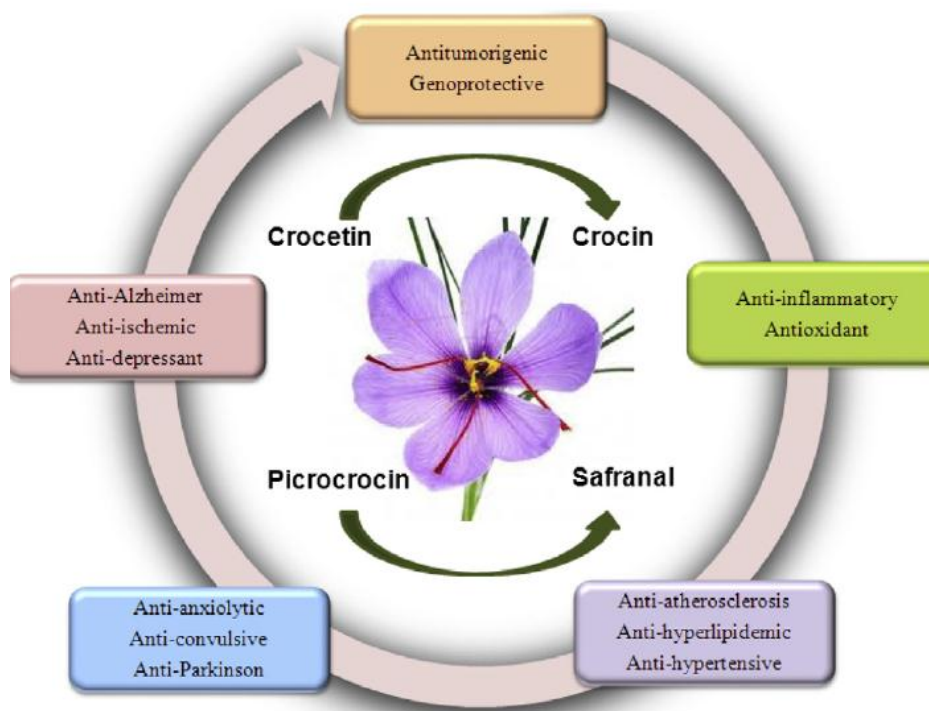


Abb. 2.1.10.: Diverse pharmakologische Effekte von Safran (entnommen aus: Alavizadeh & Hosseinzadeh, 2014)

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass Extrakte viele verschiedene Funktionen wie Aromagebung, Farbgebung, Süßung, Antioxidans, Konservierung, Vorbeugung und Heilung von Krankheiten etc. in unserer Nahrung erfüllen können. Das legt nahe, im Sinne einer kurzen Zutatenliste und im Idealfall noch unter Vermeidung der Deklaration ein Extrakt für diverse simultane Funktionen zu nutzen. Man könnte also gleichzeitig eine angenehme Geschmacksnote einbringen, durch die antioxidative Wirkung vor Farb- und Vitaminverlusten schützen und die Haltbarkeit durch einen gewissen antimikrobiellen Effekt verlängern. Momentan sind jedenfalls bei der Regelung des Einsatzes von Extrakten im Lebensmittelbereich noch viele Fragen offen.

1.4.3. Nebenproduktextrakte (*side-stream extracts*)

Neben dem Einsatz von Extrakten aus bekannten, relativ definierten Rohmaterialien für neue Zwecke, scheint die Entdeckung nutzbarer Funktionen von Extrakten aus Reststoffen der Lebensmittelindustrie ein Nebentrend der Extraktforschung zu sein (siehe auch Kap. 3 Gesamtverwertung von Rohstoffen). Dabei wurden etwa hohe Gehalte an potentiell geschmacks-, farb- und texturgebenden, antioxidativen und/oder antimikrobiellen Bestandteilen in Schalen und Samen exotischer Früchte entdeckt (z.B. Ayala-Zavala et al., 2011) (Tab. 2.1.2), deren Nutzbarmachung den ökologischen Fußabdruck der Rohstoffe verringern könnte.

Ebenso wurden beispielsweise aus Abfällen der Krabbenverarbeitung Flüssigextrakte mit guten Aroma gebenden Eigenschaften gewonnen (Bu et al., 2012). Während die ökologische und ökonomische Sinnhaftigkeit der Nutzung derartiger Extrakte klar ist (*up-cycling* des Abfalls zu höherwertigeren Produkten), wird die Verbraucherakzeptanz für Aromen und „natürlichen Zusätzen“ oder Zusatzstoffen aus solchen Reststoffen - wie auch immer diese eingeordnet werden - abzuwarten sein.

Functional compounds found in different tissues of exotic tropical fruit.

Fruit	Part of the fruit	Phenolics (mg/100 g)	Ascorbic acid (mg/100 g)	Carotenoids (µg/100 g)	Fiber (mg/100 g)	Reference
Avocado	Seed	5160**	-	630*	-	Leong and Shui (2002); Wang et al. (2010)
	Pulp	490**	9**	590**	5000**	
	Peel	1260**	-	1520*	-	
Banana	Pulp	232*	12.7**	75**	4000**	Someya, Yoshiki, and Okubo (2002); Subagio, Morita, and Sawada (1996)
	Peel	928*	-	400**	7680**	
Guava	Seed	-	-	-	-	Charoensiri, Kongkachuichai, Suknicom, and Sungpuag (2009); Jimenez-Escrig, Rincon, Pulido, and Saura-Calixto (2001); Lim, Lim, and Tee (2007); Mahattanatawee et al. (2006)
	Pulp	159.93**	13-144**	13800*	5400**	
	Peel	5870**	-	-	-	
Jackfruit	Seed	2770*	-	1910	-	Chandrika, Jansz, and Warnasuriya (2005); Soong and Barlow (2004)
	Pulp	90*	8.0-10**	4530**	1600**	
	Peel	-	-	-	-	
Longan	Seed	6260*	-	-	-	Soong and Barlow (2004)
	Pulp	160*	60.1**	-	1100**	
	Peel	-	-	-	-	
Mango	Seed	11,700.0*	-	-	-	Larrauri, Rupérez, Borroto, and Saura-Calixto (1996); Leong and Shui (2002); Robles Sánchez et al. (2009); Soong and Barlow (2004)
	Pulp	240.0*	19.7**	4530**	1000.0**	
	Peel	7000.0**	-	-	28,100.0*	
Pomegranate	Seed	-	-	-	-	Li et al. (2006); Opara, Al-Ani, and Al-Shuaibi (2009)
	Peel	24,990.0**	116**	-	-	
	Pulp	2440.0**	10,200.0**	-	300.0**	

- No results were found.

* Dry weight.

** Fresh weight.

Tab. 2.1.2: potentielle Farbstoffe, Antioxidantien, Aromen, Konservierungsmittel etc. in Abfällen bei der Verarbeitung tropischer Früchte (Ayala-Zavala, 2011)

1.5. Süßungsmittel

1.5.1. Rechtliche und wirtschaftliche Entwicklungen seit 2009

Süßungsmittel sind laut Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 Lebensmittelzusatzstoffe, die zum Süßen von Lebensmitteln und in Tafelsüßen verwendet werden.

Sie können gegliedert werden

- in die sogenannten Zuckeraustauschstoffe (Zuckeralkohole), die Lebensmittel in größerem Ausmaß bzw. höheren Konzentrationen zugegeben werden (\Rightarrow *bulk sweeteners*);
- und in die Intensivsüßungsmittel. Diese werden aufgrund ihres intensiven Süßgeschmacks nur in sehr geringen Konzentrationen Lebensmitteln zugesetzt bzw. verwendet.

1.5.1.1. Rechtliche und wirtschaftliche Entwicklungen beim wichtigsten Süßungsmittel Zucker (Saccharose)

Mono- und Disaccharide sind zwar ebenfalls Mittel zum Süßen aber explizit vom Geltungsbereich der Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 ausgenommen. Deshalb gelten für sie auch nicht die Definitionen der Zusatzstoff-Funktionsklassen.

Mit Abstand das wichtigste „Süßungsmittel“ ist Zucker (Saccharose), der rechtlich eben nicht als Zusatzstoff sondern als Lebensmittel bzw. Lebensmittelzutat gilt. Aufgrund ihrer Bedeutung werden aber die rechtlichen und wirtschaftlichen Entwicklungen bei der Verwendung von Zucker hier mitbehandelt.

Die EU-Kommission und das EU-Parlament haben sich geeinigt, dass mit Ende des Zuckerwirtschaftsjahres 2016/2017 die EU-Zuckermarktordnung (ZMO) endgültig ausläuft. Die ZMO regelt seit 1968 die europäische Zuckerpolitik durch Vergabe fixer Produktionsquoten für die Mitglieds-

länder und garantierten Rübenmindestpreisen. Die Zwischenreform im Jahr 2006 führte schon dazu, dass der Selbstversorgungsgrad der EU mit Zucker im Zeitraum von 2005/06 bis 2010/11 von 115 % auf 85 % gesunken ist. Das heißt, die EU wurde von einem Nettoexporteur zu einem Nettoimporteur und ist nun teilweise von globalen Zuckerlieferanten abhängig (Anonym, 2014 a). Der Zuckerweltmarkt wird von drei Exporteuren dominiert, nämlich Brasilien (50 % des Weltzuckerexportes), Thailand und Australien. In Zukunft möchte die EU deshalb zur Versorgungssicherheit einen Selbstversorgungsgrad von 85 % aufrechterhalten, nicht zuletzt deswegen, weil der Zuckerverbrauch weltweit um durchschnittlich 2 bis 3 Mio. Tonnen steigt.

Bis zum Jahr 2017 werden von der EU noch weitere Produktionsquoten und Rübenmindestpreise festgelegt. Die Quoten für das Wirtschaftsjahr 2013/2014 sind in Tab. 2.5.1 angeführt. Ab dem Zuckerwirtschaftsjahr 2017/18 werden die Rahmenbedingungen der europäischen Zuckerpolitik dann grundlegend verändert. Der Beschluss von Europäischem Parlament und Agrarministerrat sieht vor, dass das Quotensystem abgeschafft wird und die Verpflichtung zur Zahlung des Rübenmindestpreises entfällt.

Neben den wirtschaftlichen Konsequenzen für die Zuckerproduzenten und Zuckerverbraucher könnten sich in Zukunft Folgen für die Ernährung ergeben. Wie aus Tab. 2.1.3 ersichtlich ist, wird schon jetzt ein Teil des Bedarfs an Saccharose in der EU durch Isoglucose (Hochfruktosesirup - HFS) ersetzt. Wenn die Importlücke größer wird, könnte es sein, dass der Isoglucoseanteil weiter ansteigt. James Fortescue (2014), von der "Industry Association Starch Europe", erwartet nach 2017 einen Anstieg der Isoglucoseproduktion auf das Vierfache.

In den USA liegt der pro Kopf Konsum an HFS seit vielen Jahren fast gleichauf mit dem Konsum an Saccharose. In den letzten Jahren häufen sich deshalb kritische Stimmen und auch wissenschaftliche Studien, die einen Zusammenhang mit dem steigenden Konsum an HFS und dem Anstieg der Adipositas in den USA erkennen wollen. Es gibt aber auch zahlreiche Studien, die gegen diese Annahme sprechen. Parker et al. (2010) fassen den gegenwärtigen Diskussionsstand in dieser Hinsicht zusammen.

Mitgliedstaaten	Zucker	Isoglukose	Inulinsirup
Deutschland	2 898 255,7	56 638,2	-
Frankreich			
- Mutterland	3 004 811,15		-
- DOM	432 220,05		
Polen	1 405 608,1	42 861,4	-
Großbritannien	1 056 474,0		-
Niederlande	804 888,0		-
Belgien	676 235,0	114 580,2	-
Spanien	498 480,2	53 810,2	-
Italien	508 379,0	32 492,5	-
Tschechische Republik	372 459,3		-
Dänemark	372 383,0		-
Österreich	351 027,4		-
Schweden	293 186,0		-
Kroatien	192 877,0		-
Griechenland	158 702,0		-
Slowakei	112 319,5	68 094,5	-
Ungarn	105 420,0	250 265,8	-
Rumänien	104 688,8		-
Litauen	90 252,0		-
Finnland	80 999,0		
Portugal			-
- Kontinent	-	12 500,0	
- Azoren	9 953,0		-
Bulgarien	-	89 198,0	-
EU-28	13 336 741,2	720 440,8	-

Quelle: Europäische Kommission

Tab. 2.1.3: Quoten für Zucker, Isoglukose und Inulinsirup in der EU ab 2013/2014
(ZUCKERVERBÄNDE, 2014)

1.5.1.2. Rechtliche Entwicklungen bei Intensivübungsmitteln

In Tab. 2.1.4 sind die derzeit in der EU erlaubten Intensivübungsmittel angeführt. Daraus ist ersichtlich, dass seit 2009 drei neue solche Stoffe zugelassen wurden, nämlich Neotam, Steviolglycoside und Advantam. Bei Aspartam erfolgte eine Neubewertung.

Neubewertung von Aspartam

Aufgrund der zahlreichen, teilweise skurrilen Vorwürfe und Vorbehalte gegenüber dem Süßstoff Aspartam in den Medien und im Internet hat die EFSA auf Ersuchen der EK und den Europäischen Mitgliedstaaten eine für 2020 vorgesehene Neubewertung und Re-Evaluierung dieses Zusatzstoffes schon 2013 durchgeführt. Dazu wurde alle zugängliche Literatur zu diesem Thema ausgewertet. Im Rahmen eines Aufrufs („*public call for data*“) zur Einreichung von Daten, der am 13. September 2011 endete, erhielt die EFSA Zugang zu zahlreichen veröffentlichten und unveröffentlichten wissenschaftlichen Studien und Datensätzen, welche alle öffentlich zugänglich gemacht wurden (EFSA, 2014 c). Im Rahmen dieser Re-Evaluierung hat sich die EFSA auch ausführlich mit den Metaboliten von Aspartam Phenylalanin, Asparaginsäure, Methanol und DKP (5-Benzyl-3,6-dioxo-2-Piperazin-Essigsäure) befasst.

Die Ergebnisse dieser Neubewertung wurden im November 2013 publiziert (EFSA-ANS Panel, 2013 a). Das Panel kam wieder zum Schluss, dass Aspartam und seine Abbauprodukte für den menschlichen Verzehr in den derzeitigen Expositionsmengen sicher sind. Es besteht daher kein Anlass den ADI-Wert von Aspartam von 40 mg/kg KG/Tag zu revidieren. Die gegenwärtigen Aufnahmemengen von Aspartam und seinen Abbauprodukten liegen unter den jeweiligen ADI-Werten.

Die American Cancer Society kommt aus den Ergebnissen einer großangelegten Studie ebenfalls zum Schluss, dass Aspartam nicht in Beziehung gebracht werden kann mit der Entwicklung von Hirntumoren, Leukämie oder Lymphomen (McCullough et al., 2014)

Neotam

Neotam wurde mit der Richtlinie 2009/163/EU im Dezember 2009 zugelassen. Die Richtlinie trat am 12. Jänner 2010 in Kraft. Neotam erhielt die E-Nummer 961. Es handelt sich um ein Dipeptid-Methylester-Derivat mit folgender chemischer Struktur: N- [N- (3,3-Dimethylbutyl) -L- α -aspartyl] - L-phenylalanin-1-methylester. Es wird durch die Reaktion von Aspartam – ebenfalls ein Intensivsüßungsmittel - und 3,3-Dimethylbutyraldehyd hergestellt, gefolgt von Reinigung, Trocknen und Mahlen (EFSA, 2007).

Neben seiner enormen Süßkraft - bis zu bis zu 13.000 mal stärker als die von Saccharose und 30 bis 60 mal größer als die von Aspartam - wirkt es auch als Geschmacksverstärker, und intensiviert vor allem Aromen von Zitrone und anderen Früchten, von Vanille, Minze und Schokolade.

Neotam zeigt ein ähnliches Geschmacksprofil wie Aspartam, ist aber letzterem aus zwei Gründen überlegen. Es enthält keine primäre Aminogruppe, sodass keine Bildung von Schiff'schen Basen möglich ist. Damit unterbleiben in weiterer Folge unerwünschte Reaktionen mit aldehydischen Aromastoffen, wie Vanillin und Zimtaldehyd (Roth, 2014). Neotam neigt im Gegensatz zu Aspartam bei höheren Temperaturen nicht zur Bildung von Dioxopiperazinen und kann deshalb auch in Backwaren verwendet werden.

Neotam wird grundsätzlich anders metabolisiert als Aspartam. Letzteres wird vollständig im Körper zur Methanol, Phenylalanin und Asparaginsäure gespalten. Bei Neotam wird zwar ebenfalls der Methanolester abgespalten, aber die zurückbleibende Verbindung wird zum Großteil unverändert ausgeschieden. Deshalb erübrigt sich auch – im Gegensatz zu Aspartam - ein Warnhinweis auf Phenylalanin für Personen mit Phenylketonurie (Roth, 2014).

NAME	E-Nr.	ADI-Wert [mg/kg KG]		SÜSSKRAFT	Entdeckt	Zugelassen (EU) seit
Advantam	969	5		bis zu 37.000	?	2014
Acesulfam-K	950	SCF ^{*1} : 9	JECFA ^{*2} : 15	130 – 200	1967	1983
Aspartam	951	SCF: 40	JECFA: 50	200	1965	1994
Acesulfam –Aspartam-Salz	962	*5		350	1995	2004
Cyclamat	952	SCF: 7	JECFA: 11	30 – 50	1937	1963 (D), 1994
Neohesperdin-DC	959	SCF: 5		400 – 600	1963	1994
Neotam	961	2		7.000 – 13.000	?	2010
Saccharin	954	5		300 – 500	1879	1995
Steviolglycoside	960	4		300	1887	2011
Sucralose	955	15		600	1980	2006
Thaumatococin	957	unbegrenzt		2.000 – 3.000	1855	1998

^{*1} SCF: Scientific Committee on Food; ^{*2} JECFA: Joint FAO/WHO Committee on Food Additives; ^{**} ADI-Wert bereits durch die ADI-Werte für Aspartam und Acesulfam K abgedeckt

Tab. 2.1.4: Übersicht über die in der Europäischen Union zugelassenen Süßstoffe (SÜSSSTOFFVERBAND, 2014)

Steviolglycoside

Mit der VERORDNUNG (EU) Nr. 1131/2011 vom 11. November 2011 wurden Steviolglycoside zugelassen und erhielten die E-Nummer 960. Diese Zulassung wurde von vielen Herstellern und Anwendern von Steviolglycosiden sehnsüchtig erwartet. Aufgrund der Tatsache, dass Steviolglycoside in der Pflanze *Stevia rebaudiana* Bertoni natürlich vorkommen und daraus gewonnen werden, erhoffte man sich von diesen neuen Intensivsüßungsmitteln ein besseres Image im Vergleich zu den synthetisch hergestellten Süßstoffen. Nach der Zulassung kamen deshalb sehr rasch zahlreiche mit Steviolglycosiden gesüßte Lebensmittel mit Zusatzangaben wie „natürlich gesüßt“, mit „natürlichem Süßungsmittel“, „mit natürlicher Süße“ usw. auf den Markt. Nachdem für die Bezeichnung von Zusatzstoffen genaue Regelungen existieren, sah sich das Bundesministerium für Gesundheit (2012) veranlasst einen Erlass herauszugeben, um eine täuschungsfreie Kennzeichnung von Lebensmitteln, die mit dem Zusatzstoff Steviolglycoside (E 960) gesüßt sind, zu gewährleisten. Es wurde befunden, dass die beispielsweise oben angeführten Zusatzbezeichnungen zur Täuschung geeignet sind.

Ein weiterer Diskussionspunkt entstand in Europa über die Frage, ob Steviablätter, also der Ausgangsrohstoff für die Gewinnung der Steviolglycoside, als Lebensmittel eingesetzt werden können. Beispielsweise zur Gewinnung eines Stevia-Tees (Teeauszuges oder Teeextraktes). Bereits im Jahr 1997 wurde von der Katholischen Universität Leuven, Belgien der Antrag gestellt, die Stevia-Pflanze im Rahmen der Novel-Food-Verordnung als Novel Food zuzulassen. Dieser Antrag wurde im Jahr 2000 zurückgewiesen (EU Kommission, 2000). Am 10. August 2007 wurde nochmals ein Antrag auf Zulassung von getrockneten Stevia-Blättern als Novel Food eingebracht. Der Status dieser Einreichung (Nr. 80) wird in der Liste nicht angeführt (Novel Food Applications, 2014).

2013 wurde eine Petition im Europäischen Parlament eingebracht, die Steviapflanze als Lebensmittel in der EU zuzulassen (Petition EU-Parlament, 2013). Die Antwort des EU Parlaments erfolgte am 19.12.2013. Darin wird ausgeführt, dass Steviolglycoside bereits als Lebensmittelzusatzstoffe zugelassen sind. Bezüglich Neuartiger Lebensmittel (Novel Food) sind für eine anfängliche Risikobewertung die Mitgliedsstaaten zuständig. Die Kommission ist nicht autorisiert auf eigene Initiative bezüglich einer Zulassung von Stevia und deren Blätter zu handeln. Die Kommission hat sich aber erkundigt und wurde informiert, dass der Petitionseinreicher die deutschen Behörde (BVL) bereits kontaktiert hat. Weitere Anträge zur Zulassung liegen keine vor (Notice to members, 2013).

Unabhängig davon hat aber das Verwaltungsgericht München am 26. 09. 2011 ein völlig diametrales Urteil gefällt. Ein Hersteller eines Joghurts mit zugesetztem Stevia-Tee (Aufguss der getrockneten Blätter der Stevia-Pflanze) klagte den Bayrischen Freistaat auf Unterlassung der Behauptung, dass es sich hier um ein zulassungsbedürftiges, neuartiges Lebensmittel handelt. Das Gericht stellt fest, dass Stevia-Tee kein solches Lebensmittel ist und daher in den Verkehr gebracht werden darf (VG München, 2001).

Im Österr. Codexkapitel B 31 (2009) „Tee und teeähnliche Erzeugnisse“ ist jedenfalls die Stevia-Pflanze weder im Anhang I (*Offene Liste der für die Herstellung teeähnlicher Erzeugnisse üblicherweise verwendeten Pflanzenteile*) noch im Anhang II (*Liste der für die Herstellung teeähnlicher Erzeugnisse nicht verwendeter Pflanzen bzw. Pflanzenteile*) angeführt.

Steviolglycoside sind keine einheitliche Substanz, sondern eine ganze Stoffklasse mit unterschiedlicher Süßkraft (Tab. 2.1.5). Darüber hinaus weisen sie auch in Abhängigkeit von der Reinheit unterschiedliche Geschmackprofile und Nachhaltigkeit des Süßgeschmacks auf. Sie werden durch Extraktion und weitere Aufreinigung gewonnen. Die Aufreinigung kann bis zur Gewinnung der einzelnen Glucoside gehen. Deshalb weisen Handelspräparate auch große Unterschiede hinsichtlich des Gehalts an den Einzelglycosiden auf.

Der ADI-Wert für Steviolglycoside wurde von der EFSA (2010) mit 4 mg/kg KG/Tag festgesetzt.

Zur Berechnung des Gesamtglucosidgehaltes für den ADI-Wert und beim Einsatz im Lebensmittel wurde der Begriff der Stevioläquivalente eingeführt. Als Berechnungsbasis dient das Aglucon der Steviolglycoside, das Steviol, welches daher den Faktor 1,000 hat. Steviolglycoside und Stevioläquivalente können jeweils gegeneinander umgerechnet werden (Tab. 2.1.5).

Steviolglycosid	Süßkraft bezogen auf Zucker	Molekulargewicht [g/mol]	Stevioläquivalente ^{*2}	Steviolglucosid ^{*3}
Steviol ^{*1}		318,45	1,000	
Steviosid	150-250	804,87	0,395	2,532
Rebaudioside A	200-300	967,01	0,329	3,039
Rebaudioside C	30	951,01	0,334	2,994
Dulcoside	30	788,87	0,400	2,500
Rubusoside	114	642,73	0,496	2,016
Steviolbioside	90	642,73	0,496	2,016
Rebaudioside B	150	804,38	0,395	2,532
Rebaudioside D	221	1128,48	0,282	3,546
Rebaudioside E	174	966,43	0,329	3,039
Rebaudioside F	200	936,42	0,340	2,941
^{*1} Aglycon (= deglycosilierte Form) von Steviosid				
^{*2} Umrechnungsfaktor auf Stevioläquivalente				
^{*3} Umrechnungsfaktor auf Steviolglucoside				

Tab. 2.1.5: Eigenschaften von Steviolglycosiden und Umrechnungsfaktoren auf Stevioläquivalente

Advantam

Advantam ist ein intensives künstliches Süßungsmittel, das durch chemische Synthese aus Isovanillin und Aspartam gewonnen wird. Die chemischen Eigenschaften des Advantam-Moleküls unterscheiden sich von denen des Aspartams. Je nach Art seiner Verwendung kann Advantam hunderte, mitunter sogar tausende Mal süßer sein als Zucker oder Intensiv Süßungsmittel. Für die Verwendung in aromatisierten Getränken wird beispielsweise 100-mal weniger Advantam als Aspartam benötigt (Verordnung (EU) Nr. 497/2014).

Nach Bewertung der vom Antragsteller eingereichten zusätzlichen Daten gelangten die Sachverständigen der EFSA im Juli 2013 zu dem Schluss, dass Advantam und seine Metaboliten weder genotoxisch noch karzinogen sind und bei den vorgesehenen Verwendungen und Verwendungsmengen als Süßungsmittel keinen Anlass zu Sicherheitsbedenken für Verbraucher geben. Das ANS-Gremium legte einen ADI-Wert von 5 mg/kg KG/Tag fest (EFSA, 2013 d). Auf der Grundlage dieser Bewertung wurde Advantam von der EU am 12. Mai 2014 als Intensiv Süßstoff zugelassen und erhielt die E-Nummer 969 [Verordnung (EU) Nr. 497/2014].

1.5.1.3. Wirtschaftliche Fakten und Daten zu Intensiv Süßungsmitteln

Die wirtschaftliche Bedeutung von Intensiv Süßungsmitteln lässt sich schon aus der Anzahl der Patente auf diesem Gebiet ableiten. Abb. 2.1.11 zeigt die Zahl der in der Datenbank „Food Science and Technology Abstracts“ zitierten Patente auf diesem Gebiet (Suchfunktion „sweetener* in TITLE“) in 5-Jahres-Zeiträumen.

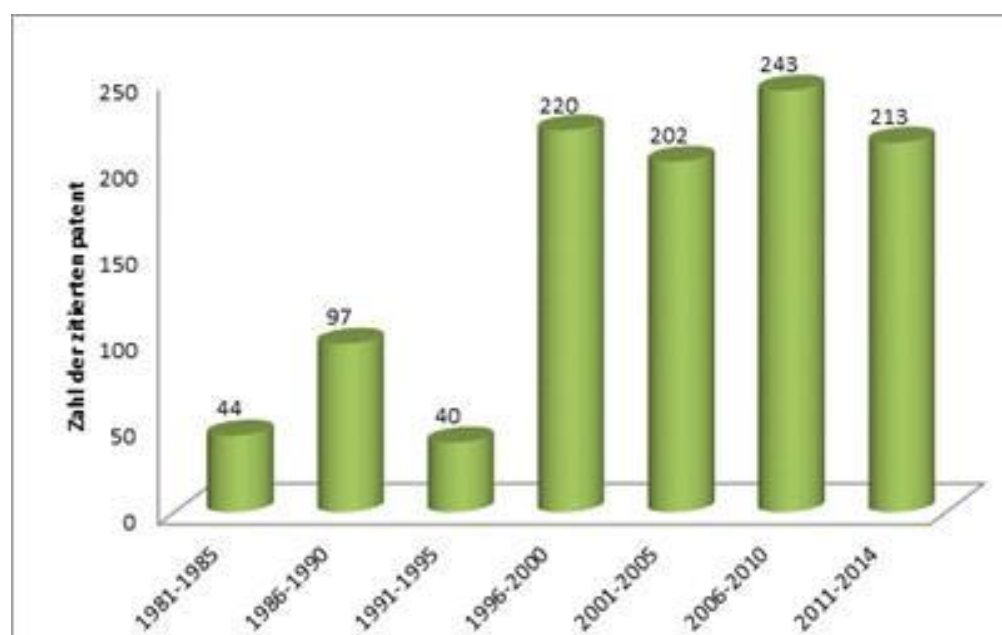


Abb. 2.1.11: Aufstellung über die in der Datenbank „Food Science and Technology Abstracts“ in Fünf-Jahres-Zeiträumen zitierten Patente bezüglich Intensiv Süßungsmitteln

Wenn dabei berücksichtigt wird, dass die letzte Periode (2011-2014) nur vier Jahre erfasst, ist davon auszugehen, dass die Zahl der Patente kontinuierlich ansteigt.

Europa hält bei Intensiv Süßungsmitteln einen Marktanteil von insgesamt 23 %. Davon wiederum entfällt ein Großteil auf die Länder Westeuropas. Großbritannien, Frankreich und Deutschland sind die Hauptmärkte. Hinsichtlich einzelner Intensiv Süßungsmittel wurden zum Beispiel 2013 in Europa 600 Tonnen Sucralose, das entspricht einem Weltmarktanteil von 15 % und immerhin bereits 248 Tonnen Steviolglycoside eingesetzt (FoodNavigator.com, 2014).

Weltweit verwendete im Jahr 2013 die Erfrischungsgetränke-Industrie 12.300 Tonnen Aspartam und 8.700 Tonnen Acesulfam ein. Der globale Markt für Steviolglycoside wird 2014 auf 4.670 Tonnen geschätzt. Hier werden aber für die Zukunft hohe Steigerungsraten erwartet und zwar auf 7.150 Tonnen im Jahr 2017. Der weltgrößte Hersteller von Stevia-Präparaten, die malaysische Firma PureCircle meint sogar, dass Stevia das Potential hat bis zum Jahr 2050 25 % des Zuckerbedarfs zu ersetzen (Raj, 2013).

Der Weltmarktanteil für die wichtigsten Intensiv Süßungsmittel betrug 2011 für

Aspartame	27,9 %
Sucralose	27,9 %
Cyclamat	15,7%
Saccharin	13,1 %
Stevia	8,7 %
Acresulfame K	5,2 %
Neotame	1,4 %

und hat ein Volumen von 1,146 Milliarden Dollar (Leatherhead Food Research, 2011).

Für Österreich wurden keine aktuellen Verbrauchszahlen gefunden. Interessant ist aber eine Aufstellung der Länder mit dem höchsten Pro-Kopf-Konsum an zuckerreduzierten, alkoholfreien Erfrischungsgetränken (Abb. 2.1.12). Das ist die Sparte, wo der Großteil der Intensiv Süßungsmittel verwendet wird. Österreich nimmt hier mit einem Wert von 24 kg/Kopf den achten Platz weltweit ein. Bei kalorienreduzierten Fertig-Tees sogar den dritten Platz mit 3 kg/Kopf (Euromonitor, 2014).

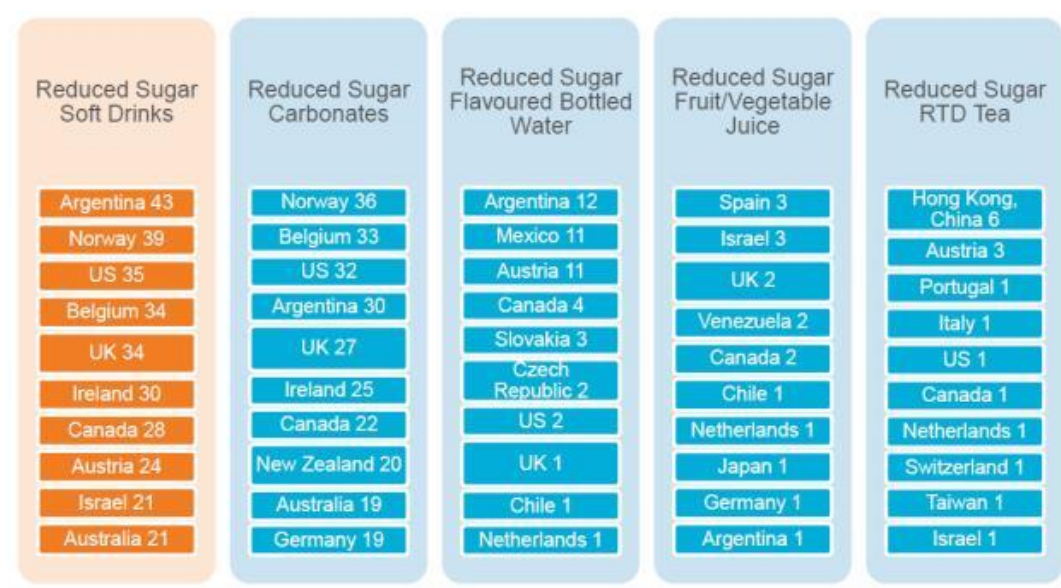


Abb. 2.1.12: Die zehn größten Märkte für die Konsumation von zuckerreduzierten, alkoholfreien Erfrischungsgetränken (*soft drinks*) (kg/Kopf) im Jahr 2013 (EUROMONITOR, 2014)

1.5.2. Neue Entwicklungen bei kalorienreduzierten oder kalorienfreien Süßungsmitteln

1.5.2.1. Neue bzw. neuartige Mono-, Di- und Oligosaccharide

In der Liste der Novel-Food Einreichungen finden sich die in Tab. 2.1.6 angeführten Stoffe, welche in diese Kategorie hineinfallen (Novel Food Applications, 2014).

Das Disaccharid **Trehalose** hat eine Süßkraft von 0,45 bezogen auf Saccharose und kommt in der Natur weit verbreitet vor. Technisch wird sie heute über mehrere enzymatische Stufen aus Stärke gewonnen (Higashiyama, 2002).

Antrags-Nummer	Substanz	Status
24	Trehalose	Zugelassen als Novel Food am 10.10.2001
47	Isomaltulose	Zugelassen als Novel Food am 23.06.2005
52	Isomaltulose	Zugelassen als Novel Food am 29.07.2005
61	Tagatose	Kann auf den Markt gebracht werden
70	Sucromalt	Kann auf den Markt gebracht werden
90	D-Ribose	Antrags-Status nicht angeführt
103	Isomaltooligosaccharide	Antrags-Status nicht angeführt

Tab. 2.1.6: Als Novel Food zugelassene oder beantragte Saccharide (Novel Food Applications, 2014)

Isomaltulose wurde von zwei Firmen (Cerestar und Südzucker) mit jeweils unterschiedlichem Herstellungsverfahren als Novel Food beantragt und zugelassen. Es handelt sich um ein reduzierendes Disaccharid, welches durch enzymatische Umwandlung von Saccharose erzeugt wird, wobei die 1,2-glycosidische Bindung zwischen Glucose und Fruktose in eine 1,6-glycosidische Bindung umgewandelt wird.

Tagatose ist eine Ketohexose, ein C-4 Epimer der Fruktose mit süßem Geschmack. Sie wird durch Isomerisierung von D-Galactose in alkalischer Gegenwart von Calcium gewonnen (Fujimaru et al., 2012).

Sucromalt wird mit dem Enzym Alternansucrase aus Saccharose und Maltose hergestellt.

Ribose kommt in jeder Zelle als Bestandteil von Adenosin-Triphosphat (ATP) vor und wird großtechnisch durch Fermentation hergestellt. Laut dem Antragsteller (Bioenergy Inc., USA) eignet sie sich auch für den Einsatz in Lebensmitteln.

Es kann angenommen werden, dass in Zukunft zahlreiche weitere, biotechnologisch hergestellte Mono-, Di- und Oligosaccharide entwickelt und auf den Markt kommen werden. Tatsächlich werden in der einschlägigen Literatur bereits weitere Substanzen beschrieben, von denen einige im Folgenden beispielhaft angeführt werden.

Turanose

Turanose ist ein nicht kariogenes, niedrigkalorisches Strukturisomer von Saccharose (3-O-alpha-D-glycopyranosyl-D-Fruktose) und hat angeblich ein großes Potential als Süßungsmittel (Wang et al., 2012). Sie kommt natürlicherweise auch in Honig vor. Ihre Nutzung scheiterte bis jetzt daran, dass noch kein kostengünstiger Produktionsprozess zur Verfügung stand. In der Zwischenzeit wurden aber enzymatische Prozesse zur Herstellung entwickelt. Wang et al. (2012) nutzen eine rekombinante Amylosucrase (\Rightarrow biotechnologisch mit Hilfe von gentechnisch veränderten Organismen hergestelltes Enzym), welches ursprünglich aus *Neisseria polysaccharea* isoliert wurde. Damit kann Saccharose leicht und effizient in Turanose umgewandelt werden.

Bis zu einer allfälligen Zulassung wird aber noch ein weiter Weg sein, weil viele funktionelle und toxikologische Daten noch ausstehen.

Weitere, niedrigkalorische Di- und Oligosaccharide

Abb. 2.1.13 aus der Arbeit von Hodonitzky et al. (2010) und Hodonitzky (2012) zeigt weitere Di- und Oligosaccharide, welche potentiell als niedrigkalorische Süßungsmittel in Frage kommen könnten. Diese Autoren untersuchten die angeführten, natürlichen Kohlenhydrate auf ihre Abbaubarkeit, beziehungsweise Nicht-Abbaubarkeit durch orale Mikroorganismen und Darmenzyme. Wie aus Abb. 2.1.14 hervorgeht, wird eine Gruppe von Sacchariden nur durch das Mundbakterium *Streptococcus mutans* metabolisiert, eine andere Gruppe nur durch Darmenzyme, eine Gruppe von beiden und eine Gruppe weder von dem Mundbakterium noch von den Darmenzymen. Zu letzteren zählen Gentiobiose, Melzitose, Maltitol und Gentionbiitol. Es lassen sich also einige potentielle Süßungsmittel erkennen, die nichtkariogen, niedrigkalorisch oder beides sind.

Seltene Zucker bzw. seltene Monosaccharide

Unter dem Begriff „seltene Monosaccharide“ („rare sugars“) werden Monosaccharide verstanden, die zwar an und für sich in der Natur vorkommen, aber nur in geringen Mengen (Abb. 2.1.15) (Izumori, 2006). In Japan existieren eine eigene Gesellschaft (*International Society of Rare Sugars*) und ein eigenes Forschungszentrum (*Rare Sugar Research Center*), die sich mit seltenen Zuckern beschäftigen. Für eine wirtschaftliche Gewinnung und Nutzung bleibt nur eine (bio)chemische, enzymatische Produktion aus billigen Monosacchariden, wie Glucose oder Xylose. Dafür können drei Enzymklassen eingesetzt werden, nämlich Keto-Aldol-Isomerasen, Empimerasen und Oxidoreductasen (Beerens et al., 2012).

Es gibt nur sieben Monosaccharide, die in größeren Mengen in der Natur vorkommen (Hexosen: Glucose, Galaktose, Mannose, Fruktose; Pentosen: Xylose, Ribose, L-Arabinose). Von den seltenen Monosacchariden sind aber 36 Hexosen und neun Pentosen bekannt (Abb. 2.1.15). Sie alle haben großes Potential zur Anwendung in der Medizin aber auch in der Lebensmitteltechnik (Beerens et al., 2012).

Abb. 2.1.16 zeigt schematisch welche seltenen Hexosen auf enzymatischem Weg aus den sechs in größerem Ausmaß vorkommenden Hexosen gewonnen werden können. Diese enzymatischen Möglichkeiten werden als Izumoring, nach dem Entdecker Prof. Izumori, bezeichnet.

Die Firma Matsutani Chemical Industry Co. Ltd, Japan stellt zwei dieser seltenen Monosaccharide, nämlich D-Psicose und D-Allose bereits technisch her. D-Psicose hat 70 % der Süßkraft von Saccharose, aber einen wesentlich geringeren Kaloriengehalt von ca. 0,39 kcal/g (O'Charon et al. 2014).

Die Tatsache, dass viele der oben angeführten Saccharide in der Natur - zwar oft nur in sehr geringen Gehalten aber doch - vorkommen, bedeutet noch keine automatische Unbedenklichkeit, wenn sie isoliert oder biotechnologisch hergestellt und dann in größeren Mengen verzehrt werden.

Fructooligosaccharide (FOS) und Galactooligosaccharide (GOS)

Diese werden schon seit vielen Jahren als Lebensmittelzutaten genutzt. Sie werden nach dem Verzehr erst durch Darmbakterien ganz oder teilweise metabolisiert. Deshalb haben sie auch eine sogenannte präbiotische Wirkung und werden zur Herstellung funktioneller Lebensmittel weltweit eingesetzt. Da es in der EU keine funktionellen Lebensmittel gibt, sondern nur solche mit „Health Claim“, ist eine gesundheitsbezogene Aussage für diese Substanzen erst nach Prüfung und Zulassung möglich.

Bezüglich der Fructooligosaccharide hat die EFSA in ihrer Stellungnahme festgestellt, dass ein Zusammenhang zwischen dem Verzehr und der potentiellen Abnahme von pathogenen Darmbakterien nicht bewiesen ist (EFSA, 2011 b). In einer weiteren Stellungnahme hat die EFSA aber folgenden Claim für Fructooligosaccharide positiv beurteilt (EFSA, 2014 e): *“Es besteht eine Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen dem Verzehr von Lebensmitteln/Getränken mit unverdaulichen Kohlenhydraten, inklusive FOS, anstelle von Zucker und eine Reduktion der postprandialen glykämischen Reaktionen, im Vergleich zu zuckerhaltigen Lebensmitteln/Getränken.“*

Es kann angenommen werden, dass weiter nach neuen, unverdaubaren Oligosacchariden gesucht und geforscht wird. Prinzipiell können unverdaubare Oligosaccharide auf folgende Arten gewonnen werden:

- a) **Isolierung aus natürlichen Quellen:** Beispielsweise die Gewinnung von Fructooligosacchariden (Inulin) aus Zichorien oder Topinambur
- b) **Biotechnologische Herstellung von natürlich vorkommenden Oligosacchariden:** Beispielsweise die enzymatische Herstellung von Fructooligosacchariden.
- c) **Chemische oder biotechnologische Synthese von nicht natürlichen Oligosacchariden**
- d) **Chemische oder enzymatische Hydrolyse von unverdaulichen Polysacchariden:** Mit diesem Aspekt befasst sich die Arbeit von deMoura et al. (2014). Als Ausgangspolysaccharide können

zum Beispiel Lignocellulose aus Maiskolben oder Zuckerrohrbagasse zu Gewinnung von Xylooligosacchariden; Chitin zu Gewinnung von Chitinooligosacchariden und Pektin dienen. Pektin ist ein Bestandteil jeder Pflanzenzelle und somit eine Lebensmittelbestandteil. Pektin kann durch den Menschen nicht abgebaut werden. Es gibt aber zahlreiche Enzyme aus Mikroorganismen und Pflanzen, welche dieses komplexe Kohlenhydrat hydrolysieren können. Es entsteht ein vielfältiges Spektrum an Oligosacchariden, von denen angenommen werden kann, dass sie ebenfalls vom Menschen nicht metabolisiert werden können. Wie solche Substanzen bei einer allfälligen Verwendung im Lebensmittelbereich toxikologisch und rechtlich zu bewerten sind, wird sicher eine spannende Frage.

Structural group	Name	Structure
Sucrose isomers	sucrose	β -Fru-(2 \rightarrow 1)- α -Glc
	turanose	α -Glc-(1 \rightarrow 3)-Fru
	leucrose	α -Glc-(1 \rightarrow 5)-Fru
	palatinose	α -Glc-(1 \rightarrow 6)-Fru
α -Glucobioses	trehalose	α -Glc-(1 \rightarrow 1)- α -Glc
	kojibiose	α -Glc-(1 \rightarrow 2)-Glc
	nigerose	α -Glc-(1 \rightarrow 3)-Glc
	maltose	α -Glc-(1 \rightarrow 4)-Glc
	isomaltose	α -Glc-(1 \rightarrow 6)-Glc
β -Glucobioses	sophorose	β -Glc-(1 \rightarrow 2)-Glc
	laminaribiose	β -Glc-(1 \rightarrow 3)-Glc
	cellobiose	β -Glc-(1 \rightarrow 4)-Glc
	gentiobiose	β -Glc-(1 \rightarrow 6)-Glc
Sucrose-containing oligosaccharides	raffinose	α -Gal-(1 \rightarrow 6)- α -Glc-(1 \rightarrow 2)- β -Fru
	1-kestose	α -Glc-(1 \rightarrow 2)- β -Fru-(1 \rightarrow 2)- β -Fru
	melezitose	α -Glc-(1 \rightarrow 3)- β -Fru-(2 \rightarrow 1)- α -Glc
	erlose	α -Glc-(1 \rightarrow 4)- α -Glc-(1 \rightarrow 2)- β -Fru
Starch-related oligosaccharides	panose	α -Glc-(1 \rightarrow 6)- α -Glc-(1 \rightarrow 4)- α -Glc
	maltotriose	α -Glc-(1 \rightarrow 4)- α -Glc-(1 \rightarrow 4)- α -Glc
Sugar alcohols	maltotriitol	α -Glc-(1 \rightarrow 4)- α -Glc-(1 \rightarrow 4)- α -Glc-ol
	maltitol	α -Glc-(1 \rightarrow 4)-Glc-ol
	gentiobiitol	β -Glc-(1 \rightarrow 6)-Glc-ol

Abb. 2.1.13: Zucker und Oligosaccharide, die von Hodoniczky et al. (2012) auf ihre Abbaubarkeit im Verdauungstrakt untersucht wurden.

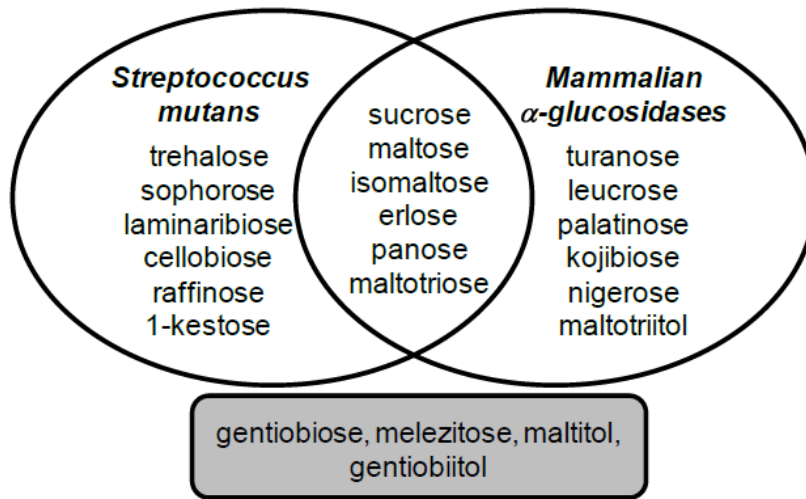


Abb. 2.1.14: Abbaubarkeit von Zucker und Oligosacchariden durch das Mundbakterium *Streptococcus mutans* und durch Darmenzyme (Fig. 6 aus Hodoniczky et al., 2010)

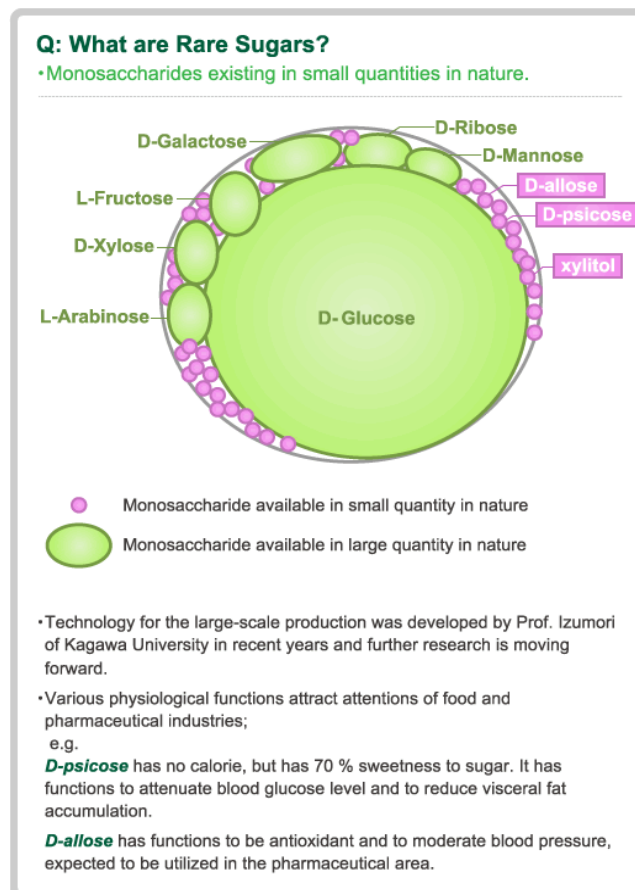


Abb. 2.1.15: Darstellung der in der Natur in welchem Ausmaß vorkommenden Monosaccharide (MATSUTANI, 2014)

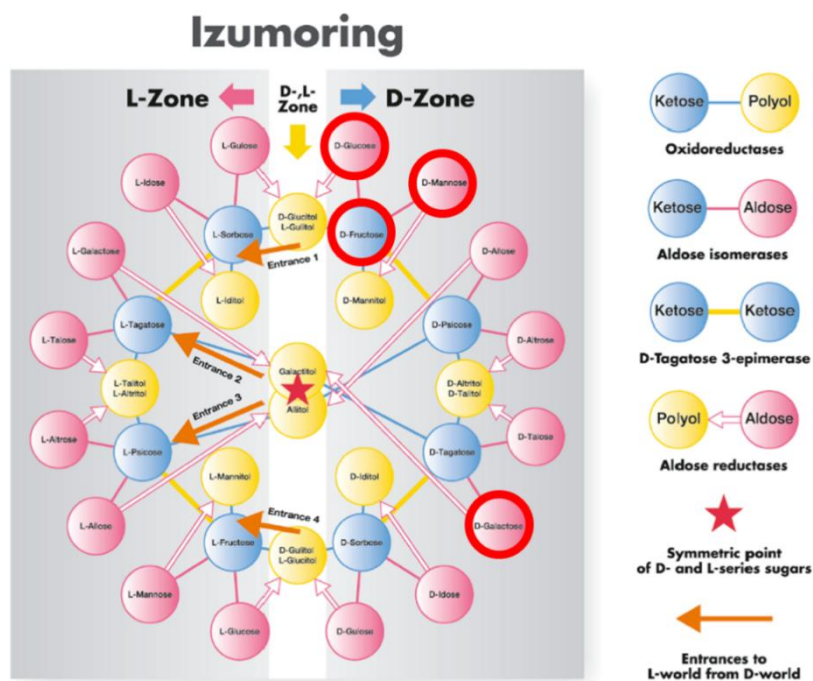


Abb. 2.1.16: Schematische Darstellung von seltenen Hexosen, die auf enzymatischem Weg aus den vier wichtigsten Hexosen gewonnen werden können (Izumori, 2006).

