

# **Die Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland als Standort für die Fermentationsindustrie im internationalen Vergleich**

**angefertigt für**

**Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)**

**von**

**ECO SYS GmbH, Schopfheim**

[www.ecosyseurope.com](http://www.ecosyseurope.com)

## Inhalt

	<b>Seite</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>12</b>
<b>Summary</b>	<b>14</b>
<b>1 Hintergrund, Ziele und Aufgaben der Studie</b>	<b>16</b>
1.1 Hintergrund	16
1.2 Ziele und Aufgaben	17
1.3 Informationsquellen und Datenzuverlässigkeit	18
<b>2 Angebots- und Nachfrageentwicklung industriell hergestellter Fermentationsprodukte</b>	<b>19</b>
2.1 Systematik und Einordnung	19
2.2 Angebots- und Nachfrageentwicklung Hefen	22
2.2.1 Produktionsentwicklung und Struktur	22
2.2.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	23
2.2.3 Zukünftige Entwicklung	23
2.3 Angebots- und Nachfrageentwicklung Bio-Ethanol	24
2.3.1 Produktionsentwicklung und Struktur	24
2.3.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	25
2.3.3 Zukünftige Entwicklung	26
2.4 Angebots- und Nachfrageentwicklung Lysin	26
2.4.1 Produktionsentwicklung und Struktur	26
2.4.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	27
2.4.3 Zukünftige Entwicklung	28
2.5 Angebots- und Nachfrageentwicklung Threonin	28
2.5.1 Produktionsentwicklung und Struktur	28
2.5.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	29
2.5.3 Zukünftige Entwicklung	29
2.6 Angebots- und Nachfrageentwicklung Tryptophan	30
2.6.1 Produktionsentwicklung und Struktur	30
2.6.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	30
2.6.3 Zukünftige Entwicklung	30
2.7 Angebots- und Nachfrageentwicklung Mononatriumglutamat (MNG)	31
2.7.1 Produktionsentwicklung und Struktur	31
2.7.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	32
2.7.3 Zukünftige Entwicklung	32

	<b>Seite</b>	
2.8	Angebots- und Nachfrageentwicklung I-Cystein	32
	2.8.1 Produktionsentwicklung und Struktur	32
	2.8.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	33
	2.8.3 Zukünftige Entwicklung	33
2.9	Angebots- und Nachfrageentwicklung Zitronensäure	34
	2.9.1 Produktionsentwicklung und Struktur	34
	2.9.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	34
	2.9.3 Zukünftige Entwicklung	35
2.10	Angebots- und Nachfrageentwicklung Glukonsäure	35
	2.10.1 Produktionsentwicklung und Struktur	35
	2.10.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	36
	2.10.3 Zukünftige Entwicklung	37
2.11	Angebots- und Nachfrageentwicklung Milchsäure	37
	2.11.1 Produktionsentwicklung und Struktur	37
	2.11.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	38
	2.11.3 Zukünftige Entwicklung	38
2.12	Angebots- und Nachfrageentwicklung Itakonsäure	39
	2.12.1 Produktionsentwicklung und Struktur	39
	2.12.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	40
	2.12.3 Zukünftige Entwicklung	40
2.13	Angebots- und Nachfrageentwicklung Isoaskorbinsäure	41
	2.13.1 Produktionsentwicklung und Struktur	41
	2.13.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	42
	2.13.3 Zukünftige Entwicklung	42
2.14	Angebots- und Nachfrageentwicklung Riboflavin	43
	2.14.1 Produktionsentwicklung und Struktur	43
	2.14.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	44
	2.14.3 Zukünftige Entwicklung	44
2.15	Angebots- und Nachfrageentwicklung Cyanocobalamin	45
	2.15.1 Produktionsentwicklung und Struktur	45
	2.15.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	46
	2.15.3 Zukünftige Entwicklung	46
2.16	Angebots- und Nachfrageentwicklung Vitamin C	46
	2.16.1 Produktionsentwicklung und Struktur	46
	2.16.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	47
	2.16.3 Zukünftige Entwicklung	48

	<b>Seite</b>	
2.17	Angebots- und Nachfrageentwicklung Xanthan	48
	2.17.1 Produktionsentwicklung und Struktur	48
	2.17.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	49
	2.17.3 Zukünftige Entwicklung	50
2.18	Angebots- und Nachfrageentwicklung Gellan, Curdlan und Welan	50
	2.18.1 Produktionsentwicklung und Struktur	50
	2.18.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	51
	2.18.3 Zukünftige Entwicklung	52
2.19	Angebots- und Nachfrageentwicklung fermentativ hergestellter Karotine	52
	2.19.1 Produktionsentwicklung und Struktur	52
	2.19.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	53
	2.19.3 Zukünftige Entwicklung	54
2.20	Angebots- und Nachfrageentwicklung Penizillin, Cephalosporin und Streptomyces basierender Produkte	54
	2.20.1 Produktionsentwicklung und Struktur	54
	2.20.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	55
	2.20.3 Zukünftige Entwicklung	56
2.21	Angebots- und Nachfrageentwicklung Enzyme	56
	2.21.1 Produktionsentwicklung und Struktur	56
	2.21.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	58
	2.21.3 Zukünftige Entwicklung	58
2.22	Angebots- und Nachfrageentwicklung Insulin	58
	2.22.1 Produktionsentwicklung und Struktur	58
	2.22.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	60
	2.22.3 Zukünftige Entwicklung	60
2.23	Angebots- und Nachfrageentwicklung Erythritol	61
	2.23.1 Produktionsentwicklung und Struktur	61
	2.23.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	62
	2.23.3 Zukünftige Entwicklung	62
2.23	Angebots- und Nachfrageentwicklung 1,3 Propandiol und Polyhydroxybutyrat (PHB)	62
	2.23.1 Produktionsentwicklung und Struktur	62
	2.23.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland	63
	2.23.3 Zukünftige Entwicklung	64

	<b>Seite</b>
<b>3 Struktur des Kohlenhydratverbrauchs der globalen Fermentationsindustrie</b>	<b>64</b>
3.1 Relevanz einzelner Standorte für die Fermentationsindustrie in 2010	64
3.2 Kohlenhydratverwendung einzelner Fermentationsprozesse	67
<b>4 Globale und regionale Verfügbarkeit und Preiswürdigkeit von auf Saccharose basierenden Kohlenhydrate</b>	<b>72</b>
4.1 Struktur und Entwicklung der Produktion	72
4.1.1 Globale Übersicht und Trend	72
4.1.2 EU und Deutschland	73
4.1.3 USA	74
4.1.4 Thailand und Südost-Asien	75
4.1.5 Brasilien	76
4.1.6 China	77
4.2 Struktur und Entwicklung der Nachfrage	78
4.3 Entwicklung von Lagerbeständen und Preisen	80
4.3.1 Lagerbestände	80
4.3.2 Preise und Notierungen	80
4.4 Auswirkungen der globalen Zuckerpreisentwicklung auf die Zuckerverfügbarkeit in der EU und in Deutschland	81
4.4.1 Grundlegende Mechanismen der Zuckermarktordnung	81
4.4.2 Konsequenzen für die Flexibilität des Zuckermarktes in der EU und in Deutschland	83
4.4.3 Konsequenzen für Fermentationsstandorte	85
4.5 Globale und regionale Verfügbarkeit von Melasse	86
<b>5 Globale und regionale Verfügbarkeit sowie Preiswürdigkeit von auf Mais, Weizen und Maniok basierenden Kohlenhydrate</b>	<b>87</b>
5.1 Struktur und Entwicklung der Produktion von Mais und Weizen	87
5.1.1 Globaler Überblick und Trend	87
5.1.2 EU und Deutschland	88
5.1.3 USA	90
5.1.4 Thailand und Südost-Asien	91
5.1.5 Brasilien	91
5.1.6 China	92
5.2 Struktur und Entwicklung der Produktion von Maniok	93
5.3 Struktur und Entwicklung der Nachfrage nach Weizen, Mais und Maniok	94
5.4 Entwicklung von Lagerbeständen und Preisen	96
5.4.1 Lagerbestände	96
5.4.2 Preise und Notierungen	96
5.4.2 Entwicklung der globalen Mais- und Weizenpreise und in der EU	97

	<b>Seite</b>
5.5	Beziehung zwischen Mais-, Weizen- und Maniokpreisen zu Preisen für Stärkehydrolysat 98
5.5.1	Maniokstärkehydrolysat 98
5.5.2	Maisstärkehydrolysat 100
5.5.3	Weizenstärkehydrolysat 103
5.6	Konsequenzen der Hdrolysatpreisgestaltung für einzelne Regionen 105
5.6.1	EU und Deutschland 105
5.6.2	USA 105
5.6.3	Thailand 106
5.6.4	Brasilien 106
5.6.5	China 107
<b>6</b>	<b>Relevanz von Energiekosten und regionale Differenzierung 107</b>
<b>7</b>	<b>Spezielle Förderprogramme 110</b>
7.1	EU und Deutschland 110
7.2	Thailand 111
7.3	Brasilien 111
7.4	USA 112
7.5	China 112
<b>8</b>	<b>Multidimensionaler Standortvergleich 113</b>
8.1	Kriterien und Raster 113
8.2	Relevanz des Standortvergleichs für Deutschland und die EU 120
8.2.1	Produktpräferenz und Eignung einzelner Produkte für die Standorte EU und Deutschland 120
8.2.2	Vorschläge für politische Maßnahmen, Deutschland als Fermentationsstandort zu fördern 122

## Übersichten

	<b>Seite</b>
1 Struktur und Einteilung der in dieser Studie diskutierten industriellen Fermentationsprodukte	21
2 Entwicklung und Struktur der globalen Hefeproduktion (1.000 Tonnen)	22
3 Regional Struktur der Hefeproduktion, 2009	23
4 Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Hefe und Hefeprodukte, 2009 (1.000 Tonnen)	23
5 Entwicklung der globalen Bio-Ethanolproduktion	24
6 Struktur der globalen Bio-Ethanolproduktion, 2009	25
7 Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Bio-Ethanol, 2009 (Mio. Tonnen)	25
8 Entwicklung der globalen Lysinproduktion	26
9 Struktur der globalen Lysinproduktion, 2009	27
10 Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Lysin, 2009 (1.000 Tonnen)	27
11 Entwicklung der globalen Threoninproduktion	28
12 Struktur der globalen Threoninproduktion, 2009	29
13 Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Threonin, 2009 (1.000 Tonnen)	29
14 Entwicklung der globalen Tryptophanproduktion	30
15 Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Tryptophan, 2009 (1.000 Tonnen)	30
16 Entwicklung der globalen Mononatriumglutamatproduktion	31
17 Struktur der globalen MNG Produktion, 2009	31
18 Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit MNG, 2009 (1.000 Tonnen)	32
19 Entwicklung der globalen l-Cysteinproduktion aus Fermentation	33
20 Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit fermentativ erzeugtem l-Cystein, 2009 (1.000 Tonnen)	33
21 Entwicklung der globalen Zitronensäureproduktion	34
22 Struktur der globalen Zitronensäureproduktion, 2009	34
23 Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Zitronensäure, 2009 (1.000 Tonnen)	35
24 Entwicklung der globalen Glukonsäureproduktion	36
25 Struktur der globalen Glukonsäureproduktion, 2009	36
26 Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Glukonsäure, 2009 (1.000 Tonnen)	37
27 Entwicklung der globalen Milchsäureproduktion	37
28 Struktur der globalen Milchsäureproduktion, 2009	38
29 Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Milchsäure, 2009 (1.000 Tonnen)	38
30 Entwicklung der globalen Itakonsäureproduktion	39
31 Struktur der globalen Itakonsäureproduktion, 2009	40
32 Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Itakonsäure, 2009 (1.000 Tonnen)	40
33 Entwicklung der globalen Isoaskorbinsäureproduktion	41

	<b>Seite</b>	
34	Struktur der globalen Isoaskorbinsäureproduktion, 2009	42
35	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Isoaskorbinsäure, 2009 (1.000 Tonnen)	42
36	Entwicklung der globalen Riboflavinproduktion	43
37	Struktur der globalen Riboflavinproduktion, 2009	44
38	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Riboflavin, 2009 (1.000 Tonnen)	44
39	Entwicklung der globalen Cyanocobalaminproduktion	45
40	Struktur der globalen Cyanocobalaminproduktion, 2009	45
41	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Cyanocobalamin, 2009 (Tonnen)	46
42	Entwicklung der globalen Vitamin C Produktion	47
43	Struktur der globalen Vitamin C Produktion, 2009	47
44	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Vitamin C, 2009 (1.000 Tonnen)	48
45	Entwicklung der globalen Xanthanproduktion	49
46	Struktur der globalen Xanthanproduktion, 2009	49
47	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Xanthan, 2009 (1.000 Tonnen)	50
48	Entwicklung der globalen Produktion von Gellan, Welan und Curdlan	51
49	Struktur der globalen Produktion von Gellan-, Welan- und Curdlan, 2009	51
50	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Gellan, Welan und Curdlan, 2009 (Tonnen)	52
51	Entwicklung der globalen beta-Karotin- und Astaxanthinproduktion durch Fermentation	53
52	Struktur der globalen Produktion von fermentativ erzeugten Karotinen, 2009	53
53	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit fermentativ erzeugtem beta-Karotin und Astaxanthin (Tonnen)	54
54	Entwicklung der globalen Produktion von Penizillin, Cephalosporin und Streptomyces Bausteinen	55
55	Struktur der globalen Produktion von Penizillin, Cephalosporin und Streptomyces Bausteinen, 2009	55
56	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Penizillin, Cephalosporin und Streptomyces Bausteinen, 2009 (1.000 Tonnen)	56
57	Entwicklung der globalen Produktion von Enzymkonzentraten	57
58	Struktur der globalen Produktion von Enzymkonzentraten, 2009	57
59	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Enzymkonzentraten, 2009 (1.000 Tonnen)	58
60	Entwicklung der globalen Produktion von auf Fermentation basierenden Insulinkonzentraten	59
61	Struktur der globalen Produktion von auf Fermentation basierenden Insulinkonzentraten, 2009	59
62	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit auf Fermentation basierenden Insulinkonzentraten, 2009 (kg)	60
63	Entwicklung der globalen Produktion von Erythritol	61



	<b>Seite</b>	
64	Struktur der globalen Produktion von Erythritol, 2009	61
65	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Erythritol, 2009 (1.000 Tonnen)	62
66	Entwicklung der globalen Produktion von 1,3 Propandiol und PHB	63
67	Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit 1,3 Propandiol und PHB, 2009 (1.000 Tonnen)	64
68	Relevanz einzelner Regionen als Fermentationsstandort, 2009 (inkl. Bio-Ethanol)	65
69	Relevanz einzelner Regionen als Fermentationsstandort, 2009 (exkl. Bio-Ethanol)	65
70	Produktion und Produktionswachstum von Fermentationsprodukten global, in der EU und in Deutschland, 2009	66
71	Versorgungsbilanz der EU und von Deutschland mit Produkten aus Fermentation, 2009 (1.000 Tonnen)	67
72	Bevorzugte Kohlenhydratquellen nach Fermentationsprodukt	68
73	Kohlenhydratkonversionsraten von Fermentationsprodukten	69
74	Kohlenhydratverbrauch von Fermentationen nach Produkt und Region, 2009 (1.000 Tonnen)	71
75	Regionale Relevanz von Saccharose und Hydrolysat als Fermentationsrohstoff, 2009	72
76	Entwicklung der globalen Rüben- und Rohrzuckerproduktion	73
77	Entwicklung der Rübenzuckerproduktion in der EU und in Deutschland	74
78	Entwicklung der Rohr- und Rübenzuckerproduktion in den USA	75
79	Entwicklung der Rohrzuckerproduktion in Thailand und Südost-Asien gesamt	76
80	Entwicklung der Rohrzuckerproduktion in Brasilien	77
81	Entwicklung der Rohr- und Rübenzuckerproduktion in China	78
82	Abgeleitete Nachfrageentwicklung nach Saccharose in für die Fermentationsindustrie relevanten Regionen und Ländern (2000-2009)	79
83	Jährliche Lagerzu- oder -entnahmen an Zucker (Mio. Tonnen)	80
84	Entwicklung der globalen (Konsum-) Zuckerpreise	81
85	System der Zuckerproduktion und Verwendung in der EU	82
86	Entwicklung der Notierungen für Zucker, produziert innerhalb und außerhalb der EU, 2007-2010 (€/Tonne)	83
87	Entwicklung der Netto-Zuckerexporte ausgewählter und für die Fermentation wichtiger Länder	84
88	Entwicklung der globalen Melassepreise	87
89	Entwicklung der globalen Produktion von Mais und Weizen	88
90	Entwicklung der Mais- und Weizenproduktion in der EU	89
91	Entwicklung der Mais- und Weizenproduktion in Deutschland	89
92	Entwicklung der Mais- und Weizenproduktion in den USA	90
93	Entwicklung der Mais- und Weizenproduktion in Thailand und in Südost-Asien	91
94	Entwicklung der Mais- und Weizenproduktion in Brasilien	92
95	Entwicklung der Mais- und Weizenproduktion in China	93

	<b>Seite</b>
96 Entwicklung der Maniokproduktion in Thailand, China, Südost-Asien und Brasilien	94
97 Abgeleitete Nachfrageentwicklung nach Weizen, Mais und Maniok in für die Fermentationsindustrie relevanten Regionen und Länder (2000-2009)	95
98 Entwicklung des prozentualen Anteils der jährlichen Rücklagen von Mais und Weizen an den jeweiligen Ernten	96
99 Entwicklung der Preise von Weizen, Mais und Maniok	97
100 Vergleich Preisentwicklungen von Mais und Weizen global und in der EU	97
101 Flussdiagramm der Herstellung von Maniokstärke	99
102 Preisband von Maniokhydrolysat in Thailands in Abhängigkeit der Knollenpreise	100
103 Flussdiagramm der Herstellung von Maisstärke	101
104 Preisband von Maishydrolysat in den USA in Abhängigkeit der Maispreise	102
105 Preisband von Maishydrolysat in der EU in Abhängigkeit der Maispreise	103
106 Preisband von Maishydrolysat in China in Abhängigkeit der Maispreise	103
107 Flussdiagramm der Herstellung von Weizenstärke	104
108 Preisband von Weizenhydrolysat in der EU in Abhängigkeit der Weizenpreise	104
109 Kategorisierung von Fermentationsprodukten nach Energieintensität der Herstellung	108
110 Energiekosten in den für die Fermentationsindustrie relevanten Regionen, 2010 (€/pro kWh)	109
111 Kriteriumsraster für den Vergleich der Standorte USA, Brasilien, Thailand, China, EU-27 und Deutschland	118/119

## Abkürzungen

BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
CEFIC	European Chemical Industry Council
DG	Directorate General
EC	European Commission
EFSA	European Food Safety Authority
EU	European Union
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
HS	Harmonised System
MNG	Mono-Natrium-Glutamat
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PHA	Poly- Hydroxy-Alkanoate
PHB	Poly-Hydroxy-Butyrat
PLA	Poly-Lactic-Acid
USDA	United States Department of Agriculture
WB	Welt Bank
WTO	World Trade Organisation

## Zusammenfassung

In dieser Studie wird die Bundesrepublik Deutschland als Standort für die industrielle Fermentationsindustrie im internationalen Kontext umfassend analysiert, bewertet und strukturpolitische Maßnahmen zu dessen Förderung, vorgeschlagen. Unter Fermentationsindustrie wird diejenige Industrie verstanden, die im industriellen Maßstab Produkte über Mikroorganismen herstellt und hierzu Kohlenhydrate verwertet (Weiße Biotechnologie). Für diese Industrie ist die Kohlenhydratversorgung ausschlaggebend für die Standortwahl:

- Die in dieser Studie diskutierten 24 Produkte aus 10 Gruppen (Hefen, Antibiotika, organische Säuren, Aminosäuren, Enzyme, Vitamine und Karotenoide, Polysaccharide und Zuckeralkohole, Bio-Ethanol, Bio-basierte Polymere, sowie pharmazeutische Rohstoffe) konsumieren insgesamt in ihrer Herstellung aktuell rund 160 Mio. t Kohlenhydrate. Waren für fast jedes der analysierten Produkte die jährlichen Zuwachsraten der Produktion bis zum Jahr 2000 kleiner als 3%, stiegen diese anschließend auf ca. 5% pro Jahr und in Einzelfällen, wie z.B. bei Bio-Ethanol, um 10%. Aufgrund der, die global Nachfrage beeinflussenden Faktoren wie Bevölkerungswachstum, steigendes, verfügbares pro Kopf Einkommen, positive Einkommenselastizitäten und Umweltgesetzgebung, muss für alle dargestellten Produkte zukünftig mit weiteren Nachfragesteigerungen gerechnet werden.
- Deutschland ist aktuell kein bedeutender Standort für die Weiße Biotechnologie. Nur wenige der analysierten Produkte werden in Deutschland produziert. Der aktuelle Kohlenhydratverbrauch für diese Fermentationsindustrie liegt daher bei nur 1,5 Mio. t, wovon 1 Mio. t auf die Bio-Ethanolherstellung und 0,3 Mio. t auf die Hefeproduktion entfallen. In der EU-27 beträgt der Kohlenhydratverbrauch für die Weiße Biotechnologie rund 5,5 Mio. t, wovon ca. 50% auf Bio-Ethanol und weitere 1,5 Mio. t auf Hefe entfallen.
- USA und Brasilien sind aktuell für mehr als 75% des globalen Konsums von Kohlenhydraten durch Fermentation verantwortlich. In beiden Ländern wird dieser getrieben durch Bio-Ethanolprogramme.
- Weder China noch ein anderes Land in Südost-Asien zeigen einen Kohlenhydratverbrauch für Fermentation ähnlich dem der USA oder Brasiliens. Mit insgesamt weniger als 20 Mio. t liegt diese Region weit hinter diesen Ländern.
- Der Kohlenhydratbedarf wird überwiegend über Saccharose aus Zuckerrohr und Zuckerrübe, sowie Stärkehydrolysate aus Mais, Weizen und Maniok gedeckt. Melasse spielt im globalen Kontext nur eine untergeordnete Rolle und wird regional überwiegend für Hefefermentationen eingesetzt. Fermentationen in den USA beruhen ausschließlich auf der Verwendung von Hydrolysat und in Brasilien auf Saccharose. Lediglich in der EU wie auch in Thailand ist eine flexible Verwendung von Hydrolysat und Saccharose üblich.
- Die globale Saccharoseproduktion als kristalliner Zucker oder Dicksaft stieg bis zum Jahr 2007 auf rund 180 Mio. t und fluktuiert seitdem zwischen 160 und 180 Mio. t. Getragen wurde diese Entwicklung durch Rohrzucker. Die Rübenzuckerproduktion stagniert seit vielen Jahren auf deutlich unter 40 Mio. t.
- Aufgrund der aktuell gültigen Marktordnung in der EU nahm die Zuckerproduktion auf 15-17 Mio. t jährlich ab, bei fast gleichbleibender Produktion von 3-4 Mio. t in Deutschland. Wesentliche Steigerungen in der Zuckerproduktion konnten in den letzten Jahren nur in Brasilien, über die Verbesserung von Erträgen, der Ausweitung der Anbaufläche und der Erhöhung der Extraktionsraten erreicht, werden.
- Bis zum Jahr 2000 reichten die jährlichen Produktionszuwächse aus, um die Nachfrage zu überschreiten und Lagerbestände aufzubauen. Bedingt durch massive Einkommenssteigerungen, positive Einkommenselastizitäten und der Ausweitung von Bio-Ethanolprogrammen, übersteigt seit dem Jahr 2000 die globale Nachfrage nach Zucker regelmäßig die Produktion und Lagerzunahmen erfolgen nicht mehr konsistent.
- Ab dem Jahr 2005 stiegen internationale Zuckerpreise bei hohen Fluktuationen und erreichten im Jahr 2009/10 europäische Niveaus. Da nicht erwartet wird, dass sich das Verhältnis von Produktions- zu Nachfragezuwachs in den kommenden Jahren wesentlich ändert, werden auch keine dauerhaften Einbrüche der internationalen Zuckerpreise

erwartet. Bleiben diese auf europäischen Niveau, so wird ein bedeutender Teil der aktuellen Zuckermarktordnung redundant und der Anbau von Zuckerrüben außerhalb der Quote attraktiv. In der Konsequenz können dann zwischen 3-5 Mio. t Zucker pro Jahr in der EU und mehr als 2 Mio. t in Deutschland zusätzlich zu Weltmarktfähigen Preisen produziert und z.B. für industrielle Zwecke angeboten werden. Diese Zusatzmengen sind derzeit nur noch für Brasilien darstellbar.

- Die globale Produktion von Mais und Weizen, Rohmaterialien für die Herstellung von Hydrolysat, stieg in den vergangen 17 Jahren um knapp 30%. Der Produktionszuwachs erfolgte großteils über Mais, dessen Anbauflächen global ausgedehnt und dessen Erträge gesteigert wurden. Bis zum Jahr 2000 überstiegen die jährlichen Produktionszuwächse von beiden Produkten die Nachfrage und Lager konnten aufgebaut werden. Seit dem Jahr 2000 übersteigt die Nachfrage die Produktionszuwächse regelmäßig und Lagerraten nehmen ab. Notierungen für Mais und Weizen steigen seit 2005 bei hohen Fluktuationen. Maniok, als Rohstoff für Hydrolysat, ist nur in Thailand von Relevanz. Der Maniokpreis blieb bis 2006/07 auf niedrigem Niveau stabil, stieg jedoch, bedingt durch hohe Nachfrage und Ernteaussfällen, massiv an. Ernteaussfälle sind begründet in der Massenvermehrung der Maniokschnierlaus, die bis 2010 nicht unter Kontrolle gebracht werden konnte.
- Rohmaterialpreise haben zwar Einfluss auf Hydrolysatkosten, dieser ist jedoch, mit Ausnahme bei Maniok, relativ gering. Die Flexibilität Hydrolysatpreise an Marktgegebenheiten anzupassen ist hoch, da mehr als acht Faktoren an der Preisgestaltung beteiligt sind. Diese können zum Teil durch die Hersteller beeinflusst werden und führen im Zusammenspiel zu einem aktuellen Standortvorteil der USA für Hydrolysat auf der Basis von Mais. Für die EU und auch für Deutschland sind Herstellungs- und Produktionskosten in ähnlicher Größenordnung, besonders auf der Basis von Weizen, möglich. Da in Thailand Ausfälle der Maniokernte unmittelbar auf Hydrolysatpreise auswirken, können die USA, die EU und innerhalb der EU, Deutschland, als Standorte mit der zuverlässigsten und kostengünstigsten Hydrolysatversorgung angesehen werden.
- Energiekosten spielen für Fermentationsprozesse nur eine untergeordnete Rolle und Differenzen in Bereitstellungskosten von Strom und Dampf an Fermentationsstandorten haben sich in den vergangenen 20 Jahren nivelliert. Energiekosten in Deutschland und in der EU sind für vergleichbare Anwendungen nicht mehr höher als beispielsweise in China.
- Spezielle Förderprogramme zu Gunsten der stofflichen Verwendung von Kohlenhydraten im Rahmen der Weißen Biotechnologie konnten für keinen Fermentationsstandort ermittelt werden. Hingegen fördern alle relevanten Länder, mit Ausnahme Chinas, die Konversion in Bioenergie und Bio-Ethanol. Besonders massiv sind diese Förderungen in den USA und Brasilien. In beiden Ländern wird erwartet, dass dadurch alternative, industrielle Verwendungen von Kohlenhydraten massiv benachteiligt werden.

Ein Rastervergleich mit 40 Einzelkriterien, der die Kohlenhydratmärkte, Energieversorgung, politische und (sozio-)ökonomische Rahmenbedingungen berücksichtigt, zeigt, dass für den weiteren Ausbau der Weißen Biotechnologie die EU und innerhalb der EU, Deutschland, sowie Brasilien und zum Teil die USA deutlich attraktiver sind als China oder Thailand. Unter Berücksichtigung der aktuellen Rahmenbedingungen und Bedarfe bieten sich für Deutschland der moderate Ausbau der Bio-Ethanolherstellung, insbesondere jedoch der Wiederaufbau einer L-Lysin- und Zitronensäureproduktion an. Darüber hinaus sollten Produkte von strategischer Bedeutung, wie Penizilline in die Überlegungen der Standortförderung einbezogen werden. Für diese wäre ein Grundsatzprogramm notwendig, das die Relevanz der Fermentationsindustrie für Deutschland feststellt, Investitionssicherheiten liefert und die Basis für die Entwicklung von Clustern zulässt in denen integriert Kohlenhydrate aufbereitet, fermentativ weiterverwendet und entstehende Produkte konfektioniert werden können. Als Forschungsthema werden Verfahren zur fermentativen Nutzung von Lignozellulose als prioritär angesehen, da die Förderung der Fermentationsindustrie ohne zunehmende Nutzung von Lignozellulose als Kohlenstoffquelle potentiell mit der Verknappung von Zucker- und Stärkeressourcen sowie der Nahrungsmittelproblematik konfrontiert sein wird.