1.5.2.2. Neue Entwicklungen bei Intensivsüßungsmitteln

Stevia

Nachdem Steviolglucosiden ein großes Potential vorausgesagt wird, aber die mangelnde Verfügbarkeit aus der Steviapflanze eine weitverbreitete Nutzung vor allem aus Kostengründen limitiert, wird intensiv nach Lösungsmöglichkeiten gesucht. Dabei bieten sich folgende Wege an:

- a) **Pflanzenzellkulturen:** Die Herstellung von sekundären Pflanzenmetaboliten durch pflanzliche Zellkulturen gehört zum Stand der Technik. Mit dieser Methode können prinzipiell auch Steviolglycoside, losgelöst von der pflanzlichen Urproduktion, erzeugt werden (z.B. Das et al., 2006). Ob schon ein praktischer Einsatz erfolgt, ist unbekannt.
- b) **Genetische Modifikation der Steviapflanze:** Wie oben erwähnt, sind die funktionellen Eigenschaften der einzelnen Steviolglycoside sehr unterschiedlich. Es liegt deshalb nahe, durch konventionelle züchterische Maßnahmen aber auch durch gentechnische Methoden, die Steviapflanze so zu verändern, dass sie mehr erwünschte Steviolglycoside auf Kosten der unerwünschten bildet (Brandle, 1999; Kumar et al., 2011; Kumar et al., 2012).
- c) **Biotechnologische Herstellung von Steviolglucosiden durch gentechnisch veränderte Mikroorganismen:** Nach Aufklärung der genetischen Grundlagen der Bildung von Steviolglucosiden in der Steviapflanze war der nächste Schritt naheliegend, diese durch gentechnisch veränderte Mikroorganismen produzieren zu lassen. Wie aus der Medienmitteilung der Fa. Evolva und der Fa. Cargill vom 21. Mai 2014 entnommen werden kann, dürfte das der Fa. Evolva bereits gelungen sein. Laut Aussage dieser Firma (Evolva, 2014 a) ist es erstmals möglich, die wichtigsten Steviolglycoside durch eine rekombinante (gentechnisch veränderte) Hefe (*Saccharomyces cerevisiae*-Stamm) auf fermentativem Weg herzustellen. Als Substratquelle können dafür billige

kohlenhydrathältige Ausgangsstoffe herangezogen werden. Die entsprechende Patentanmeldung dazu wurde im August 2014 veröffentlicht (Evolva, 2014 b).

Thaumatococcus

Ähnlich, wie oben bei Stevia ausgeführt, ist auch die Herstellung von Thaumatococcus aus der Ursprungspflanze *Thaumatococcus danielli* teuer und umständlich. Bereits 1981 wurde ein Verfahren patentiert, um Thaumatococcus durch gentechnisch veränderte Mikroorganismen produzieren zu lassen (Shewry & Gutteridge, 1992).

Ein interessanter Ansatz im Zusammenhang mit Thaumatococcus ist die Expressierung des Thaumatococcus-Gens in anderen Pflanzen, wie z.B. Tomaten und Gurken. Diese Pflanzen schmecken dann süßer und angeblich auch aromatischer (Bartoszewski et al., 2003; Anonym, 2012; Kosieradzka et al., 2014).

Weitere natürliche Intensiv Süßungsmittel aus Pflanzen

In Tab. 2.2.7 werden natürlich Süßstoffe aus pflanzlichen Extrakten angeführt (Zabala, 2011). Stevioside und Thaumatococcus sind davon bereits als Zusatzstoffe zugelassen. Es ist nicht auszuschließen, dass in Zukunft noch weitere Anträge auf Zulassung für solche Substanzen erfolgen werden.

Das Potential natürlicher Süßstoffe ist mit den in Tab. 2.1.7 angeführten aber bei weitem noch nicht ausgeschöpft. In chinesischen Wildpflanzen wurden einige weitere solcher Stoffe identifiziert (Qin & Liu, 2003):

Ruboside	aus	(<i>Rubus chigi</i>)
Baiyunoside	aus	(<i>Salvia digitaloides</i>)
Phlorizin und Trilobatin	aus	(<i>Lithocarpus litseifolius</i>)
Trilobatin 2''-acetat	aus	(<i>Lithocarpus pachyphyllus</i>)

Art	verwendeter Teil	Substanz	relative Süßungsintensität im Vergleich zu Saccharose	Vorkommen
<i>Glycyrrhiza glabra</i>	Wurzelstock	Glycyrrhizin	50-fach	Mittelmeergebiet und Westasien
<i>Stevia rebaudiana</i>	Blatt	Steviosid, Rebaudiosid	300-fach; lakritzartiger Nachgeschmack	Hochland von Brasilien und Paraguay
<i>Thaumatococcus daniellii</i>	Samen	Thaumatocin	750-3000-fach;	Regenwaldzone tropisches Afrika
<i>Dioscoreophyllum cumminsii</i>	Frucht	Monellin	1500 -2500-fach; verändert sauren Geschmack	Tropisches Afrika
<i>Synsepalum dulcificum</i>	Frucht	Miraculin	verstärkt die Wahrnehmung für Süßes – auch Saures oder Scharfes schmecken durch Miraculin süß	Tropisches westliches Afrika
<i>Perilla nankinensis</i>	Blatt	Perillartin	2000-fach	Asien
<i>Polypodium vulgare</i>	Wurzelstock	Osladin	200-300-fach; aus toxikologischen Gründen ist Osladin jedoch nicht als Süßstoff geeignet	Halbschattenpflanze , atlantisches Europa
<i>Hydrangea macrophylla</i>	Blatt	Phyllo dulcin	150-fach	Ursprünglich gemäßigte Gebiete Süd- und Ostasiens sowie Nord- und Südamerikas
<i>Momordica grosvenori</i> (<i>Siraitia grosvenori</i>)	Frucht	Mogrosid	80-fach	China
<i>Lippia dulcis</i>	Blatt	Hernandulcin		Mittel- und Süßamerika
<i>Myrrhis odorata</i>	Frucht	Neospiridina, Narangina	1000-fach	Ursprünglich Pyrenäen und Balkan, heute vorwiegend in Nordeuropa
<i>Polymnia sonchifolia</i>	Wurzel	Inulin, Fructooligosaccharide		Südamerika

Tab. 2.1.7: Natürliche Süßstoffe aus pflanzlichen Extrakten (Zabala, 2013).

1.5.3. Neue Erkenntnisse zur Physiologie des Süßgeschmacks und zu dessen Beeinflussung

Fernstrom et al. (2012) geben einen eindrucksvollen Überblick über den derzeitigen Wissensstand bezüglich der Physiologie des Süßgeschmacks. Abb. 2.1.17 zeigt schematisch die Auslösung des Süßgeschmacks. Es sind dafür Tastrezeptoren, sogenannte G-Proteine, verantwortlich, die in den Geschmacksinneszellen lokalisiert sind. Jede Sinneszelle ist nur für eine Grundgeschmacksrichtung zuständig. Für den Süßgeschmack gibt es zwei Rezeptoren, die als T1R2 und T1R3 bezeichnet werden. Alle Substanzen, die einen Süßgeschmack ergeben, binden an einen der beiden Rezeptoren und aktivieren sie. Die einzelnen Süßungsmittel docken aber an verschiedenen Stellen der Rezeptoren an, genauso wie Substanzen, die einen Süßgeschmack inhibieren. Jede T1R-Untereinheit besteht aus drei prinzipiellen Domänen, nämlich aus einer extrazellulären, einer Venusfliegenfalle ähnlichen Domäne (VFT) (1), eine cysteinreiche Domäne (2) und eine Transmembran-Domäne.

Natürliche und künstliche Zucker (z.B.: Saccharose, Glucose und Sucralose) binden an die VFT-Domänen, sowohl von T1R2 und T1R3, während Dipeptidsüßstoffe (z.B. Aspartam und Neotam) nur an die T1R2 VFT-Domäne andocken. Die Cyclamat-Bindungstasche liegt innerhalb der transmembran-überspannenden Domäne von T1R3. Süße Proteine wie Thaumatin und Monellin interagieren auf eine größere Bindungsfläche. Dazu können beide Untereinheiten und die cysteinreiche Domäne zählen.

Die angeführten Mechanismen zeigen, dass zwar alle angeführten Stoffe einen Süßgeschmack auslösen, aber auf unterschiedliche Art und daher viele unterschiedliche Süßgeschmackseindrücke und Beeinflussungen desselben möglich sind.

Genetische Variationen (*allelic polymorphism*) in den T1R Genen erklären einerseits die unterschiedliche Wahrnehmung zwischen den Arten, aber auch innerhalb ethnischer Menschengruppen (Fushan et al., 2009). Genetische Unterschiede beeinflussen auch Süßstoff-Nebengeschmackseindrücke. Beispielsweise reagieren bestimmte Varianten von 2 T2R-Bitterrezeptoren auch auf Saccharin. Das könnte eine molekulare Erklärung für die Beobachtung sein, dass einige Leute Saccharin sowohl als süß als auch als bitter wahrnehmen (Fernstrom, 2012).

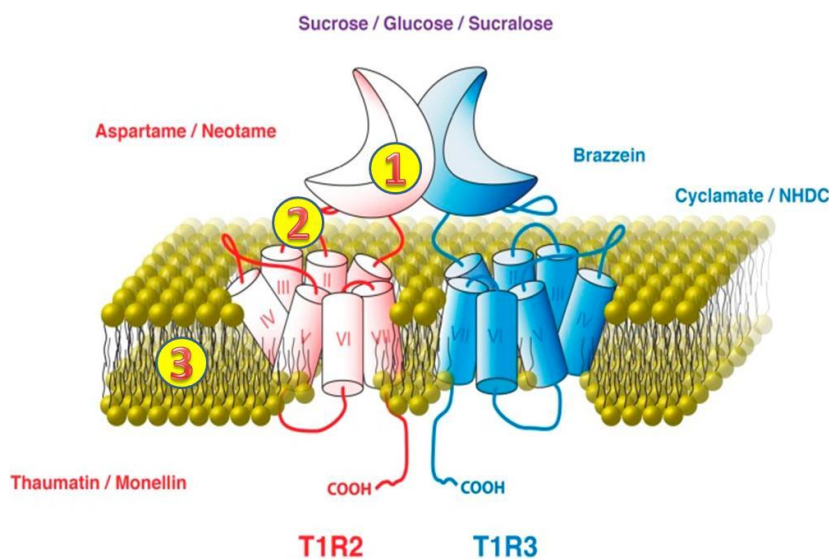


Abb. 2.1.17: Auslösung des Süßgeschmacks durch einzelne Süßungsmittel [Abb. modifiziert nach Fernstrom et al. (2012) und Servant (2011)] [① Venusfliegenfalle-ähnliche Domäne (VFT); ② cysteinreiche Domäne; ③ Transmembran-Domäne]

Die neuen Erkenntnisse zur Auslösung des Süßgeschmacks haben viele Möglichkeiten zum Auffinden neuer, süßschmeckender Stoffe, Geschmacksantagonisten und –inhibitoren, sowie Geschmacksmodulatoren eröffnet (Servant et al., 2011). Sogenannte positive, allosterische Modulatoren (PAM) sind *per se* völlig geschmackslos, können aber den Süßgeschmack von Süßungsmitteln verstärken. Dieser Mechanismus funktioniert nur bei Süßungsmitteln, sondern auch beim Umami-Geschmack. Nach Kenntnis dieser Zusammenhänge kann nun gezielt und systematisch nach solchen PAM gesucht werden. Das wird von der Fa. Senomyx schon seit einigen Jahren auch gemacht. Einer der von dieser Firma gefundenen Stoffe ermöglicht eine vier- bis sechsfache Reduktion der Sucralosekonzentration bei gleichbleibender Intensität des Süßgeschmackseindrucks.

Schwieterman et al. (2014) isolierten aus Erdbeeren sechs Aromakomponenten, welche den Süßgeschmack signifikant verstärken konnten. Diese Erkenntnisse könnten zur Züchtung von Sorten eingesetzt werden, bei denen diese Aromakomponenten in größerem Ausmaß vorkommen.

Die Verstärkung der Süßgeschmackswahrnehmung durch Aromastoffe ist schon lange bekannt. Maltol (entsteht auch beim Erhitzen von Maltose und Laktose \Rightarrow Maillardreaktionsprodukt) und Ethylmaltol sind erlaubte Lebensmittelzusatzstoffe und werden in die Funktionsklasse 14 (Geschmacksverstärker) eingeordnet. In Versuchsanordnungen, in denen ausschließlich der Geschmack beurteilt werden konnte, und sein Geruch (Aroma) nicht wahrnehmbar war, wurde Maltol als bitter beurteilt (Dürschmid, 2009). In Konzentrationen von 50-300 ppm erzeugt es vor allem bei untrainierten Versuchspersonen, die schlecht in der Lage sind, zwischen Geruch und Geschmack zu differenzieren, eine deutlich intensivierete Süß-Wahrnehmung. Die synthetische Substanz Ethyl-Maltol wirkt vier- bis sechsmal stärker als Maltol. Neben der Verstärkung des Süßgeschmacks werden auch Aromaempfindungen durch diese beiden Substanzen intensiviert (Verstärkung von Fruchtaromen). Worauf diese Effekte beruhen ist bislang unklar.

1.5.4. Nutzen und Risiken bei der Verwendung von kalorienverminderten oder kalorienfreien Süßungsmitteln

1.5.4.1. Nutzen

Es stellt sich die prinzipielle Frage, ob mit kalorienreduzierten bzw. kalorienfreien Süßungsmitteln der angestrebte Zweck, nämlich eine verringerte Kalorienaufnahme durch geringeren Verzehr von verdaubaren, niedermolekularen Kohlenhydraten, auch erreicht wird. Zahlreiche wissenschaftliche Studien haben sich bereits damit auseinandergesetzt, ohne wirklich eine endgültige Klärung herbeizuführen. Die neueren Studien auf diesem Gebiet werden von Rudenga & Small (2012) aufgelistet. Es gibt Studien, die künstliche Süßstoffe als hilfreich für eine Gewichtsreduktion belegen. Mindestens ebenso viele Studien finden, dass künstliche Süßstoffe nicht nur keine erhoffte Gewichtsreduktion ergeben, sondern sogar eine Gewichtszunahme.

Anderson et al. (2012) fassen zusammen, dass es weder gesicherte Beweise dafür gibt, dass kalorienreduzierte Süßungsmittel (*low-calorie sweeteners*) Ursache für ein höheres Körpergewicht bei Erwachsenen sind; ebenso gibt es aber auch keine gesicherten Beweise, dass sie hilfreich zur Gewichtskontrolle sind.

Zur endgültigen Klärung dieser Frage wird also noch viel Forschungsarbeit zu leisten sein. Erschwert wird die Lösung durch die stetig steigende Zahl an solchen Süßungsmitteln. Ob sie alle in einen Topf zu werfen sind, ist sicher zu hinterfragen. Da die einzelnen Studien nicht immer die gleichen Süßstoffe für die Untersuchungen heran ziehen, wird die Vergleichbarkeit zusätzlich erschwert.

Wenn durch steigenden Gebrauch eine Verringerung der Aufnahme von verdaulichen, niedermolekularen Kohlenhydraten bewirkt wird, hätte auf der anderen Seite der Konsum an Zucker und Zuckerarten weltweit zumindest stagnieren oder zurückgehen müssen. Das scheint aber nicht der Fall zu sein, wie schon in der früheren Studie an Hand der weltweiten Zuckerproduktion belegt wurde (Berghofer, 2010).

Bezüglich der Situation in den USA gibt eine Studie von Powell (2014) die in Tab. 2.1.8 angeführten Daten bekannt. Dargestellt wird die Zuckeraufnahme durch verarbeitete Lebensmittel, wobei unter Zucker alle Mono- und Disaccharide verstanden werden. Demnach ist der Zuckerkonsum in drei Dekaden um 30 % gestiegen. Der höchste Konsum wurde 2004 beobachtet, seitdem ist ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Dieser leichte Rückgang ab 2004 gilt aber nicht für alle Bevölkerungsgruppen, z.B. nicht für Jugendliche zwischen 12-18 Jahre und Erwachsene über 40 Jahre. Die Werte liegen immer noch weit über den Ausgangswert von 1977 und weit über den empfohlenen Werten zur Zuckeraufnahme in den USA (Frauen: Nicht mehr als 100 kcal der täglichen Kalorienaufnahme durch Zucker; Männer: 150 kcal/Tag; Kinder 130-170 kcal/Tag)

Die WHO hat am 5. März 2014 einen Leitlinienentwurf bezüglich des Zuckerverzehrs zur öffentlichen Diskussion bis 31. März 2014 gestellt. In dieser Leitlinie wird die bisherige Empfehlung der WHO bezüglich des Konsums an Zucker von weniger als 10 % der Gesamtenergieaufnahme auf weniger als 5 % reduziert (WHO, 2014). Diese Empfehlung hat in den Medien großen Widerhall gefunden. Von vielen Seiten gab es aber auch Einwände, weil die Datenlage für eine solche Empfehlung nicht ausreichend ist (z.B. DGE, 2014; Sugar Association, 2014).

Zuckerkonsum^{*1}	1977	2004	2010
ERWACHSENE	228 kcal/Tag	341 kcal/Tag	300 kcal/Tag
KINDER	277 Kcal/Tag	388 kcal/Tag	329 kcal/Tag

*1 Mono- und Disaccharide in verarbeiteten Lebensmitteln

Tab. 2.1.8: Zuckerkonsum in den USA von 1977-2010 (Powell, 2004)

1.5.4.2. Risiken

Abgesehen davon, ob kalorienreduzierte und kalorienfreie Süßungsmittel ihr angestrebtes Ziel erreichen oder sogar das Gegenteil bewirken, gibt es Hinweise, dass einige von ihnen biologische (z.B. pharmako-kinetische) Effekte über die Auslösung des Süßgeschmacks hinaus haben und die menschliche Gesundheit beeinflussen können (Schiffmann, 2012).

Der Grund warum Süßungsmittel weniger oder gar keine Kalorien haben, liegt darin, dass sie nach dem Verzehr weder durch den Menschen selbst noch durch sein Mikrobiom gar nicht oder nur teilweise abgebaut und ausgeschieden werden. Sie gelangen also in die Kläranlagen, wobei es durchaus möglich ist, dass sie auch dort nicht abgebaut oder abgetrennt werden können. Bis jetzt wurde kaum hinterfragt wurde, was mit diesen Stoffen weiter passiert. Solche Fragestellungen fließen bei den derzeitigen Zulassungsverfahren kaum in die Bewertung ein. Dass dies nicht nur eine theoretische Angelegenheit ist, beweisen die Untersuchungen von Tollefsen et al. (2012). Die Autoren stellten fest, dass Sucralose – ein zugelassenes Intensivsüßungsmittel, chemisch eine sehr stabile, mehrfach chlorierte Saccharose – bereits in den städtischen Abwässern und im Oberflächenwasser (10 µg/L) in den USA und Europa nachgewiesen werden kann. Der Wert liegt zwar noch weit unter dem Wert einer möglichen Beeinflussung von aquatischen Lebewesen (0,93 mg/L), aber wie geht es in Zukunft weiter?

Mawhinney et al. (2011) berichten, dass die Sucralosekonzentration im Trinkwasser bereits als Indikatorwert für die Belastung mit anderen anthropogenen Substanzen dienen kann.

1.5.5. Informationsstand der Verbraucherinnen und Verbraucher und Irreführungspotential

Fast alle kalorienreduzierten Masse-Süßungsmittel fallen unter die Novel Food-Verordnung. Zugelassene Neuartige Lebensmittel oder Lebensmittelzutaten (Novel Food) müssen auf den Lebensmitteletiketten entsprechend gekennzeichnet werden. Diese zusätzliche Kennzeichnung laut Art 8 der Verordnung (EG) Nr. 258/97 ist sehr detailliert und umfangreich:

Artikel 8

(1) Unbeschadet der übrigen Anforderungen der gemeinschaftlichen Rechtsvorschriften für die Etikettierung von Lebensmitteln gelten folgende zusätzliche spezifische Etikettierungsanforderungen für Lebensmittel zur Unterrichtung der Endverbraucher über:

a) alle Merkmale oder Ernährungseigenschaften, wie — Zusammensetzung,

— Nährwert oder nutritive Wirkungen,

— Verwendungszweck des Lebensmittels,

die dazu führen, dass ein neuartiges Lebensmittel oder eine neuartige Lebensmittelzutat nicht mehr einem bestehenden Lebensmittel oder einer bestehenden Lebensmittelzutat gleichwertig ist.

.....

In diesem Fall sind auf der Etikettierung diese veränderten Merkmale oder Eigenschaften sowie das Verfahren, mit dem sie erzielt wurden, anzugeben;

b) vorhandene Stoffe, die in bestehenden gleichwertigen Lebensmitteln nicht vorhanden sind und die Gesundheit bestimmter Bevölkerungsgruppen beeinflussen können;

c) vorhandene Stoffe, die in bestehenden gleichwertigen Lebensmitteln nicht vorhanden sind und gegen die ethische Vorbehalte bestehen.

1.6. Farbstoffe

Laut Definition der Verordnung (EU) Nr. 1333/2008 werden Zusatzstoffe Lebensmitteln aus technologischen Gründen zugesetzt. Die Frage ist nun, inwieweit Farbstoffe einem technologischen Zweck dienen, oder ihre Verwendung nur aus organoleptischen Gründen erfolgt.

Lionell Schmitt, Vice-Präsident Commercial Development beim Lebensmittelfarbstoffhersteller Chr. Hansen, beschrieb diesen Umstand in einem Interview treffend mit „Lebensmittelfarbstoffe wären zu einem „strategischen Hilfsstoff“ geworden (Chr. Hansen, 2008). „Farben haben eine ganz massive Wirkung, steuern aber nur einen kleinen Anteil zu den Produktionskosten bei. Bei einer Premium-Eiskrem beträgt er nicht einmal 0,5 %. Damit werden natürliche Farblösungen zur logischen Wahl für Unternehmen, die den Wert ihrer bereits gut definierten Marken noch steigern möchten“, erklärt er. „Wir wissen, dass die Farbe mehr als alles andere über den Erstkauf eines Produkts entscheidet. Da alle verarbeiteten Nahrungsmittel dicht verpackt sind, spielen Geschmack, Geruch und Qualitätswahrnehmung keine wirklich wichtige Rolle. Diese Aspekte kommen erst ins Spiel, wenn wir ein Produkt ausprobieren und über den erneuten Kauf entscheiden“, schließt Lionell Schmitt (Chr. Hansen, 2008).

Eine intensivere Färbung lässt Konsumentinnen und Konsumenten gehaltvollere Lebensmittel erwarten- „je röter das Kirschjoghurt, desto mehr Kirschen“ denkt man. Daneben ist bekannt, dass eine geschickte Farbwahl dazu beitragen kann, bestimmte Zielgruppen bzw. Bedürfnisse anzusprechen. So sticht rot sofort ins Auge und stimuliert den Appetit, Gelborange gilt als nährstoff- und vitaminreich, grün gefärbte Produkte werden als natürlich und gesund angesehen, bei Kin-

dern sind knallige Farben und blau beliebt, Erwachsene mögen es eher dezent, etc. (Chr. Hansen, 2007).

Lebensmittelfarbstoffe lassen also Lebensmittel frischer und qualitativ hochwertiger erscheinen („aus frischeren Früchten“ oder „schonender verarbeitet“) und den Konsumentinnen und Konsumenten bestimmte Eigenschaften mit der Farbe/Farbintensität assoziieren. Sie können also den Konsumentinnen und Konsumenten etwas vorspiegeln beziehungsweise vortäuschen. Eine echte Täuschung wäre aber nur dann gegeben, wenn die Zugabe der Farbstoffe auf den Lebensmitteletiketten nicht deklariert wird.

1.6.1. Azofarbstoffe

Azofarbstoffe sind Tartrazin (E 102); Gelborange S (E 110); Azorubin (E 122); Cochenillerot (E 124a); Allurarot (E 129) und das - chemisch nicht zu den Azofarbstoffen zählende, aber aufgrund ähnlicher Problematik hier ebenfalls behandelte - Chinolingelb (E 104).

Die wichtigste und medial bekannteste Thematik im Bereich der Farbstoffe in den letzten Jahren ist die Diskussion um die sogenannten Azofarbstoffe. Darunter sind synthetische Farbstoffe zu verstehen, die eine oder mehrere chromophore (farbgebende) Stickstoffdoppelbindungen aufweisen, die sogenannten Azogruppen. Sie werden aus den - unter Krebsverdacht stehenden Aminen - synthetisiert, sind aber durch Sulfonierung an den reaktiven Gruppen nicht krebserregend, weil aus ihren Abbauprodukten keine Nitrosamine entstehen (EFSA 2005). Basierend auf den verfügbaren Kanzerogenitätsstudien gibt es keinen Hinweis auf ein kanzerogenes Potential (EFSA 2013). Aufgrund pseudoallergische Reaktionen war Tartrazin, 1989 in Österreich, Deutschland und der Schweiz mit der Begründung des Allergikerschutzes bis zur Einführung einheitlicher Regelungen durch die EU 1993 verboten war.. Mögliche Zusammenhänge zwischen der Aufnahme von Azofarbstoffen mit Aktivitäts- und Aufmerksamkeitsstörungen von Kindern wurden 2007 im Rahmen der, durch die britische „Food Standards Agency“ in Auftrag gegebenen, sogenannten „Southampton“ (oder „McCann“) -Studie mit 8-9-jährigen Kindern bekannt und publik. Der tatsächliche kausale Zusammenhang ist bis heute nicht eindeutig bewiesen, die Autoren der Studie selbst weisen auf weitere mögliche Einflussfaktoren wie Frühgeburt, Genetik, Erziehung etc. hin. 2010 wurde dennoch durch das Europäische Parlament auf die Studienergebnisse mit der Verpflichtung zur Angabe des Warnhinweises „*kann Aktivität und Aufmerksamkeit von Kindern beeinträchtigen*“ auf Lebensmittel mit Azofarbstoffen reagiert. Auf diese verpflichtende Kennzeichnung haben viele Hersteller mit einer Umstellung in Richtung natürlicher Farbstoffe reagiert. Die Nutzung der Azofarbstoffe, welche vor allem für normalerweise besonders intensiv gefärbte Kindersüßigkeiten eingesetzt werden, bleibt aber weiterhin legal, wenngleich Verbraucherschützer das Verbot fordern. Zum Ärger der Verbraucherzentrale Schleswig-Holstein wurden 2012 in einem Screening von Halloween Süßigkeiten noch sehr viele Produkte mit Azofarbstoffen identifiziert, wobei der Warnhinweis „möglichst wenig sichtbar“, in Lollies beispielsweise „in der Cellophanumwicklung versteckt“, angebracht war (Verbraucherzentrale Schleswig-Holstein, 2012).

Ohne weitere Studien setzte die EFSA im Juni 2013 die ADI-Werte (die maximal lebenslang ohne Schäden aufnehmbare tägliche Dosis in mg/kg Körpergewicht) für drei der sechs umstrittenen Farben teils drastisch herab: Chinolingelb von 10 mg auf 0,5 mg; Gelborange S von 2,5 mg auf 1 mg; Cochenillerot von 4 mg auf 0,7 mg. Nichtsdestotrotz sind einige namhafte Hersteller auch im Jahr 2014 noch nicht vollkommen von der Verwendung der Azofarbstoffe abgegangen, wahrscheinlich nicht zuletzt aus Preisgründen. So wurden Azofarbstoffe im September 2014 bei einem Marktcheck der Verbraucherzentrale Schleswig-Holstein in Biermischgetränken der Marken Warsteiner und Beck's gefunden und kritisiert (Verbraucherzentrale Schleswig-Holstein, 2014).

Vor dem Hintergrund der steten Diskussion um ein Verbot, dem sensiblen Thema Kinder, dem

häufigen Listen und Publizieren von hartnäckigen Weiternutzern durch Verbraucherschützer und die Verbesserung der Alternativen scheint mittelfristig ein totaler Ausstieg aus der Verwendung der Azofarbstoffe durchaus denkbar.

1.6.2. Ammoniak-Zuckerulöre

Eine weitere umstrittene Klasse der synthetischen Farbstoffe sind die Zuckerulöre Ammoniak-Zuckerulör (E 150c) und Ammoniumsulfid-Zuckerulör (E 150d). Dabei wurde in diversen damit gefärbten Lebensmitteln das (auf Basis von Rattenversuchen) als krebserregend eingestufte Nebenprodukt 4-MEI (4-Methylimidazol), sowie bei E 150c zusätzlich das als Immunsystem negativ beeinflussend eingestufte THI (2-Acetyl-4-dehydroxy-butylimidazol) gefunden. Darauf wurde durch die kalifornische Gesundheitsbehörde mit der Herausgabe eines Grenzwertes von 29 µg/Tag reagiert. Lebensmittel, bei deren Konsum diese tägliche Aufnahmemenge überschritten werden könnten, müssen in Kalifornien mit einem Warnhinweis auf den Krebsverdacht gekennzeichnet werden. 2013 wurde in braunen Getränken wie Coca-Cola und Pepsi Cola etwa die sechsfache Menge gefunden, auch diverse Lakritzeerzeugnisse und Bratensaucen sowie Balsamicoessig enthalten hohe Menge dieser braun- bis schwarzfärbenden Farbstoffe. Beide Firmen änderten in den USA bereits ihre Rezepturen, in Europa wurde das noch nicht durchgeführt (Der Spiegel, 2012). Das ist ohne Warnhinweis möglich, weil in Europa die derzeit gültigen Grenzwerte deutlich höher sind, die erneute Sicherheitsbewertung der Farbstoffe soll aber erst 2015 abgeschlossen sein. Verbraucherschutzorganisationen fordern auch hier ein totales Verbot anstelle von Grenzwerten mit der Argumentation, „dass es letztlich egal wäre, ob ein Lebensmittel nun ein bisschen oder sehr Krebs erregend wäre“ (z.B. ÖKOTest, 2013).

1.6.3. „Natürliche“ Farbstoffe u. färbende Lebensmittel

Neben synthetischen Farbstoffen sind auch aus natürlichen Ausgangsmaterialien isolierte Stoffe wie Chlorophylle, Anthocyane, Lycopin, Annatto etc., als Zusatzstoffe gelistet. Sie besitzen ebenfalls eine E-Nummer und müssen korrekt mit Funktionsklasse und Bezeichnung (also z.B. „Farbstoff Anthocyane“ oder gleichbedeutend mit „Farbstoff E 163“) in der Zutatenliste angeführt werden. Der wesentliche Unterschied zu den sogenannten „färbenden Lebensmitteln“ ist, dass bei ihrer Herstellung die Pigmente selektiv extrahiert werden (Genaueres dazu siehe Kap. 1.6.4). Durch die mediale Diskussion um und die Forderung von Verbraucherschutzorganisationen nach einem totalen Verbot der (künstlichen) Azofarbstoffe und Zuckerulöre angestoßen, ist der Trend Richtung natürlicher Alternativen bei Farbstoffen klar spürbar und durch die Umsatzzahlen namhafter Lebensmittel-Farbenhersteller belegt. Die Umstellung auf natürliche Farbstoffe bedeutet sowohl für die Farbstoffhersteller als auch für die Lebensmittelproduzenten eine große Herausforderung. Sie sind nämlich weit weniger stabil und nicht so farbtintensiv wie die Azofarbstoffe, und haben unter Umständen eine geringere Verbraucherakzeptanz hinsichtlich der

Farbgebung. Die aufgetretenen und nach wie vor teils aktuellen Probleme sind in Abb. .1.18 (Böhler, 2011) zusammengefasst.

Natürliche und künstliche Farbstoffe im Vergleich

Natürliche Farbstoffe haben oft dezente pastellfarbige Töne statt intensiv-brillante.

Natürliche sind oft empfindlich gegenüber dem Milieu wie dem pH-Wert und ändern ihren Farbton bei pH-Verschiebung.

Natürliche sind oft hitzeempfindlich.

Einige natürliche stiften einen Nebengeschmack.

Natürlich gefärbte Produkte haben eine viel kürzere Farbstabilität und bleichen vor allem unter Licht- oder Wärmeeinwirkung relativ schnell aus.

Nicht alle Farbtöne lassen sich mit natürlichen Farbstoffen realisieren.

Die natürlichen Farbstoffe als solche haben eine kürzere Haltbarkeit und müssen kühl gelagert werden.

Die Rezeptkosten steigen mit natürlichen Farbstoffen, da der Kilopreis der natürlichen höher liegt und ebenso die nötige Dosierung.

Abb. 2.1.18: Probleme im Einsatz natürlicher Farbstoffe

Besonders problematisch war anfangs u.a. der Ersatz des blauen Azo-Farbstoffes, was selbst namhafte R&D-starke Firmen wie Nestle Rowntree im Produkt Smarties herausforderte (Böhler, 2011). Mittlerweile ist der Ersatz des synthetischen blauen Farbstoffs E 133 durch die Spirulina-Algen technologischer Standard und zugelassen. Für einige „passende“ Produkte wie Schokoladendrops wird dieser auch eingesetzt. Die blauen Gummibärchen, Brote und Aufstriche etc. sieht man dennoch in Supermarktregalen maximal als Gag, zumal sich Produzenten bewusst sind, dass „konsumenten auf die innere Stimme ihrer Vorfahren hören“, wonach blaustichige Speisen nur als verdorbenes Fleisch oder verschimmelttes Brot bekannt sind. Währenddessen wird am Ersatz von Rot-Farbtönen nach wie vor intensiv geforscht und nachgebessert. Dabei ließen sich die roten Azofarbstoffe sehr einfach durch das ebenfalls relativ stabile, nach derzeitigem Wissensstand gesundheitlich unbedenkliche, natürliche echte Karmin (E 120) aus getrockneten Blattläusen ersetzen. Dessen Einsatz wurde allerdings durch die Aufdeckung dieses Hintergrundwissens durch Verbraucherschützer für das Marketing kritisch. Der Ersatz durch die gut akzeptierten Anthocyane dagegen bereitet bei vielen, insbesondere hochverarbeiteten Produkte Probleme, vor allem hinsichtlich der Temperatur-, pH- und Sauerstoffsensibilität. Während Cochenillerot bei 95 °C über 6 h weitgehend stabil ist, weisen Anthocyan-Extrakte aus Pflanzen wie Holunder und Hibiskus nach dieser Lagerzeit nur noch 64-27 % ihrer Farbkraft auf; Isolate aus roten Rüben und Opuntia lediglich 12,5-1,7% (Fernandez-Lopez et al., 2013). Auch für Annatto (gelb-rot) ist bekannt, dass die synthetische Form gegenüber der natürlichen deutlich stabiler ist (Parvon et al., 2011). Der meistgenutzte Ansatz zur Erhöhung der Stabilität ohne Prozessveränderung bei der Lebensmittelproduktion an sich ist die Verkapselung der Farbstoffe, etwa in Maltodextrin oder Gummi arabicum (z.B. DeMarco et al., 2013), wengleich die Nutzung dieser Zusatzstoffe für an sich nun „Natürliches“ wiederum nicht ganz mit dem allgemeinen Verbraucherverständnis von „Natürlichkeit“ in Einklang steht (siehe auch Kap. 2 - Aromen). Eine Alternative und logische Folge zur Lösung dieses Dilemma stellt hier die Prozessadaption in Richtung *minimally processed food* und/oder die Anwendung nicht-thermischer Lebensmittelverarbeitung dar (siehe auch Teil 4).

Neben den natürlichen Farbstoffen, die - wie eingangs erwähnt - als Zusatzstoffe gelten, gibt es eine weitere Klasse sozusagen „noch natürlicherer“ Färbemittel für Lebensmittel: die Lebensmittelzutaten mit färbender Zusatzfunktion.

In Abb. 2.1.19 sind die Unterschiede zwischen natürlichen Farbstoffen und diesen entsprechenden Lebensmittelzutaten mit färbender Zusatzfunktion exemplarisch dargestellt.

<p><u>Chlorophyll (E 140)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • kommt in allen grünen Pflanzen vor • aus essbaren Pflanzen sowie Gras-, Luzern- und Brennnesselarten gewonnen 	<p><u>Spinatpulver</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • verleiht einen leicht grünen Farbton
<p><u>Paprikaextrakt (Capsanthin, Capsorubin, E 160c)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • aus reifen Paprikaschoten extrahiert • Capsanthin und Capsorubin, die löslichen Hauptfarbstoffe des Extrakts, haben als reine Farbstoffe keine technische Bedeutung 	<p><u>Paprikapräparate</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • färbende Bestandteile nicht selektiv angereichert • sobald in diesen Naturextrakten das scharf schmeckende Capsaicin verringert wird, werden Paprikaextrakte zu Farbstoffen • Paprikaextrakt als färbendes Lebensmittel deshalb nur in Produkten eingesetzt, bei denen die Paprikaschärfe nicht stört
<p><u>Lycopin (E 160d)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • als isolierter Farbstoff keine technische Bedeutung • neben weiteren Carotinoiden der Hauptfarbstoff von roten Tomaten 	<p><u>Tomatenextrakte oder -pulver</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Farbstoffe nicht selektiv angereichert



Abb. 2.1.19: Beispiele zur Unterscheidung zwischen „ähnlichen“ Lebensmittelfarbstoffen (links) und färbenden Lebensmittelzutaten (rechts) (Koch, 2002).

1.6.4. Lebensmittelzutaten mit färbender Zusatzfunktion

1.6.4.1. Trend und Marketing

Alle namhaften, die österreichische Lebensmittelverarbeitung beliefernden, Lebensmittelfarbenhersteller sind mittlerweile auf den Trend der „Lebensmittelzutaten mit färbender Zusatzfunktion“ aufgesprungen: GNT mit EXBERRY®, Chr. Hansen mit FruitMax™®, Symrise mit SymColor® Färbende LM, u.v.a. Sie bewerben diese sehr offensiv bei der Lebensmittel verarbeitenden Industrie mit dem Hauptargument der Unterstützung ihrer *clean-labelling*-Strategie (Presseausendungen und Messeauftritte GNT, Wild, Symrise, Chr. Hansen). Chr. Hansen kurbelt den Vertrieb mit „dem Bewusstsein des Konsumenten zu Lebensmittelsicherheit und Gesundheitsaspekten“ an. Die Firma erklärt weiter die Sinnhaftigkeit der Nutzung von färbenden Lebensmitteln in Kombination mit zugesetzten Vitaminen in Süßwaren, zumal der Verbraucher damit „gesunde Süßwaren“ assoziiere. Der Erfolg in dieser Sparte zeigt sich bei Chr. Hansen (2014) u.a. im starken Ausbau seines Werkes für färbende Lebensmittel in Canossa, Italien. Der Weltmarktführer im Bereich färbender Lebensmittel rechnet mit einem rasant wachsenden Weltmarkt für färbende Lebensmittel um 10-15 % jährlich.

GNT gibt als „Vorteile der färbenden Lebensmittel für Konsumenten, Handel und Industrie“ unter Bezug auf eine entsprechende Verbraucherstudie an:

„Eine von GNT in Auftrag gegebene Verbraucherstudie zeigt: EXBERRY® Färbende Lebensmittel werden im Vergleich mit Farbstoffen von den Konsumenten als natürlichste Art der Lebensmittelfärbung gewertet. Fast 90 % der Teilnehmer der Marktforschungsstudie gaben an eher Produkte zu kaufen, die färbende Lebensmittel enthalten als jene, die mit Farbstoffen hergestellt sind. Zudem sind sie bereit, für Produkte mit Färbenden Lebensmitteln höhere Preise zu bezahlen.“ (GNT, 2013).

1.6.4.2. Definition

Lebensmittel mit färbender Zusatzfunktion sind - einfach ausgedrückt- im Wesentlichen Säfte, Fruchtsaftkonzentrate, sowie Frucht- und Pflanzenextrakte. Im Gegensatz zu den natürlichen Farbstoffen werden die Pigmente nicht „selektiv“ angereichert. Außerdem gibt es Spezialfälle, wo aus bereits verarbeiteten Lebensmittelfarbstoffe extrahiert werden; wie z.B. Karamelsirup. Die Firma Chr. Hansen gibt an, derzeit 400 Farbtöne (teils Mischungen) aus 25 Lebensmitteln [z.B. (schwarzer) Karotte, Hibiscus, Rote Beete, Kürbis, Rettich, Süßkartoffel, Trauben, Malz] zu gewinnen (FruitMaxTM©). Die Herstellung erfolgt im Allgemeinen physikalisch durch Zerkleinern, Kochen, Pürieren, Filtrieren und Konzentrieren.

Lange waren Lebensmittel mit färbender Zusatzfunktion nicht weiter definiert, was sich im November 2013 mit Herausgabe der „Guidance notes on the classification of food extracts with colouring properties“ durch die EU, welche im November 2015 verpflichtend werden sollen, änderte. Der wesentliche Erwägungsgrund hierfür war die unklare Definition von „selektiver“ Extraktion (siehe auch Kap. 1.3 Extrakte), denn:

„Extraction can range from simple extraction, to degrees of selective extraction up to isolation of the pure pigments. To decide upon the classification of the product it is essential to identify when the product is no longer "a food normally consumed as such or normally used as a characteristic ingredient of food", but a colour which needs approval.“

Die Unterscheidung zu den natürlichen Lebensmittelfarbstoffen erfolgt durch den Grad der Selektivität der Pigmentextraktion. Dazu braucht es eine molekulare Bezugsgröße aus den Reihen der anderen, im Ausgangsmaterial enthaltenen Substanzen. Dafür wurden die ernährungsphysiologischen und aromatischen Komponenten für sinnvoll erachtet:

“Pigments selectively extracted relative to the nutritive constituents → food colour

Pigments selectively extracted relative to the aromatic constituents → food colour

According to the legislation both groups of constituents should be checked to conclude whether the pigments are selectively extracted or not. Once there is a selective extraction at least for one of the two groups of the constituents the extract is a food colour.”

Nun hat aber eine technische Extraktion als Trennverfahren gerade die Aufgabe Stoffe aus einer Matrix selektiv zu extrahieren, also heraus zu lösen. Sie ist damit *per se* selektiv, und sei es nur, in dem wasserlösliche von fettlöslichen Anteilen getrennt (= selektiert) werden. Die Frage war nun, wo die objektive quantitative Grenze der Anreicherung zu ziehen ist. Dazu gab es folgende Überlegungen:

“The threshold value provides a quantitative borderline between "selective extraction" and "non-selective extraction". The threshold value should be high enough to cover seasonal and geographical differences and differences in source material varieties. On the other hand it should be low enough that the primary extracts could be still considered to be foods or food ingredients (i.e. not selectively extracted) and should assure that such products do not overlap with food colour specifications. Based on these considerations the following threshold value is proposed:

The threshold value for a selective extraction > 6”

Die Antwort der EU lautet also, dass es sich um färbende Lebensmittel handelt, wenn die Pigmente gegenüber ernährungsphysiologisch relevanten Substanzen und/oder Aromakomponenten um den Faktor < 6 angereichert sind. Grundsätzlich wird die Einführung der *guide-notes* von den Farbstoffherstellern begrüßt, zumal alle wesentlichen bislang durch diese vertriebenen Produkte vermutlich unter die Definition fallen. Vermutlich deshalb, weil in den *guide-notes* auch die Analyse der bislang genutzten und damit die Festlegung von Referenzwerten angekündigt wurde, was aber noch eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen wird.

1.6.4.3. Aufklärung und Transparenz

Obleich nun eine Definition für färbende Lebensmittel in greifbare Nähe rückt und auch die Empfehlung zur Kennzeichnung mit „Extrakt oder Konzentrat aus xy“ und Hinweis auf die färbende Wirkung steht, wird die momentane Nutzung, Kennzeichnung und Aufmachung von Verbraucherschützern noch als irreführend kritisiert. Vor allem die legale Nutzung des *clean-labels* „OHNE Farbstoff“ wird als potentiell missverständlich angeführt. 62 % aller in einer Verbraucherstudie getesteten mit „OHNE Farbstoffe“ gelabelten Lebensmittel enthielten färbende Lebensmittel, wobei nur bei etwa der Hälfte auf deren färbende Wirkung hingewiesen wurde (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen, 2010). Wenn „ohne Farbstoff“ auf einem Erdbeeryoghurt steht, nehmen jedoch 60,3 % der Verbraucher an, dass die Farbe aus Erdbeeren stammt und 57,6 % der Verbraucher erwarten nicht, dass färbende Lebensmittel wie rote Beete-Saft zum Färben eingesetzt wurden (Lebensmittelklarheit.de, 2013). In wissenschaftlichen Publikationen wird in diesem Zusammenhang an noch missverständlicheren Dingen gearbeitet, wie etwa die Nutzung von in Cyclodextrinen eingekapselten Pigmenten aus rotem Pfeffer zur gleichmäßigen Färbung von roten Fruchtjoghurts (Gomes et al., 2014).

1.6.5. Sonstige Trends

1.6.5.1. Biotechnologische Produktion

Im Sinne einer ökonomischen Produktion von – insbesondere natürlichen – Farbstoffen wurden kürzlich Wege der biotechnologischen Produktion, konkret die Herstellung von Pigmenten mit diversen Mikroorganismen erschlossen (z.B. Tuli et al., 2014; Dufosse, 2014). So sind beispielsweise bereits folgende in Mikroorganismen produzierte Pigmente in Lebensmittelreinheit herstellbar: Astaxanthin aus *Xanthophyllomyces dendrorhous*, ein Pink-Rot aus *Penicillium oxalicum*, Riboflavin aus *Ashbya gossypii*, β -Carotin aus *Blakeslea trispora* (Dufosse, 2006). Auch mit Algen ist eine Farbstoffproduktion bereits möglich (De Boer, 2014), in filamentösen Pilzen (v.a. *Monascus*-Arten) kann man manche Pigmente bereits im großindustriellen Maßstab produzieren (Dufosse et al., 2014).

1.6.5.2. Farbstoffe mit Zusatzfunktion

Viele natürliche Farbstoffe, vor allem Extrakte, weisen zusätzlich zur färbenden auch technologische Funktionen auf, wie beispielsweise konservierende (antibakteriell, antifungal) und/oder antioxidative Effekte (z.B. Siva et al., 2011) (siehe auch Kap. 1.4. - Extrakte). Dies betrifft sowohl die antioxidativ wirkenden roten Pigmente vieler Früchte (z.B. Anthocyane) als Isolate (die im Sinne der VO als kennzeichnungspflichtige Farbstoffe gelten), aber auch zahlreiche rot/violett färbende Lebensmittelzutaten mit färbenden Eigenschaften, die ebenfalls z.B. Anthocyane enthalten. Die Erschließung neuer botanischer Quellen, die Optimierung der Anthocyanextraktion und die Stabilisierung der gewonnenen Extrakte kommt damit in Zukunft große Bedeutung zu (z.B. Chaudhary & Mukhopadhyay, 2013).

1.6.5.3. Farben aus Reststoffen

Auf der Suche nach natürlichen Quellen für Lebensmittelfarben wird - ähnlich wie bei den Aromen (siehe Kap 2. - Aromen und Teil 3- Gesamtverwertung von Rohstoffen) - auch die Produktion aus Reststoffen erschlossen. So identifizierte man beispielsweise Avocadokerne als Quelle eines stabilen orangen Farbstoffes (Dabas et al., 2011). Tomatenschalen (Wirkstoff Lycopin) wurden erfolgreich zur Färbung und Haltbarkeitsverlängerung von Fleischwaren anstelle des umstrittenen Nitrits genutzt (Salem et al., 2013). Lycopin ist als Farbstoff „Carotin E 160 a) aus Tomaten extrahiert zugelassen.

1.7. Konservierungsmittel und Stoffe und Maßnahmen, um diese zu ersetzen

1.7.1. Allgemeines

(Chemische) Konservierungsmittel sind wahrscheinlich die Klasse an Zusatzstoffen, neben den Farbstoffen und Intensivsüßungsmitteln, bei denen die Konsumenten und Konsumentinnen die meisten Vorbehalte und Bedenken haben. Es gibt zahlreiche Umfragen, wo diese Bedenken abgefragt werden (z.B. Eurobarometer, 2010). Leider konnten keine objektiven, wissenschaftlichen Studien für den europäischen Raum gefunden werden, die sich mit der Frage auseinandersetzen, warum die Konsumentinnen und Konsumenten diese Bedenken haben.

Solche Studien liegen für Konservierungsmittel aus Südkorea (Shim et al., 2011) und Indien (Kumar et al., 2013) vor. Die Ergebnisse dieser Arbeiten können so zusammengefasst werden, dass es vor allem aufgrund von mangelnden Kenntnissen und Informationen Bedenken gibt, die aber nach Aufklärung über den Nutzen dieser Stoffe deutlich verringert werden konnten.

In den USA gab es bei der Befragung von erwachsenen Konsumentinnen und Konsumenten (Anonym, 2014 b) auf die Frage „*When thinking about all of your food and beverage purchases, how important are the factor preservatives?*“ folgendes Ergebnis:

<i>Very important</i>	29 %
<i>Somewhat important</i>	32 %
<i>Not very important</i>	22 %
<i>Not all important</i>	14
<i>Not at all sure</i>	3 %

Wie auch immer, aufgrund der tatsächlichen oder angeblichen Vorbehalte der Konsumentinnen und Konsumenten, und den daraus resultierenden Drucks des Lebensmitteleinzelhandels, sehen sich die Lebensmittelproduzenten gezwungen, darauf zu reagieren.

Teilweise sind die Produzenten selbst schuld an eventuellen Bedenken, beziehungsweise verstärken sie diese, wenn beispielsweise auf sterilisierten Lebensmitteln ausgelobt wird „*ohne chemische Konservierungsmittel*“. Damit wird impliziert, dass diese Zusatzstoffe in irgendeiner Weise nachteilig sind.

Das Gegenteil ist aber der Fall. Der positive Nutzen von richtig eingesetzten Konservierungsmitteln überwiegt bei weitem deren eventuelles Risiko. Bei Konservierungsmitteln mit einer E-Nummer kann davon ausgegangen werden, dass sie toxikologisch untersucht und bewertet wurden und unter dauernder Beobachtung stehen. Für viele Stoffe und Maßnahmen, die als Ersatz vorgeschlagen werden, muss dieser Beweis erst geliefert werden.

Tatsache ist, dass seitens der Hersteller immer mehr versucht wird, erlaubte Konservierungsmittel mit E-Nummer durch „natürliche Konservierungsmittel“ oder durch andere Stoffe und Maßnahmen zu ersetzen (CompaniesandMarkets.com, 2014; Gray, 2013). Je mehr dieser Trend forciert wird, umso mehr wird er zum Selbstläufer.

„Natürliche Konservierungsmittel“ sind allerdings bis jetzt zumindest nur ein sehr kleines Segment im gesamten Konservierungsmittelmarkt. Letzterer wird nach Schätzungen bis zum Jahr 2018 auf 2,7 Milliarden Dollar ansteigen (CompaniesandMarkets.com, 2014).

1.7.2. Neue Entwicklungen bei Konservierungsmitteln

Die Haltbarkeitsverlängerung von Lebensmitteln wird im Convenience-Zeitalter immer wichtiger. Je höher ein Lebensmittel verarbeitet ist, umso geringer ist sein Haltbarkeit. Es werden aber immer längere Haltbarkeitsfristen und möglichst einfache Lagerbedingungen (z.B. keine Kühlung) seitens des Lebensmitteleinzelhandels und seitens der Konsumentinnen und Konsumenten gewünscht. Aus diesem Grund und aus dem Bestreben nach einem „*clean label*“ wird sehr intensiv nach neuen Konservierungsmethoden und neuen Konservierungsmitteln gesucht, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

1.7.2.1. Ätherische Öle als Konservierungsmittel

Ätherische Öle sind sekundäre Pflanzenstoffe und kommen in vielen Pflanzen und Pflanzenteilen – vor allem in Gewürzpflanzen – vor. Chemisch gesehen handelt es sich größtenteils um Terpene,

die durch die Pflanzen aus der Grundstruktur des Isoprens zu komplexen Verbindungen synthetisiert werden. Sie dienen den Pflanzen für viele Zwecke, wie beispielsweise zum Anlocken von Insekten zur Bestäubung, zur Abwehr von Fraßschädlingen und gegen den Befall durch Mikroorganismen.

Von den Menschen werden ätherische Öle in Form der Verwendung von Gewürzen schon sehr lange genutzt. Immer mehr stellt sich heraus, dass sie über ihre geruchs- und geschmacksgebenden Eigenschaften hinaus auch pharmakologische, antioxidative und konservierende Wirkungen aufweisen. Gerade zur letzteren Wirkung wurde in den letzten Jahren sehr viel Forschungsarbeit geleistet (Tajkarimi et al., 2010). Prakash et al. (2015) und Tongnuanchan & Benjakul (2014) fassen die Ergebnisse auf diesem Gebiet übersichtlich zusammen. Die ersteren Autoren führen 38 Pflanzen an, deren ätherische Öle mikrobizide Wirkungen aufweisen, also gegen den Befall von Mikroorganismen schützen.

Einige der in ätherischen Ölen enthaltenen Stoffe wurden gesondert auf ihre antimikrobiellen Eigenschaften untersucht (Tongnuanchan & Benjakul, 2014; Gutiérrez-Larrainzar et al., 2012). Die Wirkung auf gram-positive Bakterien ist in vielen Fällen besser als gegenüber gram-negativen. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Diffusion der ätherischen Öle durch die Zellwand der gram-negativen Bakterien limitiert ist, beziehungsweise die Zerstörung der Zellwand nicht so leicht erfolgt. Ätherische Ölbestandteile mit guter antimikrobieller Wirkung sind beispielsweise Carvacrol aus Oregano, sowie α -Pinen, β -Pinen, Borneol, Campher, Verbinon aus Rosmarin.

Ätherische Öle könnten potentiell als „natürliche“ Konservierungsmittel direkt Lebensmitteln zugesetzt werden. Auf die dabei auftretenden Fragen bei der Verwendung solcher Extrakte, vor allem im Hinblick auf die Kennzeichnung, wird auch in Kap. 1.4 näher eingegangen. Einige Einzelsubstanzen aus ätherischen Ölen sind als Aromastoffe in der EU gelistet [Durchführungsverordnung (EU) Nr. 872/2012]. Laut Verordnung (EG) Nr. 1334/2008 (Erwägungsgrund 15) müssen unter festgelegten Bedingungen aus Lebensmitteln hergestellte Aromaextrakte, vorausgesetzt, dass sie auch vorrangig als Aroma eingesetzt werden, vor ihrer Verwendung in Lebensmitteln nicht bewertet oder zugelassen werden, es sei denn, es bestünden Zweifel an ihrer Sicherheit. Aromaextrakte, die nicht aus Lebensmitteln hergestellt werden, müssen jedoch einer Sicherheitsbewertung unterzogen und zugelassen werden.

Ein Extrakt, nämlich Extrakt aus Rosmarin, wurde als Lebensmittelzusatzstoff bewertet und bekam als Antioxidans eine E-Nummer (siehe Kap. 1.8 - Antioxidantien).

Der Einsatz ätherischer Öle als Konservierungsmittel bereitet neben rechtlichen Fragen aber auch einige praktische Probleme, die eine breite Nutzung für diesen Zweck derzeit noch limitieren. Diese Nachteile sind folgende (Hyltdgaard & Meyer, 2012; Tajkarimi et al., 2010):

- Es werden relativ hohe Konzentrationen für ihre antimikrobielle Wirkung benötigt.
- Als hydrophobe/lipophile Substanzen sind sie nur in Fetten und Ölen löslich, aber nicht in Wasser
- Unerwünschte Wechselwirkungen mit Lebensmittelinhaltsstoffen (z.B. Fette)
- ungenügende Datenlage bezüglich ihres Wirkungsspektrums
- Wirkung ist abhängig vom pH-Wert, der Temperatur und der MO-Ausgangskonzentration
- Der intensive Eigengeruch und –geschmack kann unerwünschte sensorische Beeinträchtigungen ergeben.

Zur Beseitigung dieser Nachteile gibt es mehrere Ansätze (Hyldgaard & Meyer, 2012):

- Verwendung solcher Extrakte im Rahmen eines Hürdenkonzeptes, wodurch ihre Einsatzkonzentration verringert werden könnte. Beispielsweise durch Nutzung der synergistischen oder additiven Wirkung ätherischer Öle mit anderen Konservierungsmitteln und auch untereinander (Bassolc & Juliani, 2012; Seow et al., 2014)
- Einbettung bzw. (Mikro-)Verkapselung oder Herstellung von Nanoemulsionen. Dadurch wird die Stabilität der flüchtigen Inhaltsstoffe verbessert und die Wechselwirkung mit Lebensmittelinhaltsstoffen verringert. Santos (2015) beschreiben die Einbettung von Carvacrol als β -Cyclodextrin-Einschlußkomplex.
- Einbringung der aromatischen Öle nicht in das Lebensmittel, sondern in die Verpackung (\Rightarrow *Active packaging*) (Tongnuanchan & Benjakul, 2014) oder in Form von Säckchen. Letztere werden in die Verpackung gegeben [z.B. Konservierung von Schnittbrot durch Zugabe von Säckchen, die mit an Harz gebundenen ätherischen Ölen aus Oregano befüllt sind (Passarinho et al., 2014)].

Zukünftig ist mit hoher Wahrscheinlichkeit damit zu rechnen, dass ätherische Öle auch wegen ihrer konservierenden Eigenschaften Verwendung finden. Da sie aber neben ihren antimikrobiellen und antioxidativen Eigenschaften bekannter Weise auch pharmakologische Wirkungen haben können, wären bei einer intensiven Nutzung neben Kennzeichnungsaspekten sehr wohl Sicherheitsaspekte zu berücksichtigen.

Viele der Anmerkungen zum Einsatz ätherischer Öle als Konservierungsmittel gelten in gleicher Weise bei einer Nutzung als Antioxidantien (Kap. 1.8). Es handelt sich nämlich um Multifunktions-extrakte.

1.7.2.2. Weitere organische Stoffe

Abushelaibi et al. (2012) führen Patente der Jahre 2010-2011 an, die neue Konservierungsmittel beschreiben. Folgende organische Stoffe werden dabei erwähnt:

- Caprylsäure (octanoic acid)
- 1,3-Dibromo-5,5-Dialkylhydantoin
- Ricinolsäureester

Xylan-Chitosan-Konjugate sollen laut Li et al. (2011) ebenfalls als Konservierungsmittel geeignet sein. Die Konjugate werden durch gemeinsame Erhitzung von Xylan (Hemicellulose aus z.B. Maiskolben) und Chitosan (Polysaccharid aus den Schalen und Panzern wirbelloser Tiere, z.B. Shrimps) hergestellt.

1.7.2.3. Bacteriocine

Bacteriocine sind eine heterogene Gruppe von antibakteriellen Proteinen, die sich hinsichtlich Molekulargewicht, Wirkungsspektrum, Wirkungsweise usw. unterscheiden. Sie werden u.a. von Milchsäurebakterien und *Bacillus* ssp. produziert. Ein Bacteriocin, nämlich Nisin, ist schon seit langem als antibakterieller Zusatzstoff (E 234) in der EU zugelassen.

Wie Abb. 2.1.20 zeigt, gibt es viele andere bekannte Bacteriocine (Chen & Hoover, 2003), von denen zumindest einige auch als Konservierungsmittel in Zukunft genutzt werden könnten.

Um Bacteriocine technisch zu nutzen, können diese durch entsprechende Bakterienstämme hergestellt und aus dem Fermentationsmedium isoliert werden. Eine andere Möglichkeit ist ihre Herstellung direkt in den Lebensmitteln durch Zusatz entsprechender Bakterienkulturen. Das geschieht ja im Prinzip bei fermentierten Milchprodukten. In Form von Schutzkulturen können damit aber auch nicht fermentierte Lebensmittel auf diese Weise geschützt werden. Schutzkulturen ist ein eigenes Kapitel in diesem Bericht gewidmet (Kap. 1.7.4.).

Bacteriocins	Producer	References
Class I-type A lantibiotics		
nisin	<i>Lactococcus lactis</i>	Hurst 1981
lactocin S	<i>Lactobacillus sake</i>	Mortvedt and others 1991
epidermin	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Allgaier and others 1986
gallidermin	<i>Staphylococcus gallinarum</i>	Kellner and others 1988
lactacin 481	<i>L. lactis</i>	Piard and others 1992
Class I-type B lantibiotics		
mersacidin	<i>Bacillus subtilis</i>	Altena and others 2000
cinnamycin	<i>Streptomyces cinnamoneus</i>	Sahl and Bierbaum 1998
ancovenin	<i>Streptomyces</i> ssp.	Sahl and Bierbaum 1998
duramycin	<i>S. cinnamoneus</i>	Sahl and Bierbaum 1998
actagardin	<i>Actinoplanes</i> ssp.	Sahl and Bierbaum 1998
Class IIa		
pediocin PA-1/AcH	<i>Pediococcus acidilactici</i>	Henderson and others 1992; Motlagh and others 1992
sakacin A	<i>L. sake</i>	Holck and others 1992
sakacin P	<i>L. sake</i>	Tichaczek and others 1992
leucocin A-UAL 187	<i>Leuconostoc gelidum</i>	Hastings and others 1991
mesentericin Y105	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Hechard and others 1992
enterocin A	<i>Enterococcus faecium</i>	Aymerich and others 1996
divercin V41	<i>Carnobacterium divergens</i>	Metivier and others 1998
lactococcin MMFII	<i>L. lactis</i>	Ferchichi and others 2001
Class IIb		
lactococcin G	<i>L. lactis</i>	Nissen-Meyer and others 1992
lactococcin M	<i>L. lactis</i>	van Belkum and others 1991
lactacin F	<i>Lactobacillus johnsonii</i>	Allison and others 1994
plantaricin A	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Nissen-Meyer and others 1993a
plantaricin S	<i>L. plantarum</i>	Jimenez-Diaz and others 1995
plantaricin EF	<i>L. plantarum</i>	Anderssen and others 1998
plantaricin JK	<i>L. plantarum</i>	Anderssen and others 1998
Class IIc		
acidocin B	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Leer and others 1995
carnobacteriocin A	<i>Carnobacterium piscicola</i>	Worobo and others 1994
divergicin A	<i>C. divergens</i>	Worobo and others 1995
enterocin P	<i>E. faecium</i>	Cintas and others 1997
enterocin B	<i>E. faecium</i>	Nes and Holo 2000
Class III		
helveticin J	<i>Lactobacillus helveticus</i>	Joerger and Klaenhammer 1986
helveticin V-1829	<i>L. helveticus</i>	Vaughan and others 1992

Abb. 2.1.20: Beispiele von Bacteriocinen (Table 1 in Chen & Hoover, 2003)

1.7.3. Bakteriophagen

Bakteriophagen oft auch nur „Phagen“ genannt („*phagein*“ = griechisch für „essen“) sind Viren, die ubiquitär (d.h. überall auf der Haut, in Schleimhäuten, im Darm, im Wasser, in Lebensmitteln, in der Atemluft usw.) in unserer Umgebung vorhanden sind und ausschließlich Bakterien infizieren können. Tierische und pflanzliche Zellen lassen sie dagegen unberührt. Ebenso sind sie äußerst wirtsspezifisch. Das bedeutet, dass eine Phagenart jeweils nur einen oder einige ausgewählte Bakterienstämme infizieren kann. Wie alle Viren besitzen Phagen keinen eigenen Stoffwechsel, womit sie unfähig sind, sich außerhalb ihres Wirtsbakteriums zu vermehren oder länger zu überleben.

Ihr Wirkmechanismus als Viren kann vereinfacht folgendermaßen beschrieben werden: Wenn ein Phage auf eine potentielle bakterielle Wirtszelle trifft (Diese muss eine spezielle Oberflächenstruktur besitzen, die mit ihrer speziellen Hüllenstruktur kompatibel ist.), perforiert er die Zelle, schleust seine DNA in die Bakterie ein und programmiert deren Genom auf „Phagenproduktion“ und Bildung des zellwandperforierenden Enzyms Lysozym um. In der Zelle vermehren sich die Phagen dann solange bis das co-produzierte Lysozym die Bakterienzelle lysiert („zum Platzen bringt“). Damit werden die Phagen in ihrer nun vergrößerten Zahl in die Umgebung freigesetzt und befallen die nächsten mit ihnen kompatiblen Bakterienzellen. Wenn alle geeigneten Bakterienwirte abgetötet sind, sind die Phagen mangels Aufgabe inaktiv und lösen sich nach und nach in ihre Bestandteile auf. Den eben beschriebenen Mechanismus nennt man lytischen (virulenten) Zyklus. Der Vollständigkeit halber ist zu erwähnen, dass es auch Phagenspezies gibt, die vor allem oder ausschließlich im lysogenen (temperenten) Zyklus aktiv sind. Das bedeutet, dass sie ihr Genom in die Zelle einschleusen, diese aber nicht abtöten, was sie für einen Einsatz zur Bekämpfung von Lebensmittelpathogenen völlig ungeeignet, möglicherweise auch bedenklich macht.

1.7.3.1. Einsatz zur Vermeidung von lebensmittelbedingter Krankheiten („*food-borne diseases*“)

Trotz deutlich verbesserter Lebensmittelhygiene sind auch heutzutage Lebensmittelkontaminationen nach wie vor ein großes Thema. In Europa liegt deren Inzidenz bei etwa 400.000 Erkrankungsfällen jährlich, wovon wiederum etwa 25.000 Todesfälle zu verzeichnen sind. Dabei ist in der EU die durch einige Salmonellen-Arten verursachte Salmonellose die Hauptursache für durch Lebensmittelverzehr verursachte Krankheiten (EFSA, 2012). Die durch Listerien-Stämme hervorgerufene Listeriose ist die lebensmittelbedingte-Erkrankung mit der höchsten Mortalitätsrate (30%). Die meisten Krankheitsfälle, der sich vor allem in Magen-Darmbeschwerden äußernden Erkrankungen, sind auf die Aufnahme von Bakterien der Gruppen Salmonella, Listeria (vor allem *Listeria monocytogenes*), Campylobacter, E. coli, Shigella und Leuconostoc zurückzuführen. Diese wiederum werden gehäuft mit Lebensmitteln der hygienisch anspruchsvoll zu verarbeitenden Kategorien Geflügel, Eier, Fisch, Fleisch, Rohmilch/Rohkäse, sowie den aufstrebenden *fresh-cut*-Gemüse- und Obstprodukten (Schnittsalate etc.) aufgenommen.

Es bietet sich demnach an, Bakteriophagen gezielt zur Bekämpfung dieser pathogenen Keime in diesen, für Kontaminationen bekannten Lebensmitteln einzusetzen.

Stand der Forschung

Obgleich die Wirkung von Bakteriophagen vor allem für medizinische Anwendungen bereits lange bekannt ist (1917 erstmals beschrieben durch den kanadischen Wissenschaftler Felix Herbert d'Herelle), wurde die Forschung im EU-Raum lange zugunsten der damals als vielversprechender geltenden Antibiotika auf Eis gelegt. Lediglich in den ehemaligen Sowjetstaaten wurde

aus Geldmangel weiter an Phagentherapien geforscht. Dieses Wissen macht man sich nun zunutze, weil aufgrund der Erkenntnis der Antibiotikaresistenz-Problematik und sinkender Konsumentenakzeptanz für chemische Dekontaminationsmittel die Phagennutzung wieder an Interesse gewinnt. Dennoch sind die konkreten Wechselwirkungen zwischen den diversen Phagen, Bakterien, Lebensmittelmatrices und Verarbeitungsbedingungen noch weitgehend unbekannt. Das liegt vor allem daran, dass es sehr viele unterschiedliche mögliche Kombinationen und Einflussfaktoren gibt (Orquera- Narvaez, 2012).

Die **prinzipielle Eignung der Phagen** zur Bekämpfung der pathogenen Keime in allen hauptgefährdeten Lebensmitteln konnte bereits vielfach wissenschaftlich aufgezeigt werden und gilt grundsätzlich als unbestritten.

So konnte beispielsweise in einer Lebensmittelkategorien übergreifenden Studie mit Flüssigei, Energy drinks, Apfelsaft, Hühnerbrust und Faschiertem eine Reduktion von *Salmonella typhimurium* (mit welchem diese Lebensmittel zuvor inokuliert, d.h. „absichtlich kontaminiert“ wurden) mit dem Phagen P22 lebensmittelabhängig um 2-3 log Einheiten innerhalb von 48 h bei 4° C erzielt werden (Zinno et al., 2014). Des Weiteren konnten einige *Shigella*-Arten (*S. flexneri*, *S. dysenteriae* und *S. sonnei*) auf Hühnerfleisch mittels geeigneter lytischer Phagen vollständig eliminiert werden (Zhang et al., 2012). In inokulierter Hühnerhaut konnten Phagen die Anzahl des Bakterium *Salmonella enteritidis* mit vergleichbarer Wirkung (ca. 1 log CFU/cm²) wie typische chemische Dekontaminationsmittel (Milchsäure, Peroxyessigsäure u.ä.) senken (Hungaro et al., 2013). Die Praxistauglichkeit im Sinne des Einsatzes in Stufen der Lebensmittelverarbeitung, sowie bei nachfolgenden Behandlungen und Lagerung unter Realbedingungen wurde ebenfalls bereits für einige Phage-Lebensmittel-Kombinationen bewiesen. So konnte ein Cocktail aus drei verschiedenen Phagen (UAB_Phi 20, UAB_Phi78 und UAB_Phi87) die beiden *Salmonella*-spezies *S. typhimurium* und *S. enteritidis* in Schweinefleisch, Hühnerbrust, Eiern und Schnittsalat im Herstellungsprozess deutlich vermindern. Bei unverändertem Phagencocktail, unveränderter Anwendungskonzentration und denselben Zielbakterien war die Wirkung in den verschiedenen Lebensmittel allerdings signifikant verschieden (Reduktion um 1 bis 4 log), was auf einen Einfluss der Lebensmittelmatrix und/oder Verarbeitungsbedingungen auf die Wirkungsintensität hindeutet (Spricigo et al., 2013). Einen Einfluss der Matrix lässt auch die 2014 von Oliveira et al. (2014) durchgeführte Studie zur Eliminierung von *Listeria monocytogenes* in *fresh-cut*-Stücken und Säften der Früchte Melone, Birne und Apfel durch das Phagenpräparat Listex P100 vermuten, wobei bei identen Verarbeitungs/Lagerbedingungen für Melone höchste, für Birne beachtliche und für Apfel keine Reduktionen im Kontaminationslevel beobachtet wurden. Möglicherweise kann auf eine Sensitivität von Phagen (oder zumindest dieses Präparates) gegenüber niedrigen pH-Werten in der Lebensmittelmatrix geschlossen werden. Selbst bei sehr ähnlicher Lebensmittelbeschaffenheit kann die Wirksamkeit der Phagenbehandlung variieren wie Modi et al. (2009) am Beispiel pasteurisierter Milch gegenüber Rohmilch bewiesen. Damit sind auch die der Phagenzugabe vorangehenden Prozessschritte zu berücksichtigen. Erwartungsgemäß spielt auch die Konsistenz der Lebensmittel für das Ausmaß der Wirkung eine große Rolle. Dies bestätigten etwa Guenther et al. (2009) in Versuchen mit diversen flüssigen (Kakao, Mozarellalake) und festen Lebensmitteln (Hot dogs, Fleisch, Lachs, Salat etc.). Dabei sank bei gleicher, inokulierter Ausgangskeimzahl der Zielbakterien, gleicher Phagenart und -beimpfungskonzentration, sowie identen Lagerbedingungen die Belastung für flüssige Lebensmittel mit *Listeria monocytogenes* unter die Nachweisgrenze, für die festen Lebensmittel dagegen „nur“ um durchschnittlich 5 log-Einheiten. Bewiesen ist daneben, dass bei der Bakterienbekämpfung durch Phagen „viel viel wirkt“ (z.B. Guenther et al., 2009), also eine Erhöhung der Dosis direkt proportional zur Wirkung ist.

Momentane Verwendung

In den USA wurde 2006 ein Spray gegen Listerien als erstes Phagenpräparat zur Anwendung auf alle gefährdeten Lebensmittel durch die FDA zugelassen (GRAS-Status = *generally recognized as safe*), worauf weitere Produkte folgten. Derzeit sind folgende kommerziell erhältlichen **Phagenpräparate** in den USA legal im Einsatz, wobei die Namen auf die zu bekämpfenden Bakteriengruppen hinweisen:

- "ListShield" (Intralix, US) und "Listex P100" (Microos, NL): gewissermaßen Breitband-Listerienphagen - sie töten alle für den Menschen gefährlichen *Listeria*-Arten ab.
- "SalmoFresh" (Intralix, US) und "Salmonex" (Microos, NL)
- EcoShield (Intralix, US): ein Phagen-Mittel gegen krankmachende Arten des Darmbakteriums *Escherichia coli*
- "Agriphage" (OmniLytics, US): Phagencocktail zur Anwendung gegen *Xanthomonas campestris* und *Pseudomonas syringae*

Bei derartigen Präparaten handelt es sich im Allgemeinen um Cocktails aus mehreren Phagenstämmen, wobei auch die einzelnen Stämme idealerweise einen sehr breitem Wirtsbereich aufweisen sollen. Phagenstämmen mit weitem Wirtsbereich sind noch wenige bekannt. Gegen *Salmonella*-Arten haben sich vor allem Phagen des Typs „Felix-O1“ als besonders breit wirksam erwiesen. Die Suche nach solchen Phagen ist Gegenstand aktueller Forschungen. Bei Betrachtung der Herstellerfirmen fällt auf, dass einer dieser drei *frontrunner* in der Erforschung und Produktion von Phagenpräparaten die niederländische Firma Microos ist, womit Europa bei entsprechender Nachfrage aus der Industrie und Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen das *know-how* in den eigenen Reihen hätte. Ob und in welchem Umfang Phagenpräparate derzeit im EU-Raum genutzt werden, ist - ebenso wie die Notwendigkeit von Zulassungsverfahren für deren Einsatz - unklar (und Kap. 1.7.2.5 - Nutzen und Risiken).

Ursprünglich isolierte man Phagen aus entsprechend mit ihnen „kontaminiertem“ Material wie Abwasser oder eben Lebensmitteln, wobei die weitere Vermehrung naturgemäß in bakteriellen Zellkulturen stattfinden sollte. Dass die **Herstellung** ihrer Präparate in gentechnisch veränderten MO erfolgt, verneinen Vertreter der Firma Microos. Ferner können Viren und damit auch Phagen heutzutage unter der Voraussetzung der Kenntnis des Genoms künstlich synthetisiert werden.

Die **Anwendung** von Phagen kann im Wesentlichen durch Tauchen, Aufstreichen (z.B. in Käselake mit der man die Oberfläche bestreicht) oder Besprühen (Wurst beim Schneiden oder kurz vor Abpacken durch Sprühnebel) erfolgen. Spezieller ist die Gabe in ihrer natürlichen Matrix, den Bakterien, was den Vorteil bietet, dass die Phagen tief ins Lebensmittel eindringen können. So können beispielsweise Phagen, die mit dem ungefährlichen Transportbakterium *Listeria innocua* eingebracht werden, in den Milchprodukten die gefährlichen *Listeria monocytogenes* befallen. Neben diesen „klassischen“ Einbringungsmöglichkeiten im Zuge der Lebensmittelverarbeitung ist bei tierischen Produkten die orale Gabe von Phagen mit der Fütterung der Tiere kurz vor der Schlachtung ein möglicher Applikationsweg, wie für die Reduktion von *Salmonella enteritidis* in Hühnerfleisch mittels dem Phagen P22 bereits exemplarisch gezeigt wurde (Goncalves et al., 2013). Ferner wurden kürzlich Versuche zur Einkapselung von Phagen in Molkeproteinfilme, aus welchen letztlich essbare Verpackungen hergestellt werden können, unternommen (Vonasek et al., 2014). Dies zielt auf eine verzögerte Freisetzung der Phagen und einen damit möglichen Langzeitschutz des Lebensmittels vor Neukontamination ab.

1.7.3.2. Weitere Einsatzmöglichkeiten der Bakteriophagen im s-Bereich

Neben dem eben ausführlich diskutierten Einsatz zur Reduktion von pathogenen Keimen in Lebensmitteln sind weitere Einsatzmöglichkeiten der Bakteriophagen in einem weiter gefassten Bereich der Lebensmittelindustrie Gegenstand aktueller Forschung:

- Phagen zur Krankheitsbekämpfung und –verhütung bei der Tierzucht (Geflügel, Schweine, Rinder) anstelle der aufgrund der Resistenzproblematik und mangelnder Konsumentenakzeptanz umstrittenen Antibiotika
- Phagen zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten als Ersatz für umstrittene chemische Düngung/Pflanzenschutzmittel („Agriphagen“)
- Phagen zur rascheren Analytik von bakteriellen Kontaminationen: z.B. Methode an der ETH-Zürich um Prof. Martin Lössner entwickelt (Hagens und Loessner, 2014). Dabei werden Bindeproteine von Phagen hergestellt, an welche magnetische Nanopartikel gebunden sind. Damit lassen sich die von den Phagenproteinen gebundenen Bakterien leicht aus der Matrix isolieren und anschließend bestimmen, und so Salmonellen in 5-10 h statt der üblichen 4 Tage identifiziert werden.

1.7.3.3. Potential von Bakteriophagen

Sämtliche Studien bestätigen den Phagen großes Potential zur Bekämpfung von bakteriellen Kontaminationen und damit zur signifikanten Verringerung der Erkrankungsfälle im Bereich der sogenannten *food-borne diseases*. Gegenüber den bislang gängigen Methoden zur Keimzahlverminderung besticht diese Methodik in folgenden Punkten:

Es ist angesichts der langen Koexistenz zwischen Menschen und Phagen (wir nehmen täglich Milliarden davon über die Ernährung auf) davon auszugehen, dass ihr Einsatz für Konsumentinnen und Konsumenten gesundheitlich unbedenklich ist. Der Phagenexperte des ETH Zürich Prof. Lössner fasste den Stand des Wissens hierzu in einer Stellungnahme folgendermaßen zusammen (HOFER, 2013):

„Nur wenige Phagen überstehen die Passage durch den Magen, und die verbliebenen werden ausgeschieden. Tatsächlich enthält der menschliche Stuhl eine hohe Anzahl an Phagen. Gelangen Phagen dennoch in den Blutkreislauf, z.B. durch eine Injektion, so werden die Phagen nach den wissenschaftlichen Erkenntnissen als eindringende Fremdkörper von den körpereigenen Abwehrzellen des Menschen bekämpft und schnell vernichtet. Hinzu kommt, dass die Phagen nach dem Stand der Forschung ihrerseits keine pathogenen Wirkungen im menschlichen Körper entfalten. Tatsächlich sind sie dort aufgrund ihres ubiquitären Vorkommens in der Umwelt bereits in großer Anzahl vorhanden und bislang nicht als gesundheitsschädlich aufgefallen.“

Es sind bislang - im Gegensatz zu Antibiotika - keine wesentlichen Resistenzen berichtet worden. Dabei wird allerdings von einigen Experten angemerkt, „dass es eine gewisse Resistenzbildung der Bakterien Phagen gegenüber geben muss, weil es sonst angesichts der Phagenüberzahl (10-fache Menge der Bakterien weltweit) keine Bakterien mehr geben würde“.

Für den natürlichen Erhalt der Lebensmittel bieten Bakteriophagen klare Vorteile gegenüber Dekontaminationsmitteln, weil sie äußerst spezifisch auf ihre Wirtbakterien wirken und die restliche natürliche Flora sowie die Zusammensetzung und die Struktur der Lebensmittel unberührt lassen. Diese hohe Spezifität der Phagen ermöglicht auch die Wirksamkeit in fermentativen Verarbeitungsprozessen, wo es wesentlich ist, dass die fermentierenden Mikroorganismen (Milch-/Käsekulturen, Brauhefen etc.) nicht geschädigt werden.

Wenngleich das Hauptaugenmerk der Forschung momentan bei der Verhütung von lebensmittelbedingten Krankheiten (*food-borne diseases*) liegt, ist eine darauf aufbauende, weiterführende Nutzung zur Haltbarkeitsverlängerung durchaus denkbar. Grundvoraussetzung dafür ist die erfolgreiche Suche nach Phagen, die spezifisch auf Bakterien sind, welche die Haltbarkeit herabsetzen (z.B. Pseudomonaden, Milchsäurebakterien). Ein Zusatz der Phagen könnte eine Senkung der Ausgangskeimzahl des Lebensmittels bewirken, womit die Verderbnis in empfindlichen Produkten mit geringem MHD (z.B. *fresh-cut* Gemüse und Obst) entsprechend verzögert werden könnte. Zur langfristigen Konservierung scheint ihr Einsatz aufgrund des Absterbens ohne ausreichend Wirtsbakterien ungeeignet. Neben der Identifizierung von Phagen (cocktails) mit entsprechend breitem Wirtsspektrum (in den meisten Lebensmitteln trifft man auf sehr viele unterschiedliche Arten an haltbarkeitvermindernden Bakterien) wird hierfür der Kosten-Nutzenfaktor über ein Streben nach einem derartigen Einsatz entscheidend sein.

1.7.3.4. Akzeptanz von Bakteriophagen

„Viren in Lebensmitteln“ wird unerklärt bestimmt nicht auf breite Konsumentenakzeptanz stoßen. Auch die detailliertere Beschreibung „Bakteriophagen“ könnte durch den Wortstamm „Bakterien“ negative Assoziationen auslösen. Das befürchten auch Lebensmittelhersteller, was dazu führt, dass niemand mit dem Einsatz der Phagen offen umgehen möchte. Laut dem Geschäftsführer des holländischen Herstellers einiger Phagenpräparate Microos, Marc Offerhaus, soll unter anderem "einer der weltgrößten Lebensmittelhersteller" zu den langjährigen Kunden des Unternehmens“ zählen. Auch Phagenspezialist Prof. Lössner der ETH Zürich äußerte sich dazu mit

„eine simple Deklaration würde den Verbraucher möglicherweise verunsichern“ (Hofer, 2013)

1.7.3.5. Nutzen und Risiken von Bakteriophagen

Die Eignung des Phagen Einsatzes zur Bekämpfung gefährlicher durch lebensmittelpathogene Bakterien verursachter Epidemien scheint hoch zu sein. Die Wahrscheinlichkeit gesundheitlicher Auswirkungen vor allem in Anbetracht der langen Koexistenz mit dem Menschen ist nicht zu erwarten. Dennoch äußerte sich das mit der Sicherheitsbeurteilung betraute BIOHAZ-Gremium der EFSA (EFSA, 2009 a) abwartend:

„RECOMMENDATIONS: In order to assess the issue of bacteriophage persistence in foods, and their ability to prevent recontamination with bacterial pathogens, research for specific bacteriophage pathogen food combinations should be encouraged. If bacteriophages treatments are to be used for removal of surface contamination of foods of animal origin, then it is recommended that a Guidance Document on the submission of data for their evaluation is provided.“

Hintergrund ist einerseits, die Gefahr, dass die Phagenbehandlung als „Allheilmittel gegenüber Kontaminationen“ angesehen werden könnte, und die allgemeine Betriebshygiene bei Risikoprodukten vernachlässigt wird bzw. chemische Desinfektion gedankenlos nach dem Motto „jetzt kann uns ohnehin nichts passieren“ ersetzt. Dieses Vorgehen wäre mit dem Wissen aus der Vielzahl an Publikationen (Beispiele unter Kap. 1.7.2.1 - Stand der Forschung), welche für verschiedenste Kombinationen aus Phagentyp, Zielbakterium, Lebensmittelmatrix, Behandlungs- und Lagerbedingungen und Vorbehandlungen ein verändertes Wirkungsausmaß feststellen konnten, tatsächlich fahrlässig. Für einige Lebensmittelverarbeitungsbereiche stellt hier die (zwar artabhängige, aber generell) relativ rasche Inaktivierung der Phagen nach „Erledigung ihrer Aufgabe“, also der Abtötung ihrer Wirte, bei fahrlässigem Umgang eine Gefahr dar. Es ist dann davon auszugehen, dass bei einer potentiellen neuen Kontamination kein Schutz besteht. Auch die Tatsache,

dass man um die Resistenzbildung und die mögliche Übertragung von bakteriellen Resistenzgenen durch die Phagen nur wenig Bescheid weiß und Phagen in ihrer Natur sehr wirtsspezifisch sind, also veränderte Bakterien möglicherweise nicht erkennen können, weisen in dieselbe Richtung. Auch die Resistenzbildung bei den Phagen selbst ist ungeklärt. Die kontinuierlich steigende Zahl an einschlägigen Publikationen über Phageninteraktionen (Orquera-Narvaez, 2012) sowie die rege voranschreitende Sequenzierung von Phagengenomen lassen auf eine steile Lernkurve über Einsatzmöglichkeiten und deren Grenzen schließen.

1.7.3.6. Information und Irreführungspotential

Wie bereits unter dem Punkt Akzeptanz erwähnt, ist die Information der Bevölkerung über die Einsatzmöglichkeiten der Bakteriophagen im Lebensmittelbereich quasi nicht vorhanden, was vermutlich auf der die Firmen erwartende Erstreaktion von Konsumentinnen und Konsumenten und Verbraucherschutzorganisationen zurückzuführen ist. Neben dieser Erwartungshaltung ist die möglicherweise unklare Einordnung der Bakteriophagen im Lebensmittelbereich, welche über Zulassungs- und Deklarationspflicht entscheidet, eine Entwicklungs- und Anwendungsbremse für die Methode.

1.7.3.7. Kontrolle und Untersuchung

Über Notwendigkeit und Möglichkeiten der vernünftigen Kontrolle des Phageneinsatzes werden mehrere Faktoren entscheiden. In erster Linie ist zu klären, ob Zulassungspflicht besteht und wenn ja, ob jedes Präparat einzeln und/oder nur für bestimmte Anwendungszwecke zugelassen werden soll. Aktive Phagen in Lebensmitteln nachzuweisen ist heutzutage Standardmikrobiologie, die Zuordnung des Typs mittels molekularbiologischer Methoden ist gleichfalls möglich. Ob man dazu in der Lage ist bzw. wie hoch der Aufwand wäre, Bakteriophageneinzelteile, wie sie nach Beendigung der Bakterienabtötung vorliegen, aufzuspüren, ist dagegen fraglich. Resistenzbildungen kann man im Verdachtsfall auch durch Genomsequenzierung klären.

1.7.4. Schutzkulturen

Die steigende Nachfrage der Konsumentinnen und Konsumenten nach natürlichen, frischen und/oder schonend verarbeiteten („*minimally processed*“) Lebensmitteln ohne Zusatzstoffe, vor allem ohne Konservierungsmittel, verlangt nach natürlichen bzw. schonenden Konservierungsmethoden (s. auch Kapitel *clean label*). Die Anwendung von Schutzkulturen kann in diesem Sinne verstanden werden.

Schutzkulturen sind aus lebenden Mikroorganismen bestehende Präparate (reine Kulturen oder Kulturkonzentrate), die Lebensmitteln mit dem Ziel zugesetzt werden, Risiken durch pathogene oder toxinogene Mikroorganismen zu reduzieren. Die Anwendung solcher Schutzkulturen in Lebensmitteln wird mit dem Begriff „Biokonservierung“ umschrieben (SKLM, 2010).

Bestimmte Stämme von Mikroorganismen erweisen sich unter Fermentationsbedingungen sehr wettbewerbsstark und sind in der Lage pathogene und toxinogene Mikroorganismen zu hemmen. Dieses Prinzip soll nun auch bei nicht-fermentierten Lebensmitteln Anwendung finden.

Dafür wurde der Begriff „Bioskonservierung“ (engl. „*bioprotection*“) geprägt, und die dazu verwendeten Kulturen werden als Schutzkulturen (engl. *protective cultures*) bezeichnet (SKLM 2010).

Die im Handel verfügbaren Schutzkulturen enthalten praktisch dieselben Mikroorganismen wie sie auch in den Starterkulturen für fermentierte Lebensmittel vorkommen. Die Abgrenzung zwischen Schutz- und Starterkulturen liegt im Verwendungszweck (SKLM, 2010).

Starterkulturen (Präparate lebender Mikroorganismen oder ihrer Ruheform): Heute ist es üblich, die Mikroorganismen, die für Fermentationsprozesse notwendig sind, zu isolieren und zu kultivieren, damit sie gezielter eingesetzt werden können und zur Vermeidung von Fehlgärungen. Es handelt sich also um aufgrund spezifischer Eigenschaften selektierte, definierte und vermehrungsfähige Mikroorganismen in Reinkultur oder Mischkultur. Sie werden Lebensmitteln zugesetzt, um durch ihre Stoffwechselaktivität im Lebensmittel erwünschte Wirkungen hervorzurufen. Dazu zählen sensorische und ernährungsphysiologische Eigenschaften sowie eine verlängerte Haltbarkeit, verbesserte Hygiene oder gesteigerter Gebrauchswert. Etwa ein Drittel aller derzeit verzehrten Lebensmittel ist fermentiert (unter Miteinbeziehung der Lebensmittel, die durch Spontanfermentation mit rohstoffeigenen Enzymen hergestellt werden, z.B. Tee).

Schutzkulturen entwickeln ihre schützende Wirkung über Stoffwechselleistungen im Lebensmittel, die auch für nicht-fermentierte Lebensmittel angewendet werden können. Die Wirkung von Schutzkulturen beruht einerseits auf Verdrängung von Konkurrenten im Wettbewerb (Konkurrenz um Nährstoffe, Bindungsstellen an das Substrat) und/oder der Bildung von niedermolekularen **antimikrobiotischen Stoffen** (Rodgers, 2003; SKLM, 2010). Solche wirksame Stoffe sind z.B. organische Säuren (Milch-, Essig-, Propionsäure etc.), Ethanol, H₂O₂, CO₂, Bacteriocine (ribosomal synthetisierte Peptide, Proteine und proteinähnliche Verbindungen), sowie von Antibiotika bzw. anderen antagonistisch wirksamen Prinzipien mit antibakterieller oder antimykotischer Aktivität. Die Bildungsrate dieser antimikrobiotischen Stoffe ist abhängig von der Lebensmittelmatrix, der Produkttemperatur und dem Vorhandensein von anderen Lebensmittelzutaten.

Crowley et al. (2013) beschreiben folgende auf Milchsäurebakterien (lactic acid bacterias – LAB) basierende Schutzkulturen: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, aber auch *Aerococcus*, *Alloiococcus*, *Carnobacterium*, *Dolosigranulum*, *Enterococcus*, *Globicatella*, *Lactococcus*, *Lactosphaera*, *Mlissococcus*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* und *Weissella*.

Manche dieser Milchsäurebakterien weisen gleichzeitig sowohl eine bio-funktionelle probiotische Wirkung als auch eine Schutzfunktion (technologische Wirkung - Konservierung, Erhöhung der Lebensmittelsicherheit) auf (Rodgers, 2008). Beide Anwendungen, als Probiotika oder Schutzkultur, verlangen die Zugabe einer hohen Menge an Lebendkulturen (10⁶-10⁸ cfu/g), die bis zum Ende des Mindesthaltbarkeitsdatums zu gewährleisten ist. Es muss sichergestellt werden, dass über den gesamten Zeitraum von den Schutzkulturen ausreichende Mengen an Stoffwechselprodukten (darunter auch Bacteriocine) gebildet werden, um eine zuverlässige konservierende Schutzwirkung zu garantieren.

Zu den Keimen gegen die Schutzkulturen wirken können, zählen *Pseudomonas ssp.*, *Escherichia coli*, psychotrophe Keime, Salmonellen, *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes* (ein sehr hitzeresistenter psychotroper, nicht sporenbildender MO), *Micrococci*, *Staphylococci* (z.B. *Staphylococcus aureus*), *Bacillus cereus*, *Bacillus thermosphacta*, und *Yersinia enterocolitica* (Rodgers, 2008; Rodgers, 2003).

Wie oben angeführt, zählen zu den wirksamen Stoffwechselprodukten von Schutzkulturen auch **Bacteriocine** (siehe dazu auch Kap. 1.7.2.3). Das sind biologisch aktive Proteine oder Proteinkomplexe, die antibakteriell wirksam sind, vor allem gegen grampositive Bakterien. Es sind nur sehr

geringe Dosierungen von Bacteriocinen notwendig, wodurch die sensorischen Eigenschaften der Lebensmittel nicht oder kaum beeinflusst werden (Rodgers, 2003).

Beispiel für solche Bacteriocine sind Nisin (produziert von *Lactococcus lactis*), Reuterin (produziert von *L. reuteri*) oder Pediocin A (produziert von *Pediococcus pentosaceus*).

Bacteriocine können über zwei Wege in Lebensmittel eingebracht werden:

1. Zugabe von isolierten Bacteriocinen (z.B. Nisin). Grundsätzlich sind nur geringe Dosierungen notwendig, es muss aber dennoch sichergestellt werden, dass die konservierende Wirkung ausreicht, unabhängig davon wie die Produkte gelagert werden. Die Zugabe von isolierten Bacteriocinen fällt unter die Kategorie Zusatzstoffe. Die zusatzstoffrechtlichen Bestimmungen, einschließlich der die Kennzeichnung betreffenden, sind daher einzuhalten..
2. Nutzung von entsprechenden „bacteriocinogenen“ Schutzkulturen (s.oben), die als Lebendkulturen in ausreichender Menge im Lebensmittel über den gesamten Zeitraum vorhanden sein müssen. Die Schutzwirkung kann so gesteuert werden, dass die zugegebenen Lebend-Schutzkulturen erst dann Bacteriocine bilden, wenn das gekühlte Produkt einer höheren Temperatur ausgesetzt wird. (z.B. bei Nicht-Einhaltung der Kühlkette). Solange das Produkt ordnungsgemäß gekühlt wird, werden keine Bacteriocine gebildet. Nach derzeitiger gesetzlicher Lage handelt es sich bei diesen Schutzkulturen, um Zusatzstoffanwendungen.

1.7.4.1. Gesetzliche Regelungen

Für die EU gibt es keine spezifische gesetzliche Regelung für mikrobielle Kulturen im Lebensmittelbereich. Wissenschaftsbasierte Definitionen für mikrobielle Kulturen mit unterschiedlichen Anwendungen fehlen genauso wie eine eindeutige Zuordnung der in der Lebensmittelproduktion verwendeten Mikroorganismen in die Kategorien Zutat, Zusatzstoff oder Verarbeitungshelfsmittel (SKLM, 2010). Die Anwendung von Lebendkulturen fällt oftmals unter die Grauzone zwischen Lebensmittel und Medizin (Rodgers, 2008).

Eine Entscheidungsgrundlage könnte der Anwendungszweck sein. Wird die Kultur zur Erzielung eines technologischen Effektes (z.B. Konservierung) eingesetzt, sind sie als Zusatzstoffe anzusehen. Das würde somit auf die Schutzkulturen zutreffen. Allerdings sind sie auch sehr schwierig von Starterkulturen abzugrenzen, aus denen sie sich entwickelt haben. Schutzkulturen haben den Zusatznutzen ein potentiell Risiko durch pathogene oder toxinogene Mikroorganismen zu vermindern. Werden dagegen bei der Kulturenherstellung im Fermenter Hemmstoffe in wirksamen Konzentrationen gebildet und mit den Kulturorganismen in das Lebensmittel eingebracht, ist das Fermentat einem Zusatzstoff gleichzusetzen. Durch Erfassung des Keimgehaltes sowie des Hemmeffektes der Kulturpräparation *per se* (d. h. Hemmeffekt einer Kultur ohne im Lebensmittel ablaufende Fermentation) lassen sich Schutzkultur und hemmstoffhaltiges Fermentat zuverlässig unterscheiden (SKLM, 2010).