## Summary

This study analyses and appraises the Federal Republic of Germany as a site for the manufacturing of fermentation products in the global context. The analyses determine the pros and cons of Germany as a fermentation site and lead to proposals for political initiatives to improve its attractiveness. Fermentation industry is understood as that industry, which uses on large scale microorganisms for the manufacturing of intermediates and consumer products through the conversion of carbohydrates (White Biotechnology). For such industry the sustainable and cost competitive supply of carbohydrates is decisive for the selection of production sites:

- The study discusses 24 different fermentation products, falling into 10 categories (yeasts, antibiotics, organic acids, amino acids, enzymes, vitamins and carotenoids, polysaccharides and sugar alcohols, bio-ethanol, bio-polymers and pharmaceutical intermediates). These products require for their manufacturing currently about 160 Mio t of carbohydrates globally. While annual growth of demand for virtually all of these products before the year 2000 was below 3%, growth accelerated after 2000 and averaged then to 5%. Bio-ethanol and a few others even exceeded this growth rate. The fundamental factors for such accelerated demand, growth of population, increasing disposable income and positive income elasticity values, are supposed to continue and thus high growth rates for virtually all fermentation products are expected also for the next years.
- Germany currently is not a preferred site for White Biotechnology. Only a few of the analysed products are manufactured in Germany on a significant scale. The carbohydrate demand for the fermentation industry is thus with 1,5 Mio t in 2009 small. One Mio t of the total is used for manufacturing bio-ethanol and another 0,3 Mio t for yeast. EU-27 countries convert currently 5,5 Mio t carbohydrates into fermentation products, out of which 50% are attributable to bio-ethanol and another 1,5 Mio t to yeast.
- The USA and Latin America however, are currently responsible for more than 75% of global consumption of carbohydrates for fermentation. The dominant driver in these regions is bio-ethanol. Neither in China nor in any other country of South-East Asia the carbohydrate consumption for fermentation is comparable to that of the USA or of Brazil. With less than 20 Mio t the Asian region lags far behind the USA or Brazil.
- Sources for carbohydrates used for fermentation are either saccharose from sugar cane or sugar beets or starch hydrolysates from maize, wheat and cassava. Molasses, as a fermentation substrate in a global context, only plays a subordinate role. It is regionally used for the fermentation of yeast and bio-ethanol. The fermentation industry of North America relies exclusively on the usage of starch hydrolysates and that one of Brazil on saccharose. It is only the EU and EU countries as well as Thailand for which the flexible usage of both is common.
- Global saccharose production (crystalline sugar or concentrated juice) increased until 2007 to 180 Mio t per year. Since that time annual production fluctuates without a clear trend. Global sugar supply is dominated by the developments of sugar cane. Global production of beet sugar stagnates since many years and never exceeded 40 Mio t.
- As a consequence of the sugar market reform, EU's sugar production declined over the past years to currently 15-17 Mio t per year, while Germany's production fluctuates since years between 3-4 Mio t. The only country which saw over more than a decade consistently increasing production is Brazil, due to an improvement of sugar cane yields, expansion of its acreage and the amelioration of the sugar extraction rates.
- Until the year 2000, annual production growth rates exceeded demand growth and global sugar stocks increased. The accelerated demand, building on high income growth, positive income elasticity values, and bio-ethanol programs, is exceeding since the year 2000 production and stocks deplete.
- Starting with the year 2005, international quotations for sugar increased and reached in 2009/10 European levels. As it is not expected that the relationship between growth of demand to growth of supply will ease over the next years significantly, a return to low



price levels of sugar is not likely. In this case, a significant part of the current sugar market regime of the EU becomes redundant and the cultivation of sugar beets, e.g. for industrial purposes, outside the controlled quota highly attractive. The additional production of 3-5 Mio t of sugar per year in the EU and of at least 2 Mio t in Germany is realistic. Such potential exists beyond the EU currently only in Brazil.

- The global production of maize and wheat, both raw materials for the manufacturing of starch hydrolysates, increased over the past 17 years by around 30%. Production growth is mostly attributable to maize, which yields could be improved and its acreage expanded. Until the year 2000, annual growth rates of maize and of wheat exceeded demand and stocks piled up. Since the year 2000, demand growth regularly exceeds production growth and stocks deplete. Prices for maize and wheat increase since 2005, accompanied by high fluctuations. Cassava, as a raw material for starch hydrolysates, is only of relevance in Thailand. The cassava root price remained at a low level until 2006/07 but shot up afterwards due to accelerated demand and because of harvest failures. These were caused by the Cassava Mealy Bug, which until 2010 could not be brought under control.
- Raw material prices influence the costs of starch hydrolysates but not decisively. With the exception of cassava, which processing does not yield valuable by-products, prices for starch hydrolysates made from wheat and maize are influenced by at least eight different parameters. Their interaction currently results in an advantage of the USA as a production site for corn-based hydrolysates to be used in fermentation. However, also in the EU and in Germany similar production costs can be achieved, particularly when wheat is taken as raw material. Due to the still uncontrolled propagation of the Cassava Mealy Bug in Thailand and the continuing depression of cassava harvests, only the USA, the EU and within the EU, Germany are considered as regions in which starch hydrolysates can be supplied reliably and at competitive prices also in future.
- For most fermentation processes energy costs account to less than 30% of total costs. Over the past 20 years differences in the costs of supply of electricity and of steam in different regions converged and are now very comparable. Electricity costs today for industrial applications e.g. in China tend to be higher than in Germany or other European countries.
- Governments in none of the regions, in which fermentation is carried out on a larger scale, currently promote or support the conversion of carbohydrates into chemical intermediates or consumers products. Virtually all relevant countries, with the exception of China, have however support schemes for bio-ethanol in place. Particularly in the USA and in Brazil such ethanol programs are so dominant that their implementation will most probably marginalise any other industrial use of carbohydrates.

The benchmarking of the regions EU, Germany, USA, China, Brazil and Thailand building on 40 different criteria reflecting the situation in the carbohydrate markets, energy supply, political and socio-economic framework conditions, shows that the conditions for the future development of industrial fermentation are most favourable in the EU, in Germany, partly in Brazil and in the USA. For Germany, considering the current framework conditions and demands, three products are suggested as priorities for further development: bio-ethanol, l-lysine and citric acid. For these products a significant import demand has built up and future growth rates are supposed to be high, while carbohydrates to manufacture these products are available. Additionally other products with strategic importance, such as penicillin, shall be considered for promoting White Biotechnology in Germany and in the EU. A promotional framework program shall be prepared with high priority and attest the relevance of White Biotechnology, provide the basis for investments and for the identification of White Biotechnology clusters at which an integrated carbohydrate usage system according to the value chain concept can be implemented. The major demand for R&D is seen in the development of practical processes for using lignocelluloses as substitutes for sugars and starches as any kind of promotion and expansion of the fermentation industry without solving the question of access and availability to a carbohydrate source outside the traditional ones will inevitably fuel the discussion on competition with food products.

# 1 Hintergrund, Ziele und Aufgaben der Studie

## 1.1 Hintergrund

In zahlreichen Kulturen waren Methoden der Vergärung zuckerhaltiger Nahrungsmittel zu Alkohol mittels Hefen, Milchsäure und Essigsäure lange vor der Entdeckung von Mikroorganismen oder dem Verständnis der zugrunde liegenden Prozesse bekannt. Die Entdeckung der Mikroorganismen und der biochemischen Grundlagen fermentativer Prozesse erfolgte im Laufe der vergangenen drei Jahrhunderten und insbesondere ab 1930. Louis Pasteur entdeckte zwar 1856 in verunreinigten Weinfässern Mikroorganismen die als *Bacterion* beschrieben wurden; Pasteur beschrieb auch, dass Hefen Zucker zu Alkohol und Bakterien Zucker zu Milchsäure umwandeln. Berzelius beschrieb 1836 einen Prozess des Abbaus eines Stoffes unter Zugabe eines weiteren, der für den eigentlichen Abbauprozess nicht benötigt wurde und bezeichnete diesen als Katalysator, der in der Folgezeit vielfach gefunden und in Fermente oder Enzyme umbenannt wurde. Die großtechnische Nutzung dieser Erkenntnisse erfolgte jedoch erst als es gelang Techniken zum kontrollierten mikrobiellen Wachstum zu entwickeln und mikrobiell hergestellte Produkte soweit aufzureinigen, dass diese effizient und gezielt genutzt werden konnten<sup>1</sup>.

Die ersten großtechnischen Fermentationsanlagen entstanden in den 1930er Jahren in den USA und in Europa und produzierten organische Säuren, Hefen, Bio-Ethanol und Enzyme. Nach dem zweiten Weltkrieg konnten die ersten Penizilline, Tetracycline und einige Vitamine mikrobiell und im industriellen Maßstab hergestellt werden, gefolgt von den ersten Aminosäuren und weiteren organischen Säuren. Während der 1970er Jahre wurden Verfahren zur Herstellung der ersten Hydrokolloide und Polysaccharide entwickelt und in den 1980er Jahren folgten Verfahren und Techniken zur Produktion weiterer Aminosäuren und Vitamine. In den Jahren zwischen 1980 und 2000 wurden Technologien zur Produktion von Karotinoiden und anderen, spezielleren Produkten aus den Kategorien Amino- und organische Säuren sowie Hydrokolloide entwickelt und bestehende Produktionsprozesse verbessert. Seit dem Jahr 2000 konzentriert sich die Entwicklung von Fermentationsprozessen auf die weitere Effizienzsteigerung bestehender Verfahren und auf die Herstellung von Monomeren für die Polymerisation oder von Polymeren direkt.

Bis Anfang 1990 waren diese Entwicklungen auf Europa, USA und Japan begrenzt und Fermentationsanlagen außerhalb dieser Regionen bestanden kaum. Eine Ausnahme bildete Brasilien, das schon Ende der 1970iger Jahre als Konsequenz einer Politik der Rohölimportsubstitution eine flächendeckende Industrie zur Herstellung von Bio-Ethanol aufbaute. Im Zuge der Revision von bestehenden Marktordnungen für Fermentationsrohstoffe, der hieraus resultierenden Unsicherheiten über deren zukünftige Verfügbarkeit und Preiswürdigkeit, Kostenunterschiede in Energie und Arbeit, sowie Anforderungsdivergenzen in Anlagensicherheit und Umweltverträglichkeit wurde ab Mitte 1990 ein wesentlicher Teil der bis dahin in Europa, USA und Japan bestehenden Fermentationsindustrie nach China und partiell auch in andere Länder Südostasiens und Lateinamerikas verlagert und an den neuen Standorten ausgebaut.

---

<sup>1</sup> BMBF 2008: Weiße Biotechnologie



In den vergangenen fünf Jahren haben sich jedoch einige der für die Fermentationsindustrie fundamentalen Rahmenbedingungen massiv geändert:

- Die globale, freie Verfügbarkeit von Getreide nimmt ab; Preise steigen und weisen hohe Volatilitäten auf. Länder wie China wurden zu Importeuren von Kohlenhydraten und müssen diese zu Weltmarktpreisen einkaufen.
- Auch die Verfügbarkeit von Maniok<sup>2</sup> als Alternative zu Getreide in Asien nimmt ab. Indonesien ist seit 2009 Nettoimporteur im großen Umfang; die massive Nachfrage nach Maniok in China lässt die Maniokpreise in Thailand, dem wichtigsten Produzenten der Region schon seit Jahren steigen und als 2010 bekannt wurde dass trotz erheblicher Anstrengungen Produktionsausfälle, hervorgerufen durch die Einschleppung der Maniokschmierlaus bereits im dritten Jahr in Folge nicht kontrolliert werden konnten, erreichte Maniokstärke temporär ein international unübliches Preisniveau von weit über €500/Tonne.
- Die globale Verfügbarkeit von Saccharose Zucker nimmt ebenfalls ab; Hoffnungen auf eine breite, nachhaltige und exportorientierte Produktionsausweitung in Indien konnten bisher nicht realisiert werden. Unterstützt durch ungünstige Wechselkurse, Spekulationen und einer Politik die die lokale Verwertung als Bio-Ethanolohstoff, begünstigt, erreichte brasilianischer Zucker in 2010 Preisniveaus jenseits europäischer Garantiepreise.
- Die zuverlässige und kostengünstige Lieferung von Energie bereitet zusätzlich einigen Ländern Schwierigkeiten; Strompreise in manchen Teilen Chinas übersteigen europäische Niveaus, Rationierungen sind üblich und die Differenzen der Tarife zwischen Europa, USA und Asien nehmen ab.
- Die vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz unterstützte und von der FNR koordinierte Studie *Stoffliche Verwertung von Kohlenhydraten in der Bundesrepublik Deutschland 2009*<sup>3</sup> indizierte dass in Europa und besonders in Deutschland sowohl im Getreide- wie auch im Zuckersektor erhebliche Reserven vorhanden sind, die für einen nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Ausbau der Fermentationsindustrie genutzt werden können.

## 1.2 Ziele und Aufgaben

Die sich in den vergangenen Jahren ergeben Änderungen der Rahmenbedingungen für die globale Fermentationsindustrie werden zum Anlass genommen, die Bundesrepublik Deutschland als Standort für die industrielle Fermentationsindustrie in internationalen Kontext umfassend zu analysieren, zu bewerten und ggf. einen Maßnahmenkatalog für strukturpolitische Maßnahmen vorzustellen, der einen Ausbau des Standortes Deutschland für die Fermentationsindustrie fördert.

Unter Fermentationsindustrie wird hier diejenige Industrie verstanden, die im industriellen Maßstab Produkte über Mikroorganismen gesteuerte Prozesse herstellt und Kohlenhydrate stofflich verwertet (Industrielle/Weiße Biotechnologie). Auf Grund ihres Grundprinzips und der Dimension üblicher Produktionen kommt in Verfahren der Weißen Biotechnologie der Kohlenhydratversorgung eine wesentlichere Bedeutung zu als bei der roten, grünen, blauen oder grauen Biotechnologie.

---

<sup>2</sup> Der Begriff Maniok wird in dieser Studie äquivalent zu den sonst auch verwendeten Begriffen Tapioka und Cassava benutzt.

<sup>3</sup> ECO SYS GmbH 2009: Stoffliche Verwertung von Kohlenhydraten in der Bundesrepublik Deutschland. Studie im Auftrag des BMELV und koordiniert durch die FNR

Verfahren dieser Fachrichtungen verbrauchen relativ wenige Kohlenhydrate und folglich sind Standortfragen für derartige Produktionsanlagen weniger durch die Verfügbarkeit von Kohlenhydraten als Rohstoffe bestimmt, als bei Prozessen der Weißen Biotechnologie.

Somit liegt der inhaltliche Fokus dieser Arbeit auf der Analyse der aktuellen und zukünftigen Verfügbarkeit und Kostenentwicklung von Kohlenhydraten als wesentlicher Rohstoff für jede Fermentation an für die Fermentationsindustrie global wichtigen Standorten und Regionen. Flankierend sollen auch die Entwicklungen der Energiepreise und der politischen Rahmenbedingungen diskutiert und in die Bewertung einbezogen werden.

Die Studie dient einer Reihe von Zwecken:

- Der quantitativen Erfassung des Bedarfs an Kohlenhydraten nach Fermentationsprodukt, nach Kohlenhydrattyp und nach Region, in der diese benötigt werden.
- Der quantitativen Erfassung und Analyse des Kohlenhydratsektors in Regionen/Ländern die für die Fermentationsindustrie wesentlich sind. Dies umfasst die historische, aktuelle und zukünftige Determinierung von Produktionsmengen, Preistrends und Verwendungsdynamiken.
- Der aktuellen und zukünftigen Einordnung der Bundesrepublik Deutschland als Fermentationsstandort im globalen Kontext und der Identifikation von denjenigen Fermentationsprodukten, für die die Ressourcenbasis und Produktverwendungsstruktur in Deutschland besonders günstig und sinnvoll erscheinen.
- Die Ableitung von Maßnahmen die aus ordnungspolitsicher Sicht unternommen werden können, um den Standort Bundesrepublik Deutschland für die Fermentationsindustrie attraktiv zu gestalten, gezielte Ansiedelungen zu fördern und somit die stoffliche Verwendung von Kohlenhydraten zu steigern.

### **1.3 Informationsquellen und Datenzuverlässigkeit**

Kohlenhydrate gehören zu den wesentlichen landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich erzeugten Produkten weltweit. Ihre globale Erzeugung ist im Grundsatz erfasst; Details der lokalen und internationalen Verwendung und Verarbeitung jedoch nicht. Ähnliches gilt für die Mehrzahl der Fermentationsprodukte. Kapazitäten einzelner Firmen werden zwar regelmäßig publiziert, Rückschlüsse auf tatsächlich produzierte Mengen an einzelnen Standorten sind, darauf gründend jedoch nur begrenzt möglich. Der internationale Handel mit Fermentationsprodukten ist über Zolltarifnummern dann nachvollziehbar, wenn Produktion und Verwendung in Ländern erfolgt, die der WTO angehören, wenn Produkte als Reinstware und nicht konfektioniert oder als Mischprodukte gehandelt werden und wenn zumindest eine sechs- oder achtstellige Warentarifnummer vorliegt und keine verdeckte Meldung erfolgt.

In der Konsequenz bedeutet dies, dass publizierte Quellen und Daten für die quantitative Analyse der globalen Fermentationsindustrie nicht ausreichen um einen belastbaren Vergleich unterschiedlicher Standorte zu ermöglichen. Es wird daher in diesem Bericht neben der Auswertung von vielfältigen Publikationen und Statistiken auf die Ergebnisse von Interviews mit Akteuren der internationalen Zucker-, Stärke- und Fermentationsindustrie zurückgegriffen, die im Zeitraum Juni bis Dezember 2010

durchgeführt wurden. Die Auswertung dieser Interviews, zusammen mit der Interpretation veröffentlichter Daten, die holistische, quantitative Analyse einzelner Produkte und der permanente Abgleich von Produktion, Verbrauch und Handel über historische und regionale Bilanzierungen führt in dieser Studie für jeden wesentlichen Fermentationsstandort zu einer genaueren und detaillierten Darstellung von dessen Vor- und Nachteilen und somit seiner Positionierung, als dies durch die Re-Interpretation von bereits veröffentlichtem Material möglich wäre<sup>4</sup>. Kleinere Ungenauigkeiten und Abweichungen von der Realität sind auch durch den hier gewählten Ansatz nicht zu vermeiden. Da in Einzelbereichen Daten und Zahlen dargestellt werden, die von bisher publiziertem Material und von üblichen Meinungen deutlich abweichen, erscheint eine ausführliche Diskussion der Ergebnisse mit relevanten politischen und Industrie-affilierten Akteuren besondere im Hinblick auf die stärkere Förderung der Fermentationsindustrie in Deutschland sinnvoll.

## 2 Angebots- und Nachfrageentwicklung industriell hergestellter Fermentationsprodukte<sup>5</sup>

### 2.1 Systematik und Einordnung

Industrielle Fermentationsprodukte umfassen zehn Kategorien mit einer Vielzahl von Untergruppen:

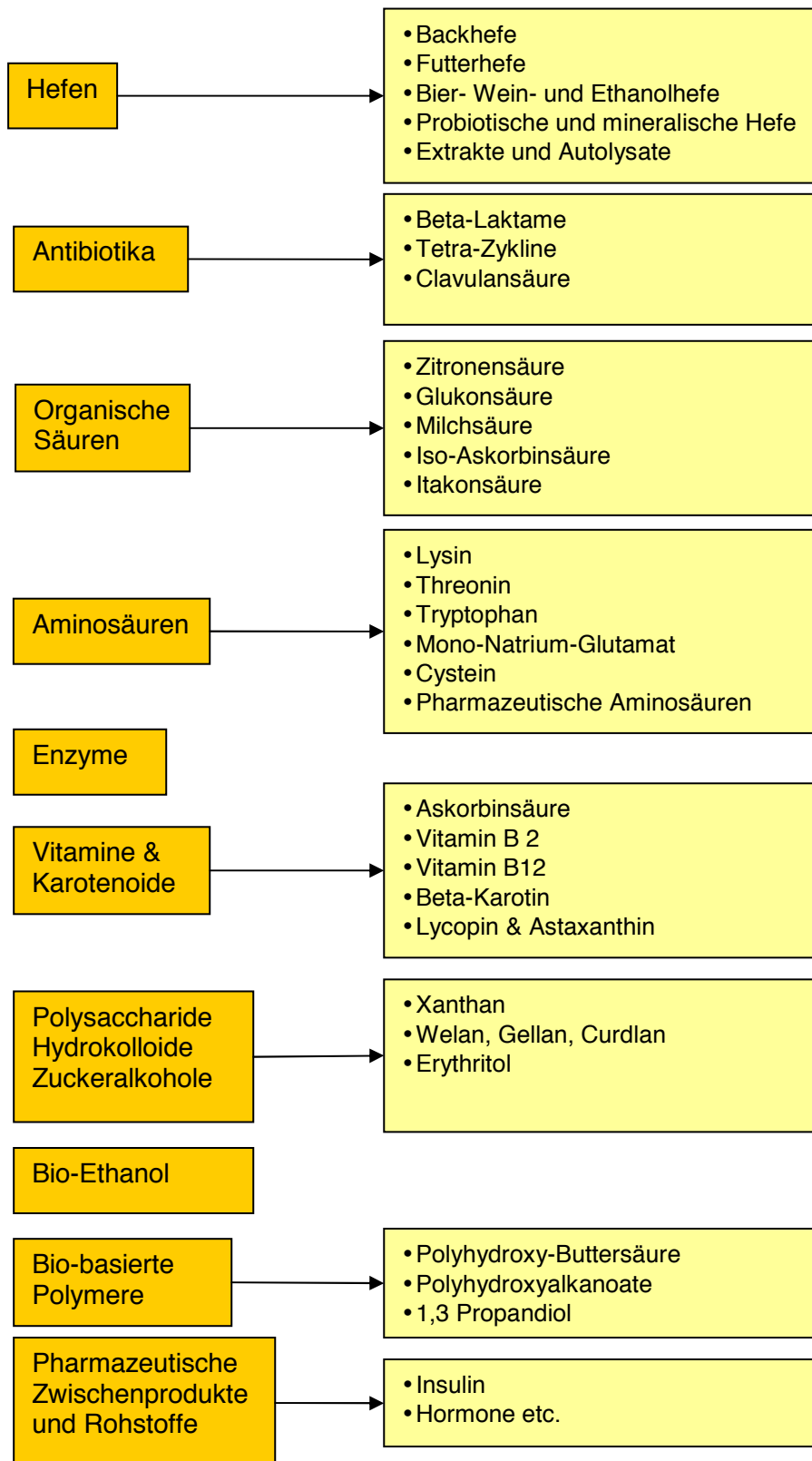
- *Hefen*: Bei dieser Produktgruppe wird traditional die fermentativ hergestellte Biomasse als Ganzes, in flüssiger, gepresster oder getrockneter Form verwendet. Die Isolierung einzelner Komponenten findet erst seit jüngerer Zeit statt und führt zu kommerziell verwendeten Extrakten und Autolysaten.
- *Antibiotika*: Diese umfassen Penizilline, Cephalosporine sowie Tetrazykline und andere Aktivsubstanzen, gebildet von Mikroorganismen. Obwohl viele handelsüblichen Antibiotika synthetisch hergestellte Bausteine verwenden, werden Grundkörper wie Beta-Laktame und deren Derivate, immer noch und im großen Stil fermentativ erzeugt.
- *Organische Säuren*: Diese Gruppe umfasst die Zitronensäure, Glukonsäure, Milchsäure, Itakonsäure und das Isomer der Askorbinsäure, die Iso-Askorbinsäure. Industrielle Essigsäure wird nicht fermentativ sondern über chemische Synthese aus Erdölprodukten hergestellt. Die Speiseessigherstellung wird in diesem Kontext nicht behandelt.
- *Aminosäuren*: Diese Gruppe umfasst Lysin, Threonin und Tryptophan als Additive für Futtermittel sowie Glutaminsäure (in Form des Natriumsalzes) und Cystein als Zwischenprodukt für die Pharmazeutika Herstellung und als Lebensmitteladditiv. Die Herstellung von Methionin und Glycin, zwei weitere großtechnisch hergestellte Aminosäuren, beruht ausschließlich auf chemischer Synthese.

<sup>4</sup> Eine Reihe von wesentlichen Aussagen in dieser Studie basieren auf der Analyse von historischen Zeitreihen über die Jahre 1993 – 2009, somit 17 Jahre. Alle Zeitreihen wurden über den Kendall-Mann Test (Hirsch R.M. Slack R.R. 1984: A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. Water Resources Research 20, Seiten 727-737) auf Trend untersucht. Ein Trend wird bei diesen Analysen als vorhanden angesehen, wenn das Signifikanzniveau 5% übersteigt.

<sup>5</sup> Sofern nicht anders angegeben beruht die im Kapitel 2 aufgeführten Information und Daten auf den seit 2000 regelmäßig erscheinenden und in 2009 zuletzt erschienenen Marketing Reports von März U.: World Markets for Fermentation Ingredients, publiziert bei Business Communications Company ([www.bccresearch.com](http://www.bccresearch.com))

- *Enzyme*: Diese Gruppe umfasst traditionelle Produkte wie Amylasen, Proteasen, Zellulasen und eine Reihe neuerer Typen wie Phytasen, etc.
- *Vitamine und Karotinoide*: Von allen 13 Vitaminen werden nur zwei, Vitamin B<sub>2</sub> und B<sub>12</sub>, voll fermentativ und Vitamin C; über ein fermentativ hergestelltes Zwischenprodukt, der Keto-Gulonsäure, hergestellt. Karotine werden üblicherweise aus Petroleumderivaten synthetisiert oder aus Pflanzen extrahiert. Fermentativ hergestelltes beta-Karotin, Astaxanthin oder Lycopin befindet sich nur in geringen Mengen im Markt.
- *Polysaccharide/Hydrokolloide/Zuckeralkohole*: Diese Gruppe umfasst Xanthan und Xanthan-ähnliche Produkte wie Welan und Curdlan, Hyaluronsäure sowie den Zuckeralkohol Erythritol.
- *Bio-Ethanol*: Die Herstellung von Ethanol auf chemisch-synthetischer Basis ist möglich und wird in einigen wenigen Anlagen praktiziert. Bio-Ethanol wird über (Hefe-) Fermentation erzeugt.
- *Bio-basierte Polymere*: Diese Gruppe enthält Produkte die entweder als Monomere zu Kunststoffen polymerisiert werden können, wie z.B. 1,3 Propandiol, und Produkte die direkt als Polymere von Mikroorganismen gebildet werden, wie Polyhydroxy-Buttersäure.
- *Pharmazeutische Zwischenprodukte und Rohstoffe*: In diese Gruppe fällt eine Vielzahl von Komponenten die üblicherweise in geringen Mengen erzeugt und als Zwischenprodukt für pharmazeutische Präparate verwendet werden. Nur wenige dieser Produkte verbrauchen in der Herstellung signifikante Mengen Kohlenhydrate. Wesentliche Ausnahme ist Insulin.

## Übersicht 1: Struktur und Einteilung der in dieser Studie diskutierten, industriellen Fermentationsprodukte<sup>6</sup>



<sup>6</sup> Pharmazeutische Aminosäuren ebenso wie Hormone und andere fermentativ hergestellte pharmazeutische Rohstoffe und Zwischenprodukte, mit Ausnahme von Insulin, werden in dieser Studie nicht behandelt, da deren Kohlenhydratverbrauch im internationalen Kontext relativ gering ist.

## 2.2 Angebots- und Nachfrageentwicklung Hefen<sup>7</sup>

### 2.2.1 Produktionsentwicklung und Struktur

Die globale Produktion von Hefen insgesamt stieg von rund 1,3 Mio. Tonnen im Jahr 1993 auf 1,9 Mio.<sup>8</sup> Tonnen im Jahr 2009. Wesentlicher Anteil an der Gesamtproduktion hat nach wie vor Bäckerhefe mit aktuell 1,2 Mio. Tonnen, gefolgt von Bierhefe und aktiver Lebendhefe zum Einsatz in Futtermitteln und als Lebensmittelergänzung. Sowohl die Bäcker- wie auch Bierhefeproduktion wachsen global nur noch mit 1-2% pro Jahr. Hohe Zuwachsraten verzeichneten in den vergangenen Jahren Hefen für die Ethanolherstellung, Lebendhefen sowie Hefeextrakte und –hydrolysate.

#### Übersicht 2: Entwicklung und Struktur der globalen Hefeproduktion (1.000 Tonnen)<sup>9</sup>

Typ	1993	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	%/Jahr
Bäcker	870	875	885	900	930	980	1040	1100	1170	1,7
Bier	220	220	225	230	245	248	253	265	270	1,2
Wein	1	1	3	6	9	10	11	12	13	16,3
Ethanol	29	30	32	31	31	39	44	62	87	6,7
Lebend Futterhefen	30	60	90	130	140	150	160	170	180	11,1
Mineral Futterhefen	2	7	10	11	13	15	16	18	20	14,5
Nahrungs- ergänzung	10	12	14	16	20	22	25	27	32	7,1
Hefeextrakte	36	40	45	55	70	90	100	115	130	7,8
<b>Total</b>	<b>1.198</b>	<b>1.245</b>	<b>1.304</b>	<b>1.379</b>	<b>1.458</b>	<b>1.554</b>	<b>1.649</b>	<b>1.769</b>	<b>1.902</b>	<b>2,7</b>

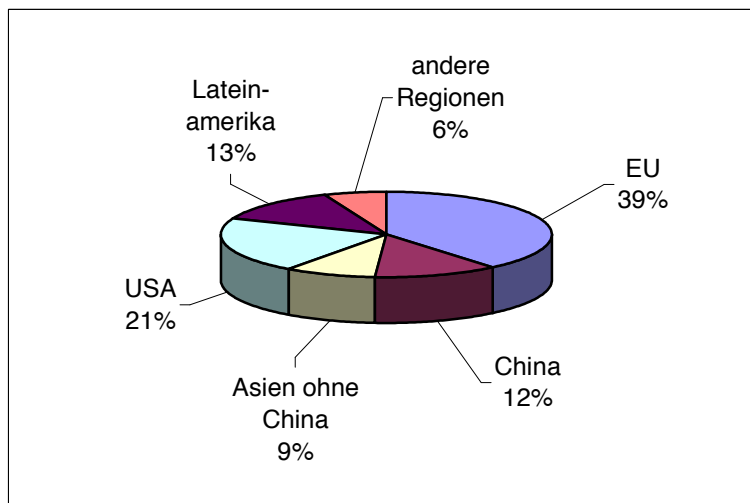
Hefe, in der überwiegend gehandelten Frischform mit 30% Wassergehalt, ist nur schlecht lagerfähig und wird daher kaum über größere Distanzen gehandelt. Trockenhefe ist besser lager- und transportfähig; jedoch nur unter Anwendung von speziellen Techniken und Verfahren herstellbar. Der Anteil Trockenhefe an der Gesamthefeproduktion ist relativ gering. Produktions- und Verbrauchsregionen sind daher fast identisch; es werden nur relativ geringe Mengen an Hefe international gehandelt.

<sup>7</sup> Zusätzliche Details zum globalen Hefemarkt sind zu finden in: März U 2010: Yeasts, Yeast Extracts, Autolysates and related Products: The Global Market. [www.bccresearch.com](http://www.bccresearch.com)

<sup>8</sup> Gerechnet als Hefe mit ca. 30% Feuchtegehalt

<sup>9</sup> Die Struktur des internationalen Hefemarktes ist nur teilweise mit der derjenigen in der EU und in Deutschland vergleichbar. Wein, Ethanol und lebende Futterhefen sowie Hefeextrakte sind in der EU und in Deutschland von deutlich geringerer Bedeutung als global.

### Übersicht 3: Regionale Struktur der Hefeproduktion, 2009<sup>10</sup>



### 2.2.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU<sup>11</sup> und in Deutschland

Europa konsumiert aktuell rund 700.000 Tonnen Hefeprodukte, dem eine Produktion in ähnlicher Größenordnung gegenübersteht. Deutschland konsumiert hiervon ca. 213.000 Tonnen und produziert seit Jahren eine Menge von knapp unter 200.000 Tonnen. In der Folge erfolgt nach Deutschland ein Nettoimport von rund 18.000 Tonnen pro Jahr.

### Übersicht 4: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Hefe und Hefeprodukte, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>12</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	700	700	0
Deutschland	195	213	-18

### 2.2.3 Zukünftige Entwicklung

In Europa entfallen 75% des gesamten Hefeverbrauchs auf Bäckerhefe, weitere 11% auf Bierhefe und 8% auf Futterhefen. Der Bedarf an Bäcker- und Bierhefe steht in direkter Abhängigkeit zum Brot- bzw. Bierkonsum. Weder der Pro-Kopf-Verbrauch an Brot noch derjenige von Bier zeigen eine steigende Tendenz. Da die Bevölkerungsentwicklung in Europa ebenfalls keine wesentliche Steigerung erkennen lässt, kann angenommen werden, dass sowohl der Bäcker- wie auch der Bierhefebedarf in den nächsten Jahren nicht massiv steigt. Anders ist die Situation bei Spezialhefen, die auch Futterhefen umfassen. Lebendhefen werden zunehmend als Probiotika sowohl in Futtermitteln wie auch im Nahrungsergänzungsbereich eingesetzt und Hefeextrakte als Alternative zum üblichen Geschmacksverstärker, Mononatriumglutamat,

<sup>10</sup> EU-27 umfasst folgende Länder: Deutschland, England Frankreich, Spanien, Portugal, Holland, Belgien, Luxemburg, Dänemark, Schweden, Finnland, Estland, Lettland, Litauen, Polen, Rumänien, Bulgarien, Slowakei, Slowenien, Tschechische Republik, Österreich, Malta, Griechenland, Italien, Zypern, Irland, Ungarn

<sup>11</sup> Die Abkürzung EU wird in diesem Text für EU-27 verwendet

<sup>12</sup> HS basierende Zolltarifnummern von Hefe: 2102100000 und 2102200000

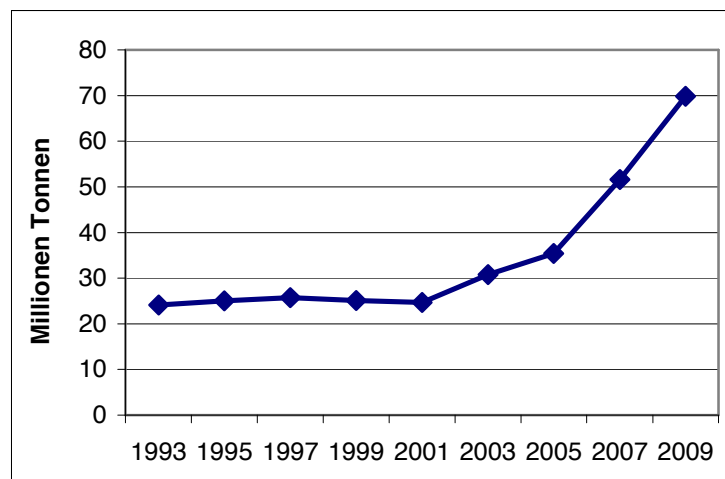
verwendet. Eine Nachfragesteigerung nach Hefeprodukten von 1-3% pro Jahr ist daher in EU-Europa in den kommenden Jahren wahrscheinlich.

## 2.3 Angebots- und Nachfrageentwicklung Bio-Ethanol<sup>13</sup>

### 2.3.1 Produktionsentwicklung und Struktur

Die Produktion von Bio-Ethanol in größerem Umfang begann in den 1970er Jahren mit einem staatlich geförderten Programm zur Reduktion der Abhängigkeit von Petroleumimporten in Brasilien. Bis 1993 stieg die globale Produktion auf rund 24 Mio. Tonnen, wovon mehr als 70% auf Brasilien entfiel. Nach dem Jahr 2000 und im Zuge der Einführung von Ethanol-Förderprogrammen in den USA stieg die Produktion nicht nur in den USA sondern global an und erreichte im Jahr 2009 70 Mio. Tonnen.

#### Übersicht 5: Entwicklung der globalen Bio-Ethanolproduktion

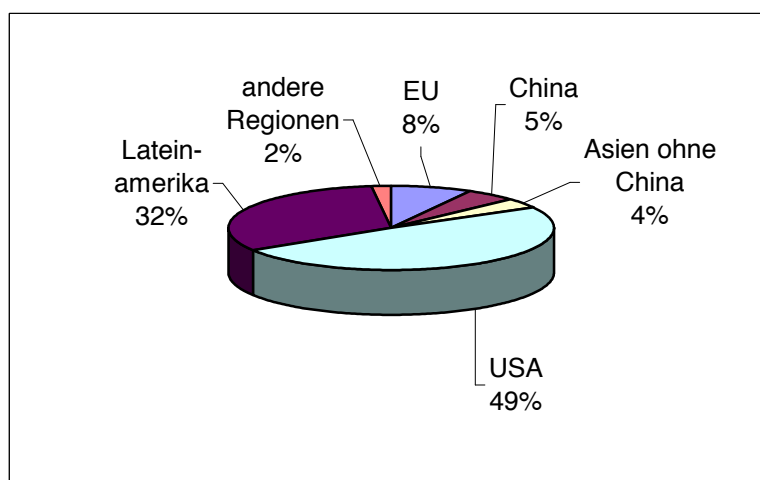


Nordamerika hat zwischenzeitlich Brasilien als weltgrößten Bio-Ethanolproduzenten überholt und ist für rund 50% der globalen Produktion verantwortlich. In Europa werden knapp 6 Mio. Tonnen und in Deutschland 0,5 Mio. Tonnen produziert.

<sup>13</sup> Zum globalen Bio-Ethanol Markt ist umfassend publiziert. Grundlage ist üblicherweise die von F.O. Licht herausgegeben Zeitschrift World Ethanol und Biofuel Market und das Baromètre Biocarburants von Euroobserver. Dies ist auch hier der Fall.



## Übersicht 6: Struktur der globalen Bio-Ethanolproduktion, 2009



### 2.3.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Die Nachfrage nach Bio-Ethanol in Deutschland wird im Wesentlichen bestimmt durch die gesetzlich definierten Kraftstoffquoten im Bundes-Immissionsschutzgesetz und durch die im Rahmen der Kraftstoffnormen vorgegebenen Beimischungsgrenzen (E10). Bei rund 19 Mio. Tonnen Ottokraftstoffverbrauch in 2009 ergibt sich für die kommenden Jahre ein nahezu konstanter Bedarf von etwa 1,5 Mio. Tonnen Bio-Ethanol. Auf EU Ebene ist die Nachfrage nach Bio-Ethanol im Wesentlichen bestimmt durch die *Erneuerbare Energien Richtlinie*<sup>14</sup> bzw. durch die *Kraftstoffqualitätsrichtlinie*<sup>15</sup> der EU, sowie die Umsetzung der Richtlinien in nationales Recht der Mitgliedsstaaten<sup>16</sup>.

### Übersicht 7: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Bio-Ethanol, 2009 (Mio. Tonnen)<sup>17</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	5,7	6,7	-1,0
Deutschland	0,5	1,3	-0,8

<sup>14</sup> Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG.

<sup>15</sup> Richtlinie 2009/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Spezifikationen für Ott-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG des Rates im Hinblick auf die Spezifikationen für von Binnenschiffen gebrauchte Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 93/12/EG.

<sup>16</sup> Kraftstoffverbrauch und Strukturdaten findend sich z.B. bei Eurostat unter <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

<sup>17</sup> HS basierende Zolltarifnummern von Ethanol: 2207100000 und 2207200000. Beachte: Bio-Ethanol wird neben der reinen Form auch in vielfältigen Mischungen mit Ottokraftstoff international gehandelt (E85, E92, E99).

### 2.3.3 Zukünftige Entwicklung

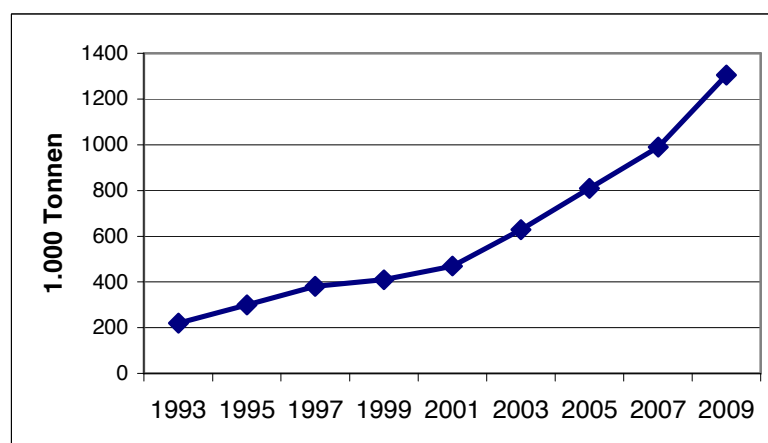
Es kann davon ausgegangen werden, dass für die EU der Verbrauch von Ottokraftstoffen in den kommenden Jahren mehr oder weniger konstant bleibt und die Steigerung des Gesamtenergieverbrauchs überwiegend zu Gunsten von Dieselölen erfolgt. In Deutschland ist jedoch mit einem absolut abnehmenden Verbrauch an Normal- und Superbenzin von 0,5-1% pro Jahr zu rechnen. Die Gesamtquote für Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen soll bis zum Jahr 2014 nach aktueller politischer Willensbildung in Deutschland konstant bei 6,25% (bezogen auf den Energiegehalt) liegen. Dies würde einen Bedarf an Bio-Ethanol von etwa 1,5 Mio. Tonnen bedeuten. Der Bedarf der EU ergibt sich aus der Vorgabe 10% des Gesamtenergieverbrauchs im Verkehrssektor durch erneuerbare Energien zu ersetzen.

## 2.4 Angebots- und Nachfrageentwicklung Lysin

### 2.4.1 Produktionsentwicklung und Struktur

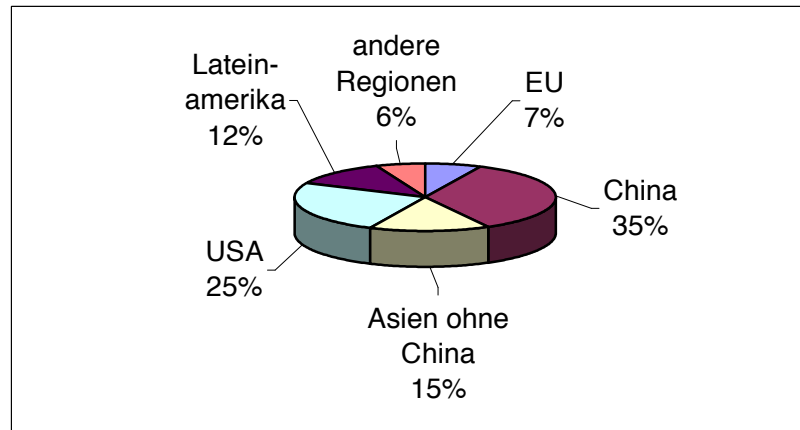
Lysin ist diejenige Aminosäure, für die bereits in den 1970er Jahren ein großtechnisches Fermentationsverfahren entwickelt wurde. Lysin wird, von wenigen Ausnahmen abgesehen, im Futtermittelbereich und hier insbesondere als Additiv für Schweine- und Geflügelfutter verwendet. Lysin ergänzt als essentielle Aminosäure diejenigen Futtermittelrationen die mit Getreide, speziell Mais, und minimalem Pflanzenprotein formuliert sind. Da global Mais der wesentliche Kohlenhydratträger von Futtermitteln ist und Pflanzenproteine in vielen Ländern nur begrenzt verfügbar sind, stieg die Lysinnachfrage und entsprechend die Lysinproduktion von unter 200.000 Tonnen im Jahr 1990 auf über 1,3 Mio. Tonnen im Jahr 2009.

#### Übersicht 8: Entwicklung der globalen Lysinproduktion



Bis Anfang der Jahre 2000 war die Lysinproduktion in Nordamerika, Europa und südostasiatischen Ländern außerhalb Chinas konzentriert. Seit dem Aufstarten von großen Produktionsstätten innerhalb der vergangenen fünf Jahre werden rund 35% der globalen Produktion in China erzeugt

## Übersicht 9: Struktur der globalen Lysinproduktion, 2009



### 2.4.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Auf Grund der Verwendung von Lysin als Futtermitteladditiv, steht die Nachfrage in funktioneller Beziehung zu den hergestellten Mengen an Mischfutter, speziell von Schweine- und Hühnerfutter und diese wiederum in Abhängigkeit vom Eier- und Fleischkonsum. Dieser nahm im Zeitraum 1990 bis 2000 in Europa um über 10% ab. Mit der Erholung der Wirtschaftssysteme in Osteuropa und einem Wiederanstieg der Kaufkraft der jeweiligen Bevölkerung stieg der Fleischkonsum bis zum Jahr 2009 wieder auf rund 80 kg pro Kopf und Jahr. Hiervon entfallen rund 75% auf Schwein und Geflügel. Entsprechend entwickelte sich auch die Nachfrage nach Kraftfutter. Der globale Kraftfutterkonsum steigt seit Jahren um 2-2,5% pro Jahr auf aktuell 720 Mio. Tonnen. Hiervon entfallen auf die EU rund 145 Mio. Tonnen. Dieser Wert ist seit mehr als 5 Jahren relativ konstant, da Zunahmen des Futtermittelverbrauchs für Schweine und Geflügel durch die Abnahme von Rinderfutter kompensiert wurden. In Deutschland schwankt die Mischfutterproduktion seit Jahren um 20 Mio. Tonnen. Bei einem angestrebten Gehalt an Gesamtlysin in Futterrationen von 1-1,5% beträgt der Anteil an zugesetztem Lysin in Europa rund 0,25% oder 350.000 Tonnen. In Deutschland ist dieser Wert mit 0,28% leicht höher. Europa ist mit mehr als 250.000 Tonnen Lysin pro Jahr stark defizitär und da in Deutschland keine Lysinproduktion statt findet, wird der gesamte Bedarf von fast 60.000 Tonnen importiert<sup>18</sup>.

### Übersicht 10: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Lysin, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>19</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	91	350	-259
Deutschland	0	58	-58

<sup>18</sup> Feed Info, Poultry World und Pig World, Beiträge in verschiedenen Ausgaben von 2002 – Oktober 2010

<sup>19</sup> HS basierende Zolltarifnummern von Lysin: 2922410000 und 230990

### 2.4.3 Zukünftige Entwicklung

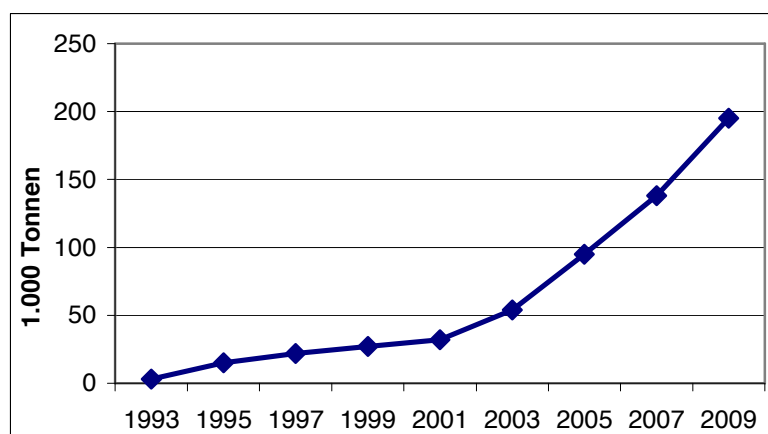
Auch wenn global die Nachfrage nach Fleisch weiterhin mit fast 3% massiv ansteigt, ist mit einem derartigen Nachfrageschub in Europa nicht zu rechnen. Unter Berücksichtigung der zunehmenden Sensibilität der Bevölkerung für die Nachteile eines exzessiven Fleischkonsums, wird eine Stabilisierung des Verbrauchs in allen wesentlichen EU Ländern erwartet. Überschussproduktionen finden zwar nach wie vor statt, werden jedoch auch weiterhin über WTO konforme Regelungen begrenzt bleiben. In der Folge ist auch unter Berücksichtigung limitierter Exportoptionen nicht mit einer massiven Ausweitung der Futtermittelproduktion zu rechnen. Mischfutterkompositionen variieren zwar jährlich in Abhängigkeit der jeweiligen Ernten und der Preiswürdigkeit der Ingredienzien; grundlegende Änderungen sind jedoch innerhalb der kommenden fünf Jahre nicht zu erwarten. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass der aktuelle Verbrauch an Lysin in Europa insgesamt wie auch in Deutschland in den nächsten Jahren um die aktuellen Werte schwankt und keine eindeutigen Steigerungstendenzen sichtbar werden.

## 2.5 Angebots- und Nachfrageentwicklung Threonin

### 2.5.1 Produktionsentwicklung und Struktur

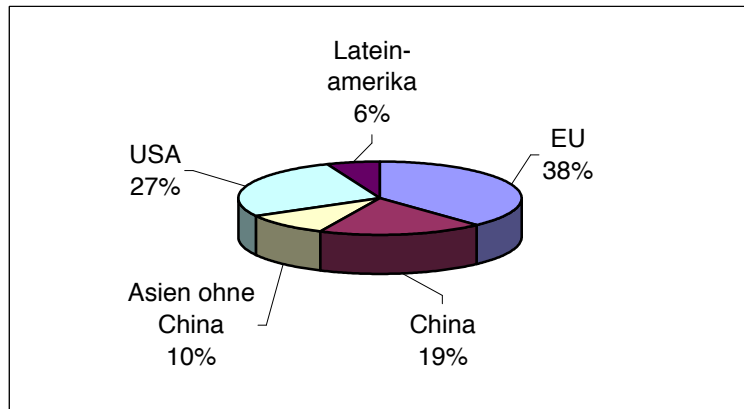
Nach Methionin und Lysin ist L-Threonin die dritte wichtige Aminosäure die Mischfutter zugesetzt wird. Die grundlegende Rationale für die Anwendung von Threonin ist ähnlich wie bei allen anderen: der Ausgleich von eventuellen Threonindefiziten, begründet in den Hauptkomponenten von Mischfutter. Zusätze von Threonin zeigen besonders bei Schweinen und Geflügel signifikante Wirkungen. Threonin wurde 1990 eingeführt und entwickelte sich zu einem globalen Produkt mit ca. 200.000 Tonnen Nachfrage.

#### Übersicht 11: Entwicklung der globalen Threoninproduktion



Da die Herstellungstechnik ähnlich zu derjenigen von Lysin ist, kann Threonin auch in üblichen Lysinproduktionsstätten produziert werden. Entwickelt wurden Threoninverfahren in Europa, so dass immer noch ein wesentlicher Teil der Produktion in Europa stattfindet.

## Übersicht 12: Struktur der globalen Threoninproduktion, 2009



### 2.5.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Ähnlich wie bei Lysin, steht die Nachfrage nach Threonin in funktioneller Abhängigkeit zur Menge hergestelltem Mischfutter für Schweine und Geflügel. Da jedoch Threonin nur dann seine volle Wirkung entfaltet, wenn bereits ein hohes Leistungsniveau noch weiter optimiert werden soll, liegen die Hauptabsatzmärkte in Europa und in den USA. In Deutschland wird kein Threonin produziert; der gesamte Bedarf von knapp 10.000 Tonnen wird importiert.

### Übersicht 13: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Threonin, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>20</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	76	74	2
Deutschland	0	9	-9

### 2.5.3 Zukünftige Entwicklung

Die Nachfrage nach Threonin war in der Vergangenheit eng korreliert mit der Abnahme seines spezifischen Produktpreises und der Annäherung an den Preis von Lysin. Bei diesem wird Threonin in kostenoptimierten Rationen immer dann eingesetzt, wenn Preise von Pflanzenproteinen über bestimmte Niveaus steigen und die Leistungsniveaus von Geflügel oder Schweinen über die bereits in Europa bzw. USA erreichten Effizienzen weiter gesteigert werden sollen. Geht man davon aus, dass in Asien und Lateinamerika Effizienzsteigerungen in der Futtermittelverwendung in Zukunft sehr viel stärker stattfinden als in Europa oder in den USA, so können für diese Regionen höhere Absatzsteigerungen an Threonin erwartet werden. Gleichzeitig gilt, dass Preise für Pflanzenproteine insgesamt steigen werden und dieser Trend nur bedingt durch eine stärkere Breitstellung von Protein als Nebenprodukt der Herstellung von Bio-Ethanol oder Biodiesel abgefangen werden kann. Nachfragesteigerungen für Threonin in Europa oder auch in Deutschland über 2-3% pro Jahr hinaus, werden jedoch nicht gesehen.

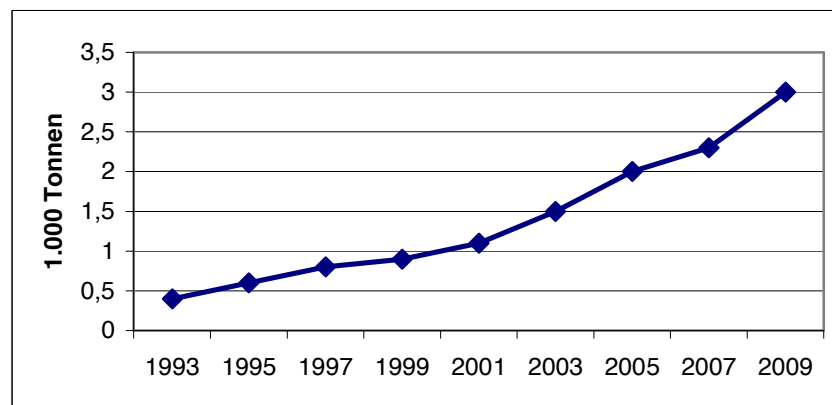
<sup>20</sup> Threonin besitzt keine eigene Zolltarifnummer. Der Handel wird über den HS Code 292250 abgewickelt. Die aufgeführten Daten beruhen auf Schätzungen des Autors

## 2.6 Angebot- und Nachfrageentwicklung Tryptophan

### 2.6.1 Produktionsentwicklung und Struktur

L-Tryptophan ist die vierte, wichtige Aminosäure für Geflügel und Schweine. Die Produktion begann ebenfalls Anfang der 1990er Jahre; allerdings konnten Effizienzsteigerung in der Herstellung bisher nur im geringeren Umfange als bei Threonin erreicht werden. Spezifische Preise liegen immer noch um ein Vielfaches höher als diejenigen von Threonin oder Lysin. In der Folge blieb der Absatz bisher bei unter 3.000 Tonnen.

#### Übersicht 14: Entwicklung der globalen Tryptophanproduktion



Tryptophan ist ein europäisches Produkt und 90% des global verfügbaren Tryptophans wird in Frankreich und in der Slowakei produziert.

### 2.6.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Die Nachfrage des Produkts blieb bis heute ebenfalls europäisch mit mehr als 45%. In Deutschland ist der Einsatz gering; eine direkte Notwendigkeit oder ein deutlich und nachhaltig sichtbarer Effekt des Einsatzes sind nur schwer erkennbar.

#### Übersicht 15: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Tryptophan, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>21</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	2,9	1,6	1,3
Deutschland	0	0,2	-0,2

### 2.6.3 Zukünftige Entwicklung

Im Unterschied zu Lysin, Methionin und Threonin ist noch nicht eindeutig geklärt im welchem Umfange Tryptophan bei welchen Futterkompositionen welche nachhaltigen Effekte und Leistungssteigerungen erzielt. Dies in Kombination mit einem immer noch hohen Preis verhindert bis jetzt die breite Anwendung. Bleibt die Nach-

<sup>21</sup> Tryptophan besitzt keine eigene Zolltarifnummer. Der Handel wird über den HS Code 293399 abgewickelt. Die aufgeführten Daten beruhen auf Schätzungen des Autors

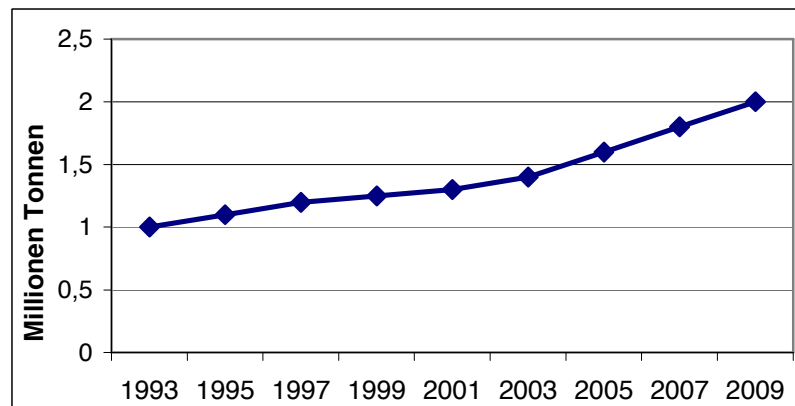
frage gering, so können für Tryptophan entscheidenden Skaleneffekte in der Herstellung nicht erzielt und Preise zur Nachfragestimulation nicht gesenkt werden. Ein Ausweg wäre ein Durchbruch in der Effizienzsteigerung der Tryptophanproduktion. Diese ist jedoch aktuell nicht in Sicht. Eine wesentliche Nachfrage- und somit Produktionssteigerung in Europa oder in Deutschland wird daher in den kommenden Jahren nicht erwartet.

## 2.7 Angebots- und Nachfrageentwicklung Mononatriumglutamat (MNG)

### 2.7.1 Produktionsentwicklung und Struktur

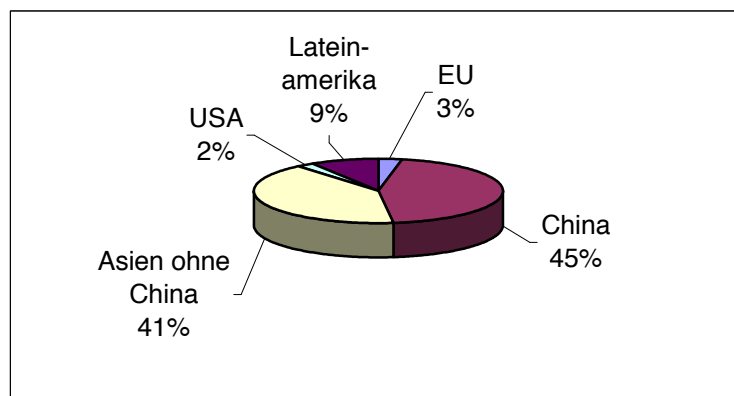
MNG ist der am weitesten verbreitete Geschmacksverstärker für Lebensmittel und diejenige Aminosäure mit der größten Produktion. Glutaminsäure wurde bereits 1908 beschrieben und ein Fermentationsverfahren hierfür in den 1960er Jahren entwickelt. Bis zum Jahr 2009 stieg die globale Produktion auf rund zwei Millionen Tonnen.

#### Übersicht 16: Entwicklung der globalen Mononatriumglutamatproduktion



MNG ist ein asiatisches Produkt und über 90% der globalen Produktion findet in China oder anderen Ländern Südostasiens statt. Produktionen in Europa oder Nordamerika sind gering und werden fast ausschließlich von asiatischen Firmen betrieben.

#### Übersicht 17: Struktur der globalen MNG Produktion, 2009



## 2.7.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Entsprechend der Produktionsgeographie liegt der Hauptkonsum von MNG in asiatischen Ländern; derjenige in der EU oder in Nordamerika ist traditionell gering, steigt jedoch nach einer Stagnationsphase seit kurzem wieder an. In der EU werden ca. 60.000 Tonnen produziert. Der Verbrauch in Deutschland liegt bei rund 6.000 Tonnen. Diese Menge wird vollständig importiert.

### Übersicht 18: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit MNG, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>22</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	60	54	+6
Deutschland	0	6	-6

## 2.7.3 Zukünftige Entwicklung

MNG verzeichnet seit vielen Jahren ein globales Nachfragewachstum von 3-5% pro Jahr. Diese Nachfragesteigerung stammt fast ausschließlich aus asiatischen Ländern. Hersteller betrachten Europa oder Nordamerika zwar immer noch als Regionen mit geringem Entwicklungspotential, da in beiden die öffentliche Diskussion von eventuellen gesundheitlichen Nachteilen eines exzessiven MNG Konsums geprägt ist. Trotz der Ausweitung und stärkeren Marktdurchdringung von Hefehydrolysaten als Alternative zu MNG, steigt dessen Nachfrage in Europa und in Deutschland wieder. Es ist durchaus denkbar, dass sich dieser Trend in Zukunft fortsetzt.

## 2.8 Angebots- und Nachfrageentwicklung I-Cystein

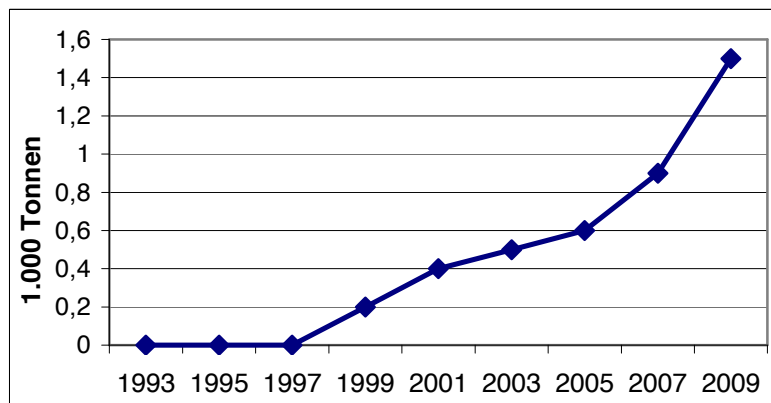
### 2.8.1 Produktionsentwicklung und Struktur

I-Cystein ist eine nicht essentielle, schwefelhaltige Aminosäure, deren I-Form Bestandteil jedes Proteins ist. Bis zum Jahr 2000 wurde I-Cystein ausschließlich aus Haaren extrahiert. Seit 2001 ist ein Fermentationsprozess in der Slowakei installiert, welcher ein hochreines I-Cystein produziert. Die aktuelle Gesamtproduktion von I-Cystein wird auf über 6.000 Tonnen geschätzt, wovon 1.500 Tonnen fermentativ erzeugt werden.