Werden isolierte Bacteriocine zugegeben, so sind diese jedenfalls ein Lebensmittelzusatzstoff.

1.7.4.2. Sicherheit

Milchsäurebakterien spielen schon seit Jahrtausenden eine große Rolle bei Lebensmittelfermentationen (z.B.: Milch, Fleisch, Gemüse, Sauerteig) und weisen generell einen GRAS (*generally recognised as safe*) Status auf (Crowley et al., 2013). Die derzeit von der Lebensmittelwirtschaft angewendeten Starterkulturen haben nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand zu keiner gesundheitlichen Beeinträchtigung der Verbraucher Anlass gegeben.

Da unterschiedliche Mikroorganismen oder Kulturen als Schutzkulturen Anwendung finden können, ist keine allgemeine Sicherheitsbewertung für alle Schutzkulturen möglich. Sie sind im Einzelfall zu bewerten. Wenn Schutzkulturen aus Mikroorganismen bestehen, welche auch als Starterkulturen schon über lange Jahre (für fermentierte Lebensmittel) angewendet werden und sich als bislang sicher erwiesen haben, sollten sie bezüglich ihrer Sicherheit wie Starterkulturen gehandhabt werden. Enthalten Schutzkulturen allerdings Organismen, die bisher noch nie als Starterkulturen eingesetzt wurden, so bedürfen diese eine umfassende Sicherheitsbewertung (SKLM, 2010) und einer entsprechender rechtlichen Beurteilung. Klinische Studien sind dazu notwendig (Rodgers, 2008). Sichergestellt werden sollte ebenfalls die Abwesenheit des Potentials zur Bildung physiologisch wirksamer biogener Amine oder Antibiotika (SKLM, 2010).

1.7.4.3. Anwendung von Schutzkulturen und Bacteriocinen

Besondere Bedeutung können Schutzkulturen bei der Anwendung in nicht-fermentierten Lebensmitteln mit pH-Wert im Neutralbereich und hoher Wasseraktivität ($a_w > 0.96$) erlangen, die einem erhöhten hygienischen Risiko unterliegen (SKLM, 2010). Sie bieten eine „natürliche“ Lösung zur Verlängerung der Haltbarkeit von Produkten, welche sehr leicht verderblich sind, chemische Konservierung aber nicht möglich ist oder vom Konsumenten nicht akzeptiert wird.

Schutzkulturen finden Anwendung als kontrollierte Mikroflora, während Bacteriocine als antimikrobiotische Stoffe eingesetzt werden können. Da Milchsäurebakterien Teil der natürlichen Mikroflora sind, wird von manchen Forschern postuliert, dass ihr Einsatz als Schutzkultur vom Konsumenten akzeptiert wird und das „frisch und gesunde“ Image von Lebensmitteln nicht zerstört (Rodgers, 2003).

Allgemeine Beispiele für die Anwendung der Biokonservierung mit Schutzkulturen sind alle frischen Produkte, nicht oder wenig verarbeitete Produkte, sous vide Produkte, oder Produkte, welche nur gekühlt (statt tiefgekühlt) gelagert werden sollen.

Einige Studien über die Anwendung von Schutzkulturen in nicht fermentierten Lebensmitteln wurden für folgende Lebensmittel durchgeführt: faschiertes Rindfleisch, Hühnerfleisch, Krabbenfleisch, Milch, Flüssigei, Fisch, kühl gelagerte Erbsensuppen, Fertiggemüse, Hühnchen-, Thunfisch- und Krabbensalat (Rogers, 2008). Die Anwendung in Milchprodukten wird von Beshlovka und Frengova (2012) zusammengefasst.

Rodriguez et al. (2014) untersuchten den Einsatz von Schutzkulturen, welche Proteine mit antifungaler Wirkung bilden, in iberischem, getrockneten Schinken. Dieses Produkt ist sehr anfällig gegenüber Ochtratoxin A Kontamination. Die Anwendung von Schutzkulturen innerhalb eines angepassten HACCP-Konzeptes zeigte ein sehr hohes Potential Ochtratoxin A Kontamination zu verhindern, ohne die übliche Herstellungsmethode des getrockneten Schinkens negativ zu beeinflussen.

Settanni und Corsetti (2008) schlagen die Anwendung von Schutzkulturen und Bacteriocinen für

zahlreiche pflanzliche Lebensmittel vor. Neben fermentierten Lebensmitteln (Oliven, Sauerteig, Miso, Sauerkraut) beschreiben sie die Anwendung auch für nicht fermentierte Lebensmittel wie kühl gelagerte Essiggurken, Mungobohnensprossen, Sojamilch, Tofu (Schillinger et al., 2001), Frucht- und Gemüsesäfte sowie Dosengemüse. Verschiedenste (bacteriocinogene) Schutzkulturen sollen hier vor allem gegen Listerien effektiv sein, aber auch andere Keime werden wirksam im Wachstum verzögert. In Kartoffelpüree wurde die Wirkung von Nisin (isolierte Zugabe) auf das Wachstum von *Bacillus* und *Clostridium* untersucht. Eine Zugabe von 6,25 µg Nisin /g gekochtem Kartoffelpüree konnte die Pathogene zwischen 27 Tagen (*Bacillus*) und 58 Tagen (*Clostridium*) bei einer Lagerungstemperatur von 8° C verzögern. Nisin war auch nach der Pasteurisation in ausreichender Menge vorhanden.

Crowley et al. (2013) beschreiben den Effekt von Schutzkulturen (Milchsäurebakterien) gegen Schimmelpilze als vielversprechend. Die produzierten Metaboliten, die hier Wirkung zeigten, waren die organischen Säuren (Milchsäure, Essigsäure, Propionsäure, etc.), (kurzkettige) Fettsäuren (die Kettenlänge schien entscheidend zu sein: Capronsäure wirkte gegen *Fusarium graminearum*), Phenylmilchsäure, Carboxysäuren, Reuterin (gegen *Candida albicans* und *Aspergillus flavus*, etc.), zyklische Peptide, Bacteriocine und Lacton.

Eine weitere mögliche Anwendung von Schutzkulturen könnte im Catering Bereich liegen. Aufgrund der zunehmenden Entkoppelung der Mahlzeitenzubereitung vom Konsum in der Außer Haus-Verpflegung entsteht ein „Zeitraum“, während dem angebotene Fertigmahlzeiten sehr leicht verderben. Diese Speisen sind sozusagen „ungeschützt“. Im Bereich des Caterings sind chemische Konservierungsmittel nicht einsetzbar und physikalische Methoden (wie thermische Behandlung, Bestrahlung oder Hochdruckbehandlung) nicht oder nur sehr schwer umsetzbar (apparativer Aufwand, teuer, sensorische Einbußen). Daher sind hier der Einsatz von Schutzkulturen (welche im Lebensmittel Bacteriocine bilden können) oder die Einbringung von isolierten Bacteriocinen eine Möglichkeit. Traditionelle oder „offene“ Koch/Kühloperationen sind sehr anfällig gegenüber *Listeria monocytogenes*, ein Mikroorganismus, der auch unter Kühlbedingungen zum Wachstum fähig ist (Rodgers, 2008). Rodgers (2003) untersuchte die Vermeidung von Botulismus in *sous vide*-Produkten mit Bacteriocine bildenden Schutzkulturen. Wenn hohe Mengen an Nisin produzierenden *Lactococcus lactis ssp lactis* und Pediocin A produzierenden *Pediococcus pentosaceus* Kulturen *sous vide*-Produkten zugegeben wurde, konnte die Menge an *Clostridium botulinum* auf ein nicht mehr nachweisbares Niveau gesenkt werden. Es wurden in dieser Studie keine isolierten Bacteriocine zugesetzt, diese wurden erst von den Schutzkulturen im Lebensmittel gebildet und übten dann in Folge ihre bakteriostatische Wirkung aus. Nach Rogers (2003) konnten die von den Schutzkulturen gebildeten Bacteriocine wirksamer *sous vide*-Lebensmittel bei 10° C Lagerung schützen als die Zugabe von chemischen Konservierungsmitteln. Ein kommerzieller Einsatz dieser Methode ist aber bis jetzt nicht erfolgt (Rodgers, 2008).

1.7.4.4. Vorteile und Nachteile für die Anwendung von Schutzkulturen oder Bacteriocinen

Die Anwendung von (Bacteriocin-bildenden) Schutzkulturen könnte sich zu einer vielversprechenden Möglichkeit zur Haltbarkeitsverlängerung von Lebensmitteln entwickeln. Allerdings sind ihrer breiten Verwendung Grenzen gesetzt und gewisse Fakten müssen bei Ihrem Einsatz berücksichtigt werden. Im Folgenden werden die Vor- bzw. Nachteile von Schutzkulturen, sowie die durch Schutzkulturen gebildeten Bacteriocine, soweit aus der Literatur bekannt, beschrieben.

Vorteile

- Schutzkulturen sind sehr leicht handzuhaben, leicht dosierbar (keine eigene Apparatur notwendig) und leicht zu lagern (z.B. gefriergetrocknet).
- Schutzkulturen und ihre gebildeten Stoffwechselprodukte (u.a. Bacteriocine) beeinflussen die sensorischen Eigenschaften der Lebensmittel kaum.
- Produkte können anstatt tiefgefroren, nur gekühlt gelagert werden, und haben dadurch ein „natürlicheres“ Image.
- Schutzkulturen haben teilweise auch eine probiotische Wirkung
- Schutzkulturen bieten einen von der Temperatur beeinflussten Mechanismus an: Bacteriocine werden erst produziert, wenn das Produkt höheren Temperaturen ausgesetzt wird. Die Wirkung kann so gestaltet werden, dass die Schutzkulturen während der Lagerung nur dann arbeiten, wenn die Temperatur ansteigt (Rodgers, 2008).
- Isolierte Bacteriocine sind weniger hitzeanfällig als Schutzkulturen (Rodgers, 2008).

Nachteile

- Schutzkulturen und Bacteriocine sind sehr **wirkungsspezifisch**. Nicht jede Schutzkultur wirkt gegen jeden Keim in jeder Matrix (in diesem Falle Lebensmittel). Entgegen der chemischen oder physikalischen Konservierung ist der inhibitorische Effekt graduell. Die Bildungsrate von antibakteriellen Substanzen, die Zeit die notwendig ist, um ausreichende Menge von inhibitorischen Konzentrationen zu erreichen, muss daher berücksichtigt werden. Sie sollte auf jeden Fall schneller als die Bildungsrate von pathogenen MO oder deren Toxinen sein. Die pathogenen MO sollten schon inhibiert werden, bevor sie ein gewisses Toleranzlimit überschreiten. Diese Balance ist in einigen Fällen temperaturabhängig. Erschwerend kommt dazu, dass sich durch Temperaturänderung die Sensitivität der Pathogene und die Aktivität der Bacteriocine ändern können. Genaue Fall-zu Fall Studien (Auswahl der entsprechenden Schutzkultur) sind hier daher gefordert (Rodgers, 2003; Crowley et al., 2013).
- Die genaue Kenntnis der Wirkung einzelner Schutzkulturen/Bacteriocinen innerhalb der Lebensmittelmatrix ist notwendig: Zutaten mit antibakterieller Wirkung können synergistisch mit Schutzkulturen wirken, andere Stoffe wie z.B. Glucose, Hefe oder Biotin fördern die Bacteriocinproduktion. Auch antagonistische Wirkungen zwischen bacteriocinogenen Milchsäurebakterien wurden beschrieben (Rodgers, 2003). Insgesamt sind hier noch zu wenige Fakten bekannt und viele Studien notwendig. Es gibt daher bislang nur sehr wenige kommerziell erhältliche Schutzkulturen.
- Die Hitzeelabilität von Schutzkulturen (Lebendkulturen) ist ein wesentlicher Hinderungsgrund für die Kommerzialisierung dieser „natürlichen“ Biokonservierungsmethode, sie überstehen sehr oft Pasteurisation oder Heißabfüllprozesse nicht in ausreichender Konzentration. Abhilfe kann hier zum Beispiel Einkapselung oder Bildung von Liposomen sein, oder sie werden erst nach Ende der Prozesskette zugesetzt.
- Bacteriocine müssen in ausreichender Menge zugesetzt werden, unabhängig davon, wie das Produkt gelagert wird.

1.7.4.5. Ausblick

Zusammenfassend soll festgehalten werden, dass noch viele umfassende Studien zum Einsatz von Schutzkulturen und Bacteriocinen notwendig sind, um sie in großem Umfang in Lebensmitteln einsetzen zu können. Die Anwendung von Schutzkulturen und Bacteriocinen könnte sich aber zu einer vielversprechenden Möglichkeit zur Haltbarkeitsverlängerung von leicht verderblichen Lebensmitteln entwickeln. Aufgrund der Wirksamkeit von Schutzkulturen und Bacteriocinen und ihrer Abhängigkeit von der Lebensmittelmatrix wird es aber keine Schutzkulturen (oder Präparate) geben, die so wie Konservierungsmittel universell für alle Lebensmittel eingesetzt werden können.

1.8. Antioxidationsmittel und Stoffe und Maßnahmen, um diese zu ersetzen

1.8.1. Allgemeines

So wie bei den Konservierungsmitteln wird auch bei den Antioxidantien sehr intensiv daran geforscht, das Spektrum der als Zusatzstoffe erlaubten Antioxidanten durch in der Natur vorkommende Antioxidantien zu erweitern beziehungsweise zu ersetzen, um einen „*clean label*“ zu erreichen.

Potentiell weisen alle natürlichen oder synthetischen, phenolischen Verbindungen antioxidative Wirkungen auf. Polyphenole sind von Natur aus in allen pflanzlichen Rohstoffen in mehr oder weniger großen Mengen enthalten. Es gibt daher viele Quellen, aus denen natürliche Antioxidantien isoliert werden könnten. Insbesondere kommen hier Gewürzpflanzen, Obst, Gemüse und Getreide, sowie Neben- bzw. Restprodukte der Lebensmittelproduktion (z.B. Schalen, Kleie) in Frage.

Ein erfolgreiches, praktisches Einsatzbeispiel aus der Gruppe der Gewürze stammend ist der als Antioxidationsmittel eingesetzte Extrakt aus Rosmarin (siehe Kap. 1.3.7, Beispiel 3), welcher aber in der Zwischenzeit als Zusatzstoff geregelt ist (E 392).

1.8.2. „Natürliche“ Antioxidantien

Die Arbeiten und Publikationen über Antioxidantien, insbesondere über natürliche Antioxidantien sind praktisch unüberschaubar. Alleine seit dem Jahr 2010 finden sich in der Literaturliteraturdatenbank „Food Science and Technology Abstracts“ über 3.600 Zitate für dieses Gebiet.

Fleisch- und Fischprodukte sind besonders anfällig gegenüber oxidativen Verderbsreaktionen. Deshalb ist es auch verständlich, dass sich sehr viele Arbeiten mit dem Einsatz von natürlichen Antioxidantien in diesen Produktkategorien auseinandersetzen (Review-Artikel: Falowo et al., 2014; Maqsood et al., 2014; Shah et al., 2014). Shah et al. (2014) führen 42 pflanzliche Rohstoffe an, aus denen potentiell antioxidative Extrakte für den Einsatz im Fleischbereich gewonnen werden können. Dass dies nicht nur eine theoretische Angelegenheit ist, zeigt Table 2 aus der Arbeit dieser Autoren (Tab. 2.1.9). In dieser Tabelle werden zahlreiche, kommerziell schon verfügbare Extrakte angeführt. Unter den Produzenten finden sich auch einige europäische Firmen.

In Tab. 2.1.10 werden beispielhaft potentielle Rohstoffe aufgelistet, die in den letzten 5 Jahren in der Literatur als mögliche Quellen zur Gewinnung von natürlichen Antioxidantien beschrieben

werden. Interessant in dieser Aufstellung sind hier einerseits die Nutzung von Neben- und Restprodukten der Lebensmittelverarbeitung, sowie die Nutzung antioxidativ wirkender Peptide. Nachdem Peptid-Präparate mit großer Wahrscheinlichkeit als Lebensmittelzutaten gelten, sind sie trotz allfälliger antioxidativer Wirkungen nur als solche zu kennzeichnen.

Ähnlich wie bei den „natürlichen“ Konservierungsmitteln besteht auch hier die Möglichkeit antioxidative Substanzen in die Verpackung zu integrieren (⇒ Aktive Verpackung), wie das Beispiel von López et al. (2013) zeigt. Diese Autoren integrieren erfolgreich Polyphenole (z.B. Catechine, Quercetin) in Polypropylen. Die Polyphenole werden während der Lagerung freigesetzt und gehen in das Lebensmittel über. Gelten solche Stoffe als Zusatzstoffe sind klarerweise zusatzstoffrechtliche Bestimmungen auch in diesem Fall einzuhalten.

Name of extract	Trade name	Company	Meat/meat product tested	References
Grape seed extract	ActiVin™	InterHealth (Benicia, Calif., USA)	Ground beef	Ahn, Grun, and Fernando (2002)
	ActiVin	–	Beef sausages	Kulkarni, DeSantos, Kattamuni, Rossi, and Brewer (2011)
	Gravinol-S	–	Beef and pork	Brannan and Mah (2007)
	Gravinol Super™	–	Beef and pork patties	Rojas and Brewer (2007, 2008)
	Gravinol Super™	–	Frozen pork patties	Sasse, Colindres, and Brewer (2009)
	Gravinol Super™	Kikkoman (Tokyo, Japan).	Beef patties	Colindres and Brewer (2011)
	–	–	Ground goat meat	Rababah et al. (2011)
White grape extract	–	–	Beef frankfurters	Ozvural and Vural (2012)
	–	–	Restructured mutton slices	Reddy et al. (2013)
	–	–	Chilled beef patties	Jongberg et al. (2011)
Grape skin extract	–	Danisco A/S, Denmark	Pork patties	Nissen et al. (2004)
Pine bark extract	Pycnogenol®	Natural Health Science (Hillside, NJ, USA)	Ground beef	Ahn et al. (2002)
Green tea extract (Catechins)	–	New Kinglong Natural Products Co. Ltd, Hunan, China.	Pork sausages	Valencia, O'Grady, Ansorena, Astiasarán, and Kerry (2008)
Green tea extract	–	Nestle Research Centre, Lausanne, Switzerland.	Pork patties	Nissen et al. (2004)
Coffee extract	–	Nestle Research Centre, Lausanne, Switzerland.	Pork patties	Nissen et al. (2004)
Green coffee antioxidant	GCA®	Applied Food Sciences, LLC, Austin, Texas.	Pork sausages	Valencia et al. (2008)
Olive leaf extract	–	Guinness Chemicals (Ireland) Ltd. (Clonminam Industrial Estate, Portlaoise, Co. Laois, Ireland).	Beef, pork patties, pork sausages	Hayes, Stepanyan, Allen, O'Grady, and Kerry (2010), Hayes, Stepanyan, Allen, O'Grady, O'Brien, et al. (2010), Hayes, Stepanyan, Allen, O'Grady, and Kerry (2011)
Water-soluble oregano extract	Origanox™ WO	RAD Natural Technologies Ltd (Barrington Chemical Corp., Hamison, NY, USA)	Beef patties	Colindres and Brewer (2011)
	Origanox™ WS	RAD Natural Technologies Ltd., Barrington Chemical Corp., NY, USA.	Beef and pork patties	Rojas and Brewer (2007, 2008), Sasse et al. (2009)
Azuki bean extract	–	Cosmo Foods Co., Ltd., Tokyo, Japan.	Pork sausages	Jayawardana et al. (2011)
Rosemary oleoresin	Herbalox® Seasoning HT-25	Kalsec Inc., Kalamazoo, MI, USA.	Beef and pork patties	Rojas and Brewer (2007, 2008), Sasse et al. (2009), Colindres and Brewer (2011)
Rosemary extract	–	Kalsec Inc. (Kalamazoo, Mich., USA).	Ground beef	Ahn et al. (2002)
	FlavorPlus™ Ref # 050501	SharonBolel Chemical Marketing, South Africa.	Boerewors-South African fresh sausage	Mathenjwa, Hugo, Bothma, and Hugo (2012)
	Herbalox HT-25	Kalsec, Inc., Kalamazoo, MI, USA.	Irradiated ground beef patties	Movileanu, NunezdeGonzalez, Hafley, Miller, and Keeton (2013)
	Fortium™ R20	Kemin Americas, Inc., Des Moines, IA.	Pork sausage	Sebranek, Sewalt, Robbins, and Houser (2005)
Carob fruit extracts	–	Nestle Research Centre, Lausanne, Switzerland.	Pork patties	Nissen et al. (2004)
	Liposterine® Excenterol®	Exentia, Madrid, Spain.	Cooked pork	Bastida et al. (2009)

Tab. 2.1.9: Kommerziell erhältliche Antioxidantien pflanzlichen Ursprungs für Fleisch und Fleischprodukte (table 2 aus Shah et al., 2014).

Antioxidantienquelle	Untersuchte bzw. mögliche Einsatzgebiete	Anmerkungen	Literatur
Rückstände bei der Herstellung von löslichen Kaffee	generelle Eignungsprüfung		Panusa et al. (2013)
gerösteter Kaffee	faschieretes Rindfleisch	anstelle von teuren Rosmarinextrakt	Lin et al. (2015)
Rückstände der Olivenölproduktion	generelle Eignungsprüfung		González-Hidalgo et al. (2012)
Melasse aus Zuckerrohr und Zuckerrübe			Caderby et al. (2013) Valli et al. (2012)
Stevia-Blätter	Fruchtextrikte		Barba et al. (2014)
Pilzextrakte	generelle Eignungsprüfung		Smolaskaite et al. (2015)
Peptide aus ent fetteten Walnüssen	generelle Eignungsprüfung	hergestellt durch Abbau mit Pankreatin	Gu et al. (2015)
Peptide aus Proteinhydrolysaten von Pangasius-Protein	generelle Eignungsprüfung		Najafian & Babij (2015)
Peptide aus Zein-Proteinfraktionen	generelle Eignungsprüfung		Tang & Zhuang (2014)
Mit Schimmelpilzen fermentiertes Getreide	generelle Eignungsprüfung		Dey & Kuhad (2014)
Chitooligosaccharide	generelle Eignungsprüfung	hergestellt durch enzymatischen Abbau von Chitosan	Sinha et al. (2012)

Tab. 2.1.10: Beispiele potentieller Rohstoffe zur Gewinnung natürlicher Antioxidantien in den letzten fünf Jahren

1.9. Emulgatoren und Stoffe und Maßnahmen, um diese zu ersetzen

Ähnlich wie bei allen anderen Zusatzstoffklassen spielt auch bei den Emulgatoren das Erreichen eines "clean labels" eine immer größere Rolle, also der Ersatz deklarationspflichtiger Emulgatoren durch deklarationsfreie Zutaten mit emulgierender Wirkung. Seit dem FIAP-Report von 2009 (Berghofer, 2009) sind hier vor allem im Bereich der emulgierenden Proteine wesentliche Fortschritte festzustellen.

1.9.1. Emulgierende Proteine

Die Nutzung der oberflächenaktiven Eigenschaften vor allem von globulären Proteinen, ist eine schon lange bekannte und auch in der Küchentechnik vielgenutzte Technik (z.B. Aufschlagen von Eiweiß). Aufgrund der Vielfalt der chemischen Struktur von Aminosäuren besteht eine Proteinkette abwechselnd aus hydrophilen und hydrophoben Bereichen. Nach Auflösung der komplexen Proteinstruktur, also nach Denaturierung, könne sich die Proteinketten an Phasengrenzflächen anordnen bzw. in Grenzflächen einlagern. Die streng hydrophoben Stücke der Proteinkette ragen in die lipophile/hydrophobe Phase, die rein hydrophilen Kettenbereiche dagegen in die hydrophile/lipophobe Phase. In gleicher Weise lagern sich alle anderen Emulgatoren in Grenzschichten ein (Abb. 2.1.21).

Proteine mit guten, grenzflächenaktiven Eigenschaften können daher als Ersatz für niedermolekulare Emulgatoren genutzt werden, um Emulsionen, Schäume usw. leichter herstellen zu können und die entstehenden grobdispersen Lebensmittelsysteme zu stabilisieren.

Schon lange ist bekannt, dass Eiweiß (Eialbumin), Milchproteine (Casein und Molkenproteine), Leguminosenspeicherproteine (z.B. aus Sojabohnen) besonders gute emulgierende Eigenschaften haben.

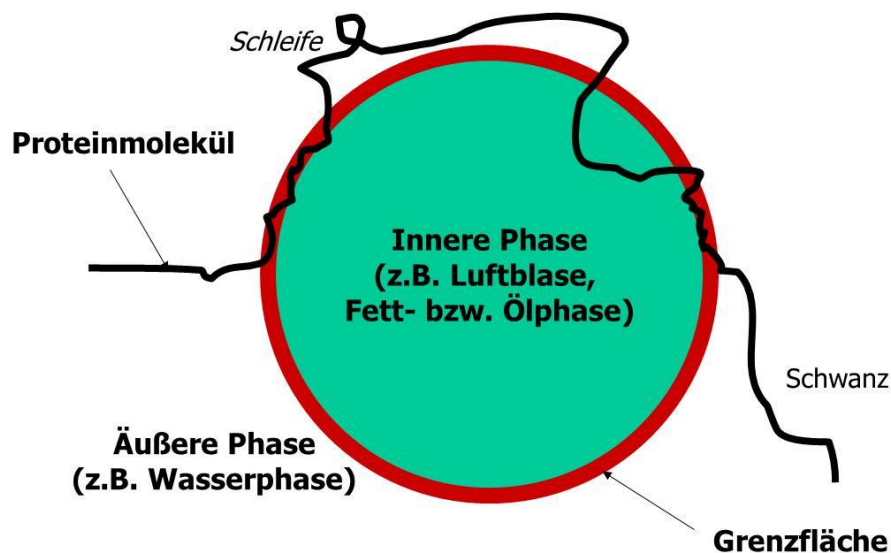


Abb. 2.1.21: Schematisierte Verteilung von oberflächenaktiven Proteinmolekülsegmenten an Grenzflächen

Die grenzflächenaktiven, also emulgierenden Eigenschaften von Proteinen hängen von mehreren Faktoren ab:

1. In der primären Proteinkette müssen abwechselnd sowohl hydrophile als auch hydrophobe Bereiche vorkommen.
2. Die (globulären) Proteine müssen entweder durch Hitze- oder Säureeinwirkung entfaltet, also denaturiert werden.
3. Die entfalteten Proteine müssen durch Diffusion an die Phasengrenzfläche heran gelangen können.

Zur bestmöglichen Erfüllung dieser drei Voraussetzungen werden nun neue Erkenntnisse und neue lebensmitteltechnische Verfahren genutzt (Adjonu et al., 2014; Lam & Nickerson, 2013; Nishinari et al., 2014).

1.9.1.1. Proteinhydrolyse

Je kleiner ein Proteinmolekül ist, umso größer ist seine Diffusionsgeschwindigkeit. Damit kann das Molekül rasch in die Phasengrenzfläche heran diffundieren und seine Wirksamkeit entfalten. Allerdings können durch eine zu hohe und unkontrollierte Hydrolyse die emulgierenden Eigenschaften beeinträchtigt oder aufgehoben werden. Die Teilhydrolyse muss deshalb so erfolgen, dass die Proteinlöslichkeit erhöht wird, und die vor allem im Inneren eines globulären Proteins liegenden hydrophoben Bereiche freigelegt werden. Das lässt sich durch eine zielgerichtete enzymatische

Hydrolyse erreichen (Adjonu et al., 2014; Lam & Nickerson, 2013).

Eine weitere Verbesserung der funktionellen Eigenschaften kann dann durch Fraktionierung der Proteinhydrolysate mittels Membrantrennverfahren oder chromatographischer Methoden erreicht werden. Dabei werden niedermolekulare Peptide abgetrennt und hydrophobe Peptide angereichert.

1.9.1.2. Nanoemulsionen und Nanodispersionen

Nanosysteme können dazu benutzt werden, um emulgierende Protein(hydrolysate) leichter und besser in Lebensmittel einbringen zu können. Die Herstellung von Nanoemulsionen gehört bereits zum Stand der Technik und kann durch Microfluidisation, Ultraschalltechnik oder Membranemulgierung erfolgen. Nanoemulsionen weisen Tröpfchengrößen im Bereich von 10-200 nm auf und sind im Gegensatz zu Makroemulsionen transparent.

1.9.1.3. Multifunktionalität von Peptiden

Proteinhydrolysate bzw. Peptide können neben ihren emulgierenden und antioxidativen Eigenschaften (siehe Kap. 1.8.2 – Antioxidantien) auch bioaktive Eigenschaften aufweisen. Beispielsweise wurde gefunden, dass einige Peptidsequenzen, welche für die emulgierenden Eigenschaften verantwortlich sind, eine blutdrucksenkende Wirkung (ACE-Hemmer) besitzen (Gauthier & Pouliot, 2003).

1.9.1.4. Wechselwirkungen von emulgierenden Peptiden mit Polysacchariden und konventionellen Emulgatoren

Durch die Erhöhung der Viskosität in der äußeren Wasserphase können Verdickungsmittel (Hydrokolloide, meistens Polysaccharide) Emulsionen stabilisieren, indem sie die Aggregation der kleinen Öltröpfchen verhindern oder zumindest vermindern. Polysaccharide können aber darüber hinaus auch elektrostatische Wechselwirkungen mit emulgierenden Proteinen eingehen. Sie formen mit diesen an der Phasengrenzfläche Koacervate, wodurch eine sehr stabile Emulsion entsteht. Sehr gut untersucht in dieser Hinsicht wurde in den letzten Jahren die Wechselwirkung von löslichen Soja-Polysacchariden (siehe Kap. 1.11 – Hydrokolloide) und Soja-Proteinisolaten (Tran & Rousseau, 2013; Yin et al., 2012).

1.9.1.5. Kennzeichnung von emulgierenden Peptiden

Wie bereits in Kap. 1.8 angemerkt, sind Proteinhydrolysate bzw. Peptide prinzipiell Lebensmittel beziehungsweise Lebensmittelzutaten und damit in der Lebensmittelzutatenliste anzuführen. Gegebenenfalls ist ein Antrag auf Zulassung als Novel Food zu stellen. Falls die biofunktionellen Eigenschaften ausgelobt werden sollen, ist dafür ein entsprechender Health Claim zu beantragen.

1.10. Geschmacksmodulierer, Geschmacksverstärker, Geschmackswandler und Geschmacksblocker

1.10.1 Allgemeines

Wie schon im FIAP-Report (Berghofer, 2009) ausgeführt wurde, widmet sich die Forschung immer intensiver den sehr wohl existierenden echten Geschmacksverstärkern, Geschmacksmodulierern, Geschmackswandlern und Geschmacksblockern.

Die Möglichkeiten und neuen Erkenntnisse, um den Süßgeschmack zu beeinflussen, wurden bereits in Kap. 1.5.3 abgehandelt.

Prinzipiell kann eine Geschmacksmodulation entlang der gesamten Kette der Entstehung von Geschmackswahrnehmungen erfolgen. Dadurch erschließen sich folgende Möglichkeiten nach Dürrschmid (2009) und (2012):

- a) Modulation auf der Ebene der Reizmoleküle
- b) Modulation auf der Ebene der Reizaufnahme und Signalentstehung (physiologische Modulation) (z.B. Bitterblocker)
- c) Modulation auf der Ebene der Signalleitung und der Signalverarbeitung (andere Sinneswahrnehmungen, körperliche, kognitive und emotionale Zustände) [psychologische Modulation bzw. CNM (*central nervous modulation*)].

Das schwierigste Gebiet, wo auch die wenigsten wissenschaftlich gesicherten Daten und Erkenntnisse vorliegen, ist zweifelsohne die Modulation der Reize des zentralen Nervensystems.

Auf dieser Ebene kommen auch Wechselwirkungen zwischen gustatorischen (ausgelöst durch Geschmacksstoffe) und olfaktorischen Reizen (ausgelöst durch Aromastoffe) zum Tragen. Beispiele für solche bimodale Interaktionen sind die Verstärkung des Salzgeschmacks durch gewisse Aromastoffe, oder die Verstärkung des Süßgeschmacks durch Aromastoffe (z.B. Vanillin, Maltol).

1.10.2. Umami- und Kokumigeschmack

In den Jahren 2001-2003 wurde entdeckt, dass sowohl für die Wahrnehmung des Süßgeschmacks als auch für den Umamigeschmack sogenannte G-Proteine verantwortlich sind, die in der Membran der Geschmackssinneszellen lokalisiert sind (Zhao et al, 2003). An solche G-Protein-Rezeptoren docken die Schlüsselsubstanzen für den Süß-, Umamigeschmack und Bittergeschmack an und lösen die entsprechenden Geschmacksempfindungen aus. Schlüsselsubstanzen für den Umamigeschmack sind Glutamat, seine Salze, Ribonucleotide und Peptide. Es handelt sich also primär eindeutig um geschmacksgebende Stoffe und nicht um geschmacksverstärkende Stoffe, wie das in der EU-Gesetzgebung impliziert wird. Sie lösen eine eigene Grundgeschmacksrichtung aus.

Eine wichtige Erkenntnis zur Geschmackswahrnehmung und –beeinflussung war die Entdeckung im Jahr 2008, dass sich calciumsensitive Rezeptoren (*calcium sensing receptors – CaSR*) auch auf der Zunge befinden (Bramen, 2010). Der *CaSR* ist ein membranständiges Rezeptorprotein ebenfalls aus der Gruppe der G-Proteine. Zellen mit diesem Rezeptoren finden sich in vielen Geweben des menschlichen Körpers (z.B. Nieren, Leber, Herz, Verdauungstrakt) und dienen zur Regulierung des Calciumspiegels (Oshu et al., 2010).

Auf der Zunge tragen diese Calciumrezeptoren ganz wesentlich zum Geschmackempfinden und zur Geschmackverstärkung bei. Substanzen, die an diesen Rezeptor andocken können, sind neben Calcium beispielsweise Glutathion (GSH, γ -L-Glutamyl-L-cysteinylglycin, ein Tripeptid, aus den drei Aminosäuren Glutaminsäure, Cystein und Glycin), Protamine (basische Peptide) und L-Histidin (Aminosäure). Diese Schlüsselsubstanzen sind selbst geschmackslos, in der Gegenwart von geringen Mengen an Umamisubstanzen (z.B. Glutamat) verstärken sie aber deren Geschmack synergistisch (Oshu et al., 2010, Zagorsky, 2010). Wie diese synergistische Wirkung mit den Geschmacksinneszellen erfolgt ist noch nicht völlig geklärt. Jedenfalls sind aber Umamisubstanzen in diesem Zusammenhang keine Geschmacksverstärker, sondern im Gegenteil ihr Geschmack wird verstärkt.

Stoffe, die an *CaSR* auf der Zunge binden, können nicht nur den Umami-Geschmack, sondern auch den Süß- und Salzgeschmack verstärken. Der dadurch sich ergebende "vollmundige", "herzhafte" Geschmack von Speisen wird mit dem japanischen Wort **Kokumi** bezeichnet. Es beschreibt den vollmundigen Geschmack von Nahrungsmitteln, der beispielsweise von lang gereiftem Käse, einer über Stunden gekochten Hühnerbrühe oder Großmutter's Eintöpfen und Pasteten bekannt ist (Ajinomoto, 2014). Abb. 2.1.22 zeigt in schematischer Weise, wie Kokumisubstanzen zu einem harmonischen Geschmacksgesamteindruck beitragen können.

Hefeextrakt ist reich an dem Kokumi-Geschmacksverstärker Glutathion. Das erklärt auch, warum diese Alternative für deklarationspflichtige Umamisubstanzen so gut ankommt. Die Firma Ajinomoto nutzt die Kenntnisse bezüglich der Kokumisubstanzen bereits zur Entwicklung entsprechender Würzmittel (Ajinomoto, 2014). Es darf angenommen werden, dass in Zukunft auf dem Gebiet des Kokumigeschmacks weiter intensiv geforscht wird, und neue geschmacksverstärkende Substanzen und Substanzgemische auf den Markt kommen werden.

Proteinhydrolysate aus den verschiedensten Quellen sind bekanntlich reich an Umami-Substanzen. Stromeck und Gänzle (2011) haben nun gefunden, dass mit ausgewählten Milchsäurebakterien im Verlauf einer Sauerteigfermentation aus den Getreideproteinen freies Glutamat gebildet werden kann. Durch Zugabe von Proteasen lässt sich diese Bildung weiter erhöhen, weil sich Peptide als Ausgangssubstrat für die mikrobielle Umwandlung zu Glutamat besser eignen. Die Autoren sehen eine gute Möglichkeit zur Gewinnung von Würzmitteln aus so einem fermentierten Sauerteig (Stromeck und Gänzle, 2011). Ähnliches gilt auch für einen Extrakt aus getrockneten Shiitake-Pilzen (Dermiki et al., 2013).

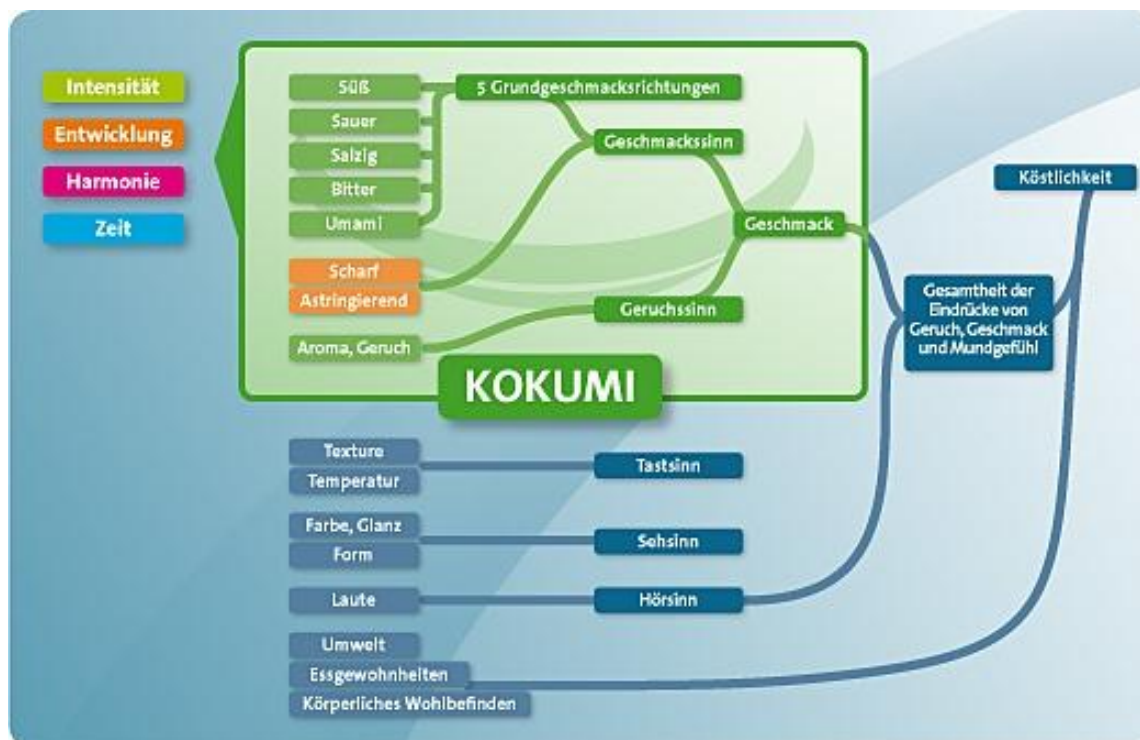


Abb. 2.1.22: Schematische Darstellung der Entwicklung des Kokumi-Gesamtgeschmacks-eindrucks (Ajinomoto, 2014)

1.10.3. Salzgeschmack

Eine Geschmackssinneszelle reagiert auf die Stoffe im Speichel in verschiedener Weise, je nachdem, welche der klassischen Geschmacksqualitäten mit ihr in Berührung kommen. Bei Bitter-, Süß- und Umamistoffen erkennen die Geschmackssinneszellen die jeweiligen Stoffe durch spezielle Proteine (G-Rezeptorproteine) auf ihren Sinnesfingern. Dabei gelangen die Geschmacksstoffe selbst nicht in die Zelle.

Bei salzigen und sauren Substanzen lösen typischerweise deren Ionen die Empfindung aus. Diese Ionen gelangen teilweise durch Ionenkanäle in den Sinnesfingern direkt in die Zellen, oder sie verändern das Verhalten von Membrankanälen für andere Ionen (Markoleskee & Smith, 2001).

Salzersatzmittel sind daher ebenfalls ionogene Substanzen (anorganische und organische Salze) (Toldrá & Barat, 2012). Um deren teilweise bitteren oder metallischen Beigeschmack zu maskieren, werden oft Flavor-Stoffe zugesetzt, wie Süßholzwurzelextrakt oder Stevioside.

Eine andere Strategie um den hohen Salzkonsum zu verringern, ist der Einsatz von **Salzgeschmacksverstärkern** (Toldrá & Barat, 2012). Diese bestehen aus Mischungen anorganischer Salze

in Kombination mit Salzen organischer Säuren und Aminosäuren und deren Salzen. Als Geschmacksverstärker eignen sich generell auch Proteinhydrolysate (Eiprotein- und Gelatinehydrolysate), oder geringe Mengen an Glutaminsäure, freies Lysin, freies Arginin und Ammoniumphosphat.

Das Morchelglycosid (S)-Morelid ist ebenfalls in der Lage den Salzgeschmack zu verstärken. Das gleiche gilt für das Maillardprodukt Alapyriadin, welches nicht nur den Salzgeschmack, sondern

auch den Süßgeschmack verstärken kann (Dürschmid, 2009).

Anscheinend handelt es sich also bei allen Salzersatzmitteln und alle Salzgeschmacksverstärkern um ionogene Substanzen. Darunter fallen auch Umami-Substanzen. Letztere haben daher über ihre primäre Umamigeschmacksauslösung hinaus Wechselwirkungseffekte mit dem Salzgeschmack, ähnlich wie Wechselwirkungen zwischen dem Süß- und Bittergeschmack. Im letzteren Fall ist das auf Strukturähnlichkeiten bei den aktiven Zentren von Süß- und Bitterstoffen zurückzuführen. Durch geringe Molekülveränderungen kann ein bitterer Stoff plötzlich zum Intensivsüßungsmittel werden (Bitterstoff Flavonoid Neohesperidin \Rightarrow Intensivsüßungsmittel Neohesperidin-Dihydrochalkon), weil er sozusagen nun in das „Schloss“ für den Bitterrezeptor passt.

Worauf die Wechselwirkungen beziehungsweise synergistischen Wirkungen zwischen Salz- und Umamigeschmack beruhen, scheint noch nicht völlig geklärt zu sein. Vielleicht sind hier ähnliche Mechanismen verantwortlich, wie sie zwischen den Umami-Substanzen und den Kokumi-Substanzen bestehen (siehe Kap. 1.10.1). In diesem Fall sind ebenfalls ionogene Sensoren beteiligt. Die Frage ist, ob Umamisubstanzen den Salzgeschmack verstärken oder umgekehrt, oder ob einfach eine gegenseitige Beeinflussung stattfindet. Jedenfalls lassen sich durch eine Kombination von Salz- und Umamisubstanzen die Konzentrationen der Einzelsubstanzen verringern.

Das zwischen Kokumisubstanzen, Umamisubstanzen und den Stoffen, die einen Salzgeschmack auslösen können, Wechselwirkungen existieren, zeigen auch die Ergebnisse von Hong et al. (2012). Diese Autoren berichten, dass die Kokumisubstanz Glutathion-Xylose, eine Maillardreaktionsprodukt, sowohl den Umamigeschmack als auch den Salzgeschmack verstärken kann.

1.10.4. Fettgeschmack

Im Gegensatz zu Kohlenhydraten und Proteinen, deren Monomere (Zucker respektive Aminosäuren) durch spezielle Geschmacksrezeptoren erkannt werden, wurde bis jetzt die dritte Makrokomponente in unserer Nahrung, das Fett, nicht mit Geschmacksrezeptoren in Verbindung gebracht. Evolutionshistorisch betrachtet ist das eigentlich nicht logisch. Zucker- und Umamigeschmack (Proteingeschmack) erleichterten uns das Auffinden kohlenhydratreicher (energiereicher) und proteinreicher Nahrung. Warum sollten wir also für Fett bzw. Fettsäuren keine solchen Rezeptoren entwickelt haben. Bis vor wenigen Jahren wurde angenommen, dass Fett nur durch olfaktorische (Fette sind immer auch Träger von fettlöslichen Aromastoffen) und postingestive Reize wahrgenommen wird. In Ratten wurde dann nachgewiesen, dass diese in den Geschmacksinneszellen ein Rezeptorprotein für Fett beziehungsweise Fettsäuren besitzen. Galindo et al. (2014) fanden nun den bei Ratten gefundenen Proteinrezeptor für Fett auch in menschlichen Geschmacksknospen. Das ist zwar noch kein endgültiger Beweis für eine sechste Grundgeschmacksrichtung, weil dafür erst bewiesen werden muss, ob und wie ein durch diesen Fett-Rezeptor ausgelöstes Signal als Geschmackssignal an das Gehirn weiter geleitet wird. Es ist aber ein starker Hinweis.

Sollte also in Zukunft diese sechste Grundgeschmacksrichtung nachgewiesen werden, eröffnen sich Möglichkeiten zur deren Intensivierung und Beeinflussung.

1.10.5. Bittergeschmack

Nur 25 verschiedene Bittergeschmacksrezeptoren sind ausreichend um zehntausende, chemisch ganz unterschiedlich aufgebaute natürliche und synthetische Bitterstoffe wahrzunehmen. Die

Entwicklung eines Bittergeschmacks spielte in der menschlichen Evolution eine große Rolle, weil er als Warnhinweis auf schädliche und toxische Stoffe in den Nahrungsmitteln diente. Deshalb ist der Bittergeschmack in den meisten Fällen unerwünscht. Nur bei wenigen Lebensmitteln wird er akzeptiert (z.B. Kaffee, Kakaoprodukte, Bier, Spirituosen).

In der lebensmitteltechnischen Praxis geht es daher nicht darum, den Bittergeschmack zu verstärken, sondern diesen zu vermindern oder zu blockieren. Da viele bittere Stoffe mit den unterschiedlichsten chemischen Strukturen existieren, ist das aber gar nicht so leicht. Ley (2008) beschreibt sieben prinzipielle Strategien zur Reduzierung des Bittergeschmacks:

- a) Entfernung der Bitterstoffe
- b) Physikalische Barrieren: Verkapselung, Beschichtung, Emulsionen, Suspensionen
- c) Bindung durch Komplexbildung
- d) Einsatz von Geschmacks- und Aromakomponenten, wie z.B. Salz, Zucker, Säuren, intensive Fruchtaromen
- e) Einsatz von kongruenten Aromen: z.B. Kaffee, Schokolade, Grapefruit
- f) Einsatz von maskierenden Flavours
- g) Einsatz von modulatorisch wirkenden Substanzen, die Bitterstoffe inhibieren oder blockieren.

Hinsichtlich der letzten Möglichkeit wird sehr intensiv geforscht. Prinzipiell sind folgende, modulatorisch wirkende Substanzen vorstellbar (Dürschmid, 2009):

- Antagonisten bzw. (Bitter)-Blocker der T2R-Andockstellen (⇒ Rezeptorprotein)
- Modulatoren der T2R-Andockstellen
- Modulatoren anderer Proteine, die in der Signalentstehung involviert sind.
- Modulation von Ionenkanälen
- Substanzen, welche die Freisetzung, das Binden oder die Wiederaufnahme der Neurotransmitter (Bitterstoffe) beeinflussen.
- Modulatoren der Signallöschung, z.B. Reaktivierung der G-Proteine oder Rezeptoren

Durch den Einsatz von besonderen Zellkulturverfahren mit menschlichen Zellen können heute sehr rasch tausende Substanzen auf ihre Fähigkeit geprüft werden, menschliche Bittergeschmackssensoren zu blockieren (Meyerhof & Slack, 2010). Es gibt auch schon praktische Erfolge. Firmen, die auf diesem Gebiet sehr intensiv forschen, sind die Fa. Senomyx (Senomyx, 2014) und die Fa. Givaudan Flavors Corporation (Slack et al., 2010). Beide Firmen konnten jeweils einen Bitterblocker finden, der den bitteren Nebengeschmack von Süßstoffen blockieren kann.

Bitterblocker wirken nur spezifisch auf einen oder einige Bitterstoffe. Deshalb sind wahrscheinlich in Zukunft eine Vielzahl an Bitterblockern erforderlich, um alle Probleme mit Bitterstoffen lösen zu können.