<sup>22</sup> HS basierende Zolltarifnummern von MNG: 2918160000



## Übersicht 19: Entwicklung der globalen L-Cysteinproduktion aus Fermentation



Nach wie vor gibt es nur eine einzige Produktionsstätte für die fermentative Herstellung von L-Cystein. Versuche chinesischer Hersteller ebenfalls Fermentationen zu starten, schlugen bisher fehl; Ansätze japanischer Produzenten haben noch nicht kommerzielle Reife erreicht.

### 2.8.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

L-Cystein wird kommerziell seit vielen Jahrzehnten gehandelt und als Additiv in Mehlen zur Verbesserung der Teigbildung, eingesetzt, in der Kosmetik als Substitut für Thioglycol in der Anfertigung von Dauerwellen genutzt und in der Herstellung von Tiernahrung verwendet. Ein Hauptmarkt entwickelte sich jedoch in der Pharmazie mit der Herstellung von N-Acetyl-Cystein.

### Übersicht 20: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit fermentativ erzeugtem L-Cystein, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>23</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	1,5	0,8	0,7
Deutschland	0	0,2	-0,2

### 2.8.3 Zukünftige Entwicklung

Der Markt für L-Cystein wird im Wesentlichen durch zwei Entwicklungen bestimmt: der weiteren Mechanisierung des Bäckereigewerbes und damit der zunehmenden Anforderungen an die Maschinengängigkeit von Teigen, die unter anderem durch den Zusatz von L-Cystein erfüllt werden kann, sowie die stark steigende Nachfrage nach Pharmazeutika die L-Cystein enthalten. Grundsätzlich kann L-Cystein aus Haaren extrahiert werden. Dieses Verfahren deckt immer noch den Großteil des Bedarfs. Die Perfektionierung des Fermentationsprozesses, die damit verbundene Kostendegression, die höhere Reinheit des fermentativ hergestellten Produkts und die Limitierung der Verfügbarkeit von Haaren legen nahe, dass fermentativ erzeugtes L-Cystein zukünftig den wesentlichen Teil der globalen Nachfrage befriedigen wird.

<sup>23</sup>L-Cystein besitzt keine eigene Zolltarifnummer. Die aufgeführten Daten beruhen auf Schätzungen des Autors. Die fermentative Herstellung von L-Cystein erfolgt in einer einzigen Anlage in der Slowakei. Die nationale Handelsstatistik der Slowakei weist das Produkt L-Cystein separat aus.

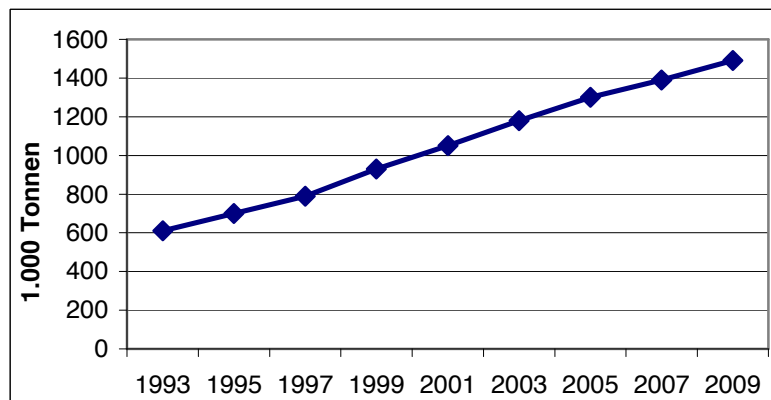
Zweistellige jährliche Zuwachsraten für das fermentativ hergestellte l-Cystein über die kommenden Jahre werden als realistisch angesehen.

## 2.9 Angebots- und Nachfrageentwicklung Zitronensäure

### 2.9.1 Produktionsentwicklung und Struktur

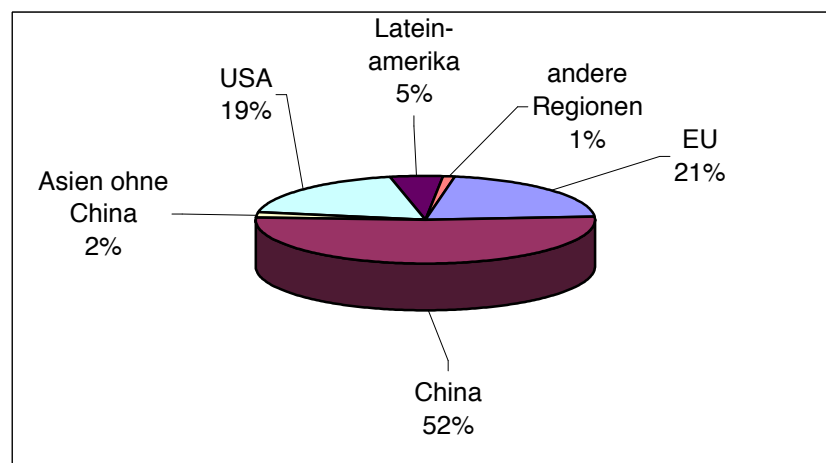
Ähnlich wie MNG wächst die Produktion und Nachfrage nach Zitronensäure seit vielen Jahren auf hohem Niveau. In den 1970er Jahren großtechnisch eingeführt, erreichte Zitronensäure in 2009 ein Marktvolumen von über 1,5 Mio. Tonnen.

#### Übersicht 21: Entwicklung der globalen Zitronensäureproduktion



Bis Anfang der 1990er Jahre war der Schwerpunkt der globalen Zitronensäureproduktion in Europa und in Nordamerika. Zitronensäure ist eines derjenigen Fermentationsprodukte für die eine globale Verlagerung innerhalb der vergangenen 20 Jahren nach China in einem strategisch entscheidenden Ausmaß stattgefunden hat.

#### Übersicht 22: Struktur der globalen Zitronensäureproduktion, 2009



### 2.9.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Die Anwendungen von Zitronensäure sind vielfältig und reichen von Lebensmitteln und Pharmazeutika über Hygieneprodukte und Waschmittel bis zu Futtermitteln und

Metallurgie. Global werden die Märkte über den Einsatz von Zitronensäure als Säuerungs- und Stabilisierungsmittel in Getränken getrieben. In Europa kommt der Einsatz in Wasch- und Reinigungsmittel hinzu. Der aktuelle Verbrauch von Zitronensäure in Europa liegt bei über 530.000 Tonnen. Bei einer lokalen Produktion von rund 300.000 Tonnen besteht ein Importbedarf von über 200.000 Tonnen und von knapp 70.000 Tonnen nach Deutschland.

**Übersicht 23: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Zitronensäure, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>24</sup>**

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	305	530	-225
Deutschland	0	68	-68

### 2.9.3 Zukünftige Entwicklung

Auf Grund der Versatilität von Zitronensäure und deren Salze ist die Marktdurchdringung für dieses Produkt auch in Märkten in denen der Absatz von Getränken nicht mehr wesentlich steigt, noch nicht beendet. Die Zitronensäurenachfrage in Nordamerika und auch in Westeuropa steigt weiterhin mit mindestens 2-3% pro Jahr und in Ländern Osteuropas mit deutlich über 5%. Gerade in Westeuropa wird die Nachfrage nicht nur über Lebensmittelanwendungen sondern auch über technische Anwendungen getrieben. Zitronensäure substituiert Phosphate in Waschmitteln und als Ester herkömmliche Weichmacher in Plastikmaterialien. Unter Berücksichtigung dass viele Länder Osteuropas immer noch einen deutlich niedrigeren Zitronensäure Pro-Kopf-Verbrauch als z.B. Deutschland oder Frankreich aufweisen, ist es daher nicht ausgeschlossen, dass die Nachfrage innerhalb der EU nachhaltig um jährlich bis zu 5% wächst.

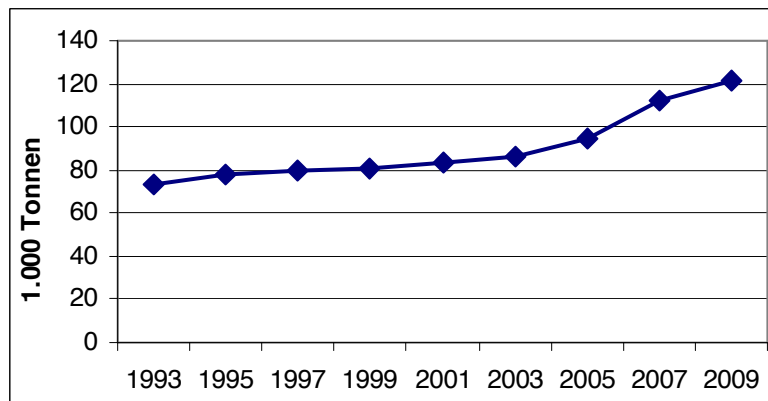
## 2.10 Angebots- und Nachfrageentwicklung Glukonsäure

### 2.10.1 Produktionsentwicklung und Struktur

Glukonsäure wurde ursprünglich als Säuerungsadditiv für die Lebensmittelindustrie in den 1970er Jahren entwickelt. Wesentliche Applikationen erstrecken sich aktuell auf die Herstellung von Gluco-Delta-Lacton, das als Synthesekäse Verwendung findet, oder auch in Milch-, Wurst- und Sojaerzeugnissen zur Säureregulierung eingesetzt wird. Eine weitere Großanwendung von Natriumglukonat ist dessen Zusatz zu speziellen Baustoffen wie z.B. Gipsplatten. Die globale Produktion von Glukonsäure und Glukonaten stieg von rund 70.000 Tonnen im Jahr 1990 auf über 120.000 Tonnen im Jahr 2009.

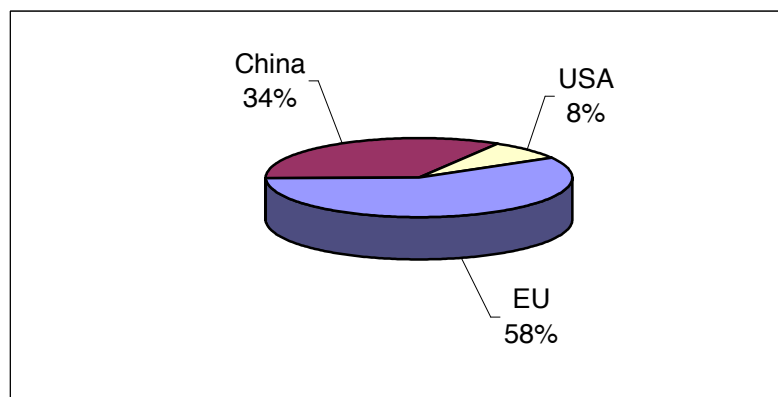
<sup>24</sup> HS basierende Zolltarifnummern von Zitronensäure und deren Salze: 2918140000 und 2918150000; die in der Übersicht dargestellten Werte umfassen Zitronensäure und deren Salze in jeder Form, konvertiert auf Zitronensäure.

## Übersicht 24: Entwicklung der globalen Glukonsäureproduktion



Ursprünglich war Glukonsäure eines derjenigen Fermentationsprodukte welches ausschließlich in Europa hergestellt wurde<sup>25</sup>. Aktuell werden rund 35% in China produziert.

## Übersicht 25: Struktur der globalen Glukonsäureproduktion, 2009



### 2.10.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Auf Grund der generellen Verwendungsstruktur von Glukonsäure liegen die Hauptmärkte in Europa und in den USA. In beiden Regionen wird Glukonsäure in Form von Gluco-Delta-Lacton zur Herstellung von Synthesekäse und als Additiv für Fleisch- und Milchprodukten verwendet. In Deutschland wird keine Glukonsäure produziert; der gesamte Verbrauch von rund 6.000 Tonnen wird importiert.

<sup>25</sup> Die industrielle Herstellung von Glukonsäure beruht nach wie vor ausschließlich auf der fermentativen Umsetzung von Kohlenhydraten. Südzucker hat, unter anderem im Rahmen vom BMELV geförderten und durch die FNR koordinierten Projekten, katalytische Verfahren zur Konversion von Glukose in Glukonsäure entwickelt, die aktuell pilotiert werden.

**Übersicht 26: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Glukonsäure, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>26</sup>**

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	69	62	+7
Deutschland	0	6	-6

**2.10.3 Zukünftige Entwicklung**

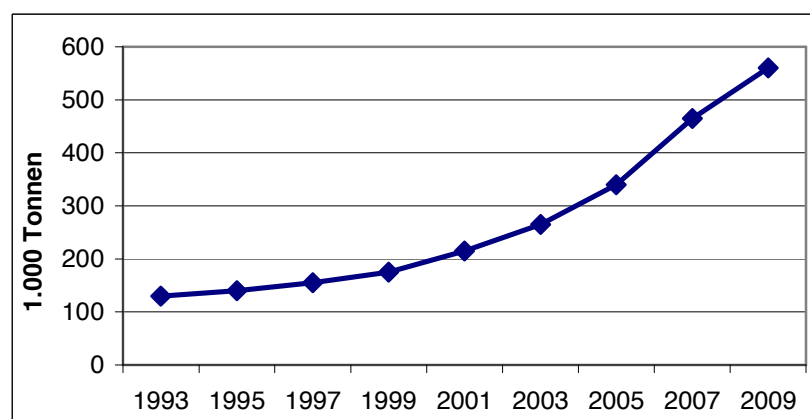
Über viele Jahre wuchs die Nachfrage nach Glukonsäure nur moderat mit 2-3% pro Jahr. Ab dem Jahr 2003 jedoch und mit der Weiterverbreitung der industriellen Herstellung von (Tief-) Kühlkost erzielte Glukonsäure ein sehr viel höheres jährliches Wachstum von bis zu 8%. Berücksichtigt man, dass in Osteuropa die Marktsättigung mit Produkten denen Gluco-Delta-Lacton zugesetzt werden kann, noch nicht erreicht ist, so kann davon ausgegangen werden, dass die Anwendung von Glukonsäure im Lebensmittelbereich weiter steigt. Steigerungsraten werden auch für die Bauindustrie erwartet, da Leichtbauweisen, wie sie über die Verwendung von Gipsplatten möglich sind, zeit- und kostensparendes Bauen erst ermöglichen. Ein Konsum von rund 90.000 Tonnen auf EU-Ebene und von 8.000 Tonnen in Deutschland bis zum Jahr 2015 erscheint denkbar.

**2.11 Angebot- und Nachfrageentwicklung Milchsäure**

**2.11.1 Produktionsentwicklung und Struktur**

Ähnlich wie Glukonsäure entwickelte sich der Markt für Milchsäure erst nach dem Jahr 2000. Ursprünglich fast ausschließlich als mildes Säuerungsmittel für die Lebensmittelindustrie eingesetzt, fand Milchsäure dann auch Anwendungen in der Formulierung von Pharmazeutika, in der Metallurgie und in der Pestizidherstellung. Seit einigen Jahren ist Milchsäure auch der Grundstoff für die Herstellung von polymerisierter Milchsäure, dem Baustein für Bio-Plastik (PLA). Lag die Produktion von Milchsäure in 1990 noch bei rund 125.000 Tonnen, so stieg diese bis 2009 auf über 500.000 Tonnen an.

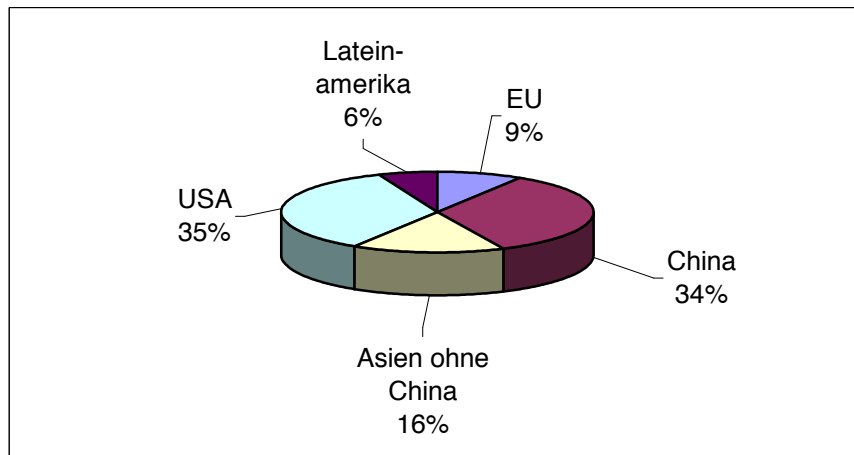
**Übersicht 27: Entwicklung der globalen Milchsäureproduktion**



<sup>26</sup> HS basierende Zolltarifnummern von Glukonsäure: 2918160000

Die Produktion von Milchsäure ist nicht in den Hauptkonsumregionen konzentriert. Schwerpunkte der Produktion sind, nach Anlagenschließungen in Holland und Spanien, die USA, Brasilien, China und Thailand.

### Übersicht 28: Struktur der globalen Milchsäureproduktion, 2009



### 2.11.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Der aktuelle Bedarf an Milchsäure ist durch den Konsum in Nordamerika und Asien bestimmt. Europa verbraucht aktuell 70.000 Tonnen pro Jahr, wovon knapp 25.000 Tonnen importiert werden. In Deutschland wird eine relativ kleine Menge Milchsäure durch die BASF erzeugt, die diese intern als Zwischenprodukt verwendet. Insgesamt liegt der Nettoimportbedarf Deutschlands bei rund 8.000 Tonnen.

### Übersicht 29: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Milchsäure, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>27</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	46	70	-24
Deutschland	5	13	-8

### 2.11.3 Zukünftige Entwicklung

Die globale Nachfrage nach Milchsäure in den etablierten Anwendungen wird auch weiterhin zunehmen, da ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften für viele lebensmitteltechnische Prozesse vorteilhaft sind. Milchsäure als Grundstoff für die Polymerisierung und somit als wesentliches Element der Herstellung von Bio-Plastik wird nur dann weitere Verbreitung finden, wenn es gelingt, die aktuellen physikalisch-technischen und ökonomischen Probleme der fermentativen Milchsäureproduktion und -polymerisierung zu überwinden. Planungen für Polymerisierungsanlagen bestehen für eine Vielzahl von Standorten unter anderem auch für Deutschland. Werden diese realisiert, wird der Bedarf an Milchsäure stark ansteigen. Aus betriebswirtschaftlichen Gründen müssen Polymerisierungswerke eine Mindestkapazität von 60-80.000 Tonnen haben. Dies zieht einen Bedarf an Milchsäure von

<sup>27</sup> HS basierende Zolltarifnummern von Milchsäure: 2918110000

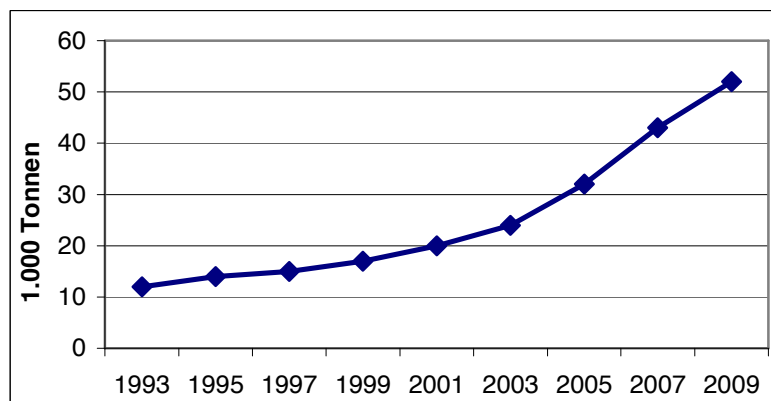
ca. 100 – 120.000 Tonnen nach sich. Die Realisierung einer einzigen PLA-Anlage würde somit die aktuelle regionale und auch globale Struktur des Milchsäuremarkts komplett ändern. Ohne Polymeranwendung ist in Europa und in Deutschland von einem organischen Wachstum von 3-5% pro Jahr auszugehen<sup>28</sup>.

## 2.12 Angebots- und Nachfrageentwicklung Itakonsäure

### 2.12.1 Produktionsentwicklung und Struktur

Itakonsäure ist ein Produkt das ausschließlich technischen Anwendungen vorbehalten ist. Durch seine chemische Struktur eignet es sich zur Polymerisierung und wird in Akrylaten, Synthesekautschuk, Fiberglas und Farben verwendet. Fermentation-basierende Produktionssysteme für Itakonsäure gibt es seit den 1980er Jahren; bis Anfang der 1990er Jahre konnte sich das Produkt auf Grund hoher Preise nur langsam durchsetzen. Seit dem Jahr 2000 wächst der Markt robust mit 8-10% pro Jahr. In 2009 überstieg die globale Produktion 50.000 Tonnen. Allerdings gibt es Hinweise, dass die Vermarktung von Itakonsäure in 2010 auf Grund gestiegener Rohstoffpreise wieder erheblich schleppender geworden ist und in einzelnen Anlagen, mindestens temporär, die Produktion ausgesetzt wurde<sup>29</sup>.

#### Übersicht 30: Entwicklung der globalen Itakonsäureproduktion

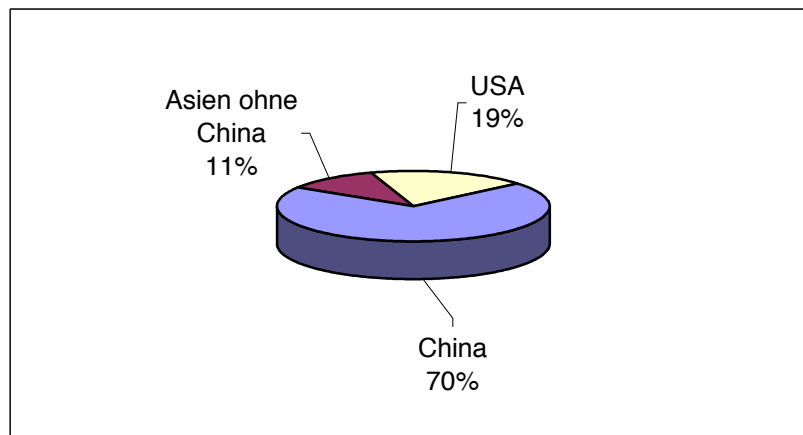


Itakonsäure war immer ein asiatisches Produkt, und wird speziell in China Synthesekautschuk als Additiv zugesetzt, sofern dieser für spezielle Anwendungen (z.B. Gummihandschuhe) eingesetzt wird. In der Folge entstand außerhalb Asiens lediglich eine Produktionsstätte.

<sup>28</sup> Die biobasierende Herstellung von Akrylsäure und 3-Hydroxypropionsäure, beides Produkte für die Polymerisierung, kann ebenfalls über Milchsäure erfolgen. Hierzu gibt es einige wissenschaftliche Ansätze; mit einer technischen Reife der Verfahren und somit mit dem Bau von Großtechnischen Anlagen wird innerhalb der kommenden fünf Jahre nicht gerechnet. Ansätze eine PLA Anlage in Deutschland zu errichten, werden seit Jahren verfolgt. Die Firma Uhde Biotechnology errichtete aktuell am Standort Guben eine Pilotanlage.

<sup>29</sup> DSM, Ajinomoto und ADM: persönliche Mitteilung Oktober 2010

## Übersicht 31: Struktur der globalen Itakonsäureproduktion, 2009



### 2.12.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland<sup>30</sup>

Die Nutzung von Itakonsäure in der Kunststoffchemie stieg in Europa bis 2009 an, da die Wettbewerbsfähigkeit des Produkts auf Grund einer Verbesserung seiner physikalisch-technischen Eigenschaften gesteigert werden konnte. Insgesamt betrug die Nachfrage in der EU in 2009 knapp 15.000 Tonnen, wovon ca. 2.000 Tonnen auf Deutschland entfielen. Diese Mengen wurden vollständig importiert.

#### Übersicht 32: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Itakonsäure, 2009 (1.000 Tonnen)

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	0	15	-15
Deutschland	0	2	-2

### 2.12.3 Zukünftige Entwicklung

Technische Fortschritte in der Herstellung von Itakonsäure wurden lange Zeit unterschätzt und die Senkung des Preises von fast € 10/kg in 1995 auf unter € 2/kg bis zum Jahr 2008 für unmöglich gehalten. Gerade die Effizienzverbesserung der Produktionssysteme in Verbindung mit einer Qualitätssteigerung ermöglichte dann die Marktentwicklung. Es wurde noch bis 2009 erwartet, dass auch in den kommenden Jahren die global Nachfrage um jährlich rund 10% steigt. Für die EU und für Deutschland wurden besonders Anwendungen in Akrylfarben und ähnlichen Applikationen gesehen. Durch die massive Steigerung der Rohstoffpreise in 2010 wurde die Vermarktungssituation für Itakonsäure erheblich schwieriger. Eine obligatorische Nutzung des Produkts ist in praktisch keiner Anwendung notwendig da Alternativen vorhanden sind. Es ist nicht absehbar wie und ob sich die Nachfrage nach Itakonsäure wieder erholt.

<sup>30</sup> Für Itakonsäure gibt es keine eigene Zolltarifnummer. Angaben beruhen auf persönliche Mitteilungen von DSM, Akzo und Lanxess

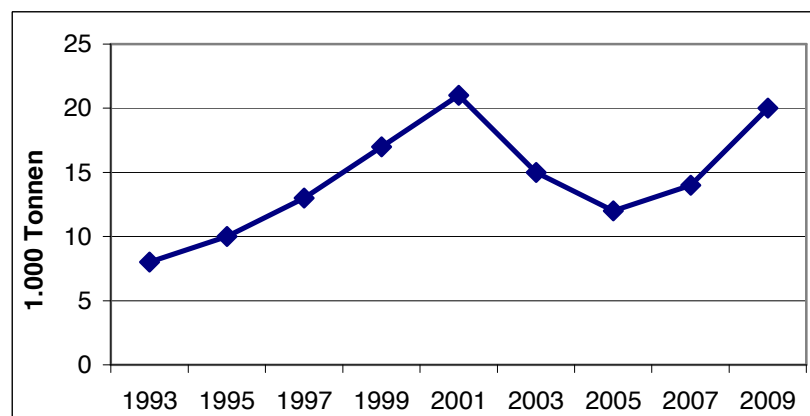


## 2.13 Angebots- und Nachfrageentwicklung Isoaskorbinsäure

### 2.13.1 Produktionsentwicklung und Struktur

Isoaskorbinsäure ist das Stereoisomer zur Ascorbinsäure und somit zum Vitamin C. Isoaskorbinsäure weist allerdings keine Vitaminwirkung, sondern lediglich starke antioxidative Wirkung auf. Isoaskorbinsäure wurde als kostengünstige Alternative zu Vitamin C für den Einsatz als Antioxidationsmittel im Lebensmittel- und im Technikbereich entwickelt. Das Herstellungsverfahren unterscheidet sich von demjenigen der Ascorbinsäure und beruht auf einem einphasigen Fermentationsprozess. In den 1990er Jahren und zu Zeiten der Hochpreispolitik für Vitamin C wurde die Produktion von Isoaskorbinsäure kontinuierlich ausgebaut und erreichte im Jahr 2000 einen temporären Höhepunkt. Mit dem Einbrechen der Vitamin C Preise nahm die Nachfrage nach dem Stereoisomer ab, und die Produktion wurde entsprechend zurückgefahren. Erst nach 2005, und wieder im Zuge von Preissteigerungen von Vitamin C nahm die Nachfrage nach Isoaskorbinsäure zu und die Produktion stieg bis 2009 auf fast das gleiche Niveau wie im Jahr 2000. Aktuell werden global rund 20.000 Tonnen produziert.

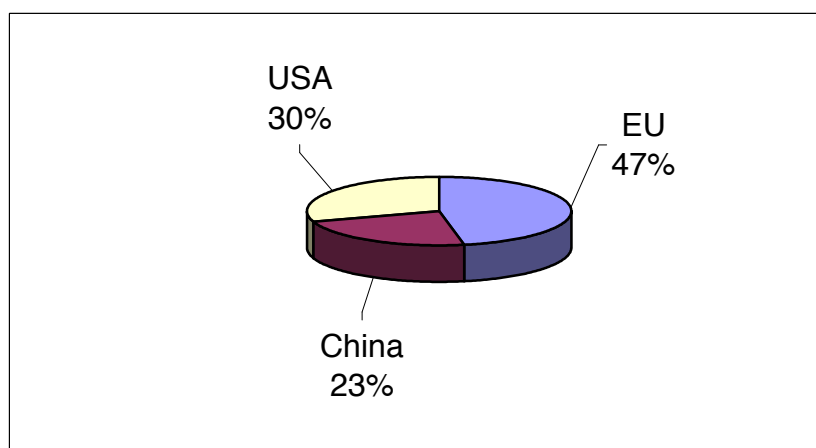
#### Übersicht 33: Entwicklung der globalen Isoaskorbinsäureproduktion



Isoaskorbinsäureverfahren wurden zuerst in den USA und in Europa entwickelt und installiert. Chinesische Hersteller dominieren bis heute den globalen Isoaskorbinsäuremarkt nicht<sup>31</sup>.

<sup>31</sup> Roquette: persönliche Mitteilung Oktober 2010

## Übersicht 34: Struktur der globalen Isoaskorbinsäureproduktion, 2009



### 2.13.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Da die Hauptapplikationen von Isoaskorbinsäure in der Stabilisierung von Wurstwaren, speziellen Schinkenprodukten und ähnlichem liegt, und diese Produkte vorzugsweise in Europa und den USA hergestellt und konsumiert werden, liegen die Hauptmärkte für Isoaskorbinsäure ebenfalls in diesen Regionen. Industrielle Anwendungen umfassen die Stabilisierung von Papierpulpfen, den Oxidationsschutz von Kosmetikkompositionen und Ähnlichem<sup>32</sup>. In Deutschland erfolgt keine Produktion und somit wird der Bedarf vollständig über Importe gedeckt.