1.10.6. Definitionen und rechtliche Aspekte bezüglich der Einordnung von Geschmacksmodulierern, Geschmacksverstärkern, Geschmackswandlern und Geschmacksblockern

Die EU Gesetzgebung tut sich sehr schwer, die neuen Entwicklungen und die immer neu dazu kommenden Stoffe in diesem Gebiet entsprechend zu regeln. Nicht zuletzt deswegen, weil bei den bisherigen Regelungen bezüglich Zusatz- und Aromastoffen - aus welchen Gründen auch im-

mer - naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Tatsachen teilweise nicht berücksichtigt wurden. Diese Aussage betrifft folgende Punkte:

In der Verordnung(EU) 1333/2008 werden Zusatzstoffe folgendermaßen definiert:

Artikel 3

Begriffsbestimmungen

(2) Für die Zwecke dieser Verordnung gelten ferner folgende Begriffsbestimmungen:

a) „Lebensmittelzusatzstoff“: ein Stoff mit oder ohne Nährwert, der in der Regel weder selbst als Lebensmittel verzehrt noch als charakteristische Lebensmittelzutat verwendet wird und einem Lebensmittel **aus technologischen Gründen** bei der Herstellung, Verarbeitung, Zubereitung, Behandlung, Verpackung, Beförderung oder Lagerung **zugesetzt wird**, wodurch er selbst oder seine Nebenprodukte mittelbar oder unmittelbar zu einem Bestandteil des Lebensmittels werden oder werden können.

Eine technologische Begründung für Zusatzstoffe, die aus rein organoleptischen Gründen eingesetzt werden (z.B. Intensivsüßungsmittel, Farbstoffe), lässt sich aus naturwissenschaftlicher Sicht nur sehr schwer finden. Folgerichtig werden daher in der "Zusatzstoff"-Definition der Codex Alimentarius Commission (*General Standard for Food Additives 192-1995*) auch organoleptische Zwecke inkludiert:

2. DEFINITIONS

*Food additive means any substance not normally consumed as a food by itself and not normally used as a typical ingredient of the food, whether or not it has nutritive value, the intentional addition of which to food **for a technological (including organo-leptic) purpose** in the manufacture, processing, preparation, treatment, packing, packaging, transport or holding of such food results, or may be reasonably expected to result (directly or indirectly), in it or its byproducts becoming a component of or otherwise affecting the characteristics of such foods.*

In der Verordnung (EU) 1333/2008 finden sich organoleptische Zusatzstoff-Funktionsklassen, die Grundgeschmacksrichtungen auslösen können bzw. färben:

1. Säuerungsmittel (Grundgeschmacksrichtung SAUER)
7. Farbstoffe
12. Geschmacksverstärker (Grundgeschmacksrichtung UMAMI)
22. Süßstoffe (Grundgeschmacksrichtung SÜSS)

Wie schon oben ausgeführt, sind die in die 12. Funktionsklasse eingeordneten Umami-Substanzen primär keine Geschmacksverstärker, sondern Geschmacksstoffe. Es fehlen also zwei Grundgeschmacksrichtungen bei den Zusatzstoffklassen, nämlich SALZIG und BITTER. Salz ist ein Lebensmittel. Allerdings finden sich einige, auch für einen Salzersatz einsetzbare Stoffe in anderen Funktionsklassen (z.B. E 508 - Kaliumchlorid). Für Bitterstoffe gibt es keine entsprechende Funktionsklasse in dieser Verordnung. Bitterstoffe werden in der Verordnung (EG) Nr. 1334/2008 über "Aromen und bestimmte Lebensmittelzutaten mit Aromaeigenschaften" (Aromenverordnung) geregelt.

Der Titel und die Definitionen der Aromenverordnung in der deutschen und englischen Fassung lauten jeweils:

Deutsch:

Verordnung (EG) Nr. 1334/2008 über **Aromen** und bestimmte Lebensmittelzutaten mit Aromaeigenschaften

Artikel 3: Begriffsbestimmungen

(2) Für die Zwecke dieser Verordnung gelten ferner folgende Begriffsbestimmungen:

a) "**Aroma**": Erzeugnis,

i) das als solches nicht zum Verzehr bestimmt ist und Lebensmitteln zugesetzt wird, um ihnen einen **besonderen Geruch und/oder Geschmack** zu **verleihen** oder diese **zu verändern**:.....

b) „**Aromastoff**“: chemisch definierter Stoff mit Aromaeigenschaften

Englisch:

Regulation (EC) No. 1334/2008 on **flavourings** and certain food ingredients with flavouring properties

Article 3: Definitions

2. For the purposes of this Regulation, the following definitions shall also apply:

(a) **‘flavourings’** shall mean products:

(i) not intended to be consumed as such, which are added to food in order to **impart or modify odour and/or taste**:....

(b) **‘flavouring substance’** shall mean a defined chemical substance with flavouring properties;

Prinzipiell lassen sich Sinneseindrücke in folgende Sinnesmodalitäten gliedern (DIN 10950-1, 1999):

a) visuelle Eindrücke

b) olfaktorische Eindrücke

c) gustatorische Eindrücke

d) somatosensorische Eindrücke (Tastsinn, Temperatursinn, Schmerzsin)

e) auditive Eindrücke

ergänzt durch haptische Eindrücke, Konsistenz, Textur, Mundgefühl, Aroma, Flavour.

Laut DIN EN ISO 5492 (2009) ist Flavour als die „Gesamtheit der komplexen olfaktorischen, gustatorischen und trigeminalen Sinneseindrücke, die beim Verkosten wahrgenommen werden“ definiert.

Die Verordnung (EU) Nr. 1233/2008 (Zusatzstoffverordnung) regelt Stoffe, die ausschließlich gustatorische Eindrücke ergeben; die Verordnung (EU) Nr. 1334/2008 (Aromenverordnung) hingegen Stoffe, die sowohl olfaktorische als auch gustatorische Eindrücke vermitteln.

Olfaktorische Eindrücke werden durch Aromastoffe in den Sinneszellen des Riechepithels der Nase ausgelöst. Es ist hier nicht der rechtliche Begriff für einen Aromastoff gemeint, sondern der naturwissenschaftliche Begriff.

Ein **Aromastoff** im naturwissenschaftlichen Sinn ist eine chemische definierte Verbindung, die einen Sinneseindruck ergibt. Dieser wird sowohl von den direkt durch die Nase (⇒ Geruch) als auch von den indirekt beim Verzehr über die Mundhöhlen-Nasen-Passage (⇒ retronasaler Eindruck) zu den Geruchsrezeptoren gelangenden Stoffen ausgelöst. Um das zu ermöglichen, muss ein Aromastoff folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Merklicher Dampfdruck, um zu den Geruchsrezeptoren gelangen zu können. Das Molekulargewicht muss deshalb zwischen ca. 17 (Ammoniak) und 394 (Jodoform) liegen.
- Gewisse Wasserlöslichkeit um die Schleimhaut zu durchdringen
- Gewisse Lipophilität um die Zellmembran zu erreichen.

Gustatorische Eindrücke ergeben sich durch Geschmacksstoffe, die in den Geschmackssinneszellen auf der Zunge einer der fünf Grundgeschmackseindrücke (süß, sauer, salzig, umami, bitter) hervorrufen.

Geschmackstoff ist eine chemisch definierte Verbindung, die eine der fünf Grundgeschmacksrichtungen in den Geschmackssinneszellen auf der Zunge auslösen kann, oder trigeminale Reize im Rachenraum ergibt.

In der Praxis ergeben sich nun aus der Tatsache, dass Geschmackstoffe sowohl in der Zusatzstoffverordnung als auch in der Aromenverordnung geregelt werden, Einordnungsprobleme. Dies trifft vor allem dann zu, wenn es in weiterer Folge um die **Modulation** der olfaktorischen und gustatorischen Eindrücke geht. Folgende Modulationsarten lassen sich hier unterscheiden:

- Verstärkung (Intensivierung) existierender olfaktorische und gustatorischer Eindrücke (⇒ **Geschmacksverstärker**). Diese werden in beiden Verordnungen geregelt.
- Modifikation olfaktorische und gustatorischer Eindrücke (z.B. Veränderung des Eintretens und der Dauer eines Eindruckes; oder Maskierung, Unterdrückung oder Abschwächung eines Off-Flavors)
- Blockierung eines gustatorischen Eindruckes (⇒ **Geschmacksblocker**) (z.B. Bitterblocker)
- Umwandlung einer Grundgeschmacksrichtung (⇒ **Geschmackswandler**) (z.B. Wandlung des sauren Geschmacks in einen süßen Geschmack, z.B. durch die Substanz Miraculin). Derzeit haben solche Substanzen keine praktische Bedeutung.

Sowohl in den Gesetzen (Aroma: Erzeugnis, das Lebensmitteln einen besonderen Geruch und/oder Geschmack verleiht), als auch in der Umgangssprache (Ein Lebensmittel „schmeckt“ gut oder nicht gut.) werden die beiden Begriffe „Geschmack“ und „Aroma“ sowohl mit olfaktorischen als auch gustatorischen Eindrücken in Verbindung gebracht. Das gilt auch für den Begriff Flavor (*flavor*). Bei den Geschmacksmodulatoren ist die Zuordnung nicht eindeutig, zumal „Geschmacksverstärker“ bereits in der Verordnung über Lebensmittelzusatzstoffe geregelt sind. Die Europäische Kommission (European Commission, 2014) sah sich deshalb veranlasst, einen Leitfaden heraus zu geben, wie und wo nun Geschmacksmodulatoren durch welche Verordnung geregelt werden.

Gemäß diesem Leitfaden gibt es nur zwei Gruppen an Geschmacksmodulatoren, nämlich:

- „Aromastoffe“ mit modifizierenden (verändernden) Eigenschaften (*flavoring substances with modifying properties*)
- und Geschmacksverstärker (*flavor enhancer*).

In der deutschsprachigen Fassung wird der Begriff Aroma gleichgesetzt mit dem Begriff Flavor. Die beiden Gruppen werden folgendermaßen geregelt:

Aromastoffe mit modifizierenden Eigenschaften: Chemisch definierte Stoffe, die den Geschmack und/oder den Geruch eines Lebensmittels verändern, werden evaluiert, zugelassen und verwendet in Übereinstimmung mit der Aromenverordnung (EG) Nr. 1334/2008 (Abschnitt 2).

Geschmacksverstärker: Chemisch definierte Stoffe, die den Geschmack und/oder Geruch eines Lebensmittels um die beabsichtigten Nutzungstufen erweitern, werden evaluiert, zugelassen und verwendet in Übereinstimmung mit der Lebensmittelzusatzstoffverordnung (EG) Nr. 1333/2008 (siehe Abschnitt 3).

Die beabsichtigten Nutzungsmöglichkeiten für Geschmacksverstärker sind folgende:

- Sie verstärken den Geschmack und/oder Geruch eines Lebensmittels;
- und/oder sie erhöhen die allgemeine Wahrnehmung aller Flavoreigenschaften
- und/oder sie erhöhen einzelne Flavorwahrnehmungen so deutlich, dass diese aus dem Gleichgewicht in Bezug auf die anderen Flavor-Eigenschaften gerät.

Ob mit dieser Klarstellung seitens der EU-Kommission in Zukunft wirklich alle Entwicklungen auf dem Gebiet der geschmacks- und aromagebenden, sowie vor allem der modulierenden Substan-

zen und Methoden abgedeckt werden, darf bezweifelt werden. Eine eindeutige und klare Regelung kann wahrscheinlich nur erfolgen, wenn für jeden Stoff spezifiziert wird, wo und wie er in der Kaskade der Auslösung der diversen sensorischen Eindrücke angreift bzw. wirkt. Voraussetzung dafür wäre allerdings die Kenntnis dieser Vorgänge, die aber größtenteils noch nicht vorliegt.

1.11. Hydrokolloide

Hydrokolloide fallen unter die Zusatzstoffklassen "Geliermittel", "Stabilisatoren" und "Verdickungsmittel". Stofflich können sie in Proteine (Gelatine, Molkeproteine) und Oligo- und Polysaccharide gegliedert werden. Letztere wiederum können mikrobiellen oder pflanzlichen Ursprungs sein.

Neben ihren techno-funktionellen Eigenschaften, eben Verdickung, Gelbildung und Stabilisierung von Lebensmittelsystemen, haben viele auch ernährungsphysiologische Funktionen als lösliche und unlösliche Ballaststoffe, beziehungsweise als präbiotische Substanzen. Unter die ernährungsphysiologischen Funktionen könnte auch ihre Verwendung zur Herstellung von kalorienreduzierten Lebensmitteln eingeordnet werden, wobei hier ihre technologischen Eigenschaften (z.B. Wasserbindung) genutzt werden. Durch diese Multifunktionalität können kennzeichnungsrechtlich Probleme entstehen, wie unten ausgeführt wird.

Wie schon im FIAP-Report (Berghofer, 2010) angeführt wurde, besteht eine große Tendenz immer mehr solcher Stoffe auf den Markt zu bringen. Das trifft vor allem auf Präparate zu, die aus pflanzlichen Zellwänden gewonnen werden. Diese werden deshalb nachfolgend eingehender abgehandelt.

1.11.1. Pflanzliche Zellwandpräparate und Zellwandisolate

Es werden immer mehr Zellwandpräparate und Zellwandisolate aus pflanzlichen Rohstoffen hergestellt. Das ist leicht erklärbar, weil die Fülle an Rohstoffen unerschöpflich ist. Es kommt fast jedes pflanzliche Lebensmittel, sowie alle Rest- und Nebenprodukte bei deren Verarbeitung für eine Gewinnung in Frage. Darüber hinaus können auch Pflanzen oder Pflanzenteile (z.B. Weizenstrohfasern) genutzt werden, die normalerweise nicht als Lebensmittel dienen.

Die Hauptkomponenten der pflanzlichen Zellwände sind:

- **Cellulose** - chemisch gesehen eine einheitliche Substanz aus β -1,4-glycosidisch verknüpften Glucosemonomeren
- **Hemizellulosen** - In der Natur verbinden sie die Cellulosefibrillen zu einem stabilen Gerüst. Ihre chemische Grundstruktur ist sehr vielfältig und in jeder Pflanzenart unterschiedlich.
- **Pektin** hat die Aufgabe die pflanzliche Zellwand abzudichten und Zellen zu einem Zellverband zu verbinden. Die Grundstruktur ist eine Galcturonsäurekette, die einerseits mit Methanol verestert ist und andererseits viele mannigfaltige Seitenketten aufweist. Jede Pflanzenart hat unterschiedliche Seitenketten. Durch diese Seitenketten entsteht eine sehr komplexe Molekülstruktur.

Das menschliche Enzymsystem ist nicht in der Lage pflanzliche Zellwandbestandteile abzubauen.

Pektin kann teilweise durch die Darmbakterien gespalten werden.

Zum Beleg, dass immer mehr solche pflanzliche Zellwandpräparate und –isolate in den Handel kommen, sei eine Suchanfrage in der Suchmaschine bzw. Datenbank für Lebensmittelzusatzstoffe und –rohstoffe "PROSPECTOR" angeführt (<http://www.ulprospector.com/de/eu> bzw. <http://www2.ulprospector.com/prospector/>). Unter dem Stichwort „*fiber*“ finden sich unglaubliche **2.751 Treffer** in dieser Datenbank (<http://www.ulprospector.com/en/eu/Food>, Zugriff 17.11.2014).

Bei vielen der unter diesem Stichwort ausgewiesenen Substanzen ist schon im Handelsnamen der Begriff „*fiber*“ enthalten. Tab. 2.1.11 zeigt eine Auswahl einiger im Handel befindlicher Präparate und die jeweilige Rohstoffquelle.

Bezeichnung	Quelle
Apfelfaser	Trester nach Saftgewinnung
Bambusfasern	Fasserreiche Teile der Bambuspflanze
Baobabfasern	Baobab-Fruchtpulpe
Buchweizenfasern	Buchweizensamen
Chiafasern	Chisasamen
Cranberryfasern	Früchte
Erbsenfasern	Erbsenschalen
Gerstenfaser (β -Glucan)	Gerstenkörner
Ginsenwurzelfasern	Ginsengwurzel
Granatapfelfasern	Trester nach Saftgewinnung
Haferfasern (β -Glucan)	Haferkleie
Heidelbeeren	Trester nach Saftgewinnung
Hirsefasern	Hirseendosperm
Karottenfasern	Karotten
Kartoffelfasern	Kartoffelpülpe - Reststoff der Stärkegewinnung
Kichererbsenfasern	Kichererbsensamenendosperm
Kirschenfasern	Trester nach Saftgewinnung
Leinsamenfasern	Leinsamenkleie
Linsenfasern	Linsensamenendosperm
Lupinenfasern	Lupinensamen
Maisfasern	??
Mandelfasern	Mandelpresskuchen
Pflaumenfasern	Trester nach Saftgewinnung
Psylliumfasern	Samenschalen
Reiskleiefasern	Reiskleie
Sesamfasern	Pressrückstand der Sesamölgewinnung
Sojabohnenfasern	Sojabohneschalen
Sojabohnenfasern	Okara (Presskuchen bei der Sojamilchherstellung)
Sojabohnenfasern	Nebenprodukt bei der Gewinnung von Proteinisolaten
Tomatenfasern	Nebenprodukt der Tomatenmarkherstellung
Weinraubenfasern	Trester nach Saftgewinnung

Tab. 2.1.11: Auswahl von im Handel erhältlichen Zellwandfaserpräparaten (PROSPECTOR-Datenbank, 2015)

Diese Handelspräparate bestehen entweder aus einer Kombination aller Zellwandbestandteile oder aus mehr oder weniger reinen Fraktionen von Cellulose, Hemicellulosen oder Pektin. Laut den Datenblättern weisen die meisten Präparate die typischen techno-funktionellen Eigenschaften von Hydrokolloiden auf. Sehr oft wird aber auch auf die ernährungsphysiologischen Funktionen hingewiesen.

Es besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit, diese Zellwandbestandteile weiter zu modifizieren. Beispielsweise sei hier die enzymatische Hydrolyse von Pektin zu Polygalcaturoniden (Oligosacchariden) genannt (Lang & Dörnburg, 2001), oder die schon lang praktizierte Herstellung chemisch

modifizierter Cellulose.

Zwei isolierte pflanzliche Zellwandbestandteile haben bereits „*health claims*“ erhalten, nämlich Arabinoxylan (Hemicellulose aus Weizenendosperm) (EFSA, 2011 a) und β -Glucan (Hemicellulose aus Gerste oder Haferkleie (EFSA, 2011 b)).

1.11.2. Sonstige Hydrokolloide

1.11.2.1 Mikrobielle bzw. enzymatisch gebildete Exo-Polysaccharide (EPS)

Mikrobielle EPS können im Gegensatz zu pflanzlichen Polysacchariden in hoher Reinheit und mit vergleichsweise definierterer Struktur gewonnen werden. Sie weisen vielfältige technofunktionelle als auch bio-funktionelle Eigenschaften (präbiotische Wirkung) auf. Die derzeitigen Forschungen auf diesem Gebiet konzentrieren sich auf die Etablierung neuer EPS-Typen aus lebensmittelassoziierten Mikroorganismen (Jako & Vogel, 2012).

EPS lassen sich folgendermaßen einteilen:

- **Homo-EPS: Sind aus einem einzigen Kohlenhydratmonomer aufgebaut**
 - Glucane (z.B. Dextran, Alternan) (Glucosepolymere - durch Glycosyltransferasen erzeugt.)
 - Fructane (z.B. Inulin, Levane) (Fructosepolymere –durch Fructosyltransferasen erzeugt)
 - Cellulose (aus den entsprechenden Zuckermonomeren durch stammspezifische Enzyme extrazellulär gebildet)
 - Pullulan (E 1204) (aus den entsprechenden Zuckermonomeren durch stammspezifische Enzyme extrazellulär gebildet)
 - Curdlan (E 424) (aus den entsprechenden Zuckermonomeren durch stammspezifische Enzyme extrazellulär gebildet)
- **Hetero-EPS: Bestehen aus verschiedenen Zuckermonomeren und werden mittels intrazellulärer Isomerasen und Glycosyltransferasen aus variablen Substraten zu Oligosacchariden verknüpft, die extrazellulär zu modularen Polysacchariden zusammengesetzt werden** (Jako & Vogel, 2012)
 - Xanthan (E 415)
 - Gellan (E 418)

1.11.2.2. Stärke und modifizierte Stärken

Mehr und mehr wird versucht, die deklarationspflichtigen, chemisch modifizierten Stärkederivate durch spezielle native Stärken (z.B. Wachs-Reisstärke) oder physikalisch modifizierte Stärken zu ersetzen.

Zu den neuen physikalischen Modifikationsmethoden zählt die hydrothermische Modifikation von Stärkekörnern bzw. Stärkemolekülen. Dabei werden die Stärkekörner für längere Zeit bei Temperaturen knapp unterhalb der Verkleisterungstemperatur erhitzt. Wenn diese Erhitzung in einer Suspension, also bei hohem Wassergehalt erfolgt, wird von "Annealing" gesprochen. Wird sie hingegen bei geringem Wassergehalt durchgeführt, spricht man von einer Hitze-Feuchtbehandlung (HMT – *heat moisture treatment*) bezeichnet. Die innere Struktur der Stärkekörner wird dabei in vorteilhafter Weise verändert, ohne aber die Stärkekornstruktur vollkommen aufzulösen (Ashogbon & Akintayo, 2014; Chung et al., 2009).

1.11.3. Kennzeichnungsproblematik bei Hydrokolloiden

Bezüglich der Kennzeichnung beziehungsweise Nicht-Kennzeichnung von Hydrokolloiden gibt es in der EU keine einheitliche Vorgangsweise. Die derzeitige Situation ist unübersichtlich und aus naturwissenschaftlicher Sicht nicht immer nachvollziehbar.

Werden Hydrokolloide wegen ihrer technologischen Funktionen zur Wasserbindung, Volumenerhöhung, Texturverbesserung und -erhaltung eingesetzt, könnten sie rein rechtlich gesehen, als Zusatzstoffe angesehen werden. Tatsächlich finden sich in der Liste der erlaubten Zusatzstoffe die in Tab. 2.2.12 angeführten Hydrokolloide (ohne modifizierte Stärken). Die in Tab. 2.11.1 fettgedruckten Zusatzstoffe sind natürliche oder modifizierte Zellwandbestandteile. Dazu zählt auch die Sojabohne-Polyose (E 426). Hier handelt es sich um Hemicellulose, die aus dem Rückstand der Sojamilchproduktion dem sogenannten Okara gewonnen wird (European Commission, 2003). Warum ausgerechnet dieses Zellwandisolat als Zusatzstoff geregelt wurde, aber bis jetzt keines der beispielsweise in Tab. 2.1.12 angeführten Präparate ist unklar. Auch darunter finden sich viele Hemicelluloseisolate. β -Glucan und Arabinoxylan haben sogar „*Health claims*“ erhalten und sind keine Zusatzstoffe.

Auch bei Pektin ist die Lage nicht ganz offensichtlich. An und für sich gibt es Pektine als Zusatzstoff mit der E-Nummer 440. Gleichzeitig wird aber in Artikel 3 der Verordnung (EU) Nr. 1333/2008 angeführt, dass unter anderen auch folgender Stoff nicht als Zusatzstoff gilt:

*iv) Erzeugnisse, die Pektin enthalten und aus getrockneten Rückständen ausgepresster Äpfel oder aus getrockneten Schalen von Zitrusfrüchten oder aus einer Mischung daraus durch Behandlung mit verdünnter Säure und anschließender teilweiser Neutralisierung mit Natrium- oder Kaliumsalzen **gewonnen wurden** („flüssiges Pektin“); ...*

In der Verordnung (EU) Nr. 231/2012 wird der Zusatzstoff Pektin folgendermaßen spezifiziert

440(i) PEKTIN

Definition: Pektin setzt sich hauptsächlich zusammen aus partiellen Methylestern der Polygalacturonsäure und deren Natrium-, Kalium-, Calcium- oder Ammoniumsalzen. Pektin wird durch Extraktion in einem wässrigen Medium aus geeignetem genusstauglichem pflanzlichen Material, gewöhnlich Zitrusfrüchten und Äpfeln, gewonnen. Bei der nachfolgenden Ausfällung werden ausschließlich Methanol, Ethanol oder Propan-2-ol als Fällungsmittel verwendet

mindestens 65 % Galacturonsäure, bezogen auf die aschefreie Trockenmasse (nach dem Waschen mit Säure und Alkohol)

E 400 Alginsäure	E 426 Sojabohnen-Polyose
E 401 Natriumalginat	E 427 Cassia-Gummi
E 402 Kaliumalginat	E 440 Pektine
E 403 Ammoniumalginat	E 459 Beta-Cyclodextrin
E 404 Calciumalginat	E 460 Cellulose
E 405 Propylenglycolalginat	E 461 Methylcellulose
E 406 Agar-Agar	E 462 Ethylcellulose
E 407 Carrageen	E 463 Hydroxypropyl-cellulose
E 407a Verarbeitete Euchema-Algen	E 464 Hydroxypropyl-methylcellulose
E 410 Johannisbrotkernmehl	E 465 Ethylmethylcellulose
E 412 Guarkernmehl	E 466 Carboxymethyl-cellulose
E 413 Traganth	E 468 Vernetzte Carboxy-methylcellulose
E 414 Gummi arabicum	E 469 Enzymatisch hydrolysierte Carboxy-methylcellulose
E 415 Xanthan	
E 416 Karayagummi	
E 417 Tarakernmehl	
E 418 Gellan	
E 425 Konjak	

Tab. 2.1.12: Liste der Hydrokolloide, welche als Zusatzstoffe zugelassen sind [Verordnung (EU) Nr. 1119/2011].

Pektin als Nichtzusatzstoff wird **aus** Pressrückständen **„gewonnen“**. Pektin als Zusatzstoff wird **durch „Extraktion“** aus den gleichen Rohstoffen **gewonnen**. Auch bei dieser Extraktion werden Säuren eingesetzt. Der wesentliche Unterschied scheint zu sein, dass beim Zusatzstoff der Mindestgehalt an Galacturonsäure spezifiziert ist.

Wenn die Spezifikation für den Zusatzstoff Cellulose betrachtet wird, scheint die Reinheit des Stoffes ebenfalls von entscheidender Bedeutung zu sein:

E 460(ii) CELLULOSEPULVER

Definition: Gereinigte, mechanisch zerlegte Cellulose wird durch Verarbeitung von als Pülpe aus faserigem Pflanzenmaterial gewonnener Alphacellulose hergestellt. Cellulose; lineares Polymer von 1,4-verbundenen Glucosereisten.

Gehalt: mindestens 92 %

Demnach wären also Zellwandisolate als Zusatzstoffe zu betrachten, wenn sie einen definierten Gehalt an Pektin oder Cellulose überschreiten.

Für Hemicelluloseisolate ist die Sachlage aber völlig anders. Es gibt derzeit ein Hemicelluloseisolat als Zusatzstoff, nämlich Sojabohnen-Polyose. Deren Spezifikation lautet:

E 426 SOJABOHNEN-POLYOSE

Definition: Sojabohnen-Polyose ist ein raffiniertes wasserlösliches Polysaccharid, das mit heißem Wasser aus Sojafasern extrahiert wird. Bei der Ausfällung wird ausschließlich Ethanol als Fällungsmittel verwendet

Chemische Bezeichnung: wasserlösliche Sojabohnenpolysaccharide; wasserlösliche Sojabohnenfaser

mindestens 74 % Kohlenhydrate

Es müssen also 74 % Kohlenhydrate vorhanden sein. Diese sehr unspezifische Spezifikation trifft sicher auch auf einige Handelspräparate von Hemicelluloseisolaten zu (z.B. β -Glucan, Arabinoxylane).

Werden diese wegen ihrer technologischen Funktionen eingesetzt – und diese sind zweifelsohne auch vorhanden –, wären sie demnach Zusatzstoffe. Werden sie aber wegen ihrer ernährungsphysiologischen Eigenschaften verwendet, sind sie Lebensmittel bzw. Lebensmittelzutaten.

Auch bei ihrer Verwendung als Ballaststoffpräparate wären sie Lebensmittel beziehungsweise Zutaten. Für die Auslobung als Ballaststoffquelle gibt es entsprechende Regelungen [Verordnung (EU) Nr. 1924/2006; Richtlinie (EU) 90/496/EWG]. Als Ballaststoffquelle und auch bei ihrer Verwendung zur Herstellung von kalorienreduzierten Lebensmitteln können höhere Konzentrationen erforderlich sein, als bei der Nutzung der technologischen Eigenschaften. Daher wäre zu beachten, ob die für Zusatzstoffe teilweise geltenden Konzentrationsbeschränkungen nicht überschritten werden.

Noch komplizierter wird die Angelegenheit dadurch, dass in der Liste der Novel Food-Anträge (Novel Food Applications, 2014) Methylcellulose, β -Glucane aus Pilzen und Hefen, sowie Oligosaccharide aus Pektin (also Pektinhydrolysate) aufscheinen; und in der Liste der Novel Food Anmeldungen (Novel Food Notifications, 2014) eine Zuckerrohrfaser. Daraus Kriterien abzuleiten, wann Zellwandbestandteile beziehungsweise Zellwandisolate als Novel Food gelten, ist nicht möglich.

1.11.4. Konsumentenbelange

Varela & Fizman (2013) präsentieren die Ergebnisse von Konsumentenbefragungen in Spanien bezüglich deren Meinung zu Hydrokolloiden. Grundsätzlich wird festgestellt, dass ein sehr geringer Wissensstand bezüglich Lebensmittelzusatzstoffe bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern vorliegt. Das Informationsangebot wird viel zu wenig benutzt, um sich eine eigenständige Meinung zu bilden. Verdickungsmittel (Hydrokolloide) werden an und für sich mit dem allgemein negativen Image von Zusatzstoffen nicht assoziiert, weil darunter vor allem Mehle und Stärken verstanden werden. Auf die konkrete Frage „Wie gesund schätzen sie ein Lebensmittel ein, wenn es folgende Verdickungsmittel enthält?“ konnten die Befragten auf einer Skala von 1-9 (1 nicht gesund, 9 gesund) Verdickungsmittel reihen. Bei keinem Verdickungsmittel wurde ein höherer Wert als 5 erreicht. Die ersten vier Plätze nahmen Maisstärke, Gelatine, Agar und Pektin ein. Die letzten vier Plätze besetzten Mikrokristalline Cellulose, Hydroxypropyliertes Di-Stärke-Phosphat, Carrageen und Carboxymethylcellulose. Je „chemischer“ eine Bezeichnung lautet, umso schlechter wurde sie also bewertet.

Dieser Befund ist nicht überraschend, weil er genau das Misstrauen der Konsumentinnen und Konsumenten gegenüber „chemischen Zusätzen“ - was immer auch darunter subsumiert und gemeint ist - widerspiegelt.

2. Aromen

Mit Januar 2011 erlangte die Verordnung (EG) Nr. 1334/2008 über Aromen und bestimmte Lebensmittelzutaten mit Aromaeigenschaften zur Verwendung in und auf Lebensmitteln“ Geltung. Hierzu wurde 2010 der „Report zur Abschätzung der Auswirkungen des FIAP auf Forschung, Entwicklung und Anwendung von Zusatzstoffen, Aromen und Enzymen in der Lebensmittelindustrie“ veröffentlicht (Berghofer, 2010), in welchen die Grundzüge der Verordnung ausführlich erklärt und ihre potentiellen Auswirkungen auf naturwissenschaftlicher Basis und durch Gespräche mit Vertretern der Industrie abgeschätzt. Die Kenntnis dieses kostenlos im Internet herunterzuladenen bzw. ebenfalls kostenfrei beim Bundesministerium für Gesundheit als *Hard-copy* anzufordernden Expertengutachtens erleichtert das Verständnis des vorliegenden „updates“, wemgleich versucht wird, die notwendigen Grundkenntnisse an den jeweiligen Stellen einleitend zu erklären.

2.1. Anhang I der Verordnung (EU) 1334/2008

Die Aromenverordnung [Verordnung (EU) Nr. 1334/2008] basiert in ihrem Grundprinzip -wie alle im Rahmen des FIAP erlassenen Verordnungen- auf dem sogenannten „Verbotsprinzip mit Erlaubnisvorbehalt“. Das bedeutet, dass der Einsatz von allem verboten ist, was nicht explizit in einer der „Positivlisten“ der Anhänge erlaubt wird.

In den seinerzeitigen Befragungen im Rahmen der Erstellung des Reports zur Abschätzung der Auswirkungen der neuen FIAP-Verordnungen wurde das Inkrafttreten der Aromenverordnung ohne ihre Basis, nämlich „Anhang I“, der sogenannten „Unionsliste“ der zugelassenen Aromen, als klare Innovationsbremse identifiziert und scharf kritisiert. Von 2008/2009, also dem Bekanntwerden des Verordnungstextes über das Inkrafttreten der Verordnung im Januar 2011 war für kein Aroma klar, ob es auf längere Sicht noch verwendet werden darf. Seit Oktober 2012 ist nun mit Erlass der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 872/2012 zur „Festlegung der Liste der Aromastoffe...“ ein Großteil der Positivliste des Anhang I Teil A (listet die zugelassenen Aromastoffe) publiziert. Konkret enthält diese Tabelle, die zum Teil A des Anhang I wird mit Stand Oktober 2014 etwa 2.100 der durch die EFSA bereits als sicher eingestufteten Aromastoffe, sowie weitere 400 sich noch in der laufenden Evaluierung befindlichen Aromastoffe. Sie ist nun seit April 2013 in Geltung, mit 22.10.2014 sollten alle nicht gelisteten Aromastoffe aus dem Verkehr gezogen worden sein. Die 400 mit dem Vermerk versehenen Aromastoffe, dass ihre Bewertung noch nicht abgeschlossen ist, dürfen solange weiter verwendet werden, bis ihre Bewertung abgeschlossen ist und sie entweder in die Liste der sicheren A-Stoffe aufgenommen oder aus der Liste gestrichen werden. Laut EFSA erwartet man sich derzeit, dass die Bewertung der Aromen des Anhang I Teil A im 2. Quartal 2015 abgeschlossen werden kann.

Die anderen Teile des Anhang I der Unionsliste, nämlich Teil B (Aromaextrakte), C (thermisch gewonnene Reaktionsaromen), D (Aromavorstufen), E (sonstige Aromen) und F (Ausgangsstoffe) sollen erst zu einem späteren Zeitpunkt erstellt werden. Momentan ist die Frist für die Antragstellung auf Aufnahme von Substanzen in Anhang B-F der 22.10.2015. Ob die Anzahl der Anträge dann der tatsächlich zu beurteilenden Aromen entsprechen wird, ist fraglich, weil insbesondere für die Aromaextrakte ja erst im Einzelfall nach Plausibilität abzuschätzen ist, ob die jeweiligen Aromen zulassungspflichtig sind. Dies hängt von dem Auffinden von Hinweisen auf die Verwendung ihrer Ausgangsmaterialien als Lebensmittel ab (siehe auch Kap. 2.5.5 Einordnungs- und Abgrenzungsprobleme).

Für die Industrie ist die Unvollständigkeit der Anhänge nach wie vor unbefriedigend und entwicklungshemmend, wemgleich zumindest eine sehr große Anzahl an Aromastoffen nun offiziell als

sicher und gesundheitlich unbedenklich eingestuft wurde. Der steigende Wunsch des Lebensmittel Einzelhandels und der Konsumentinnen und Konsumenten an natürlichen Aromen, ohne Neigung aber dafür mehr zu bezahlen, macht für die Industrie zulassungspflichtige (nicht aus typischen Lebensmitteln gewonnene) Aromenextrakte und neue potentielle Ausgangsstoffe interessant (siehe auch Kap. 2.5 -Natürlich), deren Sicherheitsbeurteilung noch auf sich warten lässt.

2.2. Ausmaß der verwendeten Aromastoffe

Mit der bereits erwähnten positiven Sicherheitsbeurteilung von über 2.000 Aromastoffen keimt die Erkenntnis bei Verbraucherinnen und Verbraucher, sowie bei Konsumentenschützern weiter, dass das neben der gesundheitlichen Unbedenklichkeit der Aromen auch bedeutet, dass in europäischen Lebensmitteln viele Aromastoffe eingesetzt werden. Die Kritik gilt dabei jedoch kaum mehr der mögliche Gesundheitsgefährdung durch Aromen, deren Ausschluss durch die Sicherheitsevaluierungen im Hintergrund der Positivlisten sichergestellt werden, sondern es werden andere Überlegungen angeführt, wie beispielsweise

- Täuschung: Mittlerweile billig produzierbare Aromen könnten nicht ausreichend informierten Konsumentinnen und Konsumenten - vor allem in Kombination mit durch die Industrie zu deren Vorteil ausgelegten Aufmachung und Deklaration- das Vorhandensein echter Früchte etc. vortäuschen.
- Vitamin- und Mineralstoffmangel: Bei Konsum eines „Erdbeerjoghurts mit Erdbeeren“ isst man deutlich mehr Nährstoffe, Vitamine und Mineralstoffe mit, als bei Verzehr eines „Erdbeerjoghurts mit Erdbeeraroma“
- Geschmackliche Desensibilisierung: „Kein Kind weiß mehr, wie eine Erdbeere schmeckt, wie viele Nuancen die Natur hat“....
- Übergewicht: Aromen könnten zum übermäßigen Verzehr von Lebensmittel verleiten

Im Internet findet man etwa auf der Homepage der Verbraucherzentrale Hamburg eine durch Verbraucherinnen und Verbraucher zusammengetragene „Positivliste“ mit Lebensmitteln ohne Aroma. Derzeit sind darauf 50 Lebensmittel gelistet, wobei zu berücksichtigen ist, dass es sich bei 6 davon um Tees, die naturgemäß ohne Aroma auskommen, sowie bei je 7 um Schokoladeprodukte und Chips Sorten handelt.

2.3. Aufklärung und Transparenz

Kritik an der erlassenen Verordnung [Verordnung (EU) 1334/2008] üben Verbraucherschutzorganisationen vor allem an der aus ihrer Sicht zwar angekündigten, aber nicht erreichten Klarheits- und Transparenzverbesserung.

Eine Basis dessen ist, dass Anhang I eine Liste von chemischen Substanzen ist. Diese Bezeichnungen finden sich aber auf keiner Lebensmittelverpackung; beispielsweise also die korrekte Bezeichnung „Aroma“ auf einer Lebensmittelverpackung sich nicht mit dem enthaltenen „1-Butoxy-1-(2-phenylethoxy)ethan“ der Liste in Verbindung bringen lässt. Die Kenntnis des chemischen Namens ist aber Grundvoraussetzung, um das entsprechende EFSA-Urteil oder andere einschlägige wissenschaftliche Publikationen zu finden und sich damit bei Interesse darüber informieren zu können.

Die zweite wesentliche Enttäuschung ist das Nichterreichen der mit dem Fall der Klassifizierung „naturidenten Aroma“ erwarteten Klarheit über „Natürlichkeit im Verständnis des Verbrauchers“.

Hintergründe: Unter den vor Inkrafttreten der Verordnung (EU) Nr. 1334/2008 mit „naturidenten Aroma“ deklarierten Aromen verstand man synthetisch hergestellte Aromastoffe, die chemisch exakt gleich dem natürlichen Pendant sind. Der Wortstamm „Natur“ war aufgrund des Irreführungspotentials in steter Kritik. Mit der Verordnung (EU) Nr. 1334/2008 sind alle ehemals „naturidenten Aromen“ lediglich mit „Aroma“ zu bezeichnen. Derzeit ist es vor allem die Diskrepanz zwischen der Natürlichkeitsdefinition in der Verordnung und dem Natürlichkeitsverständnis des Verbrauchers, die Aufregung verursacht.

Natürlichkeit nach der Verordnung (EU) Nr. 1334/2008 ist gleichbedeutend damit, dass es sich beim Aromabestandteil entweder um einen „natürlichen Aromastoff“ gemäß nachstehender Definition A oder um einen „Aromaextrakt“ gemäß Definition B handelt:

A) „natürlicher Aromastoff“: Aromastoff, durch geeignete physikalische, enzymatische oder mikrobiologische Verfahren aus pflanzlichen, tierischen oder mikrobiologischen Ausgangsstoffen gewonnen, die als solche verwendet oder mittels eines oder mehrerer der in Anhang II aufgeführten herkömmlichen Lebensmittelzubereitungsverfahren für den menschlichen Verzehr aufbereitet werden. Natürliche Aromastoffe sind Stoffe, die natürlich vorkommen und in der Natur nachgewiesen wurden.

B) „Aromaextrakt“: Erzeugnis, das kein Aromastoff ist und gewonnen wird aus

i) Lebensmitteln, und zwar durch geeignete physikalische, enzymatische oder mikrobiologische Verfahren, bei denen sie als solche verwendet oder mittels eines oder mehrerer der in Anhang II aufgeführten herkömmlichen Lebensmittelzubereitungsverfahren für den menschlichen Verzehr aufbereitet werden, und/oder

ii) Stoffen pflanzlichen, tierischen oder mikrobiologischen Ursprungs, die keine Lebensmittel sind, und zwar durch geeignete physikalische, enzymatische oder mikrobiologische Verfahren, wobei die Stoffe als solche verwendet oder mittels eines oder mehrerer der in Anhang II aufgeführten herkömmlichen Lebensmittelzubereitungsverfahren aufbereitet werden.

Wenn eine der beiden Definitionen erfüllt ist, wird der LM-Unternehmer das Aroma legaler Weise mit „natürliches Aroma“ oder „natürliches xy-Aroma“ kennzeichnen (Unterschied dazu siehe nachstehend). Eine sinnvolle Einschränkung dessen wurde durch die Pflicht zur Nennung der Ausgangsquelle gesetzt, die sicherstellt, dass alle Ausgangsquellen, die einen Anteil >5% des Aromas ausmachen, als solche genannt werden müssen. Damit können die „berühmten Sägespäne im Joghurt“ (Vanillingewinnung) als solche identifiziert werden – es sei denn sie wären <5% vertreten und etwa 95% Vanilleschote, wobei dabei die Wirtschaftlichkeit einer derartigen Kombination in Frage gestellt werden kann.

Natürlichkeit nach dem Verständnis der Verbraucherinnen und Verbraucher ist in etwa:

Ein Aroma, das aus Rohstoffen des Lebensmittels in dem es eingesetzt wird, stammt und auch direkt aus diesen isoliert wurde. Man erwartet sich also von einem Joghurt „das als Vanillejoghurt bezeichnet, mit dem Bild einer Vanilleschote versehen ist und in dessen Zutatenliste natürliches Aroma steht“, das ein direkt aus Vanilleschoten isoliertes möglichst wenig weiterbehandeltes Aroma drin ist.

Das kann, muss aber nicht der Fall sein.

Natürlichkeit im Sinne der Verordnung (EU) Nr. 1334/2008 und dem Verbraucherverständnis bzw. Kompromisse gibt es aber auch. Wenngleich es sich noch nicht ausreichend unter den Verbraucherinnen und Verbrauchern verbreitet hat und man aktiv aus der Industrie zur Aufklärung verständlicherweise nicht beiträgt, gibt es eine Natürlich-Deklaration, die dem Begriff der Natürlich-

keit nach dem Verbraucherverständnis sehr nahe kommt:

„Natürliches xy-Aroma“: „Ein Ausgangsstoff soll in die Namensnennung einbezogen werden, wenn dessen Anteil größer als 95% der Aromazubereitung ist. Stoffe des bei Ausgangsstoffnennung verbleibenden Anteils von 5% dürfen ausschließlich zur Verleihung einer z.B. frischeren, schärferen, reiferen oder grüneren Aromanote zugesetzt werden.“

Das bedeutet, dass es sich, wenn „natürliches Erdbeeraroma“ in der Zutatenliste steht, beim Ausgangsmaterial um mind. 95% Erdbeere handelt. Im Fokus der Kritik steht dabei allerdings nach wie vor die 5%-Regel, vor allem da es die Intention zur ausschließlichen Verleihung einer z.B. frischeren Note „zu beweisen gelte“. Zudem lasse sich mit 5% bei einer in kleinen Dosen trotzdem sehr effektiven Wirkung äußerst viel „verfälschen“.

Nicht nur Verbraucherschützer erregen diese Unklarheiten. Auch Hersteller, die sich um ein in Einklang bringen der unterschiedlichen Natürlichkeitsdefinitionen/Auffassungen bemühen, kritisieren die momentan bestehenden Diskrepanzen, zum Beispiel:

„Die Marke Frosta hat im Jahre 2003 die Produktion umgestellt. Seitdem sind alle Produkte der Marke Frosta frei von zugesetzten Aromen, Geschmacksverstärkern, Farbstoffe, Stabilisatoren, Emulgatoren und chemisch gehärteten Fetten. Auf den Verpackungen werden sämtliche Inhaltsstoffe zu 100% deklariert.....Allerdings ist es für Frosta schwer, dies dem Verbraucher auch zu kommunizieren. Dadurch entstehen erhebliche Wettbewerbsnachteile.“ (Zitat: Frosta, 2010).

2010 forderte die Firma in einer Aussendung daher:

„Forderung: Lebensmittel, denen ein Aroma zugesetzt wird, egal ob es sich dabei nach der ab 2011 gültigen Terminologie um ein „Aroma“, einen „Aromastoff“, ein

„Aromaextrakt“ oder ein „thermisch gewonnenes Reaktionsaroma“ handelt, müssen in der Verkehrsbezeichnung den deutlich lesbaren Zusatz „künstlich aromatisiert“ erhalten.

Darüber hinaus muss der Begriff „natürlich“ für solche Aromen reserviert werden, die zu 100% aus der Frucht / der Zutat gewonnen werden, nach der sie schmecken (z.B. Erdbeeren, Huhn etc.).“ (Zitat: Frost-a, 2010).

Auch die deutschen Hersteller von Ökolebensmitteln, die im BNN (Bundesverband Naturkost und Naturwaren Hersteller und Handel e.V.) organisiert sind, einigten sich auf die klare Empfehlung auf „produktfremde“, also aus anderen als den für Produkte namensgebenden Rohstoffen isolierte „natürliche Aromen“ (wie eben aus Holz oder Reststoffen- siehe Kap. 2.5. Natürlich) zu verzichten und ausschließlich Öko-Lebensmittel und Extrakte aus Öko-Lebensmitteln zur Aromatisierung zu nutzen (BNN, 2014).

2.4. Meinungsverschiedenheiten und Interpretationsspielraum

Dass die Gewährleistung der Natürlichkeit bei entsprechender Deklaration einen sehr hohen Stellenwert hat, spiegelt sich bereits in einschlägigen Gerichtsverfahren hierzu wieder.

2.4.1. "Schokoladenstreit"

Im November 2013 bewertete die Stiftung Warentest im Zuge eines vorweihnachtlichen Vollnuss-Schokoladentests die bekannte Vollnuss-Schokolade der Firma Ritter Sport mit dem Urteil „mangelhaft“, dem ein (bis jetzt bereits) mehrmonatiger Rechtsstreit folgte. Als Grund für diese schlechte Beurteilung, die für die Fa. Ritter Sport einer Rufschädigung gleichkommt, wurde angegeben, dass es unmöglich wäre, dass die Deklaration „natürliches Aroma“ im Zusammenhang mit dem in der Schokolade vorhandenen Aromastoff Piperonal (Mandel/Vanillenote) korrekt ist. Begründet wurde das damit, dass die geringe natürliche Verfügbarkeit dieses Stoffes (z.B. in Pfefferschoten) in der Pflanzenwelt in Kombination mit den bekannten „natürlichen“ Verfahren nicht mit der kostendeckenden Produktion der großindustriell benötigten Mengen für Rittersport vereinbar wäre. Ritter Sport entgegnete diesem Vorwurf mit einer eidesstattlichen Erklärung vom Aromenhersteller Symrise, wonach das an Ritter Sport gelieferte natürliche Aroma Piperonal enthält, welches ausschließlich aus botanischen Quellen gewonnen und mit Verfahren hergestellt werde, die der europäischen Aromenverordnung entsprechen. Der tatsächliche Ausgangsstoff sowie die Herstellungsmethode wurden unter Verweis auf das Betriebsgeheimnis bzw. Konkurrenzdruck bislang nicht publik. Vorstellbar sind hier aber alle technologisch machbaren Möglichkeiten von nicht mit der Natürlich-Bezeichnung vereinbaren chemischen Verfahren über Extraktion aus Pflanzenmaterial (Natürlich) bis hin zu den am wahrscheinlichsten biotechnologischen Verfahren (Natürlich). Das aktuelle, im September 2014 ausgesprochene Urteil des Münchner Oberlandesgerichts ist eine einstweilige Verfügung gegenüber der Stiftung Warentest, dass diese die Behauptung nicht mehr weiter in Umlauf bringen dürfen. Die Begründung für dieses Urteil ist, dass diese Behauptung nicht auf einem chemischen Nachweis, sondern auf einer Schlussfolgerung basiert, was einer „unzulässigen Verzerrung des Testergebnisses“ entspricht. Dass der Streitfall damit abgeschlossen bzw. das Aufkeimen weiterer ähnlicher Streitfälle damit gebannt ist, ist unwahrscheinlich. Allein Piperonal ist ein in der Schokoladenherstellung oft genutzter Aromastoff, so enthalten alle Ritter Sport Schokoladen besagtes Aroma und ein themengleicher Piperonal-Rechtsstreit läuft parallel dazu um die Schokolade „K-Classic“ von Kaufland, die bis zur dessen Klärung vom Markt genommen wurde.