### Übersicht 35: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Isoaskorbinsäure, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>33</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	10	15	-5
Deutschland	0	2	-2

### 2.13.3 Zukünftige Entwicklung

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass der Markt für starke Antioxidantien deren Funktionsweise ausführlich dokumentiert ist, auch weiterhin steigen wird. Dies trifft auch auf Ascorbinsäure und sein Stereoisomer zu. Die einfache Austauschbarkeit beider reduziert allerdings die Zuverlässigkeit der Marktentwicklung von Isoaskorbinsäure erheblich und die Preisentwicklung von Vitamin C wird weiterhin die Marktexpansion von Isoaskorbinsäure bestimmen. Aktuell wird Vitamin C um €5/kg gehandelt, nach einem Hoch von fast €15/kg in 2007. Der aktuelle Vitamin C Preis wird als untere Substitutionsgrenze gesehen; fällt dieser weiter, wird Isoaskorbinsäure verstärkt durch Vitamin C ersetzt und umgekehrt. Da allerdings angenommen wird, dass Vitamin C Preise in der Tendenz eher steigen werden, kann eine

<sup>32</sup> März U. 2002: Word Markets for Citric, Ascorbic and Isoascorbic Acids; Highlighting Antioxidants in Food. Report GA-115, Business Communications Company Inc.

<sup>33</sup> Eine spezieller HS Code für Isoaskorbinsäure wurde bisher nicht vergeben. Üblicherweise wird das Produkt unter der HS Nr. 2932290090 erfasst. Die dargestellte Information basiert auf der Auswertung der unter dieser Nummer zusammengefassten Handelsströme sowie Informationen von Roquette, DSM und Fuso.

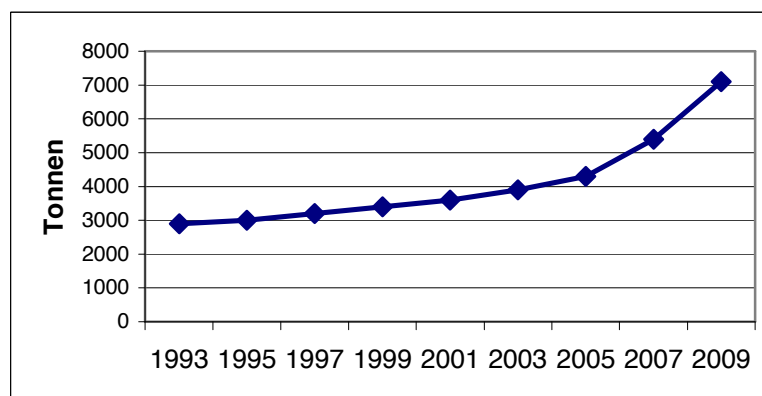
leichte Nachfragestabilisierung für Isoaskorbinsäure angenommen werden. Eine massive und robuste Marktentwicklung ist jedoch, auf Grund der Nachfragehistorie nur schwer vorstellbar.

## 2.14 Angebots- und Nachfrageentwicklung Riboflavin

### 2.14.1 Produktionsentwicklung und Struktur

Riboflavin, Vitamin B<sub>2</sub> ist eines von zwei Vitaminen, die vollständig über Fermentation erzeugt werden. Bis in die 1990er Jahre wurde das Produkt ausschließlich über chemische Synthese erzeugt; durch die Entwicklung eines wettbewerbsfähigen fermentativen Herstellungsprozesses änderte sich bis Anfang der Jahre 2000 die Produktionsweise komplett, und Syntheseverfahren sind nicht mehr in Betrieb. Riboflavin wird als Additiv in der Futtermittelindustrie und als Lebensmittel-supplement verwendet. Riboflavin ist auch zur Lebensmittelfärbung zugelassen und wird als rot/gelber Farbstoff z.B. zur Färbung von Milchprodukten und von Backwaren verwendet. Die globale Produktion stieg seit Anfang der 1980er Jahre von weniger als 2.000 Tonnen auf aktuell 7.000 Tonnen. Eine massive Marktentwicklung setzte jedoch erst nach dem Jahr 2000 mit der drastischen Reduktion von Verkaufspreisen und dem parallelem Aufstarten einer industriellen Futtermittelindustrie in Asien, resp. China ein.

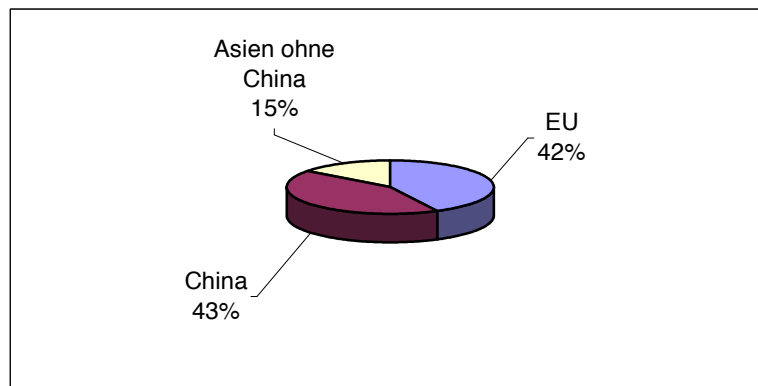
#### Übersicht 36: Entwicklung der globalen Riboflavinproduktion



Fermentationsverfahren für Riboflavin wurden in Deutschland und der Schweiz entwickelt<sup>34</sup>. Speziell in China wurden Anfang der Jahre 2000 massive Überkapazitäten, in der Erwartung einer noch höheren Nachfrage, als tatsächlich realisiert, erstellt. Diese wurden bis Ende der Jahre 2000 weitgehend abgebaut. Aktuell beträgt der Anteil der europäischen an der internationalen Riboflavinproduktion rund 42%.

<sup>34</sup> BASF und F. Hoffmann-La Roche

## Übersicht 37: Struktur der globalen Riboflavinproduktion, 2009



### 2.14.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Auch wenn im Einzelfall der Einsatz von Riboflavin im Lebensmittel- und ggf. auch im Kosmetikbereich wichtig ist, so wird die Marktentwicklung durch die Nutzung von Vitamin B<sub>2</sub> als Futtermitteladditiv bestimmt. Die Futtermittelnachfrage ist zwar in Europa hoch; wesentliche Steigerungsraten werden jedoch in Asien erzeugt. In der Folge ist die Nachfrageentwicklung nach Riboflavin seit Jahren durch die Expansion der asiatischen Futtermittelindustrie bestimmt. Europa und Deutschland sind Nettoexporteure von Riboflavin.

### Übersicht 38: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Riboflavin 2009 (1.000 Tonnen)<sup>35</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	3,0	2,0	1,0
Deutschland	3,0	0,7	2,3

### 2.14.3 Zukünftige Entwicklung

Der Preisverfall von Vitamin B<sub>2</sub> in den Jahren 2000 war so massiv, dass seit dieser Zeit das Produkt keinen wesentlichen Kostenfaktor mehr in Futtermittelmischungen darstellt; es wurde zum Standardadditiv für Geflügel- und Schweine-, teilweise auch für Rinder- und Kälberfutter. Da nicht erwartet wird, dass die Marktpreise für Riboflavin im Verhältnis zu anderen Futtermitteladditiven und Komponenten überproportional steigen werden, kann davon ausgegangen werden, dass die Nachfrage entsprechend der Ausdehnung der Futtermittelmärkte wachsen wird. Nachfragersteigerungen nach Riboflavin können global mehr als 5% pro Jahr übersteigen; in Europa und in Deutschland werden diese jedoch mit maximal 2-3% pro Jahr deutlich niedriger bleiben.

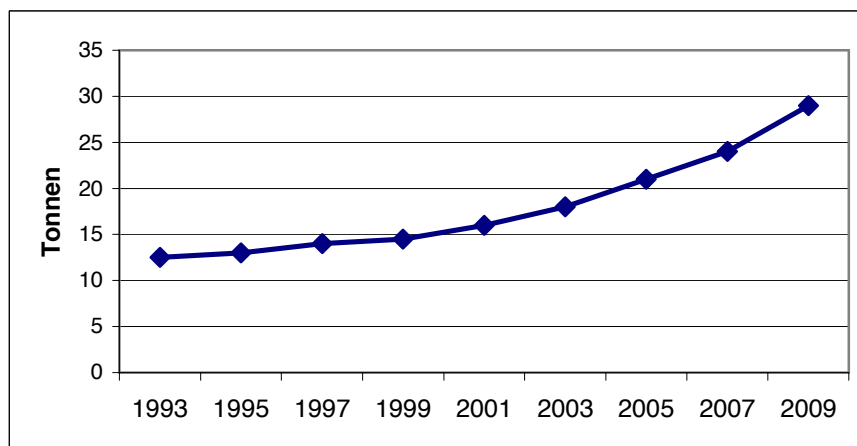
<sup>35</sup> HS Code: 293623

## 2.15 Angebots- und Nachfrageentwicklung Cyanocobalamin

### 2.15.1 Produktionsentwicklung und Struktur

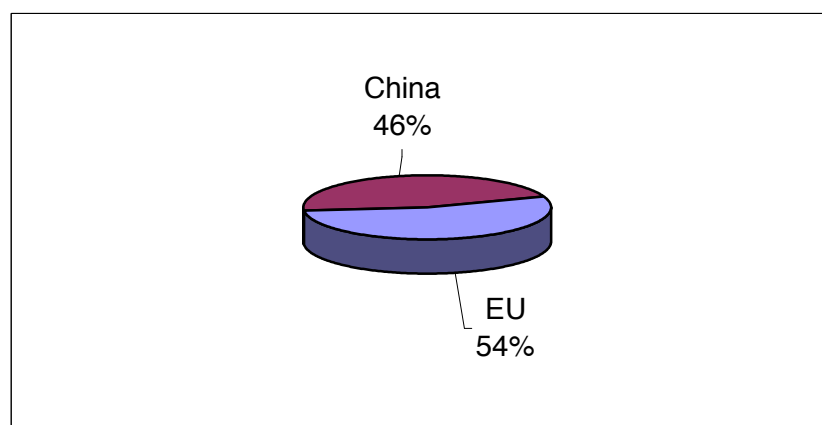
Cyanocobalamin, Vitamin B<sub>12</sub> ist das zweite Vitamin, das vollständig über Fermentation erzeugt wird. Für Vitamin B<sub>12</sub> gab es nie einen alternativen chemisch-synthetischen Herstellungsweg. So wie auch Riboflavin wird Vitamin B<sub>12</sub> als Additiv in der Futtermittelindustrie und als Lebensmittelsupplement verwendet. Die globale Produktion stieg seit Anfang der 1980iger Jahre von weniger als einer Tonne auf aktuell 30 Tonnen kristalliner Ware. Eine deutliche Marktentwicklung setzte jedoch erst nach dem Jahr 2000 mit einer drastischen Reduktion von Verkaufspreisen und dem parallelem Aufstarten der industriellen Futtermittelindustrie in Asien, resp. China ein.

#### Übersicht 39: Entwicklung der globalen Cyanocobalaminproduktion



Vitamin B<sub>12</sub> wurde bis zu Anfang der Jahre 2000 fast ausschließlich in Frankreich produziert<sup>36</sup>, mit Kleinproduktionen in Ländern der ehemaligen UdSSR. Nach dem Jahr 2000 begann die Fermentation in China. Versuche, die Vitamin B<sub>12</sub> Produktion in einigen Nachfolgeländern der UdSSR wieder zu aktivieren, waren bisher nicht erfolgreich. Aktuell befindet sich noch mehr als 50% der globalen Produktion in der EU.

#### Übersicht 40: Struktur der globalen Cyanocobalaminproduktion, 2009



<sup>36</sup> Rhone-Poulenc

## 2.15.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Auch wenn im Einzelfall der Einsatz von Vitamin B<sub>12</sub> im Lebensmittel- und ggf. auch im Kosmetikbereich wichtig sind, so war und ist die Marktentwicklung durch die Nutzung von Vitamin B<sub>12</sub> als Futtermitteladditiv bestimmt. Die Futtermittelnachfrage ist zwar hoch in Europa; die globalen Steigerungsraten werden jedoch in Asien erzielt. In der Folge ist die Nachfrage nach Vitamin B<sub>12</sub> seit Jahren in der Expansion der asiatischen Futtermittelindustrie begründet. Europa ist Nettoexporteur von Vitamin B<sub>12</sub>; Deutschland importiert seinen Bedarf vollständig.

### Übersicht 41: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Cyanocobalamin 2009 (Tonnen)<sup>37</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	15	4	11
Deutschland	0	1,5	-1,5

## 2.15.3 Zukünftige Entwicklung

Der Preisverfall von Vitamin B<sub>12</sub> in den Jahren 2000 war so massiv, dass das Produkt keinen wesentlichen Kostenfaktor mehr in Futtermittelmischungen darstellt; es wurde zum Standardadditiv für Geflügel- und Schweine-, teilweise auch für Rinder- und Kälberfutter, ähnlich wie Riboflavin. Da nicht erwartet wird, dass Marktpreise für Vitamin B<sub>12</sub> überproportional zu anderen Additiven steigen werden, kann von einer Nachfrageentwicklung parallel zur Expansion der Futtermittelproduktion ausgegangen werden. Diese liegt in Europa und in Deutschland im unteren einstelligen Bereich.

## 2.16 Angebots- und Nachfrageentwicklung Vitamin C

### 2.16.1 Produktionsentwicklung und Struktur

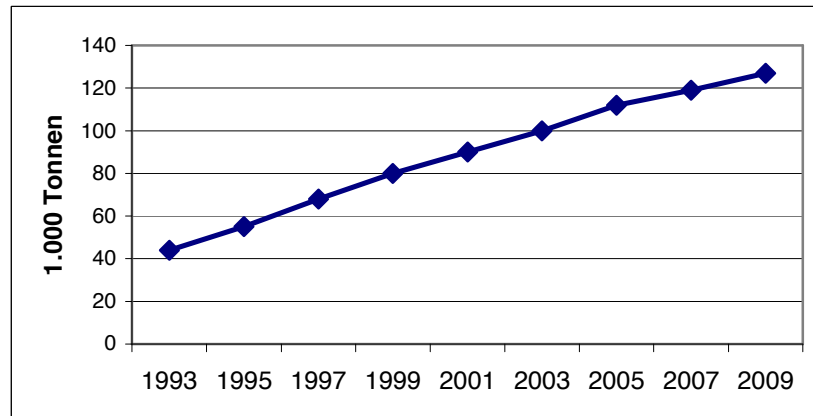
Vitamin C wird standardmäßig nicht voll fermentativ hergestellt. Kommerziell genutzte Prozesse umfassen bis zu vier chemische Konversionsschritte. Das fermentativ hergestellte Zwischenprodukt, das in fast allen Prozessen verwendet wird ist die Ketogulonsäure (KGA)<sup>38</sup>. Ursprünglich wurde Vitamin C ausschließlich als pharmazeutisches Präparat verwendet. Auf Grund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften entwickelten sich jedoch große Märkte als Stabilisator, Säuerungs- und Pufferungsmittel sowie als Antioxidant in Lebens- und Futtermitteln. Salmonide Fische (Lachs und Forellen) sind auf eine externe Zufuhr von Vitamin C für optimales Wachstum angewiesen und somit entstand in direkter Korrelation zur Entwicklung der Aquakultur für diese Fischarten eine massive Nachfrage nach Vitamin C für diese Anwendungen<sup>39</sup>. Die globale Produktion stieg von rd. 30.000 Tonnen in den 1980er Jahren auf knapp 130.000 Tonnen in 2009.

<sup>37</sup> HS Code: 293626

<sup>38</sup> Verfahrensbeschreibungen und –vergleiche finden sich in: März U. 2002: Word Markets for Citric, Ascorbic and Isoascorbic Acids; Highlighting Antioxidants in Food. Report GA-115, Business Communications Company Inc

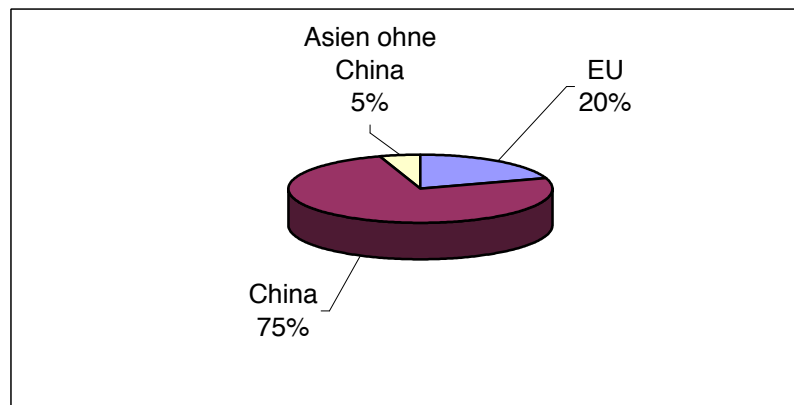
<sup>39</sup> Hierzu wird Vitamin C in seine stabilisierte Form, als Polyphosphat überführt

## Übersicht 42: Entwicklung der globalen Vitamin C Produktion



Die Vitamin C Produktion war bis in die 1990er Jahre auf USA, Japan und Europa konzentriert. Bis Mitte der Jahre 2000 war der Strukturanpassungsprozess beendet mit dem Ergebnis, dass seitdem außerhalb Chinas nur noch in England produziert wird.

## Übersicht 43: Struktur der globalen Vitamin C Produktion, 2009



### 2.16.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Die globale Nachfrage nach Ascorbinsäure wird im Wesentlichen über die Anwendungen als Vitamin C in pharmazeutischen Präparaten, durch die Nutzung als Antioxidationsmittel im Lebensmittelbereich und durch den Einsatz im Fischfutter bestimmt. Alle drei Anwendungen sind in Europa und in den USA konzentriert. Die Nachfrage in Europa übersteigt die regionale Produktion und somit wird nach Europa und nach Deutschland Vitamin C im erheblichen Umfange eingeführt.



## Übersicht 44: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Vitamin C (1.000 Tonnen)<sup>40</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	26	35	-9
Deutschland	0	6,3	-6,3

Ketogulonsäure, die in England zu Vitamin C verarbeitet wird, wird in Deutschland<sup>41</sup> in einem Umfang von 15.000 Tonnen produziert. An der Gesamtbilanz für die EU und für Deutschland ändert sich dadurch nichts.

### 2.16.3 Zukünftige Entwicklung

Der Preisverfall von Vitamin C setzte schon in den 1990er Jahren ein; hatte aber nur mäßigen Einfluss auf die Marktexpansion. Wesentlich für diese war hingegen die Entdeckung von physikalisch-chemischen Charakteristika des Moleküls, die den Einsatz im Lebensmittelbereich und in der Aquakultur attraktiv machten.

Aquakulturen generell, expandieren zwar immer noch; diejenigen von Forelle und Lachs, die beiden Fischarten, die besonders auf externe Vitamin C Quellen angewiesen sind, jedoch nur noch mäßig<sup>42</sup>. Der Konsum von Vitamin C als Supplement stagniert mehr oder weniger auf hohem Niveau; lediglich die Nutzung von Vitamin C als Antioxidationsmittel expandiert weiterhin. Insgesamt wird in Europa und den USA mit einem jährlichen Marktwachstum von 3-5% gerechnet; in Asien kann dieses jedoch in Einzelfällen deutlich höher sein.

## 2.17 Angebots- und Nachfrageentwicklung Xanthan

### 2.17.1 Produktionsentwicklung und Struktur

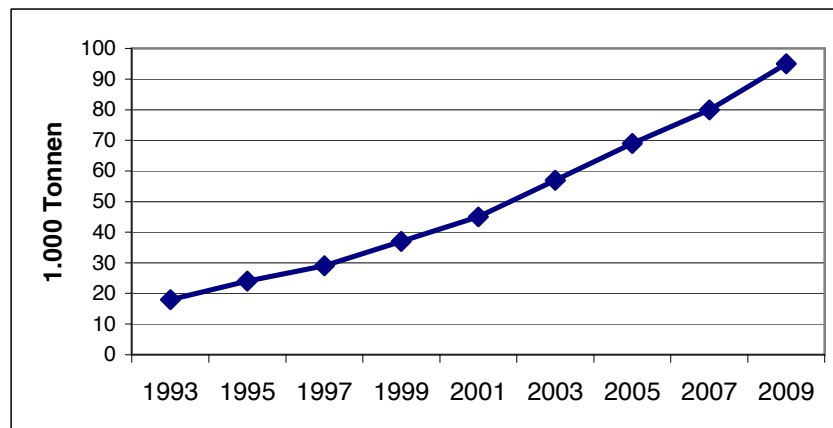
Xanthan ist ein Polysaccharid, das durch bakterielle Fermentation gewonnen wird. Xanthan besteht aus Glukose, Mannose und Glukonsäure, die teilweise azetyliert sind und Pyruvatringe enthalten. Diese Struktur führt zu speziellen physikalisch-chemischen Eigenschaften, die Xanthan zu einem der wichtigsten Hydrokolloide für die Lebensmittelindustrie und für technische Anwendungen werden ließ. Verfahren zur Xanthanherstellung wurden in den 1970er Jahren entwickelt; großtechnische Prozesse entstanden Anfang der 1980er Jahre. Aktuell beträgt die globale Produktion fast 100.000 Tonnen.

<sup>40</sup> HS Code: 293627

<sup>41</sup> Cargill-Cerestar in Krefeld

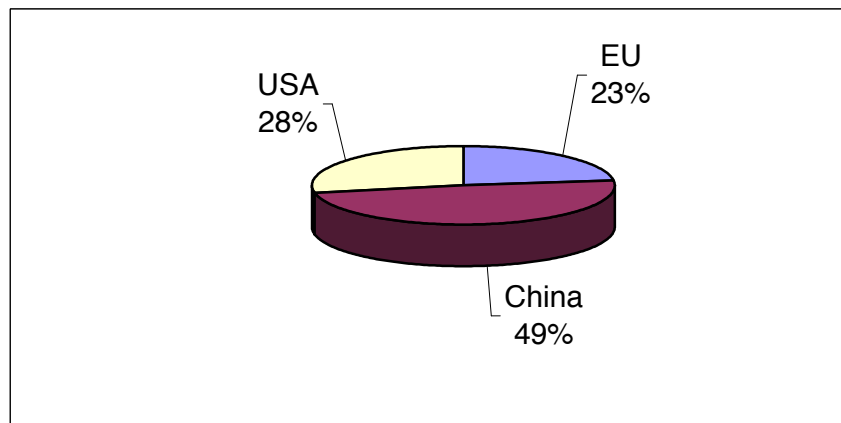
<sup>42</sup> Biomar und Nutreco: persönliche Mitteilung Oktober 2010

## Übersicht 45: Entwicklung der globalen Xanthanproduktion



Xanthan ist eine Entwicklung nordamerikanischer und europäischer Firmen, die den Markt bis Anfang der 1990iger Jahre auch dominierten. Seit der nachfolgenden Strukturanpassung und Produktionsverlagerung wird Xanthan zwar immer noch in Europa und den USA produziert; 50% der Produktion erfolgen jedoch seitdem in China.

## Übersicht 46: Struktur der globalen Xanthanproduktion, 2009



### 2.17.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Die globale Nachfrage nach Xanthan wird im Wesentlichen über Anwendungen als Verdickungsmittel in der Lebensmittelindustrie und als Viskositätsgeber für die Erdölförderung bestimmt. Darüber hinaus findet Xanthan auch Anwendungen in Kosmetika, Pharmazeutika, der Herstellung von Gelees für die Tiernahrung und in vielen technischen Produkten für die eine spezielle Viskosität erforderlich ist. Auf Grund dieser Anwendungsstruktur liegt der Hauptmarkt für Xanthan in den USA. 20-25% der globalen Xanthanproduktion wird in Europa verwendet. Dies entspricht in etwa den aktuellen Herstellungsmengen. In Deutschland findet keine Xanthanproduktion statt.

## Übersicht 47: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Xanthan (1.000 Tonnen)<sup>43</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	26,4	22	4,4
Deutschland	0	3,4	-3,4

### 2.17.3 Zukünftige Entwicklung

Xanthan ist das einzige Hydrokolloid, das in großen Mengen fermentativ hergestellt wird und für das die Marktentwicklung immer noch nicht abgeschlossen ist. Die Preiserosion in den vergangenen 20 Jahren betrug zwar durchschnittlich 4-5% pro Jahr, der Verbrauch steigt jedoch um rund 10% pro Jahr. Xanthan's physikalisch-chemischen Eigenschaften sind auch für technische Einsatzgebiete geeignet und machten Xanthan in Verbindung mit niedrigen Preisen zu dem bevorzugten Viskositätsgeber in technischen Flüssigkeiten wie Tinten und Öle. Im Lebensmittelbereich steht Xanthan in Konkurrenz zu einer Reihe weiterer Hydrokolloide die teilweise erheblich bessere Eigenschaften zur Produktformulierung aufweisen, die jedoch preislich höher liegen als Xanthan. In diesen Anwendungen wird Xanthan als Kompromisshydrokolloid zwischen Preis und technischen Eigenschaften verstanden und genutzt. Insgesamt lässt dieses Profil erwarten, dass sich die Marktexpansion von Xanthan auch in den kommenden Jahren fortsetzt.

## 2.18 Angebots- und Nachfrageentwicklung Gellan, Curdlan und Welan

### 2.18.1 Produktionsentwicklung und Struktur

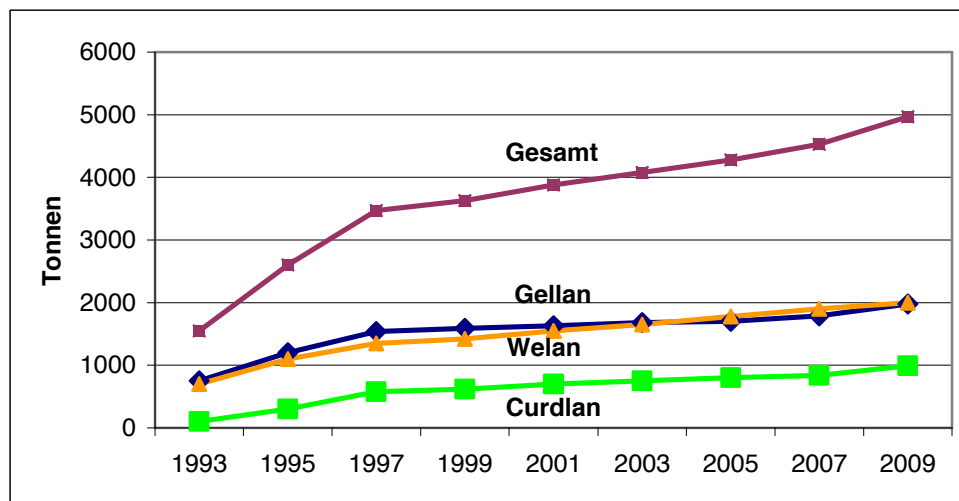
Diese drei Hydrokolloide und Polysaccharide wurden zusätzlich zu Xanthan entwickelt um die physikalisch-chemischen Eigenschaften von Xanthan besser an die Anforderungen spezieller Anwendungen anzupassen.

- Gellan ist ein Hydrokolloid das fast ausschließlich im Lebensmittelbereich und hier besonders zur Suspendierung von Fruchtpülpfen, Schokolade und Kakao oder auch für spezielle Überzüge von Nüssen oder Getreideflakes verwendet wird.
- Curdlan wurde für die Stabilisierung von typischen asiatischen Lebensmittelzubereitungen entwickelt und in der Herstellung von Mikrowellen- und Tiefkühlstabilen Gelees und Soßen verwendet.
- Welan ist ein technisches Hydrokolloid, das für die kontrollierte Abbindung von Beton, Mörtel und Gips, zur Vermeidung von Rissen während des Trocknungsprozesses unter speziellen Bedingungen verwendet wird.

Die Gesamtproduktion dieser drei Hydrokolloide wird global auf rund 5.000 Tonnen geschätzt. Vor 1990 waren diese Produkte nicht in Nutzung.

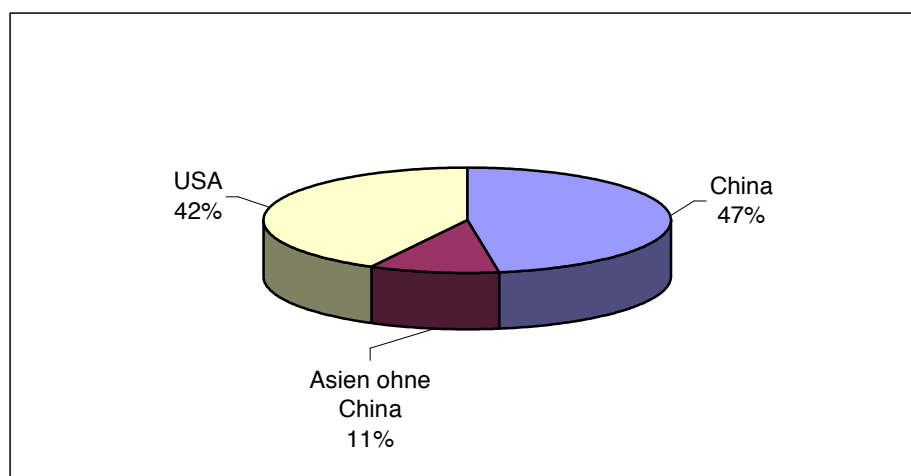
<sup>43</sup> Xanthan wird unter vier HS Codes gehandelt: 39139000, 35052000, 21069090 und 3913 9080. Da diese Codes auch andere Polymere natürlichen Ursprungs enthalten können, ist eine Auswertung dieser Codes für die Erstellung konkreter Handelsströme von Xanthan nicht ausreichend und wurde durch Information von Herstellern wie ADM, Kelco-Huber und Danisco ergänzt.

**Übersicht 48: Entwicklung der globalen Produktion von Gellan, Welan und Curdlan**



Weder Gellan noch Curdlan oder Welan sind in Europa verbreitet. Der Produktionsschwerpunkt für diese drei Produkte ist in den USA und in Asien.

**Übersicht 49: Struktur der globalen Produktion von Gellan, Welan und Curdlan, 2009**



**2.18.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland**

Entsprechend der Produktion ist auch die Nachfrage überwiegend asiatisch und/oder nordamerikanisch. Gellan's Verwendung in Europa leidet unter seinem synthetischen Image und starker Konkurrenz durch natürliche Alternativen. Curdlan ist in Europa nicht zugelassen. Lediglich die Baustoffindustrie verwendet Welan in Zement- und Mörtelformulierungen, die jedoch vorzugsweise im nicht-europäischen Ausland eingesetzt werden.