2.4.2. "Tanz der Moleküle"

Vor dem Landgericht Düsseldorf und in weiterer Folge dem Oberlandesgericht Düsseldorf ergab sich kürzlich ein Rechtsstreit über die korrekte Interpretation der Nutzungsmöglichkeit der Bezeichnung „natürliches xy-Aroma“, welches in der Verordnung (EU) Nr. 1334/2008 folgendermaßen definiert ist:

Der Begriff „natürlich“ darf in Verbindung mit einer Bezugnahme auf ein Lebensmittel, eine Lebensmittelkategorie oder einen pflanzlichen oder tierischen Aromaträger nur verwendet werden, wenn der Aromabestandteil ausschließlich oder mindestens zu 95 % aus dem in Bezug genommenen Ausgangsstoff gewonnen wurde.“

Die Sachlage, dem Bericht von Carsten Oelrichs und Sonja Schulz mit dem passenden Titel „Die Kennzeichnung natürlicher Aromen – Tanz der Moleküle?“ entnommen, stellte sich dabei derart dar:

„In einer Auseinandersetzung zwischen einem Lebensmittelhersteller und der Stiftung Warentest anlässlich einer Testbewertung entschied es die Frage, ob ein Aroma im Zutatenverzeichnis eines Joghurts zutreffend als „natürliches Erdbeeraroma“ nach Art. 16 Abs. 4 EG-Aromenverordnung

1334/2008 bezeichnet war. Das Aroma setzte sich zu mehr als 95 Gewichtsprozent aus einem Aromaextrakt aus Erdbeere und zu weniger als fünf Prozent aus natürlichen Aromastoffen zusammen, die aus anderen Erzeugnissen als Erdbeere hergestellt waren. Alle Bestandteile waren unstreitig natürlicher Herkunft. Der eingesetzte Aromaextrakt bestand aus einer sogenannten Erdbeer-Wasser-Phase, also einem wässrigen Extrakt aus der Erdbeere, der sowohl (erdbeereigenes) Wasser als auch aromatisierende Moleküle enthielt und dem Aroma einen typischen Erdbeergeschmack verlieh. Er entsprach in Herstellungsweise und Zusammensetzung unstreitig den Vorgaben der Begriffsdefinition in Art. 3 Abs. 2 lit. d) der Aromenverordnung [Verordnung (EU) Nr. 1334/2008]. Die verwendeten Aromastoffe wurden zur Abrundung des Aromas eingesetzt. Das Gewicht des eingesetzten Aromaextraktes überstieg die 95 Prozent-Schwelle. Allerdings machte das Gewicht der aromatisierenden Moleküle des eingesetzten Aromaextraktes weniger als 95 Gewichtsprozent aus.“

Die Frage, die sich hieraus ergibt, ist also die Auslegung des Begriffes Aromabestandteil, d.h. ob unter Aromabestandteil in % mas lediglich das Gewicht der aromatisierenden Moleküle oder das Gewicht der aromatisierenden Moleküle inkl. des aus dem natürlichen Ausgangsstoff stammenden „Restwassers“ zu verstehen ist. Dabei wurde argumentiert,

„dass unter „Aromabestandteil“ ausschließlich die aromatisierenden Anteile der jeweiligen Aromenkategorie verstanden werden dürften, um Verbrauchertäuschung zu verhindern. Für einen Aromaextrakt bedeute dies, dass das Gewicht der Wassermoleküle, also des (neutralen) Trägerstoffes, abzuziehen sei. Dabei rechnete der Senat anhand verschiedener Beispiele vor, dass ansonsten eine „Manipulation“ des Anteils der Fremdaromastoffe über den 95-Prozent-Anteil durch die Lebensmittelindustrie möglich sei. Die technische Machbarkeit, Aromaextrakte in unterschiedlicher Konzentration herzustellen, böte dem Lebensmittelhersteller die Möglichkeit, einen Aromaextrakt mit geringer aromatischer Intensität mit hoch aromatischen Aromastoffen zu mischen und sich auf diesem Wege quasi die Bezeichnung „natürliches Erdbeeraroma“ zu erschleichen.“

In erster Instanz wurde „natürliches Erdbeeraroma“ als zutreffende Bezeichnung beurteilt, im Berufungsverfahren aufgrund soeben erklärter Täuschungsmöglichkeiten nicht. Geklärt sind dieser und potentielle weitere Fälle zum Thema damit nicht.

2.5. Begriff „Natürlichkeit“ im Zusammenhang mit Aromen

Nach wie vor ist strittig, was das allgemeine Verständnis von „Natürlichkeit“ ist und damit als natürliches Aroma auf der Verpackung bezeichnet werden sollte (siehe auch Kap. 2.3 - Aufklärung und Transparenz).

2.5.1. „Ja natürlich“

Trotz dieser bestehenden Unklarheit, ist der Trend zu „natürlichen Aromen“ von Verbraucherseite ungebrochen steigend und die Identifizierung von entsprechenden Rohmaterialien und die Weiterentwicklung mit der Bezeichnung „natürlich“ konformer Produktions- und Formulierungsverfahren durch die Industrie das wichtigste Forschungsfeld im Aromenbereich.

2.5.2. Biotechnologie

Natürliche Aromen können per Definition in Verordnung (EU) Nr. 1334/2008 „durch geeignete physikalische, enzymatische oder mikrobiologische Verfahren“ gewonnen werden. Die Innovationen im Bereich der physikalischen Verfahren drehte sich in den letzten Jahren vor allem um die Verbesserung von Ausbeuten, Qualität und Energieeffizienz, beispielsweise mittels Extraktion mit überkritischem Kohlendioxid (*supercritical fluid extraction* – SCFE) oder Ultraschall- bzw. Mikrowellen-unterstützte Extraktion etc.

Während die Anzahl an wissenschaftlichen Publikationen, sowie die daraus gewonnen Erkenntnissen im Bereich physikalischer Aromenproduktion momentan relativ gering sind, scheint die Entwicklung in der enzymatischen und mikrobiologischen Aromenproduktion weiter im Aufwind begriffen. Folgende Vorzüge biotechnologischer Methoden gegenüber den physikalischen (auch chemischen) Methoden wurden beschrieben:

- Umgehung der natürlich beschränkten natürlichen Verfügbarkeit vieler Substanzen, wie sie für die ausschließlich physikalische Gewinnung aus den Ursprungspflanzen Voraussetzung ist, und damit orts-, klima-, politik- und transportunabhängig. Das ist insbesondere für Vanillin, Gewürze und in der Verfolgung des Trends nach „Exotischem“ relevant.
- Schonende und damit qualitätserhaltende, energieeffiziente Verfahren (geringe Temperaturen, keine mechanische Manipulation, keine Extraktionsmittel, keine Strahlungs- oder Druckeinwirkung)
- Nachhaltige, ressourceneffiziente Verfahren
- Sehr spezifische Produktion möglich: Das erschließt einerseits die Nutzbarkeit sehr komplexer Ausgangsmaterialien und andererseits die Herstellung sehr reiner Produkte bis hin zur Enantiomerspezifität.
- Bei ausreichendem know-how ist eine relativ hohe Ausbeute möglich.

Der Ertrag und die Zuverlässigkeit/Sicherheit bei der biotechnologischen Produktion lassen sich im Allgemeinen durch Nutzung **gentechnisch veränderter Mikroorganismen (GVMO)** als Expressionssystem erhöhen. Damit können nämlich in einfach und rasch zu vermehrende, gut kontrollierbare (u.a. weil als „Haustiere der Mikrobiologen“ gut erforschten) MO entsprechende Gene zur Produktion der gewünschten Stoffe eingebracht werden. Diese aus GVMO gewonnenen Aromen würden dennoch nach derzeitiger Gesetzgebung als „natürliche Aromen“ gelten, worin insbesondere Österreich einen Widerspruch sieht und diesen auch in Brüssel geäußert hat. Die Argumentation basiert dabei darauf, dass „natürlich“ nicht mit der Definition genetisch veränderter MO „*GMO means an organism, ...in which the genetic material has been altered in a way that does not occur naturally by mating and/or recombination*“ kompatibel sein kann.

Anhand nachfolgender, aus kürzlich erschienenen wissenschaftlichen Publikationen entnommenen Beispiele sollen die aktuellen Forschungsfelder der biotechnologischen Produktion von Aromen aufgezeigt werden:

Beispiel 1: Vielfalt ökonomischer Möglichkeiten & Spezifität für Reststoffverwertung – „Biovanillin“

Derzeit beträgt der Anteil des mit Abstand bedeutendsten Aromas, Vanillin, aus Vanilleschoten lediglich 0,5% des mit ca. 10.000 Tonnen bezifferten Weltmarktes, während der große Rest (noch) chemisch aus fossilen Rohstoffen, vorwiegend Guaiacol, synthetisiert wird. Das ist vor allem auf das grundsätzlich sehr hohe und relativ unbeständige, klimaabhängige Preisniveau von natürlichem Vanillin aus Vanilleschoten zwischen 1.200 und 4.000 US-Dollar/kg im Vergleich mit synthetisch gewonnenem Vanillin für konstante 15 US-Dollar/kg zurückzuführen (Zamzur & Abd-Aziz, 2012). Da diese momentane Marktverteilung dem Konsumentenbedürfnis nach natürlichen Aro-

men entgegensteht, aber eine ausschließliche Gewinnung von Vanillin aus Vanilleschoten unrealistisch ist, wird die Erforschung und Nutzung des sogenannten „Biovanillins“ vorangetrieben. Unter „Biovanillin“ versteht man aus natürlichen (pflanzlichen, tierischen oder mikrobiologischen) Quellen biotechnologisch (durch Umwandlung mittels isolierter Enzyme, Bakterien, Hefen, Pilzen) gewonnenes Vanillin. Als Ausgangsmoleküle zur biotechnologischen Vanillinproduktion kommen im Wesentlichen Eugenol, Isoeugenol, Ferulasäure, Vanillinsäure, Glucose, Lignin, einige phenolische Stilbene, einige Glycoside und einige aromatische Aminosäuren in Frage. Dafür wurden bereits sehr viele unterschiedliche Kombinationen aus Substrat und Mikroorganismus getestet. Einige davon sind dem Review von Kaur & Chakraborty (2013) entnommen und in Tab. 2.5.1 aufgelistet, wobei die dahinter stehenden, natürlich vorhandenen oder rekombinant eingebrachten Stoffwechslungsfähigkeiten ebenso zahlreich sind. Wie die am Ende dieser Liste stehenden „Kokosnussschalen“ vermuten lassen, ist ein Trend zur weiteren Verbesserung der Wirtschaftlichkeit die Nutzung derzeit wenig ökonomisch genutzter (Verbrennung, Tierfutter) Nebenprodukte der Lebensmittelindustrie. Das wird durch die hohe Spezifität der MO, also deren Fähigkeit, aus diesen komplexen Gemischen gezielt Nutzbares erkennen und verarbeiten zu können, ermöglicht. So wird Vanillin beispielsweise bereits erfolgreich biotechnologisch aus Getreidekleie (hoher Gehalt an Ferulasäure), Zuckerrübenschneitzeln (v.a. Ferulasäure) sowie Presskuchen der Reisöl- und Palmölproduktion (vor allem Ferulasäure) gewonnen. Vorstellbar sind aber sehr viele Reststoffe der Lebensmittelindustrie, wie beispielsweise Treber und Trester, sowie zahlreiche weitere vor allem durch ihre hohen Ligningehalte bestehende agrarische Reststoffe wie Stroh, Rinden, Nusschalen, nicht essbare Samen etc. (Zamzuri & Abd-Azis, 2012). Entsprechende aus „natürlichen“, biotechnologisch Reststoffen erzeugte Vanillin-Präparate sind bereits kommerziell erhältlich, wie „RHOVANIL© NATURAL“ der Firma Solvay, bei dem es sich um ein uns unbekannt prozessiertes Produkt aus Vanilleschoten und Reiskleie (Ferulasäurelieferant) gewonnenes Vanillin handeln soll (Anonym, 2014 c). Die Firma Solvay bewirbt dabei exzessiv die Möglichkeit der „Natürlich“-Kennzeichnung nach europäischer und US-amerikanischer Gesetzgebung, die GMO-Freiheit, sowie die wirtschaftliche Rentabilität des Präparates. Dazu ist zu erwähnen, dass im EU-Raum ein „natürlich“-Labeling eines derartigen Produktes nur in Frage kommt, wenn >95% des Ausgangsstoffes Vanilleschote wären. Ansonsten könnte zwar sehr theoretisch „natürliches Aroma“ (Reiskleie) tituliert werden, was praktisch jedoch kein absatzorientierter Hersteller deklarieren würde. Die Wirtschaftlichkeit mit >95% Vanilleschote ist jedoch zweifelhaft.

Beispiel 2: Spezifität für Produktreinheit – Enzymatische Synthese reiner Enantiomere

Beim „Nachbau“ von in der Natur entdeckten Substanzen, sowie auch bei deren Isolierung ist ein wesentliches Problem, dass Moleküle in mehreren Enantiomerkonfigurationen auftreten können. Dabei weist meist nur eines der möglichen Enantiomere eines Moleküls die gewünschte Aromenote auf bzw. schmeckt deutlich intensiver als die anderen. Unter Voraussetzung der Kenntnis der jeweiligen Wirkungsmechanismen der genutzten Enzyme und/oder Stoffwechselwege der eingesetzten Mikroorganismen lassen sich gezielt die aromatisch vorteilhaftesten Enantiomere produzieren. Diese Möglichkeit ist wiederum mit geringeren Produktionskosten (es wird nur das produziert, was man braucht) und geringeren Einsatzmengen des Aromapräparates verbunden (es ist das wirkungsvollste drin und keine Mischung mit Nichtwirksamem). Bortoloni et al. (2013) gelang es in diesem Zusammenhang die Enantiomere 3R und 3S des Aromastoffes 3-Hydroxy-3-Methylnonan-2,4-dion (wesentliche Aromakomponente von Grüntee) in äußerst hoher Reinheit mittels der beiden aus dem Bakterium *Bacillus licheniformis* isolierten Enzyme Acetylaceton-Synthase und Acetylaceton-Reduktase herzustellen.

Beispiel 3: Komplexe Zellen statt teurer Enzymisolate – Aromen durch Nutzung ganzer Hefezellen

Die Verwendung der in den Anfängen der biotechnologischen Erzeugung von Aromen gerne auf-

grund ihrer Kontrollierbarkeit genutzten isolierten Enzyme wird mehr und mehr durch die Nutzung ganzer Mikroorganismen mit ihren natürlich enthaltenen oder rekombinant eingebrachten Enzymen verdrängt. Damit lassen sich Zeit- und Kostenaufwand der Enzymisolierung und -aufreinigung, sowie Coenzyme einsparen. Außerdem sind Aktivität und Stabilität der Enzyme in ihrem natürlichen System - der MO-Zelle - höher als in isolierter Form. So wurden beispielsweise durch Bioreduktion in unterschiedlichsten Hefestämmen die beiden bedeutenden Aromastoffe (1R,4R)-Dihydrocarvon (Minznote) und (1R)-Myrtenol (Beerennote) hergestellt (Goretti et al., 2013).

Beispiel 4: Variabilität in Medien – Biosynthese von Aromaestern im Medium Kokosnuss-Sahne

Auch die vorteilhafte Wahl des Substrates und günstige Kombination aus diversen Mikroorganismen und Enzymen kann dazu beitragen, biotechnologische Prozesse optimal zur Gewinnung von Aromen zu nutzen. So gelang es beispielsweise mittels einer Kombination aus alkoholischer Fermentation durch die Hefe *Saccharomyces cerevisiae* unter Zugabe einer kommerziell erhältlichen Lipase (Palatase) im Medium Kokoscreme die Aromen Octanoat, Ethyldecanoat und Ethyllaurat zu produzieren (Sun et al., 2013). Dabei zeichnet sich die Kokosnuss-Sahne (eingedickte Kokosmilch) als Medium durch ihren niedrigen Preis und ihren hohen Gehalt an den Ausgangssubstanzen Octansäure und diversen mittelkettigen Fettsäuren, sowie ihrer prinzipiellen Eignung zur Hefenaufzucht aus.

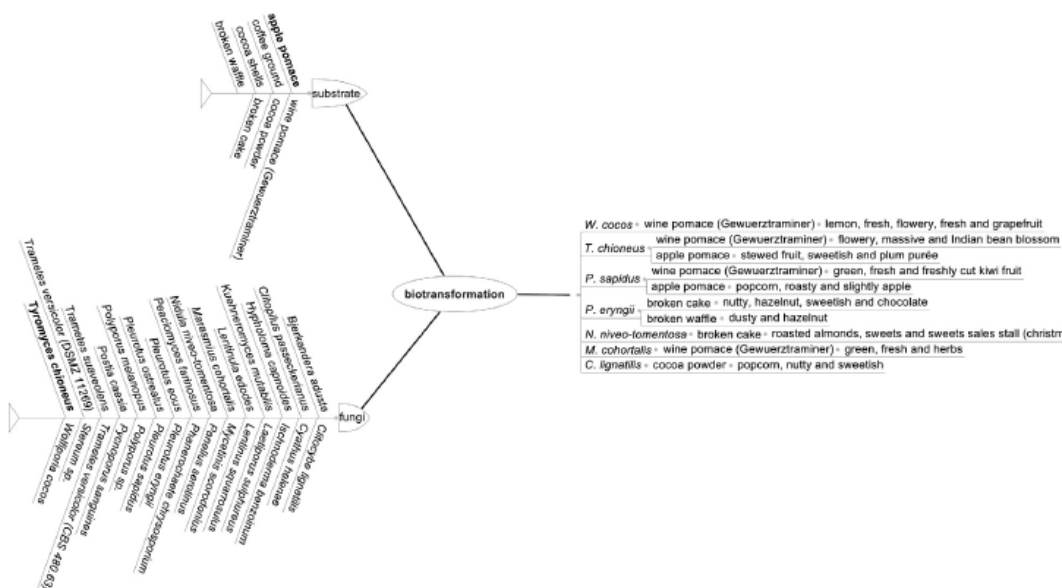
Beispiel 5: Komplexe Aromamischungen aus komplexen Reststoffen, wie z.B. Apfeltrester

Sogar die Kombination aus Pilzkulturen und komplexen Lebensmittelreststoffen als Substraten zur Herstellung komplexer und dennoch harmonisierender Aromamischungen kann zielführend sein. Nach diesem Prinzip wurden etwa 30 verschiedene Basidiomycetenstämme (Pilze) mit 7 verschiedenen Reststoffmedien wie Apfeltrester, Weintreber, Kaffeesatz, Waffelbruch etc. kombiniert, wobei einige Kombinationen zur Produktion interessanter komplexer Aromamischungen fähig waren (Bosse et al., 2013).

Wie der Versuchsaufbau von Bosse et al. (2013) (Abb. 2.2.1), sowie der Auszug typischer Kombinationen zur Biovanillinherstellung (Tab. 2.2.13) illustrieren, sind für jeden Anwendungszweck zahlreiche Kombinationen zu testen, um Möglichkeiten auszuloten und letztlich optimale Qualität und hohe Produktionseffizienz zu erreichen. Derzeit hinken die Ausbeuten der biotechnologischen Aromenherstellungspraxis den chemischen Methoden (noch) in ihrer Ausbeute und damit Kosteneffizienz hinterher, womit für Billigprodukte die synthetisch gewonnenen Aromen weiterhin mittelfristig den Markt anführen werden. Die rege Forschung auf dem Gebiet der biotechnologischen Herstellung, könnte jedoch langfristig zu einer konkurrenzfähigen „natürliche“ Alternative werden. Kontinuierlich werden zahlreiche neue Wege entdeckt um die Produktionseffizienz weiter zu verbessern. Dennoch ist man in der tatsächlichen industriellen Umsetzung aufgrund der rechtlichen Unsicherheiten („bleibt das jetzt natürlich?“) und der Befürchtung geringer Konsumentenakzeptanz bei Bekanntwerden der dahinterstehenden biotechnologischen Produktion zurückhaltend (z.B. Davies & Deroules, 2014).

Substrate	Microorganisms employed	Yield (g/l)
Eugenol	<i>Pseudomonas</i> sp. HR199	2.6
	Recombinant <i>E. coli</i> XL1-Blue (pSKvaomPcalAmcalB) and <i>E. coli</i> (pSKechE/Hfcs)	0.3
	<i>Pseudomonas</i> sp. HR199	0.3
	<i>Amycolatopsis</i> sp. HR167(pRLE6SKvaom)	–
	<i>Amycolatopsis</i> sp. HR167; <i>Rhodococcus opacus</i> PD630	Trace amounts
	<i>Aspergillus niger</i>	–
	<i>P. resinovorans</i> SPR1	0.24
Isoeugenol	<i>Bacillus subtilis</i>	0.9
	<i>Pseudomonas putida</i> I58	Trace amounts
	<i>Arthrobacter</i> sp. TA13	Trace amounts
	<i>Bacillus fusiformis</i> SW-B9	32.5
	<i>Bacillus subtilis</i> HS8	1.36
	<i>Bacillus fusiformis</i> CGMCC1347	8.1
	<i>Pseudomonas chlororaphis</i> CDAE5	1.2
	<i>Bacillus pumilus</i> S-1	3.8
	<i>Pseudomonas putida</i> IE27	16.1
	Recombinant <i>Escherichia coli</i> BL21(DE3)	28.3
	<i>Pseudomonas nitroreducens</i> Jin 1	–
	<i>Candida galli</i>	0.58
	<i>Psychrobacter</i> sp. Strain CSW4	1.28
	<i>Streptomyces setonii</i> ATCC 39116	>10
Ferulic acid	Mutant <i>Pseudomonas putida</i>	2.247
	<i>P. cinnabarinus</i> MUCL39533	0.16
	<i>P. cinnabarinus</i> MUCL39533	0.584
	<i>Pseudomonas</i> sp.	0.0085
	<i>Pseudomonas putida</i>	>10
	<i>Streptomyces halstedii</i> GE107678	0.10–0.15
	<i>Escherichia coli</i> strain JM109/pBB1	0.006
	<i>Pseudomonas fluorescens</i> AN103	–
	Recombinant <i>E. coli</i>	1.1
	<i>Aspergillus niger</i> CGMCC0774, <i>Pycnoporus cinnabarinus</i> CGMCC1115	5
	Lactic acid bacteria	Trace amounts
	<i>Amycolatopsis</i> sp. HR167	>10
	<i>Streptomyces</i> sp. V-1	19.2
	<i>E. coli</i> JM109 (pBB1)	2.52
	Recombinant <i>E. coli</i>	5.14
	<i>Pseudomonas fluorescens</i> BF13	–
	Recombinant <i>E. coli</i>	6.6 kg/kg biomass

Tab 2.2.1: Auszug erforschter Substrat-MO-kombinationen zur Herstellung von „Biovanillin“ (Kaur & Chakraborty, 2013)



Ab. 2.2.1: Diverse Kombinationen aus „Abfallsubstraten“ und Basisdiomyceten zur Herstellung diverser komplexer Aromenmischungen (Bosse et al., 2013)

2.5.3. Analytik- und Toxizitätsprobleme

In Streitfällen wie bei dem unter „Schokoladenstreit“ beschriebenen, sowie in der „täglichen Praxis der Kontrolle“ zur Einhaltung der allgemeinen Verordnungs- und Kennzeichnungsregelungen ist die Etablierung einer zuverlässigen und auch günstigen Analytik Grundvoraussetzung, sonst wird sie aus Kostengründen nur zu besonderen Anlässen gemacht. Dies scheint derzeit aber noch nicht gesichert zu sein, zumal insbesondere die Unterscheidung zwischen den (lt. Definition der VO „chemisch definierten“) „natürlichen Aromastoffen“ und ihren ebenfalls „chemisch definierten“ weil chemisch synthetisierten Pendanten „Aromen“ hauptsächlich über spezielle Methoden der MS und NMR läuft. Dabei wurde die Isotopenanalytik (14 C Counting und 13C SIRA) lange als sicher zuverlässig angesehen, bis man erkannte, dass „Täuscher“ auch mit Methoden des „Zumischens entsprechender Isotope“ arbeiten bzw. oftmals eine Unterscheidung gar nicht mit Sicherheit möglich ist (Martin et al., 1995). Ein sinnvolles, ausreichend breitflächig aufgestelltes Monitoring der Einhaltung aller Regelungen wäre außerdem schlichtweg zu teuer.

Ein weiteres Problem mit der Natur ist, dass von Natur aus auch gesundheitsschädliche bis toxische Substanzen enthalten sein können, welche fernzuhalten sind. Denn ein Lebensmittel, das nicht sicher ist, darf nicht in Verkehr gebracht werden (siehe auch Kap. 1.3 - Effektkennzeichnung und Kap. 1.3.1 - Lebensmittelsicherheit). Diese Problematik betrifft insbesondere wenig analytisch erforschte „exotische“ Rohstoffe, sowie Kräuter und Gewürzextrakte. In einer groß angelegten Studie mit 93 Gewürzen und 37 Kräutern türkischer Herkunft wurden kürzlich beispielsweise für 21 dieser Proben Aflatoxin B Werte oberhalb des EU-Grenzwertes gefunden (Tosun et al., 2013). Die Proben hierbei wurden türkischen Märkten und Geschäften entnommen, in den EU-Raum dürften sie so nicht vertrieben werden.

2.5.4. Formulierungsprobleme

Ein großes Thema bei der Aromenherstellung ist die Formulierung, worunter die der eigentlichen biotechnologischen Produktion oder Isolierung und die nachfolgenden Schritte zur Generierung der Transport/Lagerfähigkeit und Dosierbarkeit, sowie zum Erhalt der Stabilität der Aromen zu verstehen sind. Insbesondere ist dies für „natürliche Aromen“ von Relevanz, zumal die Substanzen tendenziell im natürlichen Verbund der Substanzen stabilisiert vorliegen, isoliert jedoch entsprechend instabil sind. Außerdem sind viele aromatisierende Moleküle an sich unter den Verarbeitungs- (Hitze, mechanischer Energieeintrag, Sauerstoff- und Lichteinwirkung etc.) und Lagerbedingungen in den Lebensmitteln (z.B. neutrale Pflanze, saure Getränke etc.) leicht degradierbar. Ein sehr bedeutendes aromagebendes, instabiles Molekül ist Citral (Zitrusaroma), welches in der wässrigen, sauren Lösung der typischen Zitrusgetränke nicht stabil ist. Es besteht aus den beiden Isomeren Neral und Geranial, welche beide bei geringen pH-Werten sowie Sauerstoffeintrag degradieren. Dabei verlieren sie ihr Zitrusaroma und bilden diverse *off-flavours* (Yang et al., 2011). Die Stabilisierung von Citral hat in den letzten Jahren viele wissenschaftliche Studien und Ansätze hervorgebracht, jedoch noch nicht die ultimative Lösung.

Eine ganze große Gruppe für die Formulierungstechnologie herausfordernde Aromen sind natürliche Öle wie Citrusöl, Kaffeeöl, Petersilieextrakt etc. Dabei handelt es sich um öllösliche Substanzen, deren Löslichkeit in wässrigen Getränken zumindest Emulgatoren, aber meist noch mehr Zusatzstoffe erfordert. Lange war die Formulierung auf die Herstellung simpler Emulsionen und Trocknung (vorwiegend Sprühtrocknung) beschränkt. „Normale“ Emulsionen liefern jedoch kaum klare Getränke. Die konventionellen Trocknungsverfahren haben für empfindliche aromatische Getränke auch ihre Grenzen. Der aufstrebende Trend im Aromen-Formulierungsbereich sind deshalb Nanoemulsionen, die sich ihrerseits mit *multilayer-emulsions*, dem Einbringen von Zusätzen, wie etwa Antioxidantien oder „(Mikro-)Verkapselung“, durch Sprüh- oder Wirbelschichttrocknung usw. kombinieren lassen.

Unter **Nanoemulsionen** versteht man Emulsionen deren Tröpfchengröße deutlich geringer (ca. um den Faktor 10) als diejenige vergleichbarer „herkömmlicher“ Emulsionen ist. Das entspricht in absoluten Zahlen in der Regel einer Tröpfchengröße von <100 nm. Sie weisen hohe kinetische, aber geringe thermodynamische Stabilität auf. Nanoemulsionen bestechen durch geringe Viskosität, hohe optische Transparenz, Resistenz gegenüber Ausflocken/Absetzen und Oxidation (Maswal & Dar, 2014). Hergestellt werden Nanoemulsionen aus „normalen Emulsionen“ durch Behandlung mit Ultrahochdruckhomogenisatoren (z.B. „Microfluidizer“). Der Erfolg der Herstellung wird neben der Nutzung der Zusammensetzung und dem Anteil der äußeren Phase und der Tröpfchengröße auch von der Zusammensetzung der inneren Ölphase (also des Aromaöls etc.) bestimmt (Rao & MacClementis, 2012). Ein Beispiel für die Sinnhaftigkeit der Kombination der Nanoemulsion mit Zusätzen ist die Verbesserung der chemischen Stabilität von Citral durch Zusatz von natürlichen Antioxidantien wie beta-Carotin bzw. Schwarzteeextrakt (Yang et al., 2011).

Mehrphasenemulsionen (Multilayer emulsions) zeigen gegenüber herkömmlichen Emulsionen eine erhöhte Stabilität gegenüber Partikelaggregation, Hitze- und Sauerstoffeinwirkung, Gefrier-/Tauzyklen etc. Sie werden durch mehrfache Emulgierung aus „normalen“ Emulsionen aufgebaut. Die Nutzung der Ladungsunterschiede in den Schichten, soll von Vorteil für die Multilayer Stabilität sein. So stabilisierten etwa Yang et al. (2011) Citral durch *coating* mit kationischen Biopolymerschichten.

Unter „**(Mikro-)Verkapselung**“ wird zumeist das Trocknen der Aromen unter Zusatz von Trocknungshilfsmitteln, die eine äußere Hülle um das eigentliche Aroma bilden, verstanden. Also quasi eine Emulsion, bei der zumindest die äußerste Schicht trocken ist. Die meist genutzten „Ausenschichten“ sind dabei diverse (modifizierte) Stärken, Maltodextrin und Cyclodextrine.

Wasabi- Aroma, das unbehandelt bereits bei ca. 37° C in Komponenten mit Knoblauch-*off-flavour* zerfällt, soll durch die Einkapselung in den modifizierten Stärken in sterilisiertem Dosen-*thunfisch* im Vergleich zu verkapseltem Aroma länger intensiver in seiner ursprünglichen Note wahrgenommen werden (Ratanasiriwat et al., 2013). Für in *Gummi arabicum* mikroverkapseltes Kaffeeöl konnte eine bessere Oxidationsstabilität auch bei erhöhten Temperaturen bestätigt werden (Frascarelli et al., 2012). Diese Beispiele zeigen, dass verkapselte Aromen die oftmals notwendigen thermischen Prozesse der Lebensmittelindustrie überstehen können.

2.5.5. Abgrenzungs- und Einordnungsprobleme

Das in der FIAP-Studie 2010 (Berghofer, 2010) ausführlich beschriebene und diskutierte Problem der Abgrenzung der Aromen im Allgemeinen gegenüber allen anderen möglichen Regelungsbe-
reichen innerhalb ihrer eigenen Klassen stellt nach wie vor die Industrie, sowie wie Juristen vor
Einzelfallentscheidungen nach Plausibilität.

2.5.5.1. Zulassungspflichtig natürlich- nicht zulassungspflichtig natürlich

Nach der Verordnung (EU) Nr. 1334/2008 unterliegen nur Aromaextrakte aus Stoffen pflanzlichen, tierischen oder mikrobiologischen Ursprungs, die keine Lebensmittel sind, der Zulassungspflicht. Ausgangsstoffe, die bis zum Inkrafttreten der Verordnung verwendet wurden gelten jedoch im Sinne der Verordnung als Lebensmittel.

Die Definition Lebensmittel im Sinne der VO ist damit weit gefasst. Während bei färbenden Extrakten eher der Weg beschritten wurde/wird, dass nur „richtige“ Lebensmittel (Spinat, Karotte, rote Beete etc.) als Lebensmittel-Extrakte bezeichnet wurden/werden, wurde/wird bei Aromen ein breiteres Spektrum miteinbezogen. Man sucht nun für strittige Ausgangsstoffe (Hölzer, andere Pflanzenteile, Reststoffe) nach Hinweisen zu Lebensmittelverwendung in anderen Kulturkreisen und „Omas Kochbüchern“. Hier besteht sehr viel Interpretationsspielraum. Mehrmals wurde die Befürchtung geäußert, dass *de facto* der Hersteller über die Einordnung (nach Omas Kochbuch) bestimmt.“

2.5.5.2. Arzneimittel

Neben ihren speziellen sensorischen besitzen viele Aromen auch andere interessante Eigenschaften, wie z.B. antimikrobielle (z.B. Vanillin, Bestandteile essentieller Öle), antifungale, antivirale, antioxidative (z.B. Vanillin, Eugenol), fettreduzierende, blutdruckregulierende (z.B. 2-Hexenal) oder entzündungshemmende (z.B. 1,8-Cineol) Eigenschaften. Damit stehen sie naturgemäß Pharmazeutika nahe (Berger, 2009) und sind nicht klar von diesen abzugrenzen. Grundsätzlich galt und gilt, dass „typische“ Arzneipflanzen nicht zur Herstellung von Lebensmittelaromen genutzt werden sollen.“ Nun ist die Begriffsbreite der Arzneipflanze sehr subjektiv. Insbesondere für den im aufstrebenden befindlichen Bereich der Aromaextrakte (*per definitionem* natürlich- siehe dazu 2.3) liefert diese Abgrenzung Diskussionsstoff (siehe Kap. 1.4.2 Multifunktionsextrakte).

2.5.5.3. Zusatzstoff

Neben pharmazeutischen Wirkungen erfüllen Aromen - vor allem Aromaextrakte - auch viele andere Funktionen, wobei vor allem für Farbgebung, antioxidative und konservierende Eigenschaften zahlreiche Hinweise vorliegen (siehe auch Kap. 1.4. - Extrakte). Der jeweilige Hauptzweck der Verwendung wird richtungsweisend für die Zuordnung Aroma oder Zusatzstoff sein. Daneben stellt die ausschließliche Kennzeichnungspflicht der Hauptfunktion eine Herausforderung dar und bietet Irreführungspotential.

3. Enzyme

3.1. Einleitung

Die Ausführungen zu diesem Kapitel sind als Weiterführung der 2007 erschienen Broschüre "Lebensmittelenzyme in der EU - Herstellung, Anwendungen" (Spök & Proksch, 2007), sowie der Broschüre „Zusatzstoffe, Aromen und Enzyme in der Lebensmittelindustrie“ (Berghofer, 2010) anzusehen. Es werden die seit 2010 stattgefundenen rechtlichen und technischen Entwicklungen behandelt und diskutiert.

Enzyme können aufgrund ihrer vielfältigen und spezifischen Wirkungen pointiert als "Heinzelmännchen der Lebensmitteltechniker" bezeichnet werden. Ihre Bedeutung und ihre Einsatzgebiete werden daher in Zukunft noch weiter gewaltig ansteigen. Insbesondere auch deswegen, weil neue Gewinnungs- und Produktionstechniken, sowie neue Methoden, um neue Enzymfunktionen zu ermitteln, bereits zur Verfügung stehen oder in Zukunft zur Verfügung stehen werden.

3.2. Rechtlicher Entwicklungsstand seit 2010

Mit der Erlassung der Verordnung (EG) Nr. 1332/2008 über Lebensmittelenzyme und der Verordnung (EG) Nr. 1331/2008 über ein einheitliches Zulassungsverfahren für Lebensmittelzusatzstoffe, -enzyme und -aromen wurde in der EU begonnen einheitliche Rechtsvorschriften zur Verwendung von Enzymen im Lebensmittelbereich einzuführen. Bereits existierende einzelstaatliche Bestimmungen auf diesem Gebiet sollen damit auf gemeinschaftlicher Ebene harmonisiert werden.

Frankreich und Dänemark hatten bereits detaillierte Regelungen für die Verwendung von Enzymen in Lebensmitteln; Frankreich sogar eine detaillierte Liste von Enzymen, die als Prozesshilfsmittel in Lebensmitteln dienen, wobei in dieser Liste auch die Einsatzgebiete und die Wirkung dieser Enzyme angeführt sind (Arrêté du 19 Octobre, 2006).

Ausgenommen von diesen neuen EU-Regelungen sind Lebensmittelenzyme, welche zur Produktion von Verarbeitungshilfsstoffen und Lebensmittelzusatzstoffen verwendet werden, weil die Sicherheit von Zusatzstoffen bereits anderweitig geregelt ist. Interessanterweise gilt diese Sichtweise nicht für Aromen und "Neuartige Lebensmittel" (*novel food*), obwohl auch diese beiden Gruppen eine Sicherheitsbewertung durchlaufen müssen. Das bedeutet also, dass Enzyme, die zur Herstellung dieser Gruppen eingesetzt werden, sehr wohl der Regelung unterworfen sind.

Ebenfalls ausgenommen sind Mikroorganismenkulturen, obwohl diese ebenfalls Enzyme in Lebensmitteln produzieren können. Diese Ausnahme gilt für traditionell fermentierte Lebensmittel, aber auch für neue biotechnologische Verfahren, wie beispielsweise Schutzkulturen.

Eine weitere Ausnahme sind Lebensmittelenzyme, die Lebensmitteln auf Grund ihrer ernährungsphysiologischen Wirkung zugesetzt und verzehrt werden.

Vorläufiger Endpunkt dieser rechtlichen EU-Harmonisierung soll die Erstellung einer Gemeinschaftsliste (Positivliste) sein, welche alle in der EU erlaubten Enzyme erfasst. Voraussetzung zur Aufnahme eines Enzyms in diese Positivliste ist ein entsprechender Antrag auf Zulassung und eine darauf basierende Sicherheitsbewertung durch die EFSA. Diese Aufgabe wurde der EFSA von der Europäischen Kommission übertragen. Die Frist zur Einbringung dieser Anträge wurde von der Eu-

ropäischen Kommission von ursprünglich 11. September 2014 bis zum 15. März 2015 verlängert.

Die EFSA hat in zwei Leitlinien festgelegt, wie die Sicherheitsbewertung von Enzymen erfolgen wird, und welche Daten die Antragsteller liefern müssen (EFSA, 2009 b; EFSA, 2014 f).

Wie viele Anträge zu erwarten und von der EFSA zu bearbeiten sind, kann in etwa aus der aktuellen AMFEP-Liste (AMFEP, 2014) der kommerziellen Enzyme und aus der Enzymliste der französischen Verordnung (Arrêté du 19 Octobre, 2006) abgeleitet werden. Erstere Liste (Stand April 2014) umfasst 194, die französische Liste ca. 240 Enzyme. Es sind hier viele Enzyme mit gleicher Wirkung aber aus unterschiedlichen Mikroorganismenarten inkludiert. Schätzungen der EFSA selbst gehen von bis zu 300 Anträgen in den nächsten Jahren aus (EFSA, 2014 g). Bis Anfang August 2014 sind bereits 47 Anträge bei der EFSA eingelangt.

Durch die Möglichkeit einer Gruppensicherheitsbewertung von Enzymen verschiedener Hersteller (z.B. Enzyme mit der gleichen katalytischen Wirkung aus derselben Quelle), kann die Zahl der Anträge verringert oder deren Bearbeitung beschleunigt werden. Für Enzyme aus gentechnisch veränderten Organismen ist eine solche Gruppenbewertung nicht möglich. Hier muss für jedes Enzym ein separater Antrag eingereicht werden (Anonym, 2014 a).

Nach Ablauf der Frist werden alle eingelangten Anträge von der EFSA publiziert und sukzessive abgearbeitet. Mit Stand vom 20. April 2015 liegen bereits fünf positiv erledigte Anträge seitens der EFSA vor: Zulassung von Thrombin, 3 Lipasen und einer Xylanase (EFSA, 2015).

Aus diesen beiden Zulassungen ist schon klar ersichtlich, dass die EFSA nur reine Enzyme beurteilt. Die Charakterisierung erfolgt in beiden Fällen über die pH- und Temperatur-Optimas, sowie über den Gehalt an Protein, Asche, Wasser und Schwermetallen, sowie den Gesamtgehalt an organischer Trockensubstanz (TOS = *total organic solids*). Letzterer Wert wird folgendermaßen errechnet:

$$TOS [\%] = 100 - (\text{Asche} + \text{Wasser} + \text{Verdünnungsmittel oder Trägermaterial})$$

Dieses vom JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) erstellte TOS-Konzept wurde auch auf Anraten der AMFEP (AMFEP, 2009) von der EFSA übernommen. Es soll das Problem beheben, dass Enzyme bzw. Enzympräparate eben keine reinen Chemikalien sind, verschiedene Aktivitäten und unterschiedliche Formen aufweisen (flüssige bzw. trockene Präparate). In der Praxis wird der Großteil der organischen Substanz nicht das Enzym *per se* sein. In diesem Wert können durchaus auch andere Enzyme enthalten sein, so dass das gesamte Präparat auch enzymatische Nebenaktivitäten aufweisen kann.

Es ist vorgesehen alle Anträge zu bearbeiten und erst danach die gesamte Liste auf einmal zu publizieren und rechtswirksam werden zu lassen. Aufgrund des Umfangs dieser Beurteilungsarbeit kann das einige Jahre in Anspruch nehmen, wahrscheinlich wird ein Abschluss nicht vor 2020 zu erwarten sein. Abb. 2.3.1 zeigt die Zeitschiene für die Umsetzung der Enzymregulierung in der EU. Daraus geht auch hervor, dass es sich um eine sogenannte offene Liste handelt, d.h. es sind nach Veröffentlichung der Gemeinschaftsliste weitere, neue Anträge möglich, um der technologischen Weiterentwicklung Rechnung tragen zu können.

Bis ein vollständiges EU-Verzeichnis für Lebensmittelenzyme erstellt ist, gelten die bisherigen nationalstaatlichen Regelungen. Bevor die Gemeinschaftsliste in Kraft tritt, werden Lebensmittelenzyme, die nicht als Zusatzstoffe Verwendung finden, weiterhin als Verarbeitungshilfsstoffe geregelt.

Food Enzymes Regulation: Timeline

Amfep/09/01 bis

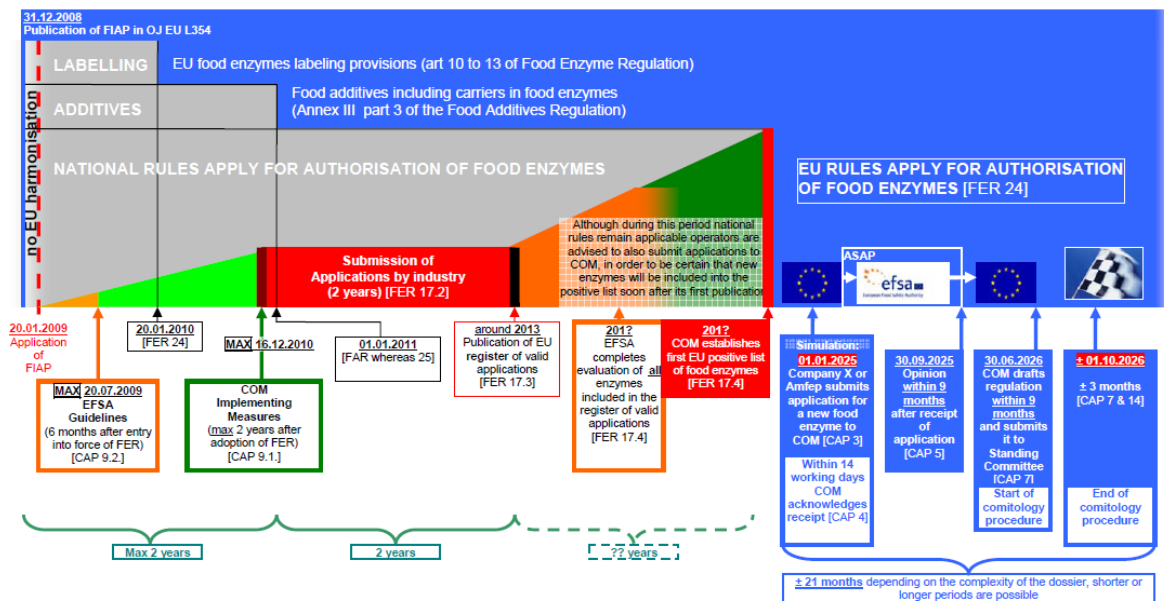


Abb. 2.3.1: Zeitschiene für die Umsetzung der Enzymregulierung in der EU

Die Gemeinschaftsliste der EU wird voraussichtlich für jedes Enzym folgende Angaben beinhalten:

- Bezeichnung des Enzyms (Name, Synonyme)
- seine Spezifikation wie Herkunft und Reinheit
- die Lebensmittel, in denen das Enzym eingesetzt werden darf
- die Bedingungen, unter denen es verwendet werden darf
- Verkaufsbeschränkungen
- erforderlichenfalls spezifische Anforderungen in Bezug auf die Kennzeichnung von Lebensmitteln, in denen die Lebensmittelenzyme verwendet wurden, um sicherzustellen, dass der Endverbraucher über den physikalischen Zustand des Lebensmittels oder die spezifische Behandlung, der es unterzogen wurde, informiert ist.

3.3. (Effekt)-Kennzeichnung von Enzymen - Rechtliche Begriffsbestimmungen und Abgrenzungen

Um die weiter unten diskutierten Abgrenzungen und Einordnungen vornehmen zu können, ist es zweckmäßig, sich vorerst einige in der VO Nr. 1332/2008 und VO Nr. 1333/2008 angeführte Definitionen und Begriffsbestimmungen vor Augen zu halten.

Auszug aus den Erwägungsgründen der VO Nr. 1332/2008:

(6) *Lebensmittelenzyme sollten nur zugelassen und verwendet werden, wenn sie den in dieser Verordnung festgelegten Kriterien genügen. **Lebensmittelenzyme müssen in ihrer Verwendung sicher sein, es muss eine technologische Notwendigkeit für ihre Verwendung geben, und ihre Verwendung darf die Verbraucher nicht irreführen.** Die Irreführung der Verbraucher kann sich unter anderem aus folgenden Aspekten ergeben: Art und Frischegrad eines Erzeugnisses, Qualität der verwendeten Zutaten, Naturbelassenheit eines*

Erzeugnisses bzw. Natürlichkeit des Herstellungsverfahrens oder Nährwert eines Erzeugnisses. ...

(18) *Lebensmittelenzyme fallen unter den Begriff des Lebensmittels gemäß der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 und müssen deshalb gemäß der Richtlinie 2000/13/EG bei **Verwendung in Lebensmitteln als Zutaten** in der Kennzeichnung des Lebensmittels angeführt werden.*

Lebensmittelenzyme sollten mit ihrer technologischen Funktion in Lebensmitteln bezeichnet werden, gefolgt vom spezifischen Namen des Lebensmittelenzyms. Es ist jedoch eine Ausnahme von den Vorschriften über die Kennzeichnung vorzusehen für Enzyme, die keine technologische Funktion im Enderzeugnis erfüllen, und nur als Ergebnis einer Übertragung aus einer oder mehreren Zutaten oder wegen einer Verwendung als Verarbeitungshilfsstoff im Lebensmittel vorhanden sind. Die Richtlinie 2000/13/EG sollte entsprechend geändert werden.

Auszug aus der VO Nr. 1332/2008:

Artikel 3

Begriffsbestimmungen

(1) Für die Zwecke dieser Verordnung gelten die Begriffsbestimmungen der Verordnungen (EG) Nr. 178/2002, (EG) Nr. 1829/2003 und (EG) Nr. 1333/2008.

(2) Ferner gelten die folgenden Begriffsbestimmungen:

a) Ein „**Lebensmittelenzym**“ ist ein Erzeugnis, das aus Pflanzen, Tieren oder Mikroorganismen oder daraus hergestellten Erzeugnissen gewonnen wird; dazu gehört auch ein Erzeugnis, das durch ein Fermentationsverfahren mit Mikroorganismen gewonnen wird, und das

i) ein Enzym oder mehrere Enzyme enthält, die die Fähigkeit besitzen, eine spezifische biochemische Reaktion zu katalysieren, und

ii) einem Lebensmittel zugesetzt wird, um auf irgendeiner Stufe der Herstellung, Verarbeitung, Zubereitung, Behandlung, Verpackung, Beförderung **oder Lagerung von Lebensmitteln einen technologischen Zweck zu erfüllen.**

b) Eine „**Lebensmittelenzym-Zubereitung**“ ist eine Formulierung von einem oder mehreren Lebensmittelenzymen, der Stoffe wie beispielsweise Lebensmittelzusatzstoffe und/oder andere Lebensmittelzutaten beigegeben sind, um die Lagerung, den Verkauf, die Standardisierung, die Verdünnung oder die Lösung der Lebensmittelenzyme zu erleichtern.

Auszug aus der VO Nr. 1332/2008:

Artikel 3

Begriffsbestimmungen

(2) Für die Zwecke dieser Verordnung gelten ferner folgende Begriffsbestimmungen:

b) „**Verarbeitungshilfsstoff**“: ein Stoff, der

i) nicht als Lebensmittel verzehrt wird

ii) bei der Verarbeitung von Rohstoffen, Lebensmitteln oder deren Zutaten **aus technologischen Gründen während der Be- oder Verarbeitung verwendet wird und**

iii) unbeabsichtigte, technisch unvermeidbare Rückstände des Stoffes oder seiner Derivate im Enderzeugnis hinterlassen kann, sofern diese Rückstände gesundheitlich unbedenklich sind und **sich technologisch nicht auf das Enderzeugnis auswirken**

In Tab. 2.3.1 werden übersichtsmäßig nun alle derzeit vorstellbaren Möglichkeiten für den Einsatz von Enzymen im Lebensmittelbereich angeführt, die im Folgenden auf der Basis der in der Verordnung angeführten Begriffe und Definitionen der Reihe nach diskutiert werden. Eine wichtige Frage ist dabei, ob das Enzym auf dem verzehrfertigen Lebensmittel zu deklarieren ist, und wenn ja, wie das erfolgen muss. Prinzipiell kann bei Unklarheiten der Einordnung der Entscheidungsbaum des *Guidance Documents* der Kommission (Guidance Document, 2014) heran gezogen werden.

	Mögliche Enzymwirkung	Enzym ist im Endprodukt (fertiges Lebensmittel) noch wirksam bzw. funktionell	Enzym ist zu betrachten als
1.1	Enzym wird bei der Verarbeitung oder erst dem verzehrfertigen Lebensmittel zugesetzt und hat im Endprodukt nur eine ernährungsphysiologische Wirkung.	ja	Enzym fällt nicht unter die Regelungen der VO 1233/2008.
1.2	Enzym wird während der Verarbeitung oder erst dem verzehrfertigen Lebensmittel zugesetzt und ist in Letzterem technologisch wirksam.	ja	Früher als deklarationspflichtiger Lebensmittelzusatzstoff, nach der neuen Regelung als deklarationspflichtige Zutat
1.3	Enzym wird während der Verarbeitung zugesetzt, reversibel inaktiviert oder es überdauert die Verarbeitung zumindest teilweise und ist auch im verzehrfertigen Lebensmittel noch technologisch wirksam, wenn das entsprechende Substrat vorhanden ist und pH-Wert und Temperatur das ermöglichen.	ja, zumindest teilweise	Entscheidungshilfe durch den "Entscheidungsbaum" lt. Guidance Document (2014)
2.1	Enzym wird während der Verarbeitung zugesetzt, reversibel inaktiviert aber nicht entfernt. Die technologische Wirkung des Enzyms ist ausschließlich auf die Herstellung beschränkt. Im verzehrfertigen Lebensmittel ist das Enzym noch aktiv oder teilaktiv enthalten. Eine Wirkung ist aber trotz Restaktivität aufgrund der Bedingungen im Lebensmittel auszuschließen (z.B. kein geeignetes Substrat vorhanden, Bedingungen außerhalb des Enzymwirkungsbereiches).	theoretisch ja, praktisch nein	Nicht deklarationspflichtiger Verarbeitungshilfsstoff.
2.2	Enzym wird während der Verarbeitung zugesetzt und auch wieder vollständig entfernt. Die technologische Wirkung des Enzyms ist ausschließlich auf die Herstellung beschränkt. Im verzehrfertigen Lebensmittel sind keine Auswirkungen gegeben.	nein	Nicht deklarationspflichtiger Verarbeitungshilfsstoff
2.3	Enzym wird während der Verarbeitung zugesetzt, vollständig und irreversibel inaktiviert (denaturiert) aber nicht entfernt. Die technologische Wirkung des Enzyms ist ausschließlich auf die Herstellung beschränkt. Im verzehrfertigen Lebensmittel sind keine Auswirkungen gegeben.	nein	Nicht deklarationspflichtiger Verarbeitungshilfsstoff
2.4	Enzym wird während der Verarbeitung zugesetzt. Seine Wirkung bei der Verarbeitung hat aber keine technologischen Zwecke, sondern es soll andere Reaktionen durchführen oder Stoffe bilden, die erst im verzehrfertigen Lebensmittel Auswirkungen haben. Enzym wird dann aber im Laufe der weiteren Verarbeitung inaktiviert und ist im verzehrfertigen Lebensmittel in keiner Weise wirksam.	nein	???????

Tab. 2.3.1: Vorstellbare Möglichkeiten für den Einsatz von Enzymen im Lebensmittelbereich

Möglichkeit 1.1: Enzym wird bei der Verarbeitung oder erst dem verzehrfertigen Lebensmittel zugesetzt und hat im Endprodukt nur eine ernährungsphysiologische Wirkung.

Der Anwendungsbereich der Verordnung (EU) Nr. 1332/2008 erstreckt sich nur auf Enzyme, die zur Erfüllung technologischer Funktionen einem Lebensmittel zugesetzt werden, und nicht auf solche, die zum Verzehr bestimmt sind, wie z.B. Enzyme zu Ernährungszwecken oder zur Verdauungsförderung (z.B. Laktase, Proteasen). Es geht in diesem speziellen Fall eher um Nahrungsergänzungsmittel als um Lebensmittel. Wie eine Deklaration in einem Lebensmittel erfolgen kann oder erfolgen muss, wird nicht durch die VO 1332/2008 geregelt.

Möglichkeit 1.2: Enzym wird während der Verarbeitung oder erst dem verzehrfertigen Lebensmittel zugesetzt und ist in diesem technologisch wirksam.

In der EU waren bisher nur diejenigen Enzyme geregelt, die im verzehrfertigen Lebensmittel eben eine technologische Wirkung (enzymatische Aktivität) ausüben. Im Prinzip waren das nur zwei Enzyme, nämlich Invertase (z.B. Süßwarenerzeugung) und Lysozym als Konservierungsstoff. Sie wurden als Zusatzstoffe deklariert und erhielten deshalb eine E-Nummer (Invertase E 1103, Lysozym E 1105). In Art. 18 der Verordnung (EU) Nr. 1333/2008 wird angeführt, dass beide Enzyme in die endgültige Gemeinschaftsliste aufzunehmen sind.

Alle Enzyme, die in diese Kategorie fallen (technologischer Wirksamkeit im Endprodukt), werden in Zukunft als Lebensmittelzutat aufgefasst und sind laut Verordnung (EU) Nr. 1332/2008 in der Zutatenliste entsprechend anzuführen:

(18) Lebensmittelenzyme fallen unter den Begriff des Lebensmittels gemäß der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 und müssen deshalb gemäß der Richtlinie 2000/13/EG bei Verwendung in Lebensmitteln als Zutaten in der Kennzeichnung des Lebensmittels angeführt werden.

Lebensmittelenzyme sollten mit ihrer technologischen Funktion in Lebensmitteln bezeichnet werden, gefolgt vom spezifischen Namen des Lebensmittelenzyms. Es ist jedoch eine Ausnahme von den Vorschriften über die Kennzeichnung vorzusehen für Enzyme, die keine technologische Funktion im Enderzeugnis erfüllen, und nur als Ergebnis einer Übertragung aus einer oder mehreren Zutaten oder wegen einer Verwendung als Verarbeitungshilfsstoff im Lebensmittel vorhanden sind.

Möglichkeit 1.3: Enzym wird während der Verarbeitung zugesetzt, reversibel inaktiviert oder es überdauert die Verarbeitung zumindest teilweise und ist auch im verzehrfertigen Lebensmittel noch technologisch wirksam, wenn das entsprechende Substrat vorhanden ist und pH-Wert und Temperatur das ermöglichen.

In diesem Fall kann der Entscheidungsbaum des *Guidance Documents* der Kommission (Guidance Document, 2014) zur Einordnung des Enzyms heran gezogen werden. Am besten wird dieser Fall an einem konkreten Beispiel dargelegt. Der Backwarenbereich ist einer der Bereiche, wo Enzyme in sehr großem Umfang eingesetzt werden, unter vielen anderen auch Amylasen. Es gibt handelsübliche alpha-Amylasen aus hochthermophilen Mikroorganismen, die bis zu 110° C noch hochaktiv sind, also bei diesen Temperaturen nicht denaturiert werden. Werden diese Amylasen dem Teig zugesetzt, können sie den Backprozess überstehen (Anonym, 2008). Bei Backen des Brotes werden in der Krume nämlich nicht mehr als 98-100° C erreicht. Im fertigen Brot kann deshalb so ein Enzym durchaus weiterwirken und zur Frischhaltung des Brotes (Verhinderung bzw. Verzögerung der Stärkeretrogradation durch teilweise Hydrolyse der Stärkepolymerketten) beitragen.

Das bedeutet also, die technologische Wirkung wird zumindest teilweise erst im Endprodukt erreicht. Demnach wäre das Enzym als Zutat zu kennzeichnen. Erfolgt keine Kennzeichnung, stellt sich die Frage, ob eine *Irreführung der Verbraucher* unter dem Aspekt *Art und Frischegrad eines Erzeugnisses* vorliegt.

In Zukunft kann durchaus erwartet werden, dass durch die Fortschritte in der Enzymtechnologie weitere thermostabile Enzyme auf den Markt kommen, die den Herstellungsprozess zumindest teilweise überleben und im verzehrfertigen Lebensmittel Restaktivitäten aufweisen. Es wird hier immer im Einzelfall zu prüfen sein, ob diese Restaktivitäten noch eine technologische Auswirkung im verzehrfertigen Lebensmittel haben.

Möglichkeit 2.1: Enzym wird während der Verarbeitung zugesetzt, reversibel inaktiviert aber nicht entfernt. Die technologische Wirkung des Enzyms ist ausschließlich auf die Herstellung beschränkt. Im verzehrfertigen Lebensmittel ist das Enzym noch aktiv oder teilaktiv enthalten. Eine Wirkung ist aber trotz Restaktivität aufgrund der Bedingungen im Lebensmittel auszuschließen (z.B. kein geeignetes Substrat vorhanden, Bedingungen außerhalb des Enzymwirkungsbereiches).

Theoretisch könnte das Enzym im verzehrfertigen Lebensmittel noch wirksam sein, die vorliegenden Bedingungen lassen aber keine Aktivität zu. In diesem Fall kann das Enzym wahrscheinlich als Verarbeitungshilfsstoff angesehen werden. Wenn nun - durch wen auch immer - im verzehrfertigen Lebensmittel die Bedingungen so geändert werden, dass eine Enzymwirkung möglich ist, entsteht aber eine völlig andere Sachlage.

Möglichkeit 2.2: Enzym wird während der Verarbeitung zugesetzt und auch wieder vollständig entfernt. Die technologische Wirkung des Enzyms ist ausschließlich auf die Herstellung beschränkt. Im verzehrfertigen Lebensmittel sind keine Auswirkungen gegeben.

Dieser Fall ist rechtlich eindeutig. Das Enzym ist ein Verarbeitungshilfsstoff und muss nicht deklariert werden.

Möglichkeit 2.3: Enzym wird während der Verarbeitung zugesetzt, vollständig und irreversibel inaktiviert (denaturiert) aber nicht entfernt. Die technologische Wirkung des Enzyms ist ausschließlich auf die Herstellung beschränkt. Im verzehrfertigen Lebensmittel sind keine Auswirkungen gegeben.

Obwohl das Enzym also noch inaktiv im fertigen Lebensmittel vorliegt, ist es aufgrund der Definition für Verarbeitungshilfsstoffe eindeutig als solcher anzusehen und nicht deklarationspflichtig.

Möglichkeit 2.4: Enzym wird während der Verarbeitung zugesetzt. Seine Wirkung bei der Verarbeitung hat aber keine technologischen Zwecke, sondern es soll andere Reaktionen durchführen oder Stoffe bilden, die erst im verzehrfertigen Lebensmittel Auswirkungen haben. Enzym wird dann aber im Laufe der weiteren Verarbeitung inaktiviert und ist im verzehrfertigen Lebensmittel in keiner Weise wirksam.

Bei der in der Tab. 2.3.4 angeführten Möglichkeit gibt auch der Entscheidungsbaum des Guidance Documents (2014) keine endgültige Klarheit Antwort, ob und wie das Enzym beziehungsweise seine Wirkung rechtlich einzuordnen ist. Diese Möglichkeit lässt sich ebenfalls am besten an einem konkreten, theoretischen Beispiel erläutern. Ho und Suzuki (2014) berichten, dass durch Zusatz des Enzyms γ -Glutamyltranspeptidase bei der Herstellung von Sojasoße und Miso der Gehalt an Glutamat (Anmerkung: Bei Zusatz von außen ein deklarationspflichtiger Zusatzstoff) und umami-wirksamen Peptiden im verzehrfertigen Endprodukt deutlich gesteigert werden kann, wodurch der sensorische Gesamteindruck verbessert wird. Zweifelsohne ist die Wirkung dieses Enzyms als technologisch anzusehen. Diese technologische Wirkung hat aber keinen Einfluss auf die Herstellung sondern nur auf das verzehrfertige Lebensmittel.

Wie ist nun eine spätere sensorische Auswirkung der technologischen Wirkung bei der Herstellung zu beurteilen? Ist das Enzym nur ein Verarbeitungshilfsstoff? Wenn ja, muss das Enzym nicht deklariert werden.

Nach der Auslegung der EU bei der Definition des Begriffes Zusatzstoff (siehe Kap. 1.10.5) könnten organoleptische Gründe ebenfalls als technologisch angesehen werden. Die technologische Wirkung in angeführtem Fall wird aber bei der Verarbeitung erzielt, und daher wäre dann keine Kennzeichnung des Enzyms notwendig.

Ein weiteres theoretisches Beispiel für diese Möglichkeit wäre die Behandlung eines Wurstbräts mit Proteasen, um durch Proteinhydrolyse umami-wirksame Peptide zu erzeugen. Damit die technologischen Eigenschaften des Bräts nicht beeinträchtigt werden, könnte nur ein Teil-Brät mit den Enzymen behandelt und dann mit dem Gesamtbrät vermischt und weiterverarbeitet werden. Der Zusatz von deklarationspflichtigen Geschmacksverstärkern könnte dadurch vermieden werden.

Einige Einsatzgebiete des schon lange handelsüblichen Enzyms Transglutaminase wären ebenfalls hier einzureihen. Dieses Enzym kann unter anderem dazu verwendet werden, um Fleisch- oder Fischzuschnitte wieder zu einer kompakten Masse zu verbinden beziehungsweise zu "verkleben". Das Enzym wirkt bei der Herstellung, ist im verzehrfertigen Lebensmittel noch enthalten und kann in diesem noch aktiv sein. Letzteres ist der Fall, wenn die Produkte nicht gekocht werden, wie z.B. bei rohem Lachsschinken. Deshalb sind einige Autoren der Ansicht, dass es sich hier nicht um einen Verarbeitungshilfsstoff, sondern um eine deklarationspflichtige Zutat handelt (Donner, 2011; Anonym, 2014). Außerdem wäre zu hinterfragen, ob mit dieser Vorgangsweise den Konsumenteninnen und Konsumenten nicht eine höherwertige Ware vorgetäuscht wird. Wenn diese Frage bejaht wird, darf das Enzym laut EU-VO 1332/2008 (siehe Erwägungsgrund 6) sowieso gar nicht eingesetzt werden.

Eine weitere - zumindest theoretische - Möglichkeit wäre der Zusatz spezieller Lipasen während der Verarbeitung, um Emulgatoren (Mono- und Diglyceride) *in situ*, also direkt in den Lebensmitteln zu erzeugen.

Generell ist die Bildung von deklarationspflichtigen Zusatzstoffen durch Enzyme während der Herstellung im Lichte des „*clean labelling*“-Trends in Zukunft durchaus als realistisch anzusehen. Denkbar wäre hier neben der enzymatischen Bildung von Geschmackstoffen und Emulgatoren auch die enzymatische *in situ*-Bildung von Konservierungsmitteln, Farbstoffen usw. Nachdem die Zusatzstoffe ja nicht „zugesetzt“ werden, müssten sie definitionsgemäß auch nicht deklariert werden. Das Enzym als Verarbeitungshilfsstoff wäre ebenfalls nicht zu deklarieren.

Abschließend zum Thema Enzymkennzeichnung ist noch festzuhalten, dass eine spezielle Kennzeichnung von Enzymen, die mit gentechnisch veränderten Organismen hergestellt wurden, grundsätzlich nicht vorgesehen ist. Für sie gelten die gleichen Kennzeichnungsregeln. Nur bei der Sicherheitsbewertung werden teilweise strengere Maßstäbe angelegt.

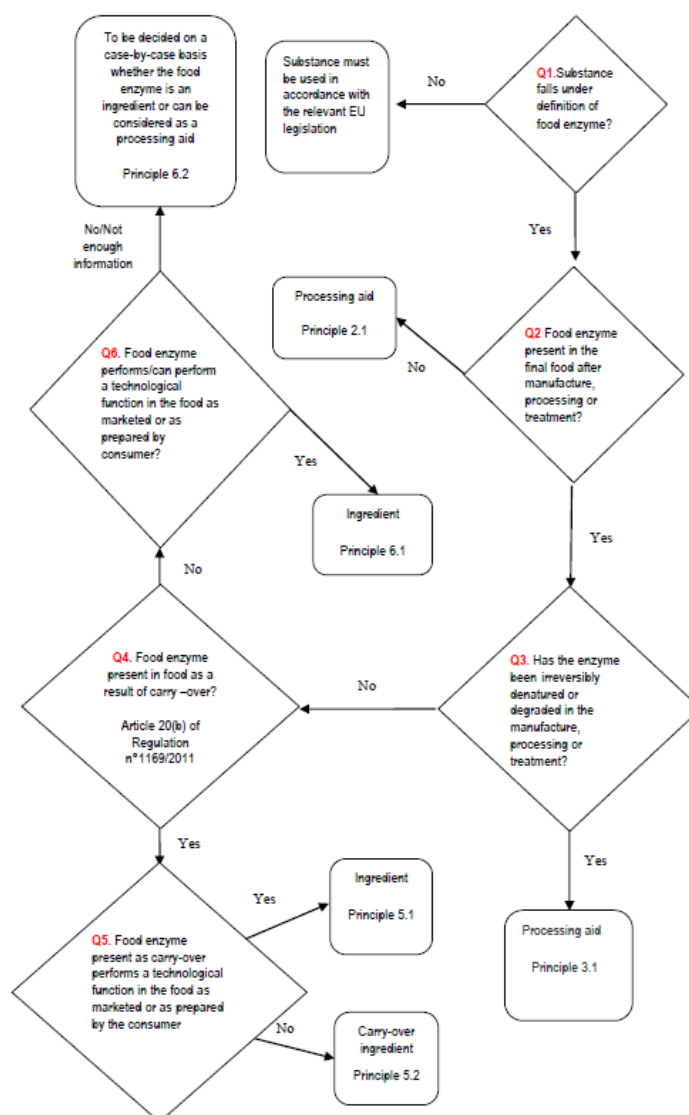


Abb. 2.3.2: Entscheidungsbaum zur Einordnung von Enzymen als deklarationspflichtige Zutat oder als nichtdeklarationspflichtiger Verarbeitungshilfsstoff (Guidance Document, 2014)

3.4. Nebenaktivitäten von Enzympräparaten

Nebenaktivitäten bei der Verwendung von Enzymen können grundsätzlich auf die im Folgenden beschriebenen zwei Ursachen zurückgeführt werden.

3.4.1. Substratähnlichkeit

Enzyme führen mit hoher Spezifität Reaktionen durch. Wenn aber Substrate mit ähnlicher Struktur vorliegen, können sie vom Enzym genutzt werden. Beispielsweise spalten einige Hemicellulasen auf Grund der Strukturähnlichkeit von Cellulose und Hemicellulosen auch Cellulose und umgekehrt (Mayer, 2012).

3.4.2. Vorliegen eines Enzymgemisches

Die in der Praxis eingesetzten Enzympräparate enthalten in den meisten Fällen nicht nur reines, isoliertes Enzym. Das lässt sich schon aus den Herstellungsverfahren ableiten. Die Aufreinigung von Fermentationssubstraten, das heißt die Gewinnung eines reinen Enzyms ist aufwändig und kostenintensiv. Es sind daher in Enzympräparaten auch andere Proteine enthalten, die ebenfalls Enzyme sein können (Froeck, 1999). Oft werden von den Enzym-Herstellern bewusst mehrere Enzyme bzw. Enzympräparate zusammen gemischt, um bestimmte Wirkungen zu erzielen (Ster-Enzym, 2014).

Für die Kennzeichnung ergeben sich aus der Tatsache von Nebenaktivitäten einige Probleme. Die EFSA beurteilt jeweils nur die angegebene Hauptaktivität. Wenn nun eine Effektkennzeichnung von Enzyme erfolgen soll, ist nur die Hauptaktivität von Relevanz, oder haben auch allfällige Nebenaktivitäten praktische Auswirkungen? Diese Frage wurde bis jetzt kaum wirklich behandelt.

3.5. Wirtschaftliche Daten und Fakten zu Verwendung von Enzymen im Lebensmittelbereich

Im Jahr 2009 waren 235 technische Enzyme auf dem europäischen Markt (Jany, 2014), davon entfielen

- 210 auf die Nutzung im Lebensmittelbereich;
- 224 wurden fermentativ aus 66 Mikroorganismenarten gewonnen;
- 94 wurden fermentativ mit Hilfe von gentechnisch veränderten Mikroorganismen gewonnen;
- 5 aus Tieren und
- 6 aus Pflanzen.

Der globale Markt für technische Enzyme im Segment „Lebensmittel und Getränke“ weist jährliche Wachstumsraten von ca. 5 % auf und soll von einem Marktvolumen von 0,975 Milliarden US-Dollar im Jahr 2013 auf 1,3 Milliarden US-Dollar im Jahr 2015 ansteigen (Binod et al., 2013; companiesandmarkets.com, 2014).

Diesen Markt teilen sich Enzymhersteller vor allem aus Europa und den USA, wobei Enzymhersteller aus China und Indien verstärkt auf den Markt drängen.

Derzeit hat die europäische „Association of Manufacturers and Formulators of Enzyme Products – AMFEP“ 21 Vollmitglieder und 10 assoziierte Mitglieder. Aus der Bezeichnung dieser Mitgliederorganisation geht schon hervor, dass nicht alle Mitglieder direkt Enzyme herstellen. Viele Firmen, die Enzyme und Enzympräparate auf den Markt anbieten, kaufen diese von den wirklichen Enzymproduzenten zu.

Innerhalb der Enzymproduzenten findet, wie in allen Bereichen der Lebensmittelherstellung, eine immer stärkere Globalisierung und Konzentration statt. Weltweit decken die drei größten Enzymhersteller bereits 74 % des Weltmarkts an technischen Enzymen ab (Höhn, 2014):

Novozymes	47 %
DuPont (Genencor)/Danisco (2011 erwarb DuPont eine Mehrheit an der Danisco A/S und brachte seine Tochter Genencor in die neue Firma ein)	21 %
DSM (hat bereits 1998 Gist-Brocades aufgekauft)	6 %

Vom Gesamtumsatz von Novozymes, als größter Enzymhersteller, von ca. 1,58 Milliarden Euro entfallen 27 % auf den Lebensmittel- und Getränkesektor, also ca. 0,405 Milliarden Euro (Höhn, 2014).

Es ist zu erwarten, dass diese Konzentration bei den Enzymherstellern noch weiter voran schreitet. Nicht zuletzt auch deswegen, weil die Enzymentwicklung und -zulassung immer höhere Kosten verursachen. Die Frage, die sich in diesem Zusammenhang ergibt, ist, ob ein steigender Konzentrationsgrad in Zukunft Innovationen fördert oder eher Innovationen unterdrückt.

3.6 Trends und Innovationen bei der Herstellung und Verwendung von Enzymen im Lebensmittelbereich

3.6.1. Auffinden neuer Enzyme bzw. neuer Einsatzmöglichkeiten für Enzyme

In der Vergangenheit wurden zur Auffindung nutzbarer Enzyme aus Mikroorganismen folgendermaßen vorgegangen: Mikroorganismen wurden aus den verschiedensten Bereichen (z.B. Boden, Ozean) isoliert, in Reinkultur angezchtet und untersucht, welche Enzyme gebildet werden. Voraussetzung für diese Vorgangsweise ist, dass die Mikroorganismen auch im Labor kultivierbar sind. In weiterer Folge wurden Mikroorganismenstämme, welche geeignete Enzyme bilden können, gezüchtet und aus dem Fermentationsmedium die Enzyme gewonnen.

Mit der Entwicklung der neuen Biotechnologie stehen heute aber ganz andere Methoden zur Enzymgewinnung zur Verfügung. Damit kann das überwältigende Potential von Mikroorganismen,

welches zum überwiegenden Teil durch die klassischen Kultivierungsmethoden nicht erfasst wird, ebenfalls genutzt werden. Wie groß dieses Potential ist, zeigt die Schätzung, dass 99,9 % der mikrobiellen Arten in Bodenhabitaten bislang nicht kultivierbar sind (Anonym, 2014 c).

Das grundlegende Prinzip der meisten Techniken zur Erschließung der bakteriellen Vielfalt ist die Isolierung der Gesamt-DNA – des sogenannten Metagenoms – aus Proben, die aus den verschiedensten Habitaten bzw. Biotopen gezogen werden. Damit werden sogenannte Metagenom-Bibliotheken (*metagenomic libraries*) gewonnen, welche die komplette Information aus einer Umweltprobe enthalten. Diese Informationen ermöglichen nachfolgend Struktur- und Funktionsanalysen (z.B. DNA-Sequenzen, die bestimmte Enzyme bilden) von nicht kultivierbaren Mikroorganismen mittels der klassischen Züchtungsmethoden. Dazu werden erhaltenen DNA-Sequenzen in kultivierbaren Mikroorganismen (Expressionswirt) übertragen. Falls die transferierte Erbinformation die Anweisung zum Zusammenbau eines Enzyms enthält, kann der neue Wirtsorganismus für diese „Umwelt-DNA“ anschließend in Bioreaktoren gezüchtet werden und dieses neue Enzym produzieren (Anonym, 2014 e; Urban & Adamczak, 2014).

3.6.2. Auffindung neuer Enzymfunktionen

Die Informationen von Metagenom-Datenbanken sind sehr umfangreich. Die Suche nach bestimmten Enzymfunktionen wird immer schwieriger und komplizierter. Österreichische Forscher haben deshalb ein zum Patent angemeldetes Suchsystem für Enzymfunktionen entwickelt, welches pointiert formuliert als „Enzym Google“ bezeichnet wird (Stanzer, 2014; Anonym, 2014 f).

Mit dieser Suchmaschine lässt sich die Tatsache nutzen, dass Enzyme aufgrund ihrer „katalytischen Promiskuität“ neben ihrer eigentlichen Aktivität völlig unabhängige chemische Reaktionen katalysieren können, also Nebenaktivitäten aufweisen (Steinkellner et al., 2014).

Eine weitere Methode, um zu neuen Enzymfunktionen zu kommen, ist das sogenannte „DNA shuffling“. Vereinfacht ausgedrückt, werden dabei mutierte Elterngene (DNA-Ketten) gespalten, die DNA-Bruchstücke gemischt und wieder zur ursprünglichen Kettenlänge zusammengesetzt (Ostermeier, 2003).

Ein völlig anderer, futuristischer, aber im Prinzip schon gangbarer Weg ist, zu einer gewünschten Reaktion ein künstliches Enzym - sozusagen am Reißbrett – zu konstruieren (Gross, 2013). Damit könnten auch Reaktionen katalysiert werden, die nicht im Repertoire der natürlichen Enzyme existieren.

3.6.3. Enzyme aus extremophilen Lebensformen

Ein Grund, warum der überwiegende Teil der Mikroorganismen in den diversen Habitaten mit herkömmlichen Isolierungsmethoden nicht erfasst werden kann, liegt darin, dass diese unter extremen Umweltbedingungen leben, also extremophil sind.

Prinzipiell gibt es folgende Möglichkeiten der Extremophilie:

- a) Thermophilie (Temperatur)
- b) Psychrophilie/Kryophilie (Kälte)
- c) Halophilie (Hoher Salzgehalt, geringe Wasseraktivität)
- d) Acidophilie und Alkaliphilie

- e) Barophilie/Piezophilie (Druck)
- f) Radiophilie (elektromagnetische Strahlung)

Enzyme aus diesen Mikroorganismen müssen und können ebenfalls unter solchen extremen Bedingungen wirksam sein und sind deswegen im Bereich der Lebensmittelverarbeitung von großem Interesse. Mit den oben genannten, heute zur Verfügung stehenden Methoden lassen sich solche Enzyme auffinden, in mesophilen Mikroorganismen exprimieren und damit technisch gewinnen.

Da in den extremophilen Organismen zum Großteil die gleichen metabolischen Vorgänge ablaufen, kann angenommen werden, dass für jedes Enzym aus mesophilen Organismen ein entsprechendes Gegen-Enzym aus extremophilen Organismen existiert.

3.6.3.1. Thermostabile Enzyme

Die Nutzung thermostabiler Enzyme, insbesondere Amylasen, zählt schon seit vielen Jahren zum Stand der Technik. Sie werden beispielsweise in großem Ausmaß in der Stärketechnologie verwendet.

Mit der Metagenom-Methode kann sehr leicht nach anderen, thermophilen Enzymen gesucht (gescreent) werden. Beispielsweise wurden tatsächlich schon zahlreiche neue thermostabile, lipolytische Enzyme aus nicht-kultivierbaren Bakterien gefunden (Rao et al., 2011; Tayyab et al., 2011). Denkbare Einsatzgebiete liegen in der Gewinnung und Verarbeitung von Fetten und Ölen, aber auch direkt in Lebensmitteln.

3.6.3.2. Kälte-adaptierte Enzyme

Der Großteil der Biosphäre der Erde ist „kalt“. 90 % des Wassers der Ozeane haben eine Temperatur unter 5° C. Weitere kalte Habitate sind die polaren und alpinen Regionen, die zusammen 20 % der Bodens ausmachen. Organismen, die sich an die Umweltbedingungen in diesen Bereichen adaptiert haben, sind eine enorme natürliche Ressource für kälteadaptierte Enzyme. Solche Enzyme weisen eine hohe katalytische Aktivität bei niedrigen Temperaturen auf. Diese Eigenschaft wird durch eine flexible Proteinstruktur erreicht (Cavicchioli et al., 2011; Feller, 2013). Alle derzeit technisch eingesetzten Enzymgruppen, gibt es auch in psychrophiler Version, wie Pectinasen, Proteasen, Lactasen, Amylasen, Proteasen, Phytasen, Lipasen und Xylanasen (Hamid et al., 2014)

Psychrophile Enzyme können in der Lebensmittelverarbeitung genutzt werden, um Verarbeitungsprozesse bei niedrigeren Temperaturen durchzuführen, als dies jetzt der Fall ist. Damit verbunden ergibt sich eine Reihe von denkbaren Vorteilen im Bereich der Lebensmitteltechnik:

- a) Einsparung von Energie durch niedrigere Prozesstemperatur
- b) Schonung von Inhaltsstoffen durch Verhinderung unerwünschter Abbaureaktionen, die bei höheren Temperaturen eintreten.
- c) Geringere Gefahr des Wachstums schädlicher, mesophiler Mikroorganismen
- d) Wenn notwendig, sehr leichte Inaktivierung der psychrophilen Enzyme bei niedrigen Temperaturen.
- e) Wirkung der Enzyme während der Lagerung der Lebensmittel bei niedrigen Temperaturen.

Gerade zum der Pkt. e) sind viele neue Einsatzmöglichkeiten vorstellbar:

- Hydrolysereaktionen in Lebensmitteln während der Lagerung, wie z.B.
 - Laktosespaltung in Milch, Eiscreme etc.
 - Stärkeabbau in gekühlten Teiglingen
 - Zellwandabbauende Enzyme in Frucht- und Gemüsesäften (Trubstabilisierung)
- Einsatz zur Haltbarkeitsverlängerung (Einsatz von Enzymen, welche die Zellwände von schädlichen Bakterien abbauen, ähnlich wie Lysozym).

3.6.3.3. Enzyme adaptiert an hohe Salzkonzentrationen und an die daraus resultierende, geringere Wasseraktivität

Halophile Bakterien aus der Gruppe der *Haloarchaeae* leben nur unter extremen Salzgehalten von 10-37 %, z.B. in Salzseen (Oztetik & Cakir, 2014). Im Lebensmittelbereich liegen sehr oft ebenfalls hohe Salzkonzentrationen vor. Damit verbunden ist immer eine geringe Wasseraktivität. Halophile Enzyme sollten deshalb auch bei niedrigen Wasseraktivitätswerten wirksam sein. Es wäre deshalb zum Beispiel vorstellbar, halophile Exoenzyme zum Abbau (Hydrolyse) von Lebensmittelpolymeren oder für die Umwandlung von Inhaltsstoffen unter solchen extremen Bedingungen (z.B. Lebensmitteln mittlerer Feuchtigkeit) durchzuführen.

3.7. Nutzen und Risiken bei der Verwendung von Enzymen

Zweifelsohne wird der Einsatz von Enzymen in der Lebensmittelherstellung in Zukunft noch viel umfangreicher und vielfältiger werden. Mit den neuen Methoden zur Enzymgewinnung wird es Anwendungen geben, die derzeit kaum vorstellbar sind.

Laut Spök & Proksch (2007) beziehen sich vermutlich die bedeutsamsten Sicherheitsfragen auf die Enzymproduktion und auf das Hantieren mit Enzympräparaten während der Herstellung, Weiterverwendung, des Transports und der Lagerung. Dies betrifft gesundheitliche Risiken am Arbeitsplatz, die nicht spezifisch für Lebensmittelenzyme, sondern für alle industriellen Enzyme gleichermaßen gelten.

Risiken, die sich direkt für Konsumentinnen und Konsumenten durch den Einsatz von Enzymen ergeben könnten, werden im Rahmen der nun durch die EFSA durchgeführten Sicherheitsbewertungen für jedes Enzym neu bewertet. Eine Aufnahme in die EU-Liste der zugelassenen Lebensmittelenzyme kann nur erfolgen, wenn keine Sicherheitsbedenken vorliegen.

Von vornherein kann festgehalten werden, dass die Enzymverwendung im Lebensmittelbereich nur sehr geringe Risiken aufweist. Nicht zuletzt auch deswegen, weil in den meisten Anwendungsfällen das Enzym im Lebensmittel nicht mehr aktiv, also denaturiert ist

Der Nutzen durch den Einsatz von Enzymen, sowohl für die Hersteller als auch für die Verbraucher, überwiegt aber bei weitem potentielle Risiken.

Trotzdem ist – so wie bei allen technischen Handlungen – ein Restrisiko nie vollkommen auszuschließen. Denkbare Risiken wären zum Beispiel Folgende:

- a) Risiken durch den verwendeten MO-Stamm, der zur Enzymproduktion eingesetzt wird.
- b) Enzyme und Enzympräparate enthalten in den meisten Fällen Substanzen und Verunreinigungen, die aus den Fermentationsmaischnen stammen. Von diesen Stoffen könnte potenti-

ell ebenfalls ein Risiko ausgehen.

- c) Unbeabsichtigte enzymatische Nebenreaktionen oder nicht erwünschte Veränderung von Inhaltsstoffen. Als Beispiel wird hier öfters die mögliche Bildung von Peptiden aus Getreideproteinen durch Transglutaminase genannt, welche - so wie Gluten - für Menschen mit Zöliakie problematisch sein könnten. Dabei handelt es sich aber bis jetzt zumindest eher um eine Vermutung, als um eine bewiesene Tatsache (BfR, 2011). Voraussetzung für eine solche Wirkung wäre, dass die Transglutaminase noch aktiv ist und neben tierischen Proteinen auch pflanzliche Proteine vorliegen.
- d) Nach Jany (2014) können auch Enzymproteine allergische Reaktionen auslösen. Bislang gibt es keine validierten *in-vitro*-Methoden, mit denen das allergische Potential eines Proteins hinreichend bewertet werden kann. Hinweise auf ein mögliches allergenes Potential können aus Strukturvergleichen (Aminosäuresequenzen) des zu bewertenden Enzyms mit bekannten Allergenen und durch Verdaulichkeitsstudien mit Pepsin abgeleitet werden. Für Enzyme, die mit Hilfe von gentechnisch veränderten Mikroorganismen gewonnen werden, sind keine besonderen Sicherheitsbewertungen vorgesehen; jedoch müssen die Produktionsorganismen den Sicherheitsanforderungen für gentechnisch veränderte Mikroorganismen entsprechen oder bereits eine EU-Zulassung für Lebensmittelzwecke besitzen.

3.8. Informationsstand der Verbraucherinnen und Verbraucher und Irreführungspotential

Ein Großteil der Konsumentinnen und Konsumenten wird mit dem Begriff "Enzym" nicht sehr viel anzufangen wissen, vor allem nicht im Zusammenhang mit Lebensmitteln. Eine Enzymkennzeichnung auf den Lebensmitteletiketten ist nur vorgesehen, wenn das Enzym noch im Lebensmittel gewollt aktiv ist. Daher ist eine Enzymverwendung bei der Herstellung gar nicht erkennbar.

Die Verwendung von Enzymen könnte natürlich unerlaubterweise auch dazu verwendet werden, um Konsumentinnen und Konsumenten zu täuschen oder in die Irre zu führen, z.B. durch enzymatische Umwandlung minderwertiger Zutaten zur Vortäuschung hochwertiger Zutaten.

Ein aktuelles Beispiel in dieser Hinsicht ist die Verwendung von Transglutaminase, um einzelne, minderwertigere Fleischabschnitte zu großen Fleischstücken („Klebeschinken“) zusammensetzen (⇒ zusammen kleben). Wenn nun das verwendete Enzym und die spezifische Produktverarbeitung nicht gekennzeichnet werden, kann das zu einer Irreführung der Verbraucherinnen und Verbraucher führen. Diese Meinung vertritt zumindest das deutsche Bundesinstitut für Risikoforschung (BfR, 2011).

Zu hinterfragen wäre auch die Tatsache, dass durch Enzyme viele Herstellungsprozesse schneller und kostengünstiger erfolgen können und die verzehrfertigen Lebensmittel länger haltbar sind. Aufwändigere, traditionelle Verfahren sind teurer, müssen aber mit den durch Hilfe von Enzymen erzeugten Lebensmitteln konkurrieren und haben bei Nichtdeklaration des Enzymeinsatzes einen Wettbewerbsnachteil. Genau diese Frage wird im Zusammenhang mit „Enzym“-Bäckerei (intensive Nutzung von Enzymen bei der Herstellung) und klassischer Bäckerei von den der Lebensmittelindustrie gegenüber kritisch eingestellten Organisationen diskutiert.

3.9. Nutzen und Risiken bei der Verwendung von Enzymen

Bis jetzt gibt es kaum größere Vorbehalte gegenüber der Verwendung von Enzymen im Lebensmittelbereich seitens der Verbraucherinnen und Verbraucher. Sicher auch deshalb, weil sie, wie oben ausgeführt, kaum damit konfrontiert werden.

Eine Recherche auf Webseiten von Konsumentenschutzinstitutionen und industriekritischen Organisationen ergibt das gleiche Bild. Einzige Vorbehalte, aber eher in geringem Ausmaß, gibt es gegenüber denen mittels Gentechnik erzeugten Enzymen.

Wenn der Einsatz von Enzymen in Zukunft dazu dient, dass nicht nur die Hersteller sondern auch die Konsumentinnen und Konsumenten erkennbare Vorteile haben, wird diese Akzeptanz auch so bleiben.

Voraussetzung dafür ist aber auch, dass von vornherein ehrlich und offen der Einsatz von Enzymen und deren Wirkung kommuniziert wird.

4. Literatur

- Abushelaibi A.A., Al Shamsi M.S and Afifi H.S. (2012): Use of antimicrobial agents in food processing systems. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture* 4, 2-7
- Adjonu R., Doran G., Torley P. and Agboola S. (2014): Whey protein peptides as components of nanoemulsions: A review of emulsifying and biological functionalities. *J. Food Eng.* 122, 15-27
- Ajinomoto (2014): Kokumi Seasonings (http://www.ajinomoto.de/cms/front_content.php?idart=129; Zugriff 11.11.2014)
- Alavizadeh, A.H. and Hosseinzadeh, H. (2014): Bioactivity and toxicity of crocin: A comprehensive review. *Food and Chemical Toxicology* 64, 65-80.
- AMFEP (2009): Summary of AMFEP comments on EFSA draft guidelines for enzyme evaluation. (www.amfep.org/sites/amfep.drupalgardens.com/files/SUMMARY-Amfep-Comments-on-draft-EFSA-guidelines.pdf; 4. Juni 2009)
- AMFEP (2014 a) - Association of Manufacturers and Formulators of Enzyme Product: List of commercial enzymes. Update April 2014 (www.amfep.org/sites/g/files/g412356/f/201404/Amfep-Enzymes-list-April-2014_0.pdf; Zugriff 20.10.2014)
- AMFEP (2014 b): Members (www.amfep.org/content/members; Zugriff 19.10.2014)
- Anderson H. et al. (2012): The use of low-calorie sweeteners by adults: Impact on weight management. *Journal of Nutrition* 9, Suppl. 1163S-1169S
- Anonym (2008): Enzyme – magische Proteine. *Brot und Backwaren* 5, 32-34
- Anonym (2012): Genetically modified crops expressing 35S-thaumatococcus II transgene: Sensory Properties and food safety aspects. *Comp. Reviews in Food Scie & Food Safety* 11, 174-186
- Anonym (2014): Etikett: Alles (un)klar? Clean Labelling: Information oder Täuschung. Nds. Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. (http://www.laves.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=33629&article_id=110019&psmand=23; Zugriff 20.10.2014)
- Anonym (2014 a): Fragen und Antworten zur EU-Zuckermarktregelung. *Wirtschaftliche Vereinigung Zucker*, Januar 2014
- Anonym (2014 b): U.S. consumers' rating of preservatives when buying foods and beverages. (<http://www.statistica.com>; Zugriff 8.11.2014)
- Anonym (2014 c): (www.solvay.com/en/markets-and-products/featured-products/rhovaniil-natural.html)
- Anonym (2014 d): Metagenom-Abenteuer – Nicht kultivierbare Bakterien – Die versteckte Vielfalt. (www.naturstoff-forschung.info/nafo_media/15+Metagenom.pdf; Zugriff 25.10.2014)
- Anonym (2014 e): Expertenbericht – Enzyme in der Lebensmittelverarbeitung. *Journal für Ernährungsmedizin – online* (www.jem-online.at/expertenbericht/enzyme-in-der-lebensmittelverarbeitung-406.html; Zugriff 20.10.2014)
- Anonym (2014 f): „Enzyme-Google“ deckt verborgene Möglichkeiten der Natur auf. *Lebensmittel & Biotechnologie*. 3 (2014) 70-71
- Anuradha K.; Naidu M.M.; Manohar R.S. and Indiramma A.R. (2010): Effect of vanilla extract on radical scavenging activity in biscuits. *Flavour and Fragrance Journal* 25, 488-492
- Arrêté du 19 octobre, 2006: Relatif à l'emploi d'auxiliaires technologiques dans la fabrication de certaines denrées alimentaires. NOR: ECO0600115A Version consolidée au 02 août 2014; Article Annex 1 (www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000020667468)
- Ashogbon A.O. and Akintayo E.T. (2014): Recent trends in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources. *Starch/Stärke* 66, 41-57

- Ayala-Zavala J.F., Vega-Vega V., Rosas-Dominguez C., Palafox-Carlos H., Villa-Rodriguez J.A., Siddiqui M.W., Davila-Avina J.E. and Gonzalez-Aguilar G.A. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit by-products as a source of food additives. *Food Res. Int.* 44, 1866-1874
- Barba F.J., Criado M.N., Belda-Galbis C.M., Esteve M.J. and Rodrigo D. (2014): *Stevia Rebaudiana* Bertoni as a natural antioxidant/antimicrobial for high pressure processed fruit extract: Processing parameter optimization. *Food Chem.* 148, 261-267
- Bartoszewski G. et al. (2002): Modification of tomato taste in transgenic plants carrying a thaumatin gene from *Thaumatococcus danielli* Bent. *Plant Breeding* 122, 347-351
- Bassolc I.H.N. and Juliani H. R. (2012): Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules* 17, 3989-4006
- Beerens K., Desmet T. and Soetart W. (2012): Enzymes for the biocatalytic production of rare sugars. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 39, 823-834
- Beier R.C., Byrd J.A., Kubena L.F., Hume M.E., McReynolds J.L., Anderson R.C. and Nisbet D.J. (2014): Evaluation of linalool, a natural antimicrobial and insecticidal essential oil from basil: Effects on poultry. *Poultry Science* 93, 267-272
- Berghofer (2010): Zusatzstoffe, Aromen und Enzyme in der Lebensmittelindustrie – Abschätzungen der Auswirkungen des „Food Improvement Agents Package“ auf Forschung, Entwicklung und Anwendung. Herausgeber: Bundesministerium für Gesundheit, Sektion II, Wien. ISBN 978-3-902611-40-6
- Beshkova D. and Frengova G. (2012): Bacteriocins from lactic acid bacteria: Microorganisms of potential biotechnological importance for the dairy industry. *Eng. Life Sci.* 12, 419-432
- BfR (2011): Transglutaminase in Fleischerzeugnissen. Aktualisierte Stellungnahme Nr. 052/2011 des Bundesinstituts für Risikobewertung vom 30.11.2011, ergänzt am 21.01.2013
- Binod P. et al. (2013): Industrial Enzymes – Present status and future perspectives for India. *J. Scientific & Industrial Research* 72, 271-286
- Böhler (2011): Trend zu natürlichen Farbstoffen. *Lebensmittel-Industrie* Nr. 3/4 2011
- Bortolini O., Giovanni P.P., Maietti S., Massi A., Pedrini P., Sacchetti G. and Venturi V. (2013): An enzymatic approach to the synthesis of optically pure (3R)- and (3S)-enantiomers of green tea flavor compound 3-hydroxy-3-methylnonane-2,4-dione. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 85-86, 93-98
- Bosse A.K., Fraatz M.A. and Zorn H. (2013): Formation of complex natural flavours by biotransformation of apple pomace with basidiomycetes. *Food Chem.* 141, 2952-2959
- Bramen L. (2010): The kokumi sensation. (<http://www.smitsonianmag.com/arts-culture/the-kokumi-sensation-78634272/?no-ist>; Zugriff 13.10.2014)
- Brändle J. (1999): Genetic control of rebaudioside A and C concentration in leaves of the sweet herb, *Stevia rebaudiana*. *J. Plant Sci.* 79, 85-92
- Brewer M.S. (2011): Natural antioxidants: Sources, compounds, mechanisms of action and potential applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 10, 221-247.
- Bu J.B., Dai Z., Zhou T., Lu Y. and Jiang Q. (2012): Chemical composition and flavor characteristics of a liquid extract occurring as waste in crab (*Ovalipes punctatus*) processing. *J Sci Food Agric* 93, 2267-2275.
- Bundesministerium für Gesundheit (BMG) (2012): Leitlinie über die täuschungsfreie Kennzeichnung von Lebensmitteln, die mit dem Zusatzstoff Steviolglycoside (E 960) gesüßt sind. Erlass: BMG-75210/0002-ii/B/13/2012 vom 13.06.2012
- Bundesverband Naturkost Naturwaren Hersteller und Handel e.V. (2014): Einsatz von Aromen im Naturkostfachhandel. Aussendung.
- Caderby E., Baumberger S., Hoareau W., Fargues C., Decloux M and Maillard M.N. (2013): Sugar cane stillage: A potential source of natural antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 61, 11494-11501
- Cavicchioli R. et al. (2014): Biotechnological uses of enzymes from psychrophiles. *Microbial Biotechnology* 4, 449-460