**Übersicht 50: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Gellan, Curdlan und Welan (Tonnen)<sup>44</sup>**

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	0	700	-700
Deutschland	0	90	-90

**2.18.3 Zukünftige Entwicklung**

Seit mehr als 20 Jahren versuchen die Produzenten von Gellan, Curdlan und Welan neue Anwendungen zu entwickeln, die es erlauben, das Marktwachstum von Xanthan zu kopieren. Dies ist bisher nicht gelungen und es wird erwartet dass auch in den kommenden Jahren nur verhaltene Zuwachsraten realisiert werden können. Mangels Relevanz ist ebenfalls kaum damit zu rechnen, dass Zulassungsverfahren in der EU weniger restriktiv als bisher gehandhabt werden. Lediglich für Welan können kontinuierliche Marktzuwachsraten gesehen werden, da sich dieses Produkt in speziellen Baustoffmischungen etabliert hat, und Spezialbetonbau nach wie vor expandiert.

**2.19 Angebots- und Nachfrageentwicklung fermentativ hergestellten Karotinen**

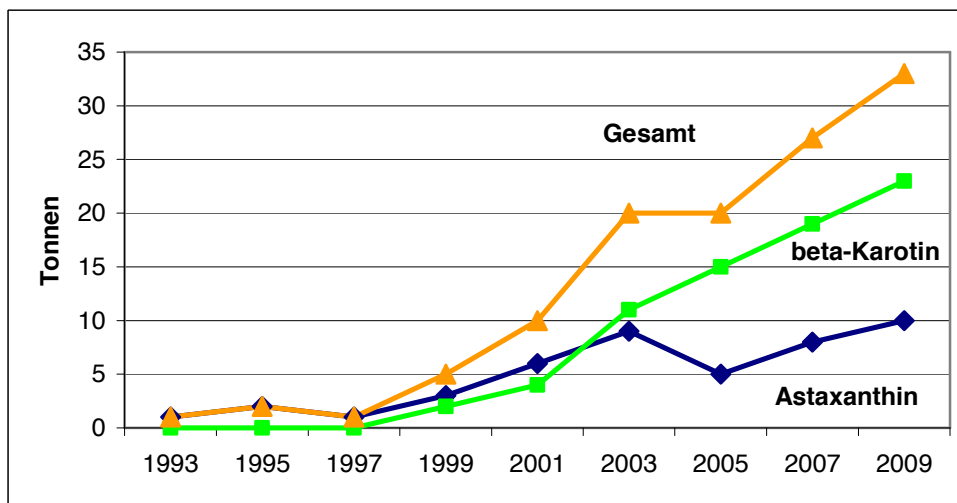
**2.19.1 Produktionsentwicklung und Struktur**

Die Gruppe der Karotine umfasst beta-Karotin, Lycopin, Lutein, Astaxanthin, Canthaxanthin, Zeaxanthin, Annatto, und Capsanthin. Fermentativ herstellbar sind beta-Karotin, Lycopin und Astaxanthin. Nach vielfältigen Versuchen Fermentationsverfahren für diese drei Produkte zu etablieren, sind aktuell nur solche für beta-Karotin und Astaxanthin von kommerzieller Relevanz; Fermentativ hergestelltes Lycopin ist zwar registriert; die Marktnachfrage ist jedoch ausgesprochen gering.

Die Marktentwicklung dieser drei fermentativ hergestellten Produkte leidet insgesamt unter der Konkurrenz synthetischer und extrahierter Ware. In der Folge werden aktuell nur knapp 25 Tonnen beta-Karotin auf der Basis von Fermentation und knapp 10 Tonnen Astaxanthin über Fermentation erzeugt.

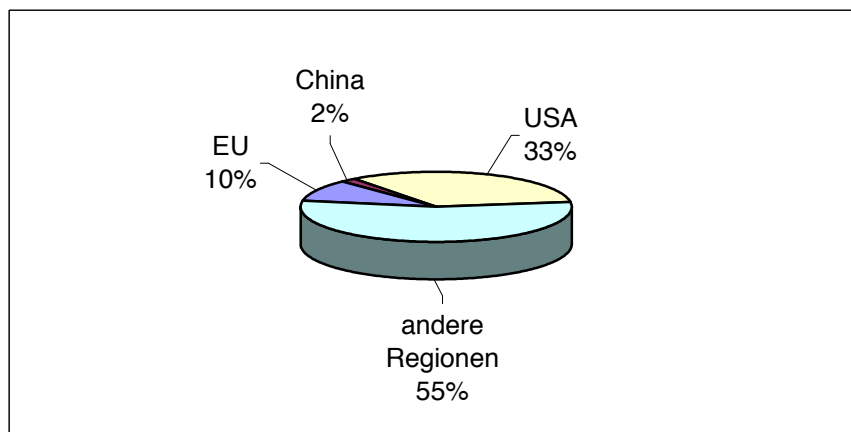
<sup>44</sup> Für keines dieser Produkte gibt es spezifische HS Codes. Die Angaben beruhen auf Informationen von Kelco-Huber, Evonik, Ajinomoto, Knauf und Lafarge.

**Übersicht 51: Entwicklung der globalen beta-Karotin- und Astaxanthinproduktion durch Fermentation**



Fermentationsverfahren für Karotinoide sind europäischen Ursprungs. Beta-Karotin wird immer noch schwerpunktmäßig in Europa, jedoch nicht ausschließlich in der EU fermentiert, nachdem chinesische Produzenten sich aus der Produktion wieder zurückgezogen haben. Die Fermentation von Astaxanthin erfolgt, nach einem großtechnischen Intermezzo in England, aktuell fast ausschließlich in den USA.

**Übersicht 52: Struktur der globalen Produktion von fermentativ erzeugten Karotinen, 2009**



**2.19.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland**

Die Anwendungen von beta-Karotin liegen im Wesentlichen in der Färbung von Lebensmitteln und in der Nahrungsergänzung; diejenigen von Astaxanthin fast ausschließlich in der Färbung von Lachs und Forellen. Da sowohl die Färbung von Lebensmitteln mit Karotinen wie auch die Anwendungen in der Aquakultur in Europa verbreitet sind, gilt für beide Produkte Europa als wichtigster Markt. Beta-Karotin wird in geringem Umfang in Spanien und in der Ukraine fermentiert; ein Großteil der ukrainischen Rohware wird in der EU konfektioniert.

**Übersicht 53: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit fermentativ erzeugtem beta-Karotin und Astaxanthin (Tonnen)<sup>45</sup>**

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	3	13	-10
Deutschland	0	4	-4

**2.19.3 Zukünftige Entwicklung**

Seit vielen Jahren versuchen Hersteller Fermentationsverfahren für Karotine zu etablieren. Dies ist bis jetzt nur teilweise geglückt, obwohl die Marktnachfrage potentiell hoch ist. Wesentliche Gründe hierfür liegen weniger in den Fermentationsverfahren an sich, sondern mehr in der Herstellung von für Lebensmittelanwendungen, geeigneten Formulierungen. Eine organische Marktentwicklung ist weder für beta-Karotin noch für Astaxanthin zu erwarten. Ein sprunghafter Anstieg der Produktion ist dann möglich, wenn es einem potentiellen Hersteller gelingt, passende Formulierungen zu entwickeln und so formulierte Karotine kompetitiv im Markt anzubieten.

**2.20 Angebots- und Nachfrageentwicklung Penizillin, Cephalosporin und Streptomyces basierender Produkte**

**2.20.1 Produktionsentwicklung und Struktur**

Seit der Entdeckung des Penizillins durch Alexander Fleming und der Synthese von Sulfonamiden durch Gerhard Dormag, haben sich Antibiotika zu einer der größten Produktgruppe innerhalb der Antiinfektiva entwickelt. Auch wenn voll synthetisch hergestellte Antiinfektiva zwischenzeitlich eine wichtige Rolle spielen, so basieren viele Produkte immer noch auf Beta-lactam Ringen der Penizilline, der Cephalosporine oder auf Aktivsubstanzen die von dem Pilz Streptomyces ssp synthetisiert werden.

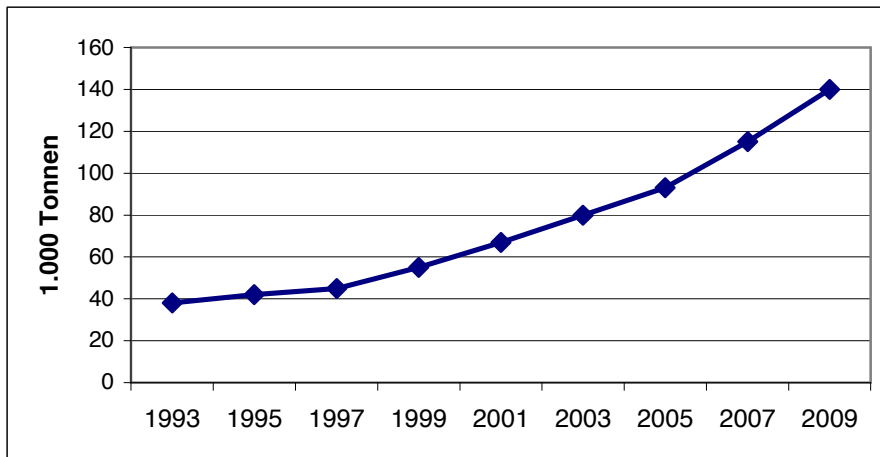
Die globale Produktion dieser Zwischen- und Rohprodukte flachte, nach einem exponentiellem Wachstum zwischen 1960-1970 in den 1980er und 1990er Jahren temporär ab. Nach 1998 erfolgte ein Wiederaufbau von Produktionsstätten in Asien auf der Basis von verbesserten Produktions- und Isolationsverfahren, und auch auf der Basis der Erkenntnis, dass es für viele Länder einfacher und kostengünstiger ist, Penizillin- und Cephalosporin basierende Antibiotika anzufertigen, als synthetische Produkte zu entwickeln. Seitdem steigt die Produktion dieser Typen wieder an und Fermentationskapazitäten werden weiter ausgebaut. Die aktuelle Produktion von Penizillin, Cephalosporin und Streptomyces basierenden Zwischenprodukten, die zu Pharmazeutika weiterverarbeitet werden, beträgt aktuell rund 140.000 Tonnen<sup>46</sup>.

<sup>45</sup> März U. 2008: The Global Market for Carotenoids. Report FOD025C, Business Communications Company Inc

<sup>46</sup> Üblicherweise wird die Produktion von Antibiotika nicht in Tonnen sondern entweder als monetärer Wert oder in BOU (Billion Oxford Units) angegeben. Angaben in diesem Report beruhen auf persönlichen Mitteilungen von Antibioticos, Mailand.

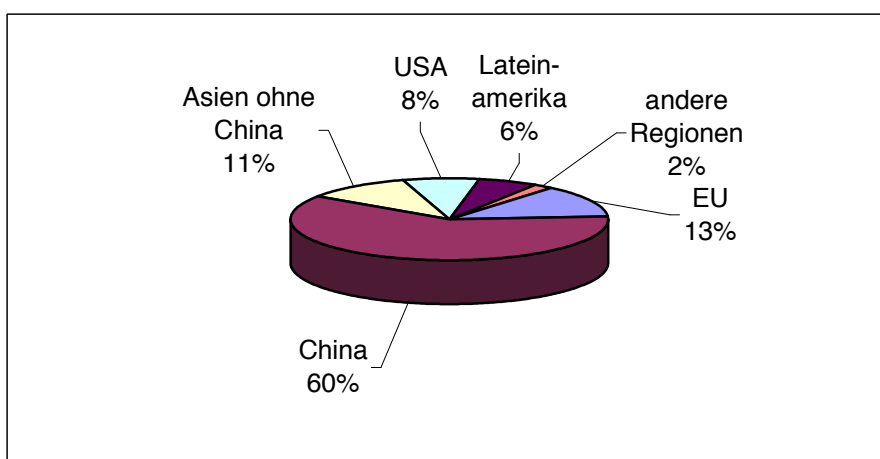


**Übersicht 54: Entwicklung der globalen Produktion von Penizillin, Cephalosporin und Streptomyces Bausteinen**



Der Beginn der industriellen Penizillinproduktion liegt im Europa der 1950er Jahre und bis Mitte der 1980er Jahre war diese auch in Europa, USA und Japan konzentriert. Erst mit der Vorstellung, synthetische Antibiotika würden fermentativ hergestellte Bausteine ablösen, begann der Abbau von Fermentationskapazität in diesen Ländern, und kurze Zeit später deren Aufbau speziell in China und Indien. Beide Länder boten Standortsbedingungen die für die Fermentation von Antibiotika ausgesprochen attraktiv erschienen. Gleichzeitig entwickelten sich für diese Produkte in Asien und anderen Schwellenländern Märkte deren Relevanz zuerst von chinesischen und indischen Herstellern erkannt wurden. China dominiert aktuell mit mehr als 50% die globale Produktion von Penizillin, Cephalosporin und von auf Streptomyces basierenden Zwischenprodukten.

**Übersicht 55: Struktur der globalen Produktion von Penizillin, Cephalosporin und Streptomyces Bausteinen, 2009**



**2.20.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland**

Fermentativ hergestellte Antibiotikabausteine werden zwar überwiegend, aber nicht ausschließlich für die Produktion von Humanantibiotika verwendet. Der Markt für, auf diesen Zwischenprodukten basierenden, antibiotischen Wachstumsförderern zum

Einsatz in der Tierhaltung wächst global kontinuierlich und massiv. Das schon in den 1990er Jahren verhängte Verbot des Einsatzes derartiger Produkte in der EU fand kaum Nachahmer. In den USA, in Lateinamerika und in Asien sind die Beimischung von antibiotisch wirkenden Futtermitteladditiven Standard. Nordamerika ist immer noch der größte Einzelmarkt für fermentativ erzeugte Antibiotika, gefolgt von Asien.

In der EU werden aktuell 15-20% (25.000 Tonnen) der globalen Produktion dieser Produkte verbraucht und in Deutschland davon rund 4.000 Tonnen. Nach dem Abbau von, im Weltmaßstab signifikanten Produktionskapazitäten in den 1990er Jahren verblieb eine Rumpfproduktion von ca. 3.000 Tonnen in Deutschland.

**Übersicht 56: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Penizillin, Cephalosporin und Streptomyces Bausteinen, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>47</sup>**

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	18	25	-7
Deutschland	3	4	-1

### 2.20.3 Zukünftige Entwicklung

Nachdem die Entwicklung von synthetischen Antibiotika immer aufwendiger; die Herstellung von Penizillin-, Streptomycin-, und Cephalosporin-basierenden Derivaten hingegen immer effizienter wird, kann davon ausgegangen werden, dass deren Produktion auch zukünftig ausgeweitet wird. Die Marktentwicklung wird hierbei nicht nur über Humanapplikationen, sondern auch über den massiven Einsatz in der Tierernährung getrieben. Für Europa werden zwar insgesamt nur relativ moderate Zuwachsraten der Nachfrage nach Fermentationsbasierenden Antibiotika gesehen; global jedoch wird die Nachfrage und damit die Produktion um bis zu 10% pro Jahr auch weiterhin steigen, da neben der verstärkten Humanapplikation auch die Anwendung in der Tierhaltung nicht ab- sondern zunimmt.

## 2.21 Angebot- und Nachfrageentwicklung Enzyme

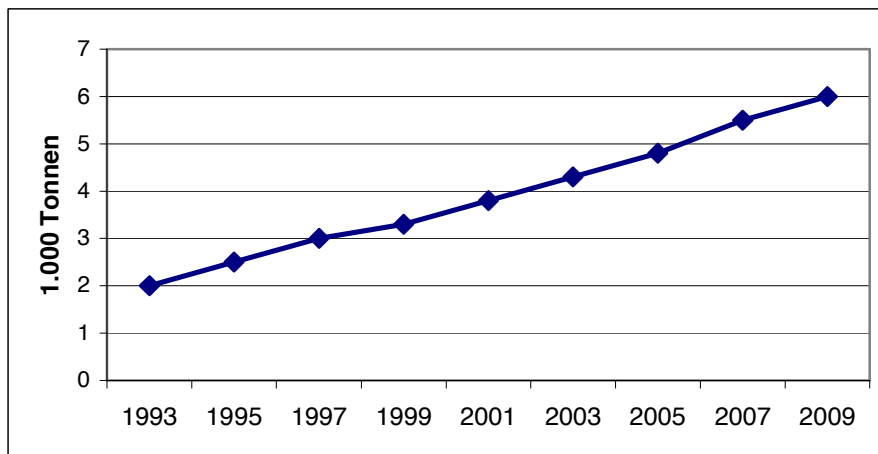
### 2.21.1 Produktionsentwicklung und Struktur

Enzyme sind Biokatalysatoren, die natürlicherweise in allen lebenden Organismen vorkommen und die Degradation oder den Aufbau von komplexen Molekülen katalysieren. Die industrielle Enzymtechnologie begann mit der Extraktion von Pepsin aus Schweinemägen, von Lab aus Kälbermägen und von Trypsin aus Bauchspeicheldrüsen. Fermentative Verfahren der Herstellung von Enzymen umfassen heute alle wesentlichen Typen mit breitem Einsatzgebiet. Enzyme sind Proteine und als solche in Reinstform nicht anwendbar. Alle kommerziell gehandelten Enzyme sind konfektioniert. Durch die Vielfalt der Produkte und unterschiedlichen Reaktionsmechanismen konnten bis jetzt keine Verfahren zu einheitlichen Charakterisierung von Enzymaktivitäten entwickelt werden; fast jeder Hersteller verwendet unterschiedliche

<sup>47</sup> Fermentativ hergestellte Antibiotika werden unter einer Vielzahl von HS Codes, je nach Typ und Grad der Veredelung gehandelt. Für die Haupttypen gelten: 294110 (Pernicilline), 294130 (Tetracyclikine), 294150 (Erythromycin), 294120 (Streptomycine), 294140 (Chloramphenicol) und 294190 (andere)

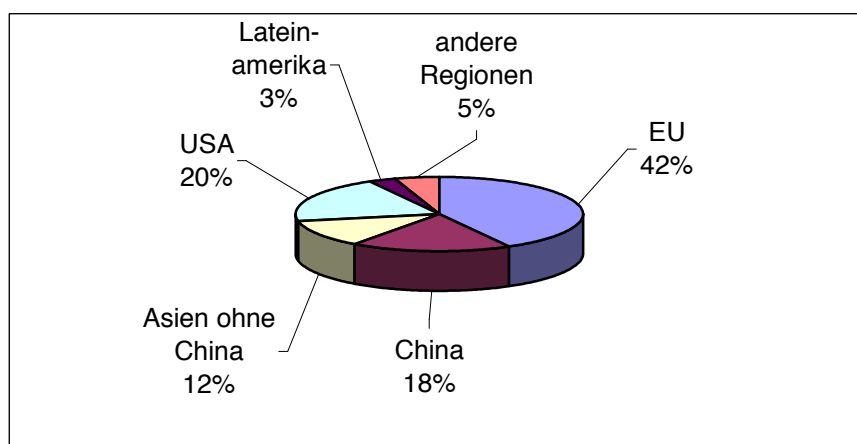
Kennzeichnungs- und Messsysteme. In der Folge ist die Erfassung von hergestellten Enzymmengen als aktives Protein schwierig. Rückschlüsse sind lediglich auf der Basis von Zukäufen von Kohlenhydraten möglich. Die aktuelle globale Produktion an enzymaktivem Proteinkonzentrat wird auf dieser Basis auf ca. 5 – 6.000 Tonnen geschätzt. Die Versatilität von Enzymen und die kontinuierliche Weiterentwicklung von Anwendungssystemen ermöglicht seit vielen Jahren ein kontinuierliches Produktionswachstum von 5-7% pro Jahr.

### Übersicht 57: Entwicklung der globalen Produktion von Enzymkonzentrat



Die effiziente Herstellung von Enzymen und deren anschließende Konfektionierung sind für viele Enzymtypen, im großtechnischen Maßstab kompliziert und aufwendig; gleichzeitig erfordert die globale Verwendung kostengünstige Verfahren. Diese Anforderungen bewirkten einen starken Konsolidierungsprozess der Enzymindustrie über die vergangenen 15 Jahre und die Entwicklung der Dominanz europäischer Hersteller. Dies bedeutet jedoch nicht, dass der Schwerpunkt der Enzymherstellung ausschließlich in Europa liegt; für Massenprodukte wie Amylasen, Proteasen oder Cellulasen ist die Herstellung direkt an Zentren des Verbrauchs vorteilhafter.

### Übersicht 58: Struktur der globalen Produktion von Enzymkonzentraten, 2009



## 2.21.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Im Zuge eines vielfältigen, industriellen Strukturwandel und in dem Bestreben fortschrittliche Umweltstandards einzuführen und einzuhalten, wurden in Europa entweder Industrien ausgelagert oder Prozesse u. a. mit Hilfe von enzymatischen Verfahren so umgebaut, dass diese deutlich Umweltschonender und gleichzeitig hoch effizient wurden. Europa entwickelte sich so zum Hauptverbraucher von Enzymen mit einem globalen Anteil von rd. 35-40%. Obwohl in Europa umfangreich Enzyme produziert werden, ist die Nettobilanz leicht negativ; für Deutschland ebenso.

### Übersicht 59: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Enzymkonzentraten, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>48</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	2,5	3	-0,5
Deutschland	0,5	0,6	-0,1

## 2.21.3 Zukünftige Entwicklung

Mit der Weiterentwicklung von chemischen Prozessen, die biochemische Transformationsschritte enthalten und mit dem Trend Konsumprodukte vermehrt auf biokatalytischer Basis zu erzeugen, wird auch die Anwendung von Enzymen weiter zunehmen. Dies betrifft traditionelle Nutzungsformen, wie den Einsatz in Waschmitteln, Futtermitteln, Leder- und Textilherstellung, oder auch die Spaltung von Stärke und die Hydrolyse von Cellulosen. Da der Einsatz von Enzymen auch über umwelttechnische Anforderungen getrieben wird, ist zu erwarten, dass ein Marktwachstum besonders in Regionen und Ländern stattfindet, die kontinuierlich strengere Anforderungen an technische und Umweltstandards fordern. Dies gilt für zum Teil für Europa, besonders aber für China und andere asiatische Länder. Eine Weiterentwicklung der bisherigen historischen jährlichen Zuwachsraten ist sehr wahrscheinlich.

## 2.22 Angebots- und Nachfrageentwicklung Insulin

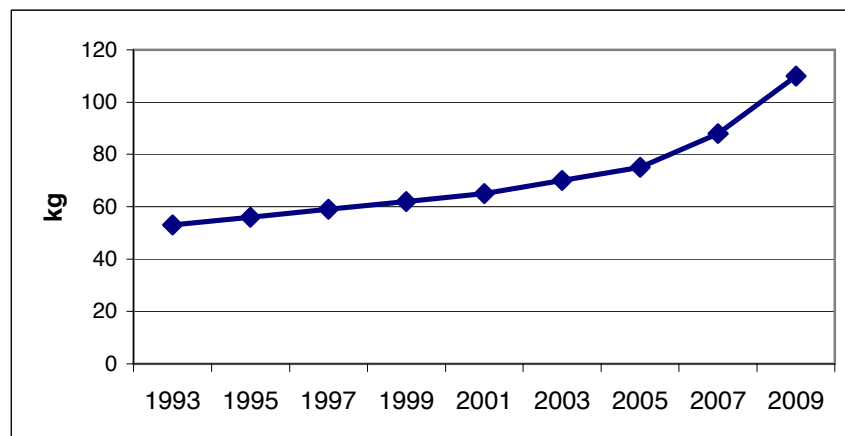
### 2.22.1 Produktionsentwicklung und Struktur

Insulin ist ein Proteohormon, das in der Bauchspeicheldrüse von Menschen und Tieren gebildet wird und das die Glukosekonzentration im Blut reguliert. Blutzuckerspiegel im Blut steigen nach Aufnahme kohlenhydratreicher Nahrung. Diese Glukose wird entweder durch Muskelarbeit verbraucht oder muss über Insulin wieder auf den Normalpegel zurückgeführt werden. Bei Überkonsum von Kohlenhydraten und gleichzeitig geringer Nutzung kommt es zur Dauer- ggf. Überbelastung der Bauchspeicheldrüse und in der Folge zu einer ungenügenden Insulinsekretion, die dann eine externe Zuführung notwendig macht. Bis heute wird Insulin aus Bauchspeicheldrüsen des Schweins isoliert und mit Hilfe von Trypsin in Humaninsulin konvertiert.

<sup>48</sup> Enzyme werden unter dem HS Code 3507000000 gehandelt. Hierunter sind jedoch alle Enzympräparationen unabhängig ihres Typs, der Konzentration und Formulierung subsummiert und für die Darstellung der eigentlichen Mengen an fermentationsrelevanten Proteinen ungeeignet. Die Angaben beruhen daher auf persönlichen Mitteilungen von Novozyme, Danisco und DSM

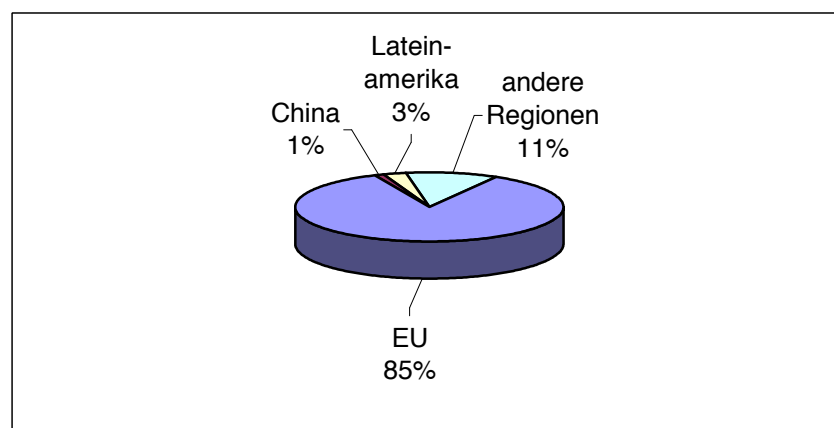
Parallel zur steigenden Nachfrage wurden Fermentationsverfahren für die Herstellung von Insulin in Europa und in den USA entwickelt. Aktuell beträgt die Menge des weltweit fermentativ hergestellten Insulinkonzentrats rund 100 kg. Die globalen Wachstumsraten beliefen sich bis Anfang des Jahres 2000 auf knapp 5% pro Jahr; durch den dann erfolgten sprunghaften Anstieg von wohlstandsbedingter Diabetes auch außerhalb von Europa, stieg die jährliche Wachstumsrate der fermentativen Insulinproduktion auf weit über 10% und pendelt seitdem zwischen 15 und 20%<sup>49</sup>.

**Übersicht 60: Entwicklung der globalen Produktion von auf Fermentation basierenden Insulinkonzentraten**



Die Insulinproduktion war immer europäisch geprägt, und der überwiegende Teil der globalen Herstellung befindet sich nach wie vor in der EU. Chinesische Produktionen starten gerade auf; brasilianische konnten bisher kaum international expandieren und diejenigen des amerikanischen Produzenten Eli Lilly befindet sich auf Puerto Rico.

**Übersicht 61: Struktur der globalen Produktion von auf Fermentation basierenden Insulinkonzentraten, 2009**



<sup>49</sup> NovoNordisk: Annual Reports (verschiedene Ausgaben) und Investor Presentation of first six months of 2010

## 2.22.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Die starke Präsenz der Insulinproduktion in Europa ist auch darin begründet, dass das solidarische Krankenversicherungssystem in vielen Staaten der EU bereits frühzeitig Kosten für Diabetesbehandlungen übernommen hat und so die Marktdurchdringung mit Insulinpräparaten nahezu 100% erreichen konnte. Dem ist nicht so in den USA, China oder in anderen Regionen. In den USA betrug die Marktdurchdringung mit Insulin, somit die Anwendung von Insulinpräparaten auf diagnostisch einwandfrei verifizierte Fälle in 2005 nur 60% und in 2009 70%; in China liegen Durchdringungsraten mit 80% höher als in den USA. In vielen anderen Ländern mit erheblichen Diabetesproblemen wie z.B. Ägypten ist eine Steigerung der Marktdurchdringung nur über eine Medikamentensubventionierung realisierbar. Der in der Übersicht 62 bilanzierte Eigenverbrauch an Rohinsulin in Europa und in Deutschland ist ausgesprochen hoch; die ausgewiesenen Werte bedeuten jedoch nicht, dass diese Ware konsumiert wird, sondern dass das produzierte Rohinsulin zu fertigen Pharmazeutika weiterverarbeitet und dann gehandelt wird.

### Übersicht 62: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit auf Fermentation basierenden Insulinkonzentraten, 2009 (kg)<sup>50</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	98	96 <sup>51</sup>	2
Deutschland	25	25	0

## 2.22.3 Zukünftige Entwicklung

Die Nachfrage nach Insulin ist eine Funktion der Lebensweise der Bevölkerung. Alternde Gesellschaften, die zudem übermäßig Kohlenhydrate konsumieren und sich nicht ausreichend bewegen, sind zunehmend mit Bauchspeichelinuffizienzen und somit mit Diabetes konfrontiert, die durch artifizielle Insulinzuführung gelindert werden können. Da wesentliche Teile der globalen Bevölkerung bereits heute zu viele Kohlenhydrate zu sich nehmen, sich zu wenig bewegen und altern, wird die Nachfrage nach Insulin weiter wachsen. Dies gilt nicht unbedingt für Europa; für einige EU Länder gibt es erste Indikatoren der Marktsättigung. Massivste Wachstumsraten werden jedoch in Asien, arabischen Ländern und auch in den USA erwartet. Der weitere Ausbau der Insulinproduktion, besonders auf der Basis von Fermentationsverfahren wird damit wahrscheinlich.

<sup>50</sup> Der HS Code für Insulin 293712 summiert Insulin in seiner anwendbaren Formen, somit in jeder Art von Verdünnung und Formulierung. Die Auswertung dieser Daten ist für die Darstellung der Fermentationsrelevanz ungeeignet. Angaben beruhen daher auf persönlichen Mitteilungen von NovoNordisk und Eli Lilly.