- Chatterjee D. and Bhattacharjee, P. (2014): Use of eugenol-lean clove extract as a flavoring agent and natural antioxidant in mayonnaise: Product characterization and storage study. *J. Food Sci. Techn.* 51, 10
- Chaudhary B. and Mukhopadhyay, K. (2013): Solvent optimization for anthocyanin extraction from *Syzygium cumini* L. Skeels using response surface methodology. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 64, 363-371.
- Chen H. and Hoover D.G.: Bacteriocins and their food application. *Compr. Rev. Food Sci. & Food Safety* 2, 82-100
- Chr. Hansen (2007): „Natürlich Färben mit FruitMax™, den färbenden Lebensmitteln und Pflanzenextrakten von Chr. Hansen. Presseausendung.
- Chr. Hansen (2008): Pressemeldung (www.chr-hansen.de/presse/singlenachrichten/brillante-zukunft-fuer-natuerliche-farbstoffe.html)
- Chung H.-J, Liu Q. and Hoover R. (2009): Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. *Carb. Polymers* 75,436-447
- CompaniesandMarkets.com (2014): Food preservative market is shifting towards natural preservatives to align with consumer demands. (<https://uk.finance.yahoo.com/news/food-preservative-market-shifting-towards-000000922.html>; Zugriff 8.11.2014)
- Crowley S., Mahony K. and van Sinderen D. (2013): Current perspectives on antifungal lactic acid bacteria as natural bio-perservatives. *Trends in Food Science and Technology* 33, 93-109.
- Dabas D., Elias R.J., Lambert J.D. and Ziegler G.R. (2011): A colored avocado seed extract as a potential natural colorant. *J. Food Sci.* 76, C1335-C1341.
- Das K. R., Dang N. and Rajesekharan P.E. (2006): Establishment and maintenance of callus of *Stevia rebaudiana* Bertoni under aseptic environment. *Natural Products Radiance* 5, 373-376
- Davies K. M. and Deroles S.C. (2014): Prospects for the use of plant cell cultures in food biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology* 26, 133–140.
- De Boer L. (2014): Biotechnological production of colorants (Review). *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* 143, 51-89.
- De Marco R., Vieira A.M.S., Ugri M.C.A., Monteiro A.R.G and Bergamasco R.D.C. (2013): Microencapsulation of annatto seed extract: Stability and application. *Chemical Engineering Transactions* 32, 1777-1782.
- deMoura F., Macagnan F.T. and daSilva L. (2014): Oligosaccharides production by hydrolysis of polysaccharides: A review. *J. Food Science and Technology* (2014) doi:10.1111/ijfs.12681
- Der Spiegel (2012): Presseausendung (www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/umstrittener-farbstoff-krebsgesetz-zwingt-cola-konzerne-zum-handeln-a-820382.html)
- Dermiki M., Phanphensophon N., Mottram D.S. and Methven L. (2013): Contributions of non-volatile and volatile compounds to the umami taste and overall flavour of shiitake mushroom extracts and their application as flavour enhancers in cooked minded meat. *Food Chem.* 141, 77-83
- Dey T.B. and Kuhad R.C. (2014): Upgrading the antioxidant potential of cereals by their fungal fermentation under solid-state cultivation conditions. *Letters in Applied Microbiology* 59, 493-499
- DGE (2014): Kommentare der Deutschen Gesellschaft für Ernährung zu „Guideline: Sugars intake for adults and children. <http://www.dge.de/pdf/ws/WHO-Richtlinie-Zucker-Entwurf-Kommentare-DGE.pdf>
- DIN EN ISO 5492 (2009): 12 Sensorische Analyse – Vokabular (ISO 5492:2008); Mehrsprachige Fassung EN ISO 5492:2009“, Beuth Verlag, Berlin,
- DIN 10950-1 (1999): Sensorische Prüfung. Teil 1: Begriffe. Deutsches Institut für Normung, 04-1999
- DLG – Trendmonitor Lebensmitteltechnologie 2012. Investitionen und Trends in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie. (www.dlg.org/fileadmin/downloads/Trendmonitor/Trendmonitor_Technologie_2012.pdf; Zugriff am 12.11.2014)
- Doll R. and Peto R. (1981): The causes of cancer: Quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States. *Journal of the National Cancer Institute* 66, 1191-1308

- Donner S. (2011): Zutaten undercover. UGB-Forum 4/11, 172-174
- Dufossé L., Fouillaud M., Caro Y., Mapari S.A.S. and Sutthiwong N. (2014): Filamentous fungi are large-scale producers of pigments and colorants for the food industry (Review). *Current Opinion in Biotechnology*, 26, 56-61.
- Dufossé, L. (2006): Microbial production of food grade pigments (Review). *Food Technology and Biotechnology* 44, 313-321.
- Durchführungsverordnung (EU) Nr. 872/2012 DER KOMMISSION vom 1. Oktober 2012 zur Festlegung der Liste der Aromastoffe gemäß der Verordnung (EG) Nr. 2232/96 des Europäischen Parlaments und des Rates, zur Aufnahme dieser Liste in Anhang I der Verordnung (EG) Nr. 1334/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1565/2000 der Kommission und der Entscheidung 1999/217/EG der Kommission
- Dürschmid K. (2009): Gustatorische Wahrnehmungen gezielt abwandeln. Behr's Verlag GmbH, Hamburg
- Dürschmid, K. (2012): Strategies and methods of flavor modulation in food product development. Vortrag Symposium „Innovations in food processing and product development“. Anuga FoodTec, Köln, 26-27 March 2012
- EFSA (2007): Neotam als Süßungsmittel und Geschmacksverstärker. *EFSA Journal* 581, 1-4
- EFSA (2009 a): Guidance of the Scientific Panel of Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids (CEF) on the Submission of a Dossier on Food Enzymes for Safety Evaluation by the Scientific Panel of Food Contact Material, Enzymes, Flavourings and Processing Aids 1. 23 July 2009, *EFSA Journal* 1305, 1-26
- EFSA (2009 b): The use and mode of action of bacteriophages in food production. *EFSA Journal* 1076, 1-26
- EFSA (2010): Scientific Opinion on the safety of steviol glycosides for the proposed uses as a food additive. *EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS)*, *EFSA Journal* 2010; 8 (4): 1538
- EFSA (2011 a): The food classification and description system FoodEx 2 (draft-revision 1). Supporting Publications 2011:215. [438 pp.] (www.efsa.europa.eu/de/supporting/doc/215e.pdf)
- EFSA (2011 b): EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA); Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to fructo-oligosaccharides (FOS) and decreasing potentially pathogenic gastro-intestinal microorganisms (ID 781). *EFSA Journal* 2011;9(6):2222
- EFSA (2011 c): Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to arabinoxylan produced from wheat endosperm and reduction of post-prandial glycaemic responses. *EFSA Journal* 2011; 9 (6):2205
- EFSA (2011 d): 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). *EFSA Journal* 2011;9(6):2207
- EFSA (2012): Guidance for submission for food additive evaluations. *EFSA Journal* 2012; 10(7):2760. [60 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2012.2760.
- EFSA (2013): Guidance document describing the food categories in Part E of Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 on Food Additives. 18. 12. 2013 (http://ec.europa.eu/food/food/faef/additives/docs/guidance_1333-2008_descriptors_annex2_20131218_en.pdf)
- EFSA (2014 a) : Lebensmittelzusatzstoffe (www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/additives.htm; Zugriff 11.11.2014
- EFSA (2014 b): Re-evaluation of food additives: Tentative work programme 2014-2015 (<http://www.efsa.europa.eu/en/foodadditives/docs/foodaddtentativewp14.pdf>, Zugriff 11.11.2014)
- EFSA (2014 c): Aspartam (www.efsa.europa.de/topic/aspartame.htm; Zugriff 04.11.1014)
- EFSA (2014 d): Advantam (www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/sweeteners.htm; Zugriff 04.10.2014)
- EFSA (2014 e): Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to non-digestible carbohydrates and reduction of post-prandial glycaemic responses. *EFSA Journal* 2014; 12 (1):3513

- EFSA (2014 f): Explanatory Note for the Guidance of the Scientific Panel of Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids (CEF) on the Submission of a Dossier on Food Enzymes. EFSA supporting publication 2014:EN-579
- EFSA (2014 g): Mit Gutachten zu Lebensmittelenzymen beginnt ein neues Kapitel der Tätigkeit der EFSA. (www.efsa.europa.eu/de/press/news/140514.htm; Zugriff 19.10.2014).
- EFSA (2015): Register of questions (<http://registerofquestions.efsa.europa.eu/roqFrontend/questionsListLoader?unit=FIP&rawPanel=CEF&foodsectorarea=12>; Zugriff 20.05.2015)
- EFSA ANS Panel (2013 a) (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food, ANS), Scientific Opinion on the re-evaluation of aspartame (E 951) as a food additive. EFSA Journal 2013; 11(12):3496, 263 pp.
- EFSA ANS Panel (2013 b) (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food, ANS): Scientific Opinion on the safety of Advantam for the proposed uses as a food additive. EFSA Journal 2013; 11(7): 3301
- EFIC (2000): Was sind Lebensmittelzusatzstoffe. Newsletter FoodToday (2000)
- EU-Kommission (2000): Entscheidung der Kommission vom 22. Februar 2000 über die Zulassungsverweigerung von „*Stevia rebaudiana* Bertoni: Pflanzen und getrocknete Blätter“ als neuartige Lebensmittel oder neuartige Lebensmittelzutaten gemäß der Verordnung (EG).Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates (Bekanntgegeben unter Aktenzeichen K(2000) 77)(2000/196/EG)
- EUROBAROMETER (2005): Risk issues (www.efsa.europa.eu/en/riskperception/docs/riskperceptionreport.pdf)
- EUROBAROMETER (2010): 2010 Eurobarometer survey report on risk perception in the EU. (www.efsa.europa.eu/en/riskcommunication/riskperception.htm)
- EUROMONITOR (2014): Stevia: Adding value through natural – the resurgence of reduced sugar. (www.euromonitor.com/medialibrary/PDF/Stevia-GB-Sample-Slides.pdf; Zugriff 3.11.2014)
- EUROPEAN COMMISSION (2003): Opinion of the scientific committee on food on soybean hemicellulose. SCF/CS/ADD/EMU/185 Final, 10. April 2003
- EUROPEAN COMMISSION (2010): RICHTLINIE 2010/67/EU DER KOMMISSION vom 20. Oktober 2010 zur Änderung der Richtlinie 2008/84/EG zur Festlegung spezifischer Reinheitskriterien für andere Lebensmittelzusatzstoffe als Farbstoffe und Süßungsmittel. Amtsblatt der Europäischen Union L 277/17.
- EUROPEAN COMMISSION (2013): Guidance notes on the classification of food extracts with colouring properties (http://ec.europa.eu/food/food/FAEF/additives/docs/guidance_en.pdf)
- EUROPEAN COMMISSION (2014): Guidance notes on the classification of a flavouring substance with modifying properties and a flavor enhancer. 27.05.2014
- EVOLVA (2014 a): Zero-calorie, natural sweetener. (www.evolve.com/products/stevia)
- Evolve (2014 b): Methods for improved production of rebaudioside d and rebaudioside m. Patent Application No.: PCT/EP2014/052363, WO 2014122227 A2; 15.09.2014
- Falovo A.B., Fayemi P.O. and Muchenje V. (2014): Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat product: A review. Food Res. Int. 64, 171-181
- Feller G. (2013): Psychrophilic enzymes: From folding to function and biotechnology. Scientifica, Article ID 512840, 28 pages (<http://dx.doi.org/10.1155/2013/512840>)
- Fernández-López, J.; Angosto, J.M.; Gimenez, P.J. and Leon, G. (2013): Thermal stability of selected natural red extracts used as food colorants. Plant Foods for Human Nutrition 68, 11-17.
- Fernstrom J.D. (2012): Mechanisms for sweetness. Journal of Nutrition, Supplement 1134S-1141S
- Food Navigator (a): Consumers' views on natural and „clean label“ terminology. (www.foodnavigator.com, published 21.Juni 2010; Zugriff 04.11.2014).
- Food Navigator (b): What do “natural” and “„clean label“ mean anyway? (www.foodnavigator.com. Published 18.Juni 2013; Zugriff 10.11.2014)

- Food Navigator.com (2014): European sweetener success is skewed to the west. (www.foodnavigator.com/content/view/print/983934; Zugriff 30.10.2014)
- Fortescue J. (2014): Isoglucose market still faces hurdles in Europe. Food Navigator.com (<http://www.foodnavigator.com/content/view/print/978291>; Zugriff 18.10.2014)
- Frascarelli E.C., Silva V.M., Tonon R.V. and Hubinger, M.D. (2012): Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. *Food and Bioprocess Technology* 90, 413-424
- French S (2013): Consumer and Market Trends: Opportunities for Simple, Clean and Pure Abound. 2013 „clean label“ Conference Report. (www.globalfoodforums.com/wp-content/uploads/2014/01/2013-Clean-Label-Conference-Report.pdf; Zugriff 04.11.2014)
- Froek M. (1999): Methodische Arbeiten zur Entwicklung verbesserter Enzymaktivitätsbestimmungen von Xylanasen und Glucanasen in komplexen Proben. Dissertation FU Berlin (1999)
- Frosta (2010): Die jetzigen Regelungen zur Lebensmittelkennzeichnung aus der Sicht einer Lebensmittelmarke, die konsequent auf Zusatzstoffe verzichtet. Presseausendung.
- Fujimaru T., Parh J.-H. and Lim J. (2012): Sensory characteristics and relative sweetness of tagatose and other sweeteners. *J. Food Science* 77, 51-56
- Fushan A.A. et al. (2009): Allelic polymorphism within the TAS1R3 promoter is associated with human taste sensitivity to sucrose. *Curr. Biol.* 11, 1288-1293
- Gain Report (2013): Japan to ban the use of 125 food additives. Report No. JA9078, 28.12.2009
- Gallindo M.M., Voigt N., Stein J., vanLengerich J., Raguse J.D., Hofmann T., Mexerhof W. and Behrens M. (2011): G protein-coupled receptors in human fat taste perceptions. *Chem. Senses* 25 (08), doi: 10.1093/chemse/bjr069
- Gauthier S. and Pouliot Y. (2003): Functional and biological properties of peptides obtained by enzymatic hydrolysis of whey proteins. *J. Dairy Sci.* 86, E78-E87
- Gewürzmüller GmbH (o.J): Weniger E-Nummern – mehr Wertschöpfung. (www.presseservice-gempel.de/download/154.pdf; Zugriff am 4.11.2014)
- Global food Forums, Inc., USA (2014): „Clean label“ Conferences. (<http://www.globalfoodforums.com/clean-label-conferences>; Zugriff am 4.11.2014)
- GNT (2013): EXBERRY® - Färbende Lebensmittel von GNT AFT Quarterly 1/2013
- Gomes L.M.M., Petito N, Costa V.G., Falcão D.Q. and De Lima Araújo K.G. (2014): Inclusion complexes of red bell pepper pigments with β -cyclodextrin: Preparation, characterisation and application as natural colorant in yogurt. *Food Chemistry* 148, 428-436
- Goncalves G.A., Donato T.C., Baptista A.A.S., Correa I.M., Garcia K.C. and Filho R.L. (2014): Bacteriophage-induced reduction in *Salmonella enteritidis* counts in the crop of broiler chickens undergoing preslaughter feed withdrawal. *Poultry Science* 93, 210-220.
- González-Hidalgo, Banon S. and Ros M.J.: Evaluation of table olive by-product as a source of natural antioxidants. *Int. J. Food Sci. Techn.* 47, 674-681
- Goretti M., Turchetti B., Cramarossa M.R., Forti L. and Buzzini P. (2013): Production of flavours and fragrances via bioreduction of (4R)-(-)-carvone and (1R)-(-)-myrtenal by non-conventional yeast whole-cells. *Molecules* 18, 5736-5748.
- Gray N. (2013): Preservative perceptions: Consumer demand for natural is serious, but challenges remain. (www.foodnavigator.com/content/view/print/852731)
- Gross M. (2013): Evolving new types of enzymes. *Current Biology* 23, 214-217
- Gu M., Chen H-P., Zhao M-M., Wang Z., Yang B., Ren J-Y. and Su G-W. (2015): Identification of antioxidant peptides released from defatted walnut (*Juglans Sigillata* Dode) meal proteins with pancreatin. *LWT – Food Sci. Techn.* 60, 213-220
- Guenther S., Huwyler D., Richard S. and Loessner M.J. (2009): Virulent bacteriophage for efficient biocontrol of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat-foods. *Applied Environmental Microbiology* 75, 93-100

- Guidance Document (2014): Guidanced document on criteria for categorization of food enzymes. (http://ec.europa.eu/food/food/FAEF/enzymes/docs/guidance_doc_categorisation-decision_en.pdf, Zugriff 30.05.2015)
- Guidance notes on the classification of food extracts with colouring properties (2013): http://ec.europa.eu/food/food/FAEF/additives/docs/guidance_en.pdf, Zugriff 30.5.2015)
- Gutiérrez-Larrainzar M., Rúa J., Caro I., deCastro C., deArriaga D., Garcia-Armesto M.R. and delValle P. (2012): Evaluation of antimicrobial and antioxidant activities of natural phenolic compounds against food-borne pathogens and spoilage bacteria. *Food Control* 26, 555-563
- Hagens S. and Loessner (2014): Phages of *Listeria* offer novel tools for diagnostics and biocontrol. *Frontiers in Microbiology*, doi: 10.3389/fmicb.2014.00159
- Hamed S.F., Sadek Z. and Edris A. (2012): Antioxidant and antimicrobial activities of clove bud essential oil and eugenol nanoparticles in alcohol-free microemulsion. *J. Oleo Sci.* 61, 641-648.
- Hamid B., Rana R.S., Chauhan D., Singh P., Mohiddin F.A., Sahay S and Abidi I. (2014): Psychrophilic yeasts and their biotechnological applications – A review. *African Journal of Biotechnology* 13, 2188-2197
- Han D., Kurusarttra S., Ryu J., Kanaly R.A. and Hur H. (2012): Production of natural fragrance aromatic acids by coexpression of trans-anethole oxygenase and p-anisaldehyde dehydrogenase genes of *Pseudomonas putida* JYR-1 in *Escherichia coli*. *J. Agric. Food Chem.* 60, 11972-11979.
- Harnafi H., Ramchoun M., Tits M., Wauters J.N., Frederich M., Angenot L., Aziz M., Alem C. and Amrani S. (2013). Phenolic acid-rich extract of sweet basil restores cholesterol and triglycerides metabolism in high fat diet-fed mice: A comparison with fenofibrate. *Biomedicine and Preventive Nutrition* 3, 393-397.
- Higashiyama T. (2002): Novel functions and applications of Trehalose. *Pure Appl. Chem.* 74, 1263-1269
- Ho T.V. and Suzuki H. (2014): Increase of “umami” compounds in miso, fermented soybeans, by the addition of bacterial γ -glutamyltranspeptidase. *Int. J. Food Sci.* 2, 39-47
- Hodonitzky J., Morris C.A. and Rae A.L. (2010): A Systematic Evaluation of Oral and Intestinal Utilization of Oligosaccharides as Potential Sweeteners. (<https://publications.csiro.au/rpr/download?pid=csiro:EP114695&dsid=DS1>)
- Hodonitzky J., Morris C.A. and Rae A.L. (2012): Oral and intestinal digestion of oligosaccharides as potential sweeteners: A Systematic evaluation. *Food Chem.* 132, 1951-1958
- Hofer B. (2013): Konservieren mit Viren“. Zeitschriften-Ausgabe 03/2013 von Technology Review.
- Höhn A. (2014): Novozymes - Enzymprodukte für die Saftherstellung aus Obst und Gemüse. Frühjahrstagung der Beuth-Hochschule Berlin am 16. Mai 2014. (http://prof.beuth-hochschule.de/fileadmin/user/kabbert/pdf_s/Praesentation_von_NZ_fuer_Beuth_Hochschule_16Mai2014-Hoehn-OK.pdf)
- Höhn A. (2014): Novozymes - Enzymprodukte für die Saftherstellung aus Obst und Gemüse. Frühjahrstagung der Beuth-Hochschule Berlin am 16. Mai 2014
- Hong J.-L., Kwon K-Y and Kim K-O. (2012): Sensory characteristics and consumer acceptability of beef stock containing the glutathione-xylose maillard reaction product and/or monosodium glutamate. *J. Food Sci.* 77, 1-7
- Hungaro H.M., Mendonca R.C.S., Gouvea D.M., Vanetti M.D.D. and de Oliveira Pinto C.L. (2013): Use of bacteriophages to reduce *Salmonella* in chicken skin in comparison with chemical agents. *Food Res. Int.* 52, 75-81
- Hyldegaard M., Myind T and Meyer R.L. (2012): Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology* 3, 1-24
- Ingredion Incorporated, UK (2014): The „clean label“ Guide to Europe. (www.foodinnovation.com/foodinnovation/en-gb/Ingredients/CleanLabel/Pages/cleanlabelguideto-europe.aspx; Zugriff am 20.10.2014)
- Int. Codex FAO/WHO (1995): GENERAL STANDARD FOR FOOD ADDITIVES -CODEX STAN 192-1995 (http://www.codexalimentarius.net/gsfaonline/docs/CXS_192e.pdf)

- Izumori K. (2006): Establishment of production methods of rare sugars by izomering. (http://www.kagawa-isf.jp/glycobio/english/pdf/production_01.pdf)
- Jagow C. and Teufer T. (2007): Das große Fressen- Bakteriophagen in der Lebensmittelherstellung: Eine rechtliche Einordnung. Abhandlung ZLR 1/2007
- Jakob F. und Vogel R.F. (2012): Hohes funktionelles Potential – Exopolysaccharide und deren Bedeutung in der Lebensmittelproduktion 7-8, 34-35
- Jany K.-D. (2014): Enzyme in der Lebensmittelverarbeitung. JEM – Journal für Ernährungsmedizin. (www.jemonline.at/expertenbericht/enzyme-in-der-lebensmittelverarbeitung-406.html; Zugriff 27.10.2014)
- Kampffmeyer Food Innovation (2012): How to make „clean label“. Ausgabe 02 (<http://kfi.kampffmeyer.com/cleanlabelreport/de/index.html>; Zugriff 3.11.2014)
- Kaur B. and Chakraborty D. (2013): Biotechnology and molecular approaches for vanillin production: A review. Appl. Biochem. Biotechn. 169, 1353-1372.
- Koch (2002): „...“das Auge isst mit“. Ernährungsforum, Ausgabe 7, Herbst 2002.
- Konsument (2011/2012): Presseaussendungen. (<http://www.konsument.at/cs/Satellite?pagename=Konsument/MagazinArtikel/Detail&cid=318877368798>; <http://www.konsument.at/markt-dienstleistung/kik-spiderman-unterwaesche>; <http://www.konsument.at/markt-dienstleistung/takko-damenshorts>. Presseausendung
- Kosieradzka I., Vasko V., Bartoszewski G., Szwacka M., Fiszdon K., and Matusiewicz M. (2014): Nutritive and dietetic value of genetically-modified tomatoes expressing thaumatin gene. Pol. J. Food Nutr. Sci. 64, 35-41
- Kretschmar U., Seidel K., Liebel B. und Hofmann S. (2012): Alternativen zum Einsatz von Zusatzstoffen in der Verarbeitung von biologischen Lebensmitteln sowie Vermeidung bzw. Verringerung des Einsatzes von Zusatzstoffen zur Sicherung und Verbesserung der Qualität ökologischer Lebensmittel. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frankfurt, Fachdossier Zusatzstoffe
- Krishnan K.R., Babuskin S., Babu P.A.S., Sasikala M., Sabina K., Archana G., Sivarajan M. and Sukumar M. (2014): Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. Int. J. Food Microbiology 171, 32-40.
- Kumar H. et al. (2011): Effect of sucrose on steviol glycoside biosynthesis pathway in *Stevia rebaudiana*. Asian Journal of Plant Sciences, doi: 10.3923/ajps.2011
- Kumar H. et al. (2012): A comprehensive analysis of fifteen genes of steviol glycosides biosynthesis pathway in *Stevia rebaudiana* (Bertoni). Gene 492, 276-284
- Kumar H. et al. (2013): A study on consumer awareness, safety perceptions & practices about food preservatives and flavouring agents used in packed/canned foods from South India. Nat. J. Community Medicine 4, 402-406
- Lam R.S.H. and Nickerson M.T. (2013): Food proteins: A review on their emulsifying properties using a structure-function approach. Food Chem. 141, 975-984
- Lang C. und Dörnburg H. (2001): Herstellung von Polygalacturoniden und ihre Verwendung als Lebensmittelzusatzstoffe. Europäische Patenschrift, EP 1.191.936
- Leatherhead Food Research (2011): The global food additive market. 5th ed. Leatherhead (UK); zit aus Schiffmann (2012)
- Lebensmittelklarheit.de (2013): Presseausendung (www.lebensmittelklarheit.de/eigene-studien/studie-zeigt-angabe-ohne-farbstoff-ist-truegerisch)
- Li X. et al. (2011): Xylan chitosan conjugate – a potential food preservative. Food Chem. 126, 520-525
- López M. C., deDicastillo C.L., Vilarino J. M. L. and Rodriguez M.V. (2013): Improving the capacity of polypropylene to be used in antioxidant active films: Incorporation of plasticizer and natural antioxidants. Agric. and Food Chem. 61, 8462-8470

- Margolskee R.F. and Smith D.V. (2001): Das Geheimnis des Geschmackssinns. Spektrum der Wissenschaft 7, 38-46
- Masgood S., Benjakul S, Abushelaibi A. and Alam A. (2014): Phenolic compounds and plant phenolic extracts as natural antioxidants in prevention of lipid oxidation in seafood: A detailed review. *Comp. Rev. Food Sci. and Food Safety* 13, 1125-1140
- Maswal M. and Dar A.A. (2014): Formulation challenges in encapsulation and delivery of citral for improved food quality. *Food Hydrocolloids* 37, 182-195.
- MATSUTANI (2014): (www.matsutani.co.jp/english/products/raresugar.html); Zugriff 20.11.2014)
- Mawhinney D.B. et al. (2011): Artificial sweetener sucralose in U.S. drinking water systems. *Environ. Sci. Technol.* 45, 8716-8722
- Mayer F. (2012): Enzyme in der Backwarenherstellung. *Brot und Backwaren* 3, 19-23
- McCullough M.L., Teras L. R., Shah R., Diver W.R., Gaudet M.M. and Capstur S.M. (2014): Artificially and sugar-sweetened carbonated beverage consumption is not associated with risk of lymphoid neoplasm in older men and woman. *J. Nutrition*, 23, jn.114.197475
- Mühleisen, I.: „clean label“: Die Werbung mit dem Verzicht. *UGB-FORUM* 2/11 S. 100-101. (www.vz-nrw.de/mediabig/131071A.pdf); Zugriff 23.10.2014)
- Nahal G. and Sahu R.K. (2011): Phytochemical evaluation and antioxidant activity of *Piper cubeba* and *Piper nigrum*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 1, 153-157.
- Najafian L. and Babji A.S. (2015): Isolation, purification and identification of three novel antioxidative peptides from patin (*Pangasius sutchi*) myofibrillar protein hydrolysates. *LWT – Food Sci. Techn.* 60, 452-461
- Nieburg, O. (2012): Enzyme can prolong bread shelf life up to two weeks, claims Muehlenchemie. www.bakeryandsnacks.com; aufgerufen am 05.06.2015)
- Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2014) „clean label“ling: Information oder Täuschung? (www.laves.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=33629&article_id=110019&psmand=23); Zugriff 4.11.2014)
- Nishinari K., Fang Y., Guo S. and Phillips G.O. (2014): Soy proteins: A review on composition, aggregation and emulsification. *Food Hydrocolloids* 39, 301-318
- Notice to Members (2013): Committee on Petitions, PE527.902v01-00, CM/1015893EN.doc
- Novel Food Applications (2014): Applications under Regulation (EC) N° 258/97 of the European Parliament and of the Council (http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/novelfood/app_list_en.pdf); Zugriff 11.10.2014)
- Novel Food Notifications (2014): Notifications pursuant to article 5 of regulation (EC) N° 258/97 of the European Parliament and of the Council (http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/novelfood/notif_list_en.pdf); Zugriff 11.10.2014)
- O`Charon S., Hayakawa S., Matsumoto Y. and Ogawa M. (2014): Effect of D-psicose uses as sucrose replacer on the characteristics of meringue. *J. Food Sci.* 77, E1-E5
- Oelrichs C. und Schulz S.: Die Kennzeichnung natürlicher Aromen – Tanz der Moleküle?
- ÖKOTEST (2013): Presseaussendung (www.cleankids.de/2013/04/26/oeko-test-zuckerkuoer-in-lebensmitteln-getraenke-mit-einem-schuss-krebsfarbstoff/36536)
- Oliveira M., Vinas I., Colas P., Anguera M., Usall J. and Abadias M. (2014): Effectiveness of a bacteriophage in reducing *Listeria monocytogenes* on fresh-cut fruits and fruit juices. *Food Microbiology* 30, 137-142.
- Oshu T., Amino Y., Nagasaki H., Yamanaka T., Takeshita S., Hatanaka T., Maruyama Y., Miyamura N. and Eto Y. (2010): Involment of the calcium-sensing receptor in human taste perception. *J. Biological Chem.* 285, 1016-1022
- Ostermeier M. (2003): Synthetic gene libraries: In Search of the optimal diversity. *Trends in Biotechnology* 21, 245-247

- Österr. Codexkapitel B 31 (2009): „Tee und teeähnliche Erzeugnisse“, IV. Auflage; Veröffentlicht mit Geschäftszahl: BMGFJ-75210/0018-IV/B/7/2008 vom 19.1.2009
- Oztetik E. and Cakir A. (2014): New food for an old mouth: New enzymes for an ancient archaea. *Enzyme and Microbial Technology* 55, 58-64
- Panusa A., Zuorro A., Lavecchia R., Marrosu G. and Petrucci R. (2013): Recovery of natural antioxidants from spent coffee grounds. *Agric. Food Chem.* 61, 4162-4168
- Parker K., Salas M. and Nwosu V.C. (2010): High fructose corn syrup: Production, uses and public health concerns. *Biotechnology and Molecular Biology Review* 5, 71-79
- Parvin K., Aziz, M.G.; Yusof, Y.A.; Sarker, M.S.H. and Sill, H.P. (2013): Degradation kinetics of water-soluble annatto extract and sensory evaluation of annatto colored yoghurt. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 9, 139-142.
- Passarinho A.T.P., Dias N.F., Camilloto G.P., Cruz R.S., Otoni C.G. Morales A.R.F. and Soares N.D.F. (2014): Sliced bread preservation through oregano essential oil-containing sachet. *J. Food. Proc. Eng.* 37, 53-62
- Pelofske, E. (2014): Cleaning up the level. *Prepared Foods* (2), 61-66
- Petition (2013): Petition 0041/2013 by Jos Eisberg (German) on the approval of stevia
- Pina-Perez M.C., Rodrigo, D. and Martinez-Lopez, A. (2013): Antimicrobial potential of flavouring ingredients against *Bacillus cereus* in a milk-based beverage. *Foodborne Pathogens and Diseases* 10, 969-976.
- Powell, E. (2014): Recent trends in added sugar intake among U.S. children and adults from 1977 to 2010. Poster Abstract Presentation at the Obesity Society Annual Meeting, Nov. 2-7, 2014 Boston MA (www.obesityweek.com)
- Prakash B. et al. (2015): Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities – potentials and challenges. *Food Control* 47, 381-391
- Prepared Foods (2014): Clear Label Leads Top 10 Trends for 2015. 30. October, 2014. (www.preparedfoods.com/articles/114608-clear-label-leads-top-10-trends-for-2015; Zugriff 14.11.2014)
- PROSPECTOR (2014): (www.ulprospector.com/en/eu/Food; Zugriff 23.11.2014)
- Przygodzka, M.; Zielinska, D.; Ciesarova, Z.; Kukurova, K. and Zielinsky, H. (2014): Comparison of methods for evaluation of the antioxidant capacity and phenolic compounds in common spices. *LWT - Food Sci. Techn.* 58, 321-326.
- Qin X.-D. and Liu J.-K. (2003): A new sweet dihydrochalcone-glucosid from leave of *Lithocarpus pachyphyllis*. *Z. Naturforschung* 58, 759-761
- Rai N. (2013): Zero-calorie Sweetener Stevia Stealing Market from Sugar. *Wall Street Journal*, July 2013 (<http://online.wsj.com/articles/SB10001424127887323394504578606041227349584>)
- Rantanasiriwat P., Woratattanamatekul W. and Klaypradit W. (2013): Properties of encapsulated wasabi flavor and its application in canned food. *Int. J. Food Sci. Techn.* 48, 749-757.
- Rao J. and McClements D.J. (2012): Food-grade microemulsions and nanoemulsions: Role of oil phase composition on formation and stability. *Food Hydrocolloids* 29, 326-334.
- Rao L. et al. (2011): A thermostable esterase from *Thermoanaerobacter tengcongensis* opening up a new family of bacterial lipolytic enzymes. *Biochimica et Biophysica Acta* 1814, 1695-1702
- Rempe C. (2011): „clean label“ in der Kontroverse. *Backwaren Aktuell* 1, 9-13
- Richtlinie 2009/163/EU der Kommission vom 22. Dezember 2009 zur Änderung der Richtlinie 94/35/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Süßungsmittel, die in Lebensmitteln verwendet werden dürfen, im Hinblick auf Neotam.
- Richtlinie 2100/67/EU der Kommission vom 20. Oktober 2010 zur Änderung der Richtlinie 2008/84/EG zur Festlegung spezifischer Reinheitskriterien für andere Lebensmittelzusatzstoffe als Farbstoffe und Süßungsmittel.

- Richtlinie 90/496/EWG: Vom 24. September 1990 über die Nährwertkennzeichnung von Lebensmitteln.
- Rodgers S. (2003): Potential applications of protective cultures in cook-chill catering. *Food Control* 14, 35-42.
- Rodgers S. (2008): Novel applications of live bacteria in food services: probiotics and protective cultures. *Trends in Food Science and Technology* 19, 188-197.
- Rodriguez A., Bernaldez V., Rodriguez M., Andrade M.J., Nunez F. and Cordoba J.J. (2014): Effect of selected protective cultures on ochratoxin A accumulation in dry-cured Iberian ham during its ripening process. *LWT - Food Science and Technology* 59 (2014) 1-6 (article in press).
- Roth K. (2014): *Chemische Leckerbissen*. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim
- Rudenga K.J. and Small D.M. (2012): Amygdala response to sucrose consumption is inversely related to artificial sweetener use. *Appetite* 58, 504-507
- Salem R.H. (2013): Quality characteristics of beef sausages with tomato peel as a colour and functional additive during frozen storage. *World Applied Sciences Journal* 22, 1085-1093.
- Santos E.H., Kamimura J.A., Hill L.E. and Gomes C.L. (2015): Characterization of carvacrol beta-cyclodextrin inclusion complexes as delivery systems for antibacterial and antioxidant applications. *LWT – Food Sci. Techn.* 60, 583-592
- Saponjac V.T., Cetojevic-Simin D., Cetkovic G., Canadanovic-Brunet J., Djilas S., Mandic A. and Tepic A. (2014): Effect of extraction conditions of paprika oleoresins on their free radical scavenging and anticancer activity. *Central European Journal of Chemistry* 12, 377-385.
- Schiffmann S.S. (2012): Rationale for further medical and health research on high-potency sweeteners. *Chem Senses* 37, 671-679
- Schillinger U., Becker B., Vignolo G. and Holzapfel W.H. (2001): Efficacy of nisin in combination with protective cultures against *Listeria monocytogenes* Scott A in tofu. *Int. J. Food Microbiol.* 71, 159-168.
- Schulz, S. (2012): *Der Zutatenbegriff nach der Lebensmittelinformationsverordnung*. Abhandlung, ZLR/2012- p 675-690.
- Schwieterman M.L. et al. (2014): Strawberry flavor: Diverse chemical compositions, a seasonal influence, and effects on sensory perception. *PLOS One* 9, doi: 10.1371/journal.pone.0088446
- Senomyx (2014): Senomyx granted U.S. patent covering the composition and use of novel bitter blockers in foods, beverages, pharmaceuticals and other products. (http://news-media.senomyx.com/Patent-Update_051111.html)
- Seow Y.X., Yeo C.R. Chung H.L. and Yuk H-O. (2014): Plant essential oils as active antimicrobial agents. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 54, 625-644
- Servant G. et al. (2011): The sweet taste of true synergy: positive allosteric modulation of the human sweet taste receptor. *Trends in Pharmacological Sciences* 32, 631-636
- Settani L. and Corsetti A. (2008): Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation. *International Journal of Food Microbiology* 121, 123-138.
- Shah M.A., DonBosco S.J. and Mir S.A. (2014): Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Sci.* 98, 21-33
- Shelke K (2014): „clean label“ Trend phases out synthetic flavors and additives. 23.9.2014. Prepared Foods. (<http://www.preparedfoods.com/articles/114478-clean-label-trend-phases-out-synthetic-flavors-and-additives>). Zugriff am 4.11. 2014
- Shewry P.R. & S. Gutteridge (1993): *Plant Protein Engineering*. Cambridge Press, 1992
- Shim S-M. et al. (2011): Consumer's knowledge and safety perceptions of food additives: Evaluation on the effectiveness of transmitting information on preservatives. *Food Control* 22, 1054-1060
- Silva-Weiss A., Ihl M., Sobral P.J.A., Gomez-Guillen M.C. and Bifani V. (2013): Natural additives in bioactive edible films and coating: Functionality and applications in foods. *Food Engineering Reviews* 5, 200-216.

- Sinja S., Tripathi P and Chand S. (2012): A new bifunctional chitosane enzyme from *Streptomyces* sp. and its application in production of antioxidant chitoooligosaccharides. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 167, 1029-1039
- Siva R., Palackan M.G., Maimoon L., Geetha T., Bhakta D. and Balamurugan P. (2011): Evaluation of antibacterial, antifungal, and antioxidant properties of some food dyes. *Food Science and Biotechnology* 20, 7-13.
- Skarra L (2013): Strategies and insights into „clean label“ Development. 2013 „clean label“ Conference Report. (<http://www.globalfoodforums.com/wp-content/uploads/2014/01/2013-Clean-Label-Conference-Report.pdf>, Zugriff 4.11.2014)
- SKLM (2010:) Mikrobielle Kulturen für Lebensmittel DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) Mitteilung der Senatskommission zur gesundheitlichen Bewertung von Lebensmitteln 2010. Endfassung vom 29.03.2010. (www.dfg.de/sklm)
- Slack J.P. et al. (2010): Modulation of bitter taste perception by a small molecule hTAS2R antagonist. *Curr. Biol.* 20, 1104-1109
- Smolaskeite L, Venskutonis P.R. and Talou T. (2015): Comprehensive evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of different mushroom species. *LWT – Food Sci. Techn.* 60, 462-471
- Spiller A. und Zühlsdorf A. (2012): Trends in der Lebensmittelverarbeitung. Agrifood Consulting GmbH, Göttingen. (www.vzbv.de/cps/rde/xbcr/vzbv/Lebensmittelvermarktung_Marktstudie_2012.pdf; Zugriff 23.10.2014)
- Spök A. und Proksch M. (2007): *Lebensmittelenzyme in der EU - Herstellung, Anwendungen, Marktsituation und rechtliche Regelungen*. Herausgeber: Bundesministerium für Gesundheit, Sektion II, Wien. ISBN 978-3-902611-40-6. III. Auflage (2012)
- Spricigo D.A., Bartina C., Cortes P. and Llagostera M. (2013): Use of bacteriophage cocktail to control salmonella in food and the food industry. *International J. of Food Microbiology* 165, 169-174.
- Stanzer T. (2014): „Enzym-Google“ deckt verborgene Möglichkeiten der Natur auf. (<http://idw-online.de/pages/de/news?print=1&id=592890>; 23.06.2014)
- Steinkellner G. et al. (2014): Identification of promiscuous endo-reductase activity by mining structural databases using active site constellations. *Nature Communications* 5:4159, doi: 10.1038/ncomms5150
- SternEnzym (2014): Datenblatt – Mit unseren Multi-Enzymkomplexen lassen sich Lebensmitteltechnologien optimieren und Kosten senken. (www.sternenzym.de/deutsch/produkte; Zugriff 18.10.2014)
- Stromeck A., Hu Y., Chen L. and Gänzle M.G. (2011): Proteolysis and bioconversion of cereal proteins to glutamate and γ -aminobutyrate (GABA) in rye malt sourdoughs. *Agric. Food Chem.* 59, 1392-1399
- SÜSSSTOFFVERBAND (2014): (www.suessstoff-verband.de/fileadmin/user_upload/redaktion/Downloads/1207Sicherheit.pdf; Zugriff 03.11.2014)
- SUGAR ASSOCIATION (2014): (www.sugar.org/wp-content/uploads/2014/03/Sugar-Association-Comments-Sugars-Intake-Draft-Guidelines.pdf; Zugriff 04.11.2014)
- Sun J., Lim Y. and Liu S. (2013): Biosynthesis of flavor esters in coconut cream through coupling fermentation and lipase-catalyzed biocatalysis. *Eur. J. Sci. Technol.* 115, 1107-1114.
- Tajkarimi M.M., Ibrahim S.A. and Cliver D.O. (2010): Antimicrobial herb and spice compounds in Food. *Food Control* 21, 1199-1218
- Tang N. and Zhuang H. (2014): Evaluation of antioxidant activities of zein protein fractions. *J. Food Sci.* 79, 2174-2184
- Tayyab M. (2011): Isolation and identification of lipase producing thermophilic *Geobacillus* sp. SBS-4S: Cloning and characterization of the lipase. *J. Biosci. Bioeng.* 3, 272-278
- Toldrà F. and Barat J.M. (2012): Strategies for salt reduction in foods. *Recent patents on Food, Nutrition & Agriculture* 4, 19-25
- Tollefson K.E., Nizetto L. and Huggett D.B. (2012): Presence, fate and effects of the intense sweetener sucralose in the aquatic environment. *Science of the Total Environment* 438, 510-516

- Tongnuanchan P. and Benjakul S. (2014): Essential oils: Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *J. Food Sci.* 79, R1231-R1244
- Tran T. and Rousseau D. (2013): Stabilization of acidic soy protein-based dispersions and emulsions by soy soluble polysaccharides. *Food Hydrocolloids* 30, 382-392
- Tuli H.S. and Sharma A.K. (2014): Microbial pigments as natural color sources: Current trends and future perspectives. *Journal of Food Science and Technology*. (in press)
- Unland P. (2011): „clean label“ aus Sicht der Praxis. *Backwaren* 1, 2-7
- Urban M. and Adamczak M. (2008): Exploration of metagenomes for new enzymes useful in food biotechnology – areview. *Pol. J. Food. Nutr. Sci.* 58, 11-22
- Valli V., Gomez-Caravaca A.M., DiNunzio M, Danesi F., Caboni M.F. and Bordoni A. (2012): Sugar cane and sugar beet molasses, antioxidant-rich alternatives to refined sugar. *J. Agric. Food Chem.* 60, 12508-12515
- Varela P. and Fiszman S.M. (2013): Exploring consumers´knowledge and perceptions of hydrocolloids used as food additives and ingredients. *Food Hydrocolloids* 30, 477-484
- Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen (2010): „Ohne Zusatzstoffe“ - Clean Labeling: Werbeaussagen kritisch beleuchtet. Bundesweite Markterhebung.
- Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V. (2010) Bundesweite Markterhebung: „Ohne Zusatzstoffe“ - „clean label“ing: Werbeaussagen kritisch beleuchtet. (<http://www.vzhh.de/ernaehrung/79067/Clean%20Label-Bericht%2027-9-2010.pdf>, Zugriff 4.11.2014
- Verbraucherzentrale Schleswig-Holstein (2012): Presseaussendung (www.vzsh.de/verbraucherzentrale-findet-kritische-azofarbstoffe-in-halloween-suessigkeiten)
- Verbraucherzentrale Schleswig-Holstein (2014): Presseaussendung (www.vzsh.de/marktcheck-der-verbraucherzentrale-deckt-auf-azofarbstoffe-in-biermischgetraenken)
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1331/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Dezember 2008 über ein einheitliches Zulassungsverfahren für Lebensmittelzusatzstoffe, -enzyme und -aromen
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1332/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DE RATES vom 16. Dezember 2008 über Lebensmittelenzyme und zur Änderung der Richtlinie 83/417/EWG des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1493/1999 des Rates, der Richtlinie 2000/13/EG, der Richtlinie 2001/112/EG des Rates sowie der Verordnung (EG) Nr. 258/97
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1333/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Dezember 2008 über Lebensmittelzusatzstoffe.
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1334/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Dezember 2008 über Aromen und bestimmte Lebensmittelzutaten mit Aromaeigenschaften zur Verwendung in und auf Lebensmitteln sowie zur Änderung der Verordnung (EWG) Nr. 1601/91 des Rates, der Verordnungen (EG) Nr. 2232/96 und (EG) Nr. 110/2008 und der Richtlinie 2000/13/EG
- 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 (EU) Nr. 1017/2013 DER KOMMISSION vom 23. Oktober 2013 zur Nichtzulassung bestimmter anderer gesundheitsbezogener Angaben über Lebensmittel als Angaben über die Reduzierung eines Krankheitsrisikos sowie die Entwicklung und die Gesundheit von Kindern.
- VERORDNUNG (EU) Nr. 1129/2011 DER KOMMISSION vom 11. November 2011 zur Änderung des Anhangs II der Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf eine Liste der Lebensmittelzusatzstoffe der Europäischen Union
- VERORDNUNG (EU) Nr. 1131/2011 DER KOMMISSION vom 11. November 2011 zur Änderung von Anhang II der Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich Steviolglycosiden.

Verordnung (EU) Nr. 1169/2011: VERORDNUNG (EU) Nr. 1169/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. Oktober 2011 betreffend die Information der Verbraucher über Lebensmittel

VERORDNUNG (EU) Nr. 231/2012 DER KOMMISSION vom 9. März 2012 mit Spezifikationen für die in den Anhängen II und III der Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates aufgeführten Lebensmittelzusatzstoffe

VERORDNUNG (EU) Nr. 497/2014 DER KOMMISSION vom 14. Mai 2014 zur Änderung des Anhangs II der Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 in Bezug auf Advantam zur Verwendung als Süßungsmittel.

VG München (2011): Urteil vom 26. September 2011, Az. M 18 K 11.445.

Viuda-Martos, M.; Ruiz-Navajas, Y.; Fernandez-Lopez, J. and Perez-Alvarez, J.A. (2010): Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. *Meat Science* 85, 568-576.

Vonasek E., Le, P. and Nitin, N. (2014): Encapsulation of bacteriophages in whey protein films for extended storage and release. *Food Hydrocolloids* 37, 7-13.

Weerakkody N.S., Caffin N., Dykes G.A. and Turner M.S. (2011): Effect of antimicrobial spice and herb extract combinations on *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* and spoilage microflora growth on cooked ready-to-eat vacuum-packaged shrimp. *J. Food Protection* 74, 1119-1125.

WHO (2014): World Health Organisation. Draft guideline: Sugar intake for adults and children. Released for public consultation, 5 March 2014. (www.who.int/nutrition/sugars_public_consultation/en/)

Yang W., Tang H., Ni J., Wu Q., Hua D., Tao F. and Xu P. (2013): Characterization of two *Streptomyces* enzymes that convert ferulic acid to vanillin. *PLoS ONE* 8(6): e67339. doi:10.1371/journal.pone.0067339

Yang X., Tian H., Ho C. and Huang Q. (2011): Inhibition of citral degradation by oil-in-water nanoemulsions combined with antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 59, 6113-6119.

Yin B., Deng W., Xu K., Huang L and Yao P. (2012): Stable nano-sized emulsions produced from soy protein and soy polysaccharide complexes. *J. Colloid and Interface Sci.* 15, 51-59

Zabala, U.M. (2011): Optimierung von Wachstum und Ertrag (Süßstoffbildung) bei *Stevia rebaudiana* Bertoni unter mitteleuropäischen Standortbedingungen. Dissertation an der Universität Bonn (2013)

Zagorski N. (2010): A role for calcium in taste perception. (http://www.eurekalert.org/pup_releases/2010-01/asfb-arf010810.php; Zugriff 02.06.2012)

Zamzuri, N.A. and Abd-Aziz (2012): Biovanillin from agro wastes as an alternative food flavor. *J. Sci. Food Agric* 93, 429-438.

Zhao G.Q., Zhang Y., Hoon M.A., Chandreshekar J., Erlenbach I., Ryba N.J. and Zuker C.S. (2003): The receptors for mammalian sweet and umami taste. *Cell* 115, 255-256.

Zinno P., Devirgiliis C., Ercolini D., Ongeng D. and Mauriello G. (2014): Bacteriophage P22 to challenge *Salmonella* in foods. *Int. J. Food Microbiology* 191, 69-74.

ZUCKERVERBÄNDE (2014): (www.zuckerverbaende.de/zuckermarkt/eu-zuckerpolitik/eu-marktregelung.html; Zugriff 30.11.2014)