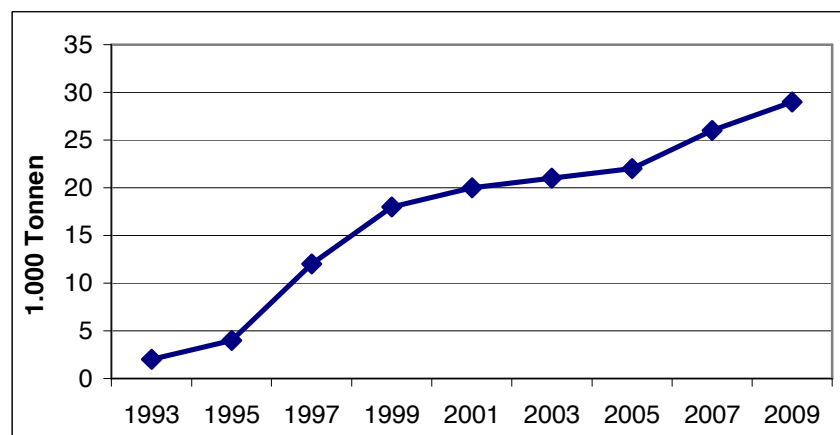
<sup>51</sup> Diese Zahlen bedeuten nicht, dass die EU und Deutschland praktisch alles Insulin das produziert wird, z.B. zur Diabetesbehandlung selbst konsumieren; die Zahlen sagen lediglich, dass Rohinsulin kaum gehandelt, sondern am Standort zum fertigen Endprodukt konfektioniert wird.

## 2.23 Angebot- und Nachfrageentwicklung Erythritol

### 2.23.1 Produktionsentwicklung und Struktur

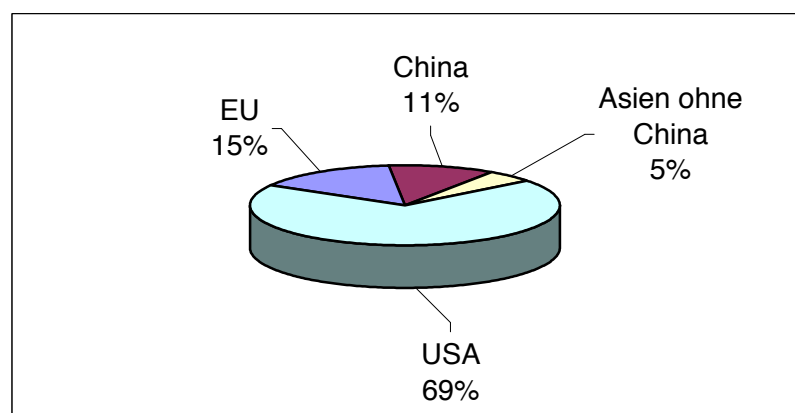
Erythritol ist ein Zuckeralkohol und wird als fast kalorienfreies Süßungsmittel in ausgewählten Lebensmitteln verwendet. Erythritol ist seit den 1980er Jahren in Japan auf dem Markt, erhielt Mitte der 1990er Jahre die Zulassung für die USA und in 2006 für die EU. Erythritol ist der einzige Zuckeralkohol der fermentativ über den Pilz *Moniliella pollinis* gewonnen. So lange Erythritol in den USA nicht zugelassen war, oszillierte die Produktion in der Größenordnung von wenigen 1.000 Tonnen. Mit der Zulassung in Nordamerika wurde eine größere lokale Produktion, der eine weitere in Europa zehn Jahre später folgte, gestartet. Insgesamt wird die aktuelle globale Produktion auf knapp 30.000 Tonnen geschätzt.

#### Übersicht 63: Entwicklung der globalen Produktion von Erythritol



Wurde Erythritol ursprünglich nur in Japan produziert, so finden sich heute auch Produktionsstätten in den USA, China und Europa.

#### Übersicht 64: Struktur der globalen Produktion von Erythritol, 2009





## 2.23.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Der Hauptmarkt für Erythritol ist nach wie vor die USA, gefolgt von Europa mit rund 5.500 Tonnen. Dieser Konsum ist deutlich höher als derjenige Japans. In Deutschland wird Erythritol produziert, das zu zwei Drittel exportiert wird.

### Übersicht 65: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit Erythritol, 2009 (1.000 Tonnen)<sup>52</sup>

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	4,3	5,5	-1,2
Deutschland	3,0	1,0	2,0

## 2.23.3 Zukünftige Entwicklung

Erythritol wurde lange Jahre wegen seiner laxativen Wirkung kritisiert und das Zulassungsverfahren durch die europäische Aufsichtsbehörde EFSA dauerte mehr als 10 Jahre. Die nachgewiesene laxative Wirkung bei Überkonsum konnte jedoch die Nachfrage nach Erythritol zur Süßung von Kaugummi, Schokolade, speziellen Backwaren und auch von Getränken nicht bremsen, da Erythritol als eines der wenigen als natürlich und praktisch kalorienfreies anerkanntes Süßungsmittel gilt. Formulierungs- und Mischtechnologien sind soweit fortgeschritten, dass auch der charakteristische Nachgeschmack von Erythritol so moduliert werden kann, dass dieser zu den jeweiligen Applikationen passt. Die Möglichkeiten kalorienfrei und natürlich zu süßen sind begrenzt; es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Nachfrage nach Erythritol auch zukünftig wächst, zudem die bisherigen, regulativen Limitierungen in allen wichtigen Märkten mehr oder weniger aufgehoben wurden.

## 2.24 Angebots- und Nachfrageentwicklung 1,3 Propandiol, Polyhydroxybutyrat (PHB)<sup>53</sup>

### 2.24.1 Produktionsentwicklung und Struktur

1,3 Propandiol und PHB sind zwei von drei aktuell produzierten Grundstoffen für die Herstellung von Bio-basierten Polymeren. Für polymerisierte Milchsäure ist fermentativ hergestellte Milchsäure (s. 2.11) die Grundlage, für das Polymer Sorona<sup>54</sup> ist es 1,3 Propandiol, das sowohl durch die Konversion von Petroleum wie auch durch Fermentation erzeugt werden kann. PHB ist ein Polymere, das aktuell direkt von Mikroorganismen erzeugt wird und ohne weitere chemische Umwandlungsprozesse angewendet werden kann<sup>55</sup>.

<sup>52</sup> Erythritol wird unter den HS Codes 2905130 und 2905 4990 gehandelt. Da diese Nummern auch andere Zuckeralkohole enthalten, kann eine zuverlässige Darstellung der Erythritolhandelsströme nicht nur auf dieser Basis beruhen und wurde hier durch persönliche Mitteilungen von Cargill und Danisco ergänzt

<sup>53</sup> PHA wird ebenfalls fermentativ erzeugt, jedoch aktuell in so geringen Mengen, dass dessen Relevanz noch äußerst gering ist.

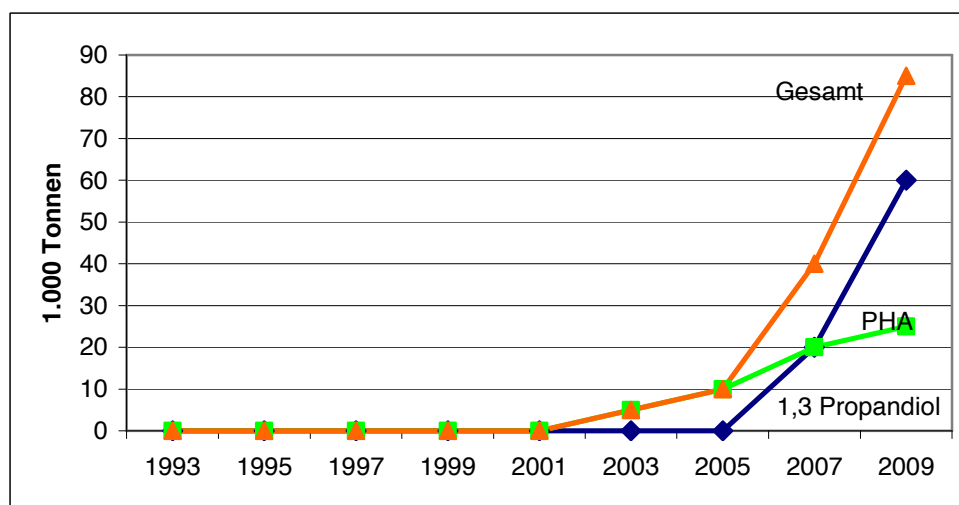
<sup>54</sup> Eingetragene Marke der Firma DuPont

<sup>55</sup> Die Firma Braskem begann in 2010 mit der industriellen Herstellung von Bio-Ethylen auf der Basis von Bio-Ethanol.

Seit 2007 ist eine großtechnische Fermentationsanlage, die 1,3 Propandiol herstellt, in den USA in Betrieb<sup>56</sup>. Die aktuelle Produktion beträgt rund 60.000 Tonnen.

Für PHB ist ebenfalls nur eine einzige großtechnische Anlage, mit einer Kapazität von rund 50.000 Tonnen in den USA, nachgewiesen. PHB und PHA Anlagen in China sind zwar dokumentiert, deren Produktion ist jedoch im Markt nicht kontinuierlich sichtbar. Auch die PHB Anlage der Firma Metabolix, einer Tochter von ADM, kann aktuell nur rund 20-25.000 Tonnen, auf Grund von bis jetzt nicht vollständig behebbaren technischer und ökonomischer Probleme, produzieren bzw. vermarkten.

#### Übersicht 66: Entwicklung der globalen Produktion von 1,3 Propandiol und PHB



#### 2.24.2 Nachfrage und Verwendungsstrukturen in der EU und in Deutschland

Das Joint Venture DuPont/Tate & Lyle, Hersteller von 1,3 Propandiol aus Fermentation, vermarktet rund 50% der Produktion an DuPont, die daraus das Polymer Sorona fertigt. Die weiteren 50% werden vom Joint Venture direkt an ausgewählte Kunden in den USA zur Herstellung von Additiven für die Kosmetikindustrie und für andere technische Anwendungen verkauft. Eine ähnliche Firmenpolitik verfolgen auch ADM und Metabolix. Weder PHB noch 1,3 Propandiol aus Fermentation sind in der EU oder in Deutschland in nennenswerten Mengen verfügbar.

<sup>56</sup> Tate & Lyle

**Übersicht 67: Versorgungsbilanz EU und Deutschland mit 1,3 Propandiol und PHB, 2009 (1.000 Tonnen)**

	Produktion	Konsum	Saldo Import (-)/Export (+)
EU-27	0	< 1	≤ 1
Deutschland	0	< 1	≤ 1

### 2.24.3 Zukünftige Entwicklung

Die bisherigen Entwicklungen der fermentativen Herstellung von Polymeren zeigen, dass die technischen Schwierigkeiten der Produktion von industriellen Mengen nach wie vor erheblich sind und die Marktexpansion von PHB wie auch von polymerisierter Milchsäure behindern. Können diese jedoch kontrolliert werden, wie im Falle von Propandiol, so erscheint ein exponentielles Marktwachstum möglich. Propandiol wurde 2007 eingeführt. 2009 wurde die Produktionskapazität erweitert und für 2011 ist nochmals eine Erweiterung geplant. Diese Entwicklungen legen nahe, dass für Fermentationsbasierende Polymere zukünftig nicht mit einem organischen Wachstum sondern mit sprunghaften Entwicklungen gerechnet werden muss, deren Größe von den jeweiligen Anlagen und/oder der Überwindung wesentlicher technischer Probleme abhängt. Die angestrebte Produktion von fast 200.000 Tonnen Bio-Ethylen der Firma Braskem bestätigt die Annahme der Angebotsorientierten Marktentwicklung. Braskem wird seine gesamte Produktion in die Kosmetikindustrie absetzen.

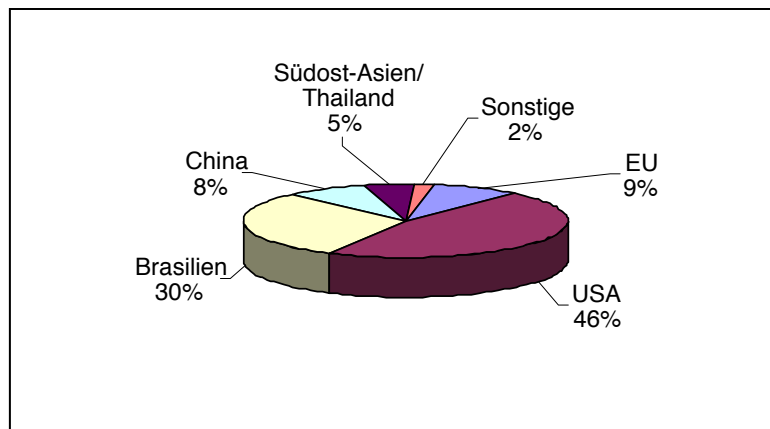
## 3 Struktur des Kohlenhydratverbrauchs der globalen Fermentationsindustrie

### 3.1 Relevanz einzelner Standorte für die Fermentationsindustrie in 2009/2010

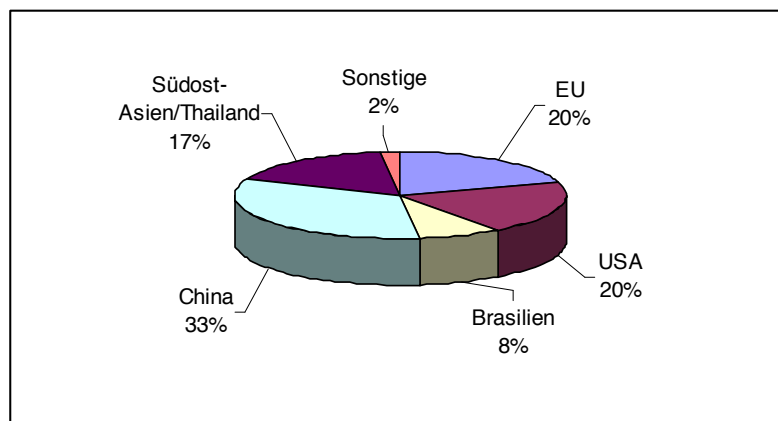
Die Analyse der hier vorgestellten 24 fermentativ hergestellten Produkte aus 10 Gruppen zeigt, dass mengenmäßig Bio-Ethanol, Hefe, Lysin, MNG und Zitronensäure dominieren und alle weiteren Produkte nur in relativ geringem Umfang produziert werden. Für fast alle Produkte gibt es Herstellungsstätten in Europa, die jedoch nur in wenigen Ausnahmefällen dominante Bedeutung haben.

Deutschland ist aktuell kein bedeutender industrieller Fermentationsstandort. Die Mehrzahl der Fermentationsprodukte wird nicht in Deutschland produziert und auch für die wenigen, die in Deutschland hergestellt werden, ist die globale Relevanz gering. Wesentliche Fermentationsstandorte sind die USA, Brasilien, China und innerhalb Südasiens Thailand.

**Übersicht 68: Relevanz einzelner Regionen als Fermentationsstandort, 2009 (inkl. Bio-Ethanol)<sup>57</sup>**



**Übersicht 69: Relevanz einzelner Regionen als Fermentationsstandort, 2009 (exkl. Bio-Ethanol)**



Waren für viele Fermentationsprodukte die jährlichen Produktionszuwächse bis 1999 moderat, so stiegen diese in den Folgejahren für fast alle Produkte an. Extreme Zuwachsraten waren für Bio-Ethanol zu verzeichnen. Dieses Produkt begann ab Anfang des Jahrtausends auf bereits sehr hohem Niveau nochmals und kontinuierlich um mehr als 10% pro Jahr zu wachsen<sup>58</sup>. Aber auch Produktionen von Zitronensäure, Lysin, MNG und Hefe wuchsen in diesem Zeitraum immer noch um mindestens 5% pro Jahr. Es ist nicht erkennbar dass für die überwiegende Mehrzahl der Fermentationsprodukte die jährlichen Zuwachsraten innerhalb der kommenden fünf Jahre abnehmen werden, so dass auch für den Zeitraum bis 2015 mit durchschnittlichen, jährlichen Wachstumsraten von 5-10% gerechnet werden muss.

<sup>57</sup> Bezugsgröße für Übersicht 68/69: Produktionsgröße

<sup>58</sup> Als Einstieg in die großflächige globale Bio-Ethanolproduktion gilt die Rede von George W. Bush am 20.1.2004: State of the Union Address

## Übersicht 70: Produktion und Wachstum von Fermentationsprodukten global, in der EU und in Deutschland, 2009

Kategorie	Produkt	Produktion (1.000 Tonnen)			Marktwachstum (%/Jahr)		
		Global	EU	Deutschland	1993-1999	2000-2009	2010-2015
Hefen	Alle Typen	1.902	742	195	2,0	3,3	3-5
Bio-Ethanol	Bio-Ethanol	70.000	5.600	500	0,6	10,8	8-12
Aminosäuren	Lysin	1.300	91	0	9,3	12,2	10-12
	Threonin	200	76	0	36,9	21,8	12-15
	Tryptophan	3	3	0	12,2	12,7	12-15
	MNG	2.000	60	0	3,2	4,8	3-5
	Cystein	1	1	0	-	22,3	20-25
Organische Säuren	Zitronensäure	1.500	315	0	6,2	4,8	3-5
	Itakonsäure	52	0	0	5,1	10,0	8-12
	Glukonsäure	120	70	0	1,5	4,1	3-5
	Milchsäure	550	50	5	4,3	12,3	12-15
	Isoaskorbinsäure	20	9	0	11,4	1,6	3-5
Vitamine	Riboflavin	7	3	3	2,2	7,7	3-5
	B12	0,03	0,02	0	2,1	7,1	3-5
	Vitamin C	130	26	0 (15 <sup>59</sup> )	8,9	4,7	3-5
Polysaccharide	Xanthan	95	27	0	10,8	9,0	8-10
	Gellan/Curdlan/Welan	5	0	0	12,9	3,2	3-5
Karotenoide	Beta-Karotin/ Astaxanthin	0,03	0,1	0	25,8	20,7	8-10
Antibiotika	Penizillin/Cephalosporin/ Streptomyces	140	18	3	5,4	9,8	8-10
Enzyme	Alle Typen	6	2,5	0,5	7,4	6,2	6-8
Hormone	Insulin	0,00011	0,000098	0,000025	2,2	5,9	4-6
Zuckeralkohol	Erythritol	29	4	2	36,9	4,9	3-5
Bio-basierte Polymere	Propandiol/PHA	55	0	0	-	-	?

<sup>59</sup> Keto-gulonsäure

Da der Verbrauch von fast allen diesen Produkten in der EU höher ist als die lokale Produktion, ergeben sich zum Teil substantielle Importbedarfe, vor allem an Bio-Ethanol, Zitronensäure und Lysin. Deutschland importiert, von wenigen Ausnahmen abgesehen, seinen gesamten Bedarf an fermentativ hergestellten Produkten.

**Übersicht 71: Versorgungsbilanz der EU und von Deutschland mit Produkten aus Fermentation, 2009 (1.000 Tonnen)**

Kategorie	Produkt	Saldo Import (-) - Export (+)	
		EU	Deutschland
Hefen	Alle Typen	± 0	- 18
Bio-Ethanol	Bio-Ethanol	-1.000	- 800
Aminosäuren	Lysin	- 259	- 58
	Threonin	+ 2	-9
	Tryptophan	+ 1,3	-0,2
	MNG	+ 6	-6
	Cystein	+ 0,7	-0,2
Organische Säuren	Zitronensäure	- 225	- 68
	Itakonsäure	- 15	-2
	Glukonsäure	+ 7	-6
	Milchsäure	-24	-8
	Isoaskorbinsäure	-5	-2
Vitamine	Riboflavin	+1	+ 2,3
	B12	+0,011	- 0,015
	Vitamin C	-9	-6 (+15) <sup>60</sup>
Polysaccharide	Xanthan	+ 4,4	- 3,4
	Gellan/Curdlan/Welan	- 0,7	- 0,09
Karotenoide	Beta-Karotin/ Astaxanthin	- 0,01	- 0,004
Antibiotika	Penizillin/Cephalosporin/ Streptomyces	-7	-1
Enzyme	Alle Typen	-0,5	-0,1
Hormone	Insulin	± 0	± 0
Zuckeralkohol	Erythritol	- 1,2	+ 2,0
Polymere	Propandiol/PHA	± 0	± 0

### 3.2 Kohlenhydratverwendung einzelner Fermentationsprozesse

Grundsätzlich können für die Herstellung der aufgeführten Fermentationsprodukte alle Arten von Kohlenhydraten verwendet werden. Alle Prozesse sind jedoch soweit auf die Nutzung spezifischer Kohlenhydrate optimiert, dass ein Austausch, beispielsweise entsprechend Verfügbarkeit und Preiswürdigkeit nicht mehr ohne weiteres möglich ist. Ein derart flexibler Einsatz würde in aller Regel zu einer Reduktion der Konversionsraten von Kohlenhydraten und damit zu einem Sinken der Produktionseffizienzen führen. Dies war bisher nicht gewünscht. Konsequenterweise werden als Kohlenhydratquellen nur Saccharose und Glukose genutzt. Aber auch diese beiden Produkte sind nur begrenzt austauschbar. Für manche Produkte ist die Nutzung von reiner Saccharose auch deshalb notwendig, weil in dem nachfolgenden

<sup>60</sup> Ketogulonsäure

Aufreinigungsprozess, eine mit Hydrolysat- oder Melasseverwendung einhergehende Verunreinigung des Fermentationssubstrats nicht hinreichend entfernt werden kann. Umgekehrt ist optimales Hefewachstum auch heute nur mit Melasse als Substrat zu erzielen. Dies liegt daran, dass die mit Melasse zusätzlich mitgeführten Mineralien und sonstiger Stoffe in einem für das Hefewachstum optimalen Verhältnis vorliegen<sup>61</sup>.

## Übersicht 72: Bevorzugte Kohlenhydratquellen nach Fermentationsprodukt

Kategorie	Produkt	Substrat
Hefen	Alle Typen	Melasse, Dicksaft, bis zu 30% Hydrolysat
Bio-Ethanol	Bio-Ethanol	Melasse, Saccharose, Hydrolysat, Getreide
Aminosäuren	Lysin	Saccharose
	Threonin	Saccharose
	Tryptophan	Saccharose
	MNG	Melasse, Saccharose, Hydrolysat
Organische Säuren	Cystein	Hydrolysat
	Zitronensäure	Saccharose, Dicksaft
	Itakonsäure	Hydrolysat
	Glukonsäure	Hydrolysat
	Milchsäure	Saccharose, Hydrolysat
Vitamine	Isoaskorbinsäure	Hydrolysat
	Riboflavin	Saccharose, Hydrolysat
	B12	Hydrolysat
Polysaccharide	Vitamin C/ Keto-gulonsäure	Saccharose
	Xanthan	Hydrolysat
Karotenoide	Gellan/Curdlan/Welan	Hydrolysat
	Beta-Karotin/ Astaxanthin	Hydrolysat
Antibiotika	Penizillin/Cephalosporin/ Streptomyces	Saccharose, Hydrolysat
Enzyme	Alle Typen	Hydrolysat, Saccharose
Hormone	Insulin	Hydrolysat, Saccharose
Zuckeralkohol	Erythritol	Saccharose, Hydrolysat
Polymere	Propandiol/PHA	Hydrolysat

Saccharose und Melasse können sowohl aus Zuckerrohr wie auch aus Zuckerrübe gewonnen werden. Im Einsatz als Substrat für die Fermentation wird zwischen beiden Quellen nicht unterschieden. Stärkehydrolysat, üblicherweise kommerzialisiert als Glucose/Dextrose mit 95% Dextroseanteil, kann sowohl aus Getreide- wie auch aus Knollenstärke hergestellt werden. Von globaler Bedeutung sind Mais- und Weizenstärkehydrolysate; von regionaler Bedeutung Maniokstärkehydrolysat. Anderes

<sup>61</sup> Zur Hefebiotechnologie siehe das fünfbändige Werk: The Yeasts, herausgegeben von Rose A.H. und Harrison J.S. 1993-2007, Academic Press

Getreide wie Reis, Sorghum, Gerste oder Roggen kann zwar ebenfalls zu Stärke verarbeitet werden, wird aber nur in Ausnahmefällen hydrolysiert und in dieser Form nur als Substrat für die Herstellung von Bio-Ethanol verwendet. Ähnliches gilt für Kartoffel und Süßkartoffel. Beide werden zu Stärkeprodukten verarbeitet; diese werden jedoch üblicherweise nicht weiter hydrolysiert; lediglich in manchen Staaten Südostasiens, speziell China wird Süßkartoffelstärkehydrolysat in geringem Umfange für die Bio-Ethanolherstellung verwendet.

Aus den hergestellten Mengen an Fermentationsprodukten und den verwendeten Substraten ergeben sich bei Kenntnis der zugehörigen Kohlenhydratkonversionsraten die Bedarfe an spezifischen Rohmaterialien. Konversionsraten schwanken in Abhängigkeit des jeweiligen Produkts und sind beispielsweise bei Insulin mit 35.000 Tonnen Kohlenhydrate zur Herstellung von 100 kg Insulin ausgesprochen gering und bei MNG, auf Grund der Konversion der fermentativ hergestellten Glutaminsäure in ein Salz, sehr hoch<sup>62</sup>.

### Übersicht 73: Kohlenhydratkonversionsraten von Fermentationsprodukten

Kategorie	Produkt	Kohlenhydratkonversionsrate (%)
Hefen	Alle Typen	67
Bio-Ethanol	Bio-Ethanol	48
Aminosäuren	Lysin	71
	Threonin	45
	Tryptophan	35
	MNG	100
	Cystein	30
Organische Säuren	Zitronensäure	76
	Itakonsäure	63
	Glukonsäure	67
	Milchsäure	85
	Isoaskorbinsäure	68
Vitamine	Riboflavin	15
	B12	5
	Vitamin C	54
Polysaccharide	Xanthan	33
	Gellan/Curdlan/Welan	33
Karotenoide	Beta-Karotin/Astaxanthin	20
Antibiotika	Penizillin/Cephalosporin/ Streptomyces	25
Enzyme	Alle Typen	5
Hormone	Insulin	0,003
Zuckeralkohol	Erythritol	50
Polymere	Propandiol/PHB	65/35

<sup>62</sup> Die zusammengestellten Konversionsraten wurden auf der Grundlage einer Vielzahl von Gesprächen mit Industrievertretern und der Auswertung umfangreicher Literatur zusammengestellt und mit dem Kohlenhydratverbrauch einzelner Werke im Verhältnis zu deren Produktion abgeglichen. Als Konversionsrate wird das Verhältnis der Umsetzung von Kohlenhydraten zu Endprodukt definiert.



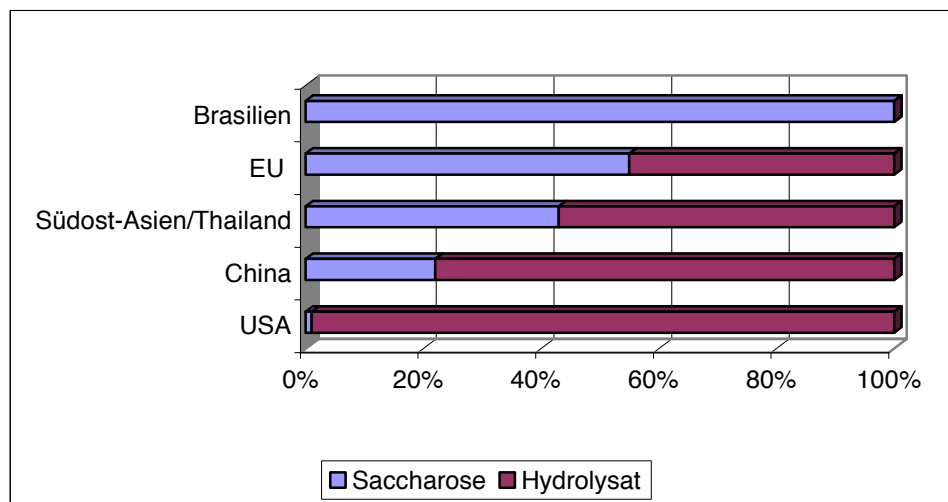
Auf Grund der starken Konzentration der Bio-Ethanolindustrie in Nordamerika und in Brasilien ist der Gesamtkohlenhydratverbrauch in diesen Regionen wesentlich höher als beispielweise in Südost-Asien oder China. Der europäische Verbrauch und insbesondere der deutsche Verbrauch an Kohlenhydraten für die Fermentationsindustrie sind im internationalen Kontext ausgesprochen gering.

## Übersicht 74: Kohlenhydratverbrauch von Fermentationen nach Produkt und Region, 2009 (1.000 Tonnen)

Kategorie	Produkt	Region						
		EU	Nordamerika	Lateinamerika	China	Asien o. China	Gesamt	Deutschland
Hefen	Alle Typen	1.492	895	448	448	298	4.029	300
Bio-Ethanol	Bio-Ethanol	2.688	71.458	46.666	7.292	5.833	145.833	1.042
Aminosäuren	Lysin	128	458	220	641	134	1.831	0
	Threonin	169	120	27	84	44	444	0
	Tryptophan	8	0	0	1	0	9	0
	MNG	60	40	180	900	820	2.000	0
	Cystein	3	0	0	0	0	3	0
Org. Säuren	Zitronensäure	414	375	99	1.026	39	1.974	0
	Itakonsäure	0	16	0	55	9	83	0
	Glukonsäure	104	14	0	61	0	179	0
	Milchsäure	58	226	39	220	103	647	6
	Isoaskorbinsäure	14	9	0	7	0	30	0
Vitamine	Riboflavin	19	0	0	20	7	46	5
	B12	1	0	0	1	0	2	0
	Vitamin C/KGA	48	0	0	180	12	241	28
Polysaccharide	Xanthan	81	66	0	141	0	288	0
	Gellan/Curdlan/Welan	0	6	0	7	2	16	0
Karotenoide	Beta-Karotin/Astaxanthin	1	1	0	0	0	2	0
Antibiotika	Penizillin/Cephalosporin/ Streptomyces	72	44	32	336	1	560	12
Enzyme	Alle Typen	50	24	4	22	14	120	10
Hormone	Insulin	28	0	1	1	0	30	9
Zuckeralkohol	Erythritol	9	40	0	6	3	58	4
Bio-basierte Polymere	Propandiol/PHA	0	104	0	6	0	110	0
<b>Gesamt inkl. Bio-Ethanol</b>		<b>5.447</b>	<b>73.896</b>	<b>47.716</b>	<b>11.455</b>	<b>7.319</b>	<b>158.535</b>	<b>1.416</b>
<b>Gesamt exkl. Bio-Ethanol</b>		<b>2.759</b>	<b>2.438</b>	<b>1.050</b>	<b>4.163</b>	<b>1.486</b>	<b>12.702</b>	<b>374</b>

Insgesamt wird somit der Kohlenhydratverbrauch für industrielle Fermentationszwecke in 2009 auf rund 160 Mio. Tonnen geschätzt. Hiervon entfallen mehr als 90% auf die Bio-Ethanolproduktion. Lateinamerika und die USA dominieren den globalen Verbrauch mit mehr als 75%. Europa hat aktuell einen Anteil am Gesamt-Kohlenhydratverbrauch von 3% und Deutschland von weniger als 1%. Determiniert durch die Struktur der Produktion, sind einzelne Standorte entweder stark Stärkehydrolysat- oder Saccharose-lastig; eine balancierte Verwendungsstruktur ist nur in der EU und in Südost-Asien, resp. Thailand zu finden.

#### Übersicht 75: Regionale Relevanz von Saccharose und Hydrolysat als Fermentationsrohstoff, 2009



## 4 Globale und regionale Verfügbarkeit und Preiswürdigkeit von auf Saccharose basierenden Kohlenhydraten

### 4.1 Struktur und Entwicklung der Produktion

#### 4.1.1 Globale Übersicht und Trend

Saccharose wird über die Extraktion von Zuckerrüben oder Zuckerrohr gewonnen. Die globale Produktion von Zuckerrüben ist seit Jahren rückläufig, diejenige von Zuckerrohr steigt hingegen seit Jahren massiv an. Die Abnahme der Zuckerrübenproduktion ist bedingt durch einen Rückgang der Anbauflächen, die durch eine Steigerung der spezifischen Erträge in den letzten 17 Jahren nicht ausgeglichen werden konnte. Die Extraktionsraten für Rübenzucker auf globaler Ebene schwanken seit Jahren zwischen 14 und 16% ohne einen klaren Trend zu zeigen. Aktuell beträgt die globale, kristalline Rübenzuckerproduktion rund 33 Mio. Tonnen<sup>63</sup>.

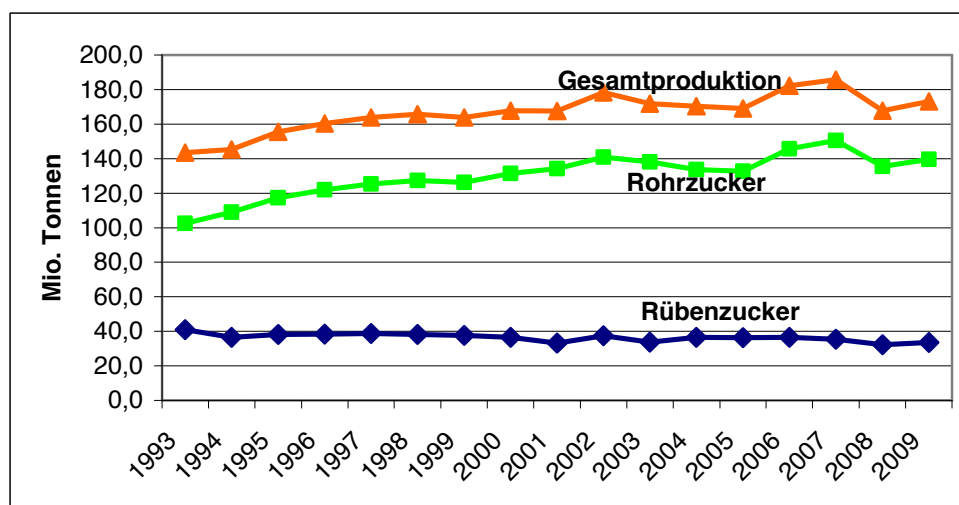
Die Zunahme der Rohrzuckerproduktion resultiert aus einer Flächenausweitung und gleichzeitiger Ertragssteigerung bei paralleler Verbesserung der Extraktionsraten die

<sup>63</sup> Der globale Zuckerrübenanbau und die globale Zuckerproduktion sind vielfältig dokumentiert u. a. durch FAO in FAOstat, F.O. Licht's jährlich erscheinendes Sugar Yearbook und Bartens jährliches Handbuch der Zuckerwirtschaft

aktuell bei 10-15% liegen. Insgesamt wurden 2009 rund 1,7 Mrd. Tonnen Zuckerrohr geerntet, entsprechend einem Saccharoseertrag von mind. 170 Mio. Tonnen.

Die theoretische Gesamtsaccharoseverfügbarkeit betrug also in 2009 rund 200 Mio. Tonnen. Allerdings wurde nicht das gesamte Zuckerrohr aufgearbeitet; ein Teil wurde insbesondere in Brasilien zur Bio-Ethanolherzeugung als Pflanzenhäcksel verwendet. Ein weiterer Teil ist nicht extrahierbar, respektive nicht kristallisierbar und wird in Form von Melasse verwendet. Frei als kristalliner Saccharosezucker oder als Saccharosedicksaft verfügbar, roh oder raffiniert waren in 2009 rund 170 Mio. Tonnen. Dies war deutlich weniger als noch in 2007. Für 2010 wird ein leichter Anstieg der Verfügbarkeit auf ca.175 Mio. Tonnen erwartet.

### Übersicht 76: Entwicklung der globalen Rüben- und Rohrzuckerproduktion<sup>64</sup>



#### 4.1.2 EU und Deutschland

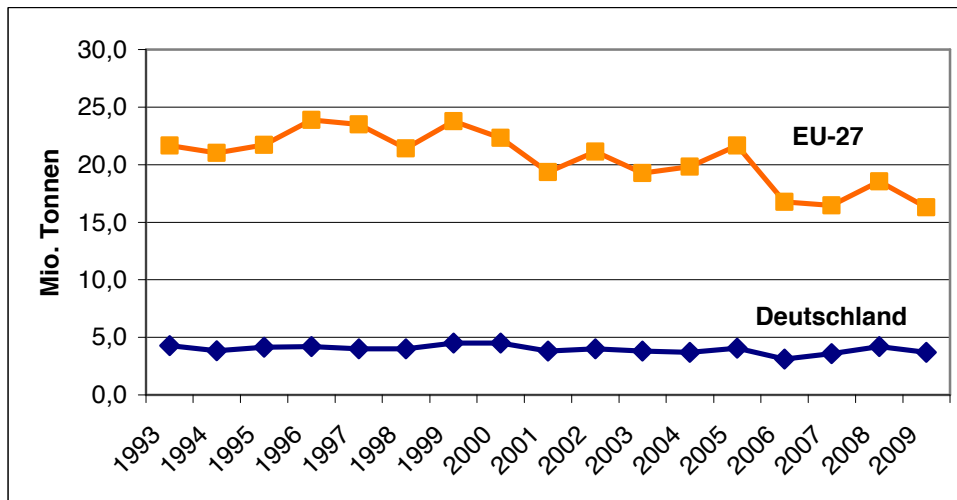
In der EU und auch in Deutschland wird kein Zuckerrohr angebaut und in der Folge stammt die regional und lokal hergestellte Saccharose ausschließlich aus Zuckerrüben. Der Anbau von Zuckerrüben ist über das Kontingentierungssystem der EU reguliert, das jedem Land spezielle Quoten zuordnet. In Abstimmung mit WTO wurden diese Quoten innerhalb der letzten Jahre zurückgefahren und die Gesamtanbaufläche reduziert<sup>65</sup>. Gleichzeitig wurden Rübenerträge kontinuierlich und massiv gesteigert. Diese Steigerungen konnten die Flächenreduzierung auf europäischem Niveau nicht kompensieren, so dass die Rübenzuckerproduktion auf aktuell rund 16 Mio. Tonnen sank. Für Deutschland allerdings ist kein eindeutig negativer

<sup>64</sup> Wie für viele andere globale Produkte auch, gibt es bei Zucker erhebliche Unterschiede der Schätzungen. Diese variieren je nach Land, Jahr und politischer Relevanz der Angaben. Alle Angaben wie z.B. von F.O. Licht oder FAO beruhen auf eingereichten Daten der jeweiligen Länderbehörden. Für die Zuckerproduktion schwanken Produktionsangaben im Bereich von  $\pm 10\%$ . 605 der globalen Zuckerproduktion werden seit Jahren durch vier Länder/Regionen bestimmt. Für 2010 entfiel ein Anteil von 25% auf Brasilien, von 15% auf Indien und von jeweils 9% auf die EU und auf China. Die globalen Exporte sind jedoch zu mehr als 50% durch Brasilien bestimmt.

<sup>65</sup> Zur Zuckermarktreform der EU siehe z.B. Amtsblatt der EU Verordnung 318/2006 des Rates vom 12.2.2006 über die gemeinsame Marktorganisation für Zucker oder Deutscher Bauernverband (o.J.): Reform der Zuckermarktordnung: Fragen und Antworten für die Praxis

Produktionstrend nachweisbar. Die Produktion schwankt zwischen drei und vier Mio. Tonnen pro Jahr.

**Übersicht 77: Entwicklung der Rübenzuckerproduktion in der EU und in Deutschland<sup>66</sup>**



Bis einschließlich 2006 war die EU Nettoexporteur von Zucker und die jeweiligen Überschussmengen schwankten in der Größenordnung von 2-5 Mio. Tonnen. Mit der Reform der Zuckermarktordeung und der Verpflichtung der EU gegenüber der WTO die Zuckerproduktion zu reduzieren und die europäischen Märkte für Importe zu öffnen, wurde die EU zum Nettoimporteuer von Zucker. Aktuelle Importmengen schwanken zwischen 1 – 3 Mio. Tonnen. Import- und Exportmengen Deutschlands gleichen sich seit Jahren fast aus<sup>67</sup>.

**4.1.3 USA**

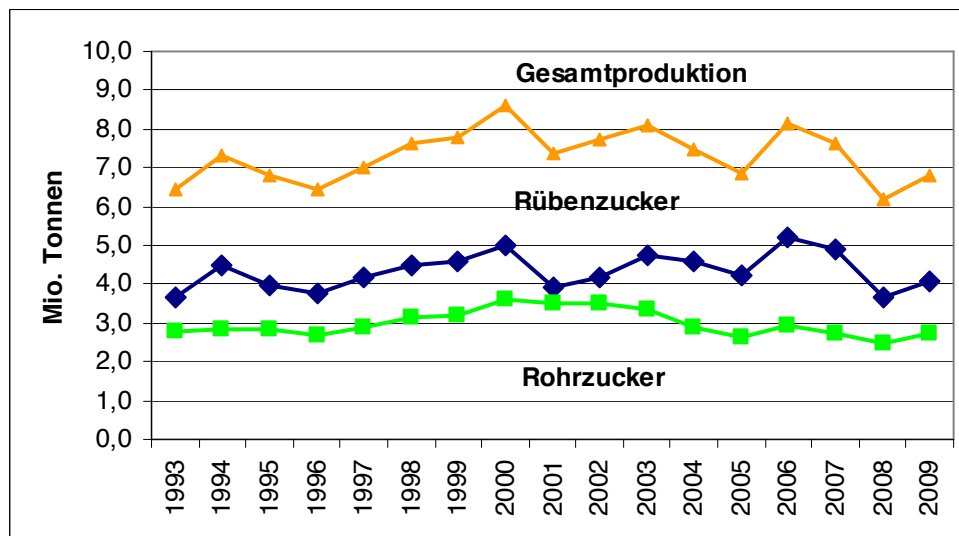
Der Zuckerrübenanbau in den USA ist seit vielen Jahren rückläufig. Steigende Produktivitäten und Erträge bis zu den Jahren 2004/05 konnten die Flächenabnahmen auffangen. Zuckerrübenenerträge zeigen allerdings seit 2006 ebenfalls rückläufige Tendenz so dass seit diesem Zeitpunkt eine deutliche Abnahme der Rübenzuckerproduktion zu erkennen ist. Auch die Fläche unter Zuckerrohr nimmt seit dem Jahr 2000 ab; Erträge zeigen seit 2007 ebenfalls abnehmende Tendenz. Insgesamt liegt die Gesamtzuckerproduktion aktuell bei 6-7 Mio. Tonnen, eine Größenordnung ähnlich derjenigen, die bereits 1993 erzeugt wurde.

<sup>66</sup> Eurostat und FAOstat

<sup>67</sup> FAOstat und Agrarreport International, verschiedene Ausgaben

**Übersicht 78**

**Entwicklung der Rohr- und Rübenzuckerproduktion in den USA<sup>68</sup>**



Trotz des allgemeinen Bevölkerungszuwachses und der Einkommenssteigerung bleibt die Nachfrage nach Konsumzucker in den USA seit Jahren auf mehr oder weniger gleichbleibendem Niveau; das in den USA überwiegend verwendete Süßungsmittel ist Iso-Glukose<sup>69</sup> und nicht Saccharose. Jährliche Nettoimportmengen an Zucker pendeln seit vielen Jahren in der Größenordnung von 2-4 Mio. Tonnen.

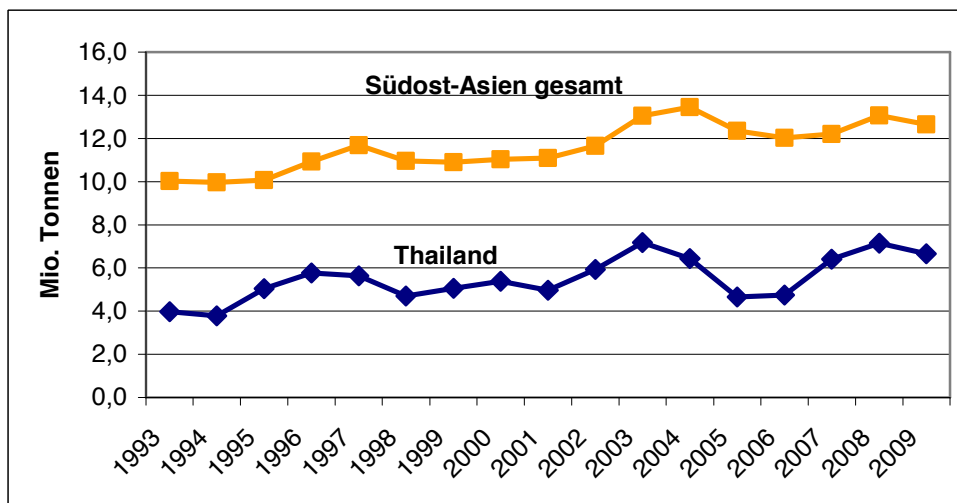
**4.1.4 Thailand und Südost-Asien**

Südost-Asien umfasst die Länder Kambodscha, Indonesien, Laos, Malaysia, Burma, Philippinen, Thailand und Vietnam. Rohrzucker wird in allen diesen Ländern produziert. Seit mehreren Jahren ist Thailand für rund 50% der regionalen Produktion, Indonesien und die Philippinen für zusammen weitere 30% verantwortlich. Stieg bis zum Jahr 2004 die regionale Produktion mehr oder weniger kontinuierlich an, so ist ab diesem Jahr ein oszillierender Trend erkennbar. Seit mehr als 10 Jahren wurde in keinem dieser südostasiatischen Ländern die Zuckerrohrfläche erweitert; Produktionssteigerungen wurden ausschließlich über Ertragssteigerungen, und diese überwiegend in Thailand erwirtschaftet. Seit 2004 sinken jedoch auch in Thailand die durchschnittlichen Flächenerträge, welche sich direkt auf die regionale Produktion auswirken.

<sup>68</sup> USDA: Sugar and Sweetener Yearbook (unterschiedliche Ausgaben)

<sup>69</sup> Iso-Glukose ist äquivalent mit dem Begriff Fructose-Glukose-Sirup. Dieser wird in den USA als High Fructose Corn Syrup (HFCS) aus der Hydrolyse von Maisstärke gewonnen.

**Übersicht 79: Entwicklung der Rohrzuckerproduktion in Thailand und Südost-Asien gesamt<sup>70</sup>**



Mit einer jährlichen Produktion von ca. 12- 13 Mio. Tonnen wird eine wachsende Bevölkerung von aktuell ca. 600 Mio. versorgt. Ähnlich wie in vielen anderen Transitionsländern stieg in Folge zunehmenden Einkommens auch in Südost-Asien der Zuckerkonsum. Mit Ausnahme von Thailand importieren alle Länder Süd-Asiens seit 2007 Zucker.

Thailand's Zucker wird regional gehandelt und von Nachbarländern absorbiert. Die Gesamthandelsbilanz für Zucker in der Region ist mehr oder weniger ausgeglichen. Thailand selbst konnte die Zuckerexporte seit 1993 auf aktuell ca. 5 Mio. Tonnen verdoppeln, entsprechend einer jährlichen Steigerung von ca. 5%. Die exportfähigen Mengen schwanken allerdings seit Jahren erheblich und können wie im Jahr 2006 weniger als 3 Mio. Tonnen betragen oder wie in 2006 auch 5 Mio. Tonnen übersteigen. Mit einem Ertrag von über 70 Tonnen Zuckerrohr pro Hektar und tendenziell schrumpfender Anbaufläche, ist vermutlich die maximale Zuckerproduktion in Thailand erreicht.

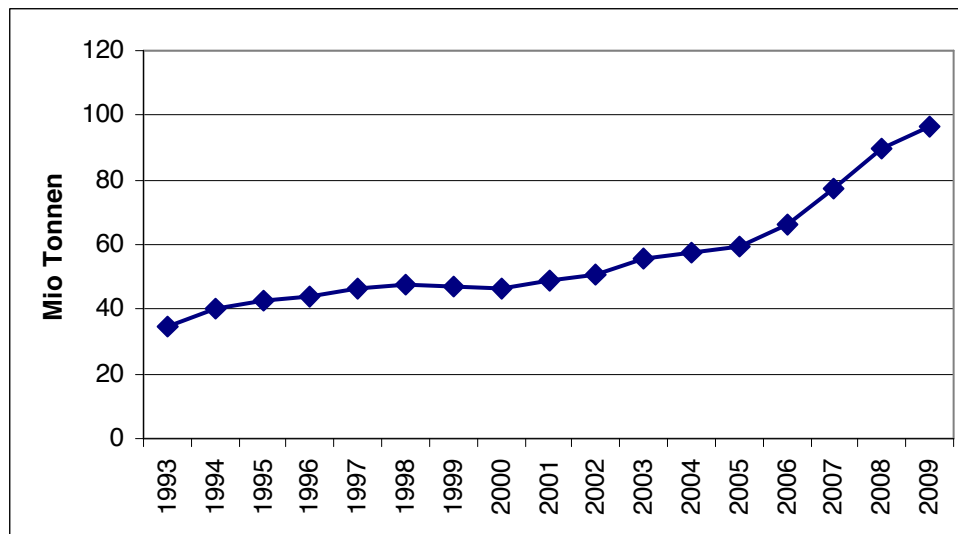
**4.1.5 Brasilien**

Brasilien ist traditionell der weltgrößte Zuckerproduzent und weitete nach einem Produktionsplateau in den Jahren 1996 – 2000, seine Zuckerproduktion, die ausschließlich auf Zuckerrohr beruht, massiv aus. Im Jahr 2009 wurde eine Bruttoernte von knapp 100 Millionen Tonnen Zuckeräquivalente erreichte.

Die starke Ausweitung der Produktion nach dem Jahr 2004 ist sowohl auf eine massive Ausdehnung der Anbaufläche, auf Ertragssteigerungen und auf die Einführung des Systems der Gesamtpflanzennutzung in der Bio-Ethanolindustrie zurückzuführen. Zuckerrohrhäcksel wird hierbei nicht mehr zu kristallinem Zucker oder Dicksaft aufgearbeitet, sondern in seiner Gesamtheit der Fermentation zugeführt; Verluste in der Extraktion werden so vermieden.

<sup>70</sup> FAOstat, Office of the Cane and Sugar Board, Ministry of Industry Thailand: Thailand's Sugar Industry 2007 - 2009

## Übersicht 80: Entwicklung der Rohrzuckerproduktion in Brasilien



Brasilien ist das einzige Land, das über einen Zeitraum von mehr als 15 Jahren seine Netto-Zuckerexporte und gleichzeitig die inländische Nutzung steigern konnte. Allerdings brach nach einem Rekordexport von knapp 20 Mio. Tonnen in 2008 der Export in 2009 auf ca. 10 Mio. Tonnen ein. USDA Schätzungen eines Zuckerexports von über 25 Mio. Tonnen in 2010 werden für wenig realistisch angesehen<sup>71</sup>. Auch die Schätzungen von F.O. Licht mit mehr als 20 Mio. Tonnen Zuckerexport werden als weit zu hoch angesehen<sup>72</sup>.

### 4.1.6 China

China produziert aktuell rund 10 – 11 Millionen Tonnen Zucker, mit einer seit 2008 abnehmenden Tendenz. Der Zuckerrübenanbau war in China nie besonders weit verbreitet und die Rübenzuckerproduktion sank ab 1998 auf das aktuelle Niveau von knapp 2 Millionen Tonnen. Ertragssteigerungen werden zwar kontinuierlich realisiert, Durchschnittserträge liegen aber immer noch bei ca. 40 Tonnen Rüben pro Hektar.

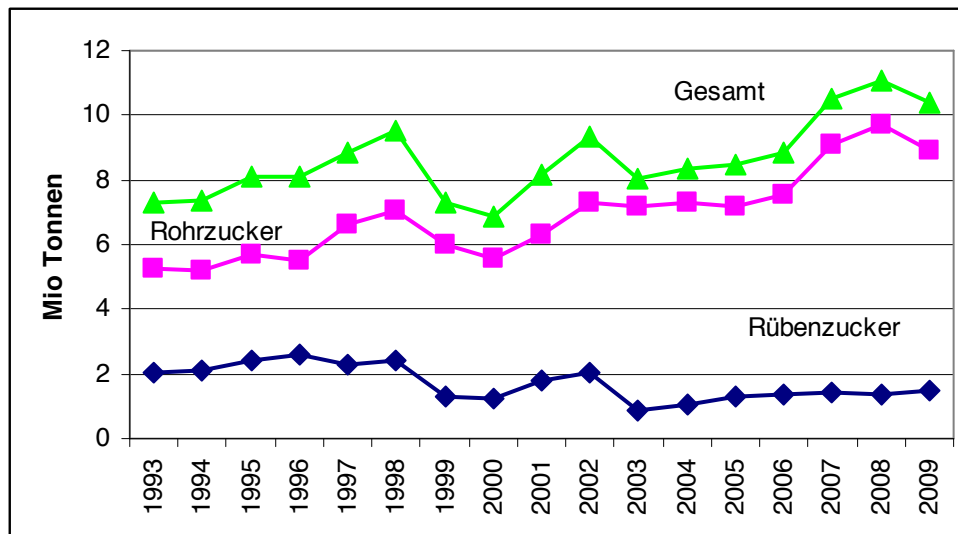
Der Zuckerrohranbau wurde ab Mitte der 1990er Jahre kontinuierlich ausgebaut und die erzielten Ertragssteigerungen sind deutlich konstanter und robuster als bei Zuckerrüben. Die Produktionsabnahme nach 2008 wird durch ein gleichzeitiges Sinken der Erträge und der Anbauflächen hervorgerufen.

<sup>71</sup> USDA 2009: Brazilian sugar cane ethanol production expected higher, exports to drop. In: Ethanol Producer Magazine, June 2009; USDA 2010: Brazil Sugar Annual, FAOstat, Agrarmarkt International, verschiedene Ausgaben; Sugarcane Industry Association: Newsletters (verschiedene Ausgaben) unter <http://english.unica.com.br>

<sup>72</sup> EC Management Committee for the Common Organisation of the Agricultural Markets 2010: Sugar Market Situation



## Übersicht 81: Entwicklung der Rohr- und Rübenzuckerproduktion in China<sup>73</sup>



China importiert seit 1994 Saccharose. Vor 1994 war China Nettoexporteur von Zucker, konnte diese Position jedoch nie wieder erreichen. Die Nettoimporte steigen seit 1994 kontinuierlich an und liegen aktuell bei ca. 1-2 Millionen Tonnen pro Jahr. Die erzielten inländischen Produktionssteigerungen reichten zu keinem Zeitpunkt, um den steigenden inländischen Bedarf zu decken.

In der Summe bedeutet dies, dass die einzigen für die Fermentation relevanten Regionen, die konstant und im größeren Umfang über inländisch erzeugten Saccharose Zucker verfügen, Brasilien, und in eingeschränktem Maße Thailand sind. Die EU könnte aus technischer und agrar-ökologischer Sicht weiterhin Überschüsse erwirtschaften; wird aber aktuell noch durch das vorherrschende Quotensystem daran gehindert<sup>74</sup>. Eine Ausnahme bildet der Quotenfreie Zucker der über Dicksaft zur Verfügung steht.

### 4.2 Struktur und Entwicklung der Nachfrage

Auch wenn der globale Produktionstrend klar positiv ist, so wurde in den Jahren 1993 – 2000 pro Jahr lediglich eine Produktionssteigerung von 1,7% und von 2000 – 2009 von 2,5% erzielt.

Die jährliche Nachfrageänderung nach Zucker ist gemäß der allgemeinen Ohkawa-Gleichung<sup>75</sup> bestimmt durch das Bevölkerungswachstum, die Steigerung des verfügbaren Einkommens und der Einkommenselastizität von Zucker, in die neben Einkommensabhängige Faktoren auch mandatorische einfließen können, wie z.B. Vorschriften zur Beimischung von Ethanol in Kraftstoff.

<sup>73</sup> FAOStat

<sup>74</sup> Wie unter 4.1.2 dargestellt, betrug die Rübenzuckerproduktion vor der Reform der Zuckermarktordnung in der EU-27 bereits knapp 25 Mio. Tonnen. Dieses Niveau ist aus agrartechnischer Sicht ohne weiteres dauerhaft erreichbar.

<sup>75</sup>  $\Delta$  Nachfrageänderung (%) =  $\Delta$  Bevölkerungswachstum (%) +  $\Delta$  Einkommenswachstum (%) x Einkommenselastizität ( $\eta$ ). Zum Grundprinzip der Nachfragefunktionen siehe: Hanssens D.M. et al. 1990: Market Response Models: Econometric and Time Series Analysis. Kluwer Academic Publishers

- Bis zum Jahr 2000 stieg die globale Nachfrage nach Zucker um deutlich weniger als 2% pro Jahr und ermöglichte so den Aufbau von Lagerbeständen. Die Nachfrageentwicklung wurde bestimmt durch ein Bevölkerungswachstum von 1,4%<sup>76</sup>, einer durchschnittlichen globalen Einkommenssteigerung von 1,8%<sup>77</sup> pro Jahr und einer Einkommenselastizität von ca. 0,15.

Jährliche Nachfrageänderung für die Jahre bis 2000:  $1,7\% = 1,4\% + (1,8 \times 0,15)$

- Für die Jahre ab 2000 stieg die Nachfrage, insbesondere ab 2004 sprunghaft an. Dies erklärt sich besonderes aus einem deutlich gestiegenen Einkommenszuwachs und aus der Einführung von Beimischungsquoten für Bio-Ethanol, der in vielen Ländern aus Zucker hergestellt wird<sup>78</sup>.

Jährliche Nachfrageänderung für die Jahre ab 2000:  $2,5\% = 1,3 + (6,2 \times 0,2)$

Bevölkerungswachstum und Einkommensentwicklungen verlaufen jedoch in den betrachteten Regionen nicht gleichmäßig.

- Das Bevölkerungswachstum ist nach wie vor hoch in Südost-Asien und in Brasilien; niedrig in der EU und in Deutschland.
- Einkommenszuwächse in den vergangenen Jahren waren massiv in China und in anderen Staaten Südost-Asiens; gering in der EU und in Deutschland.
- Da nach Erreichen eines bestimmten Einkommensniveaus auch die Elastizität für Konsumzucker abnimmt und die Konversion von Zucker in Bio-Ethanol nicht dominant ist, sinkt die Nachfrage nach Zucker in der EU und in Deutschland.
- In Lateinamerika und in Asien ist der Zuckerkonsum immer noch stark an steigende Einkommen gekoppelt und wird über die Ausweitung von Zuckerbasierenden Bio-Ethanolprogrammen noch verstärkt.

**Übersicht 82: Abgeleitete Nachfrageentwicklung nach Saccharose in für die Fermentationsindustrie relevanten Regionen und Ländern (2000 – 2009)**

Region	Jährliches Wachstum (%)		Einkommenselastizität	Jährliche Nachfragesteigerung 2000 – 2009 (%)
	Bevölkerung	Einkommen		
EU	0,3	1,7	-0,35	-0,3
China	0,7	13,5	0,4	5,6
Südost-Asien	1,6	10,8	0,1	2,8
Thailand	1,2	4,3	1,4	7,1
USA	1,0	3,5	-0,4	-0,95
Brasilien	1,1	4,2	1,4	6,8
Deutschland	0,0	2,9	-0,03	-0,1

<sup>76</sup> Alle Bevölkerungsrelevanten Daten sind der UN Datenbank UN data, population growth rate [www.data.un.org](http://www.data.un.org) entnommen.

<sup>77</sup> Alle Daten zu Einkommenszuwächsen sind der Weltbank Datenbank auf [www.data.worldbank.org/indicator](http://www.data.worldbank.org/indicator) entnommen

<sup>78</sup> Aus dieser Relation lässt sich jedoch nicht zwingend eine gegenseitige Beeinflussung von Preisen ableiten.

Einkommenselastizitäten in der EU, in Deutschland und in Nordamerika sind deutlich negativ. Hingegen sind in Ländern mit massiven, Zuckerbasierenden Bio-Ethanolprogrammen wie Thailand und Brasilien die Elastizitätswerte entsprechend hoch.

### 4.3 Entwicklung von Lagerbeständen und Preisen

#### 4.3.1 Lagerbestände

Auf Grund der hohen Nachfrage seit Anfang des Jahrtausends, werden nicht mehr, so wie vorher üblich hohe Zuckerbestände aus den jährlichen Produktionen auf Lager gelegt; Jahre mit hohen Überschüssen wurden die Ausnahme.

#### Übersicht 83: Jährliche Lagerzu- oder -entnahmen an Zucker (Mio. Tonnen)<sup>79</sup>

Jahr	Lagerzu- (+), und -entnahmen (-) (Mio. Tonnen), pro Jahr	Kumulativ
1998	+5	5
1999	+1	6
2000	0	6
2001	+1	7
2002	+8	15
2003	-2	13
2004	-5	8
2005	0	8
2006	+10	18
2007	+9	27
2008	-10	17
2009	-8	9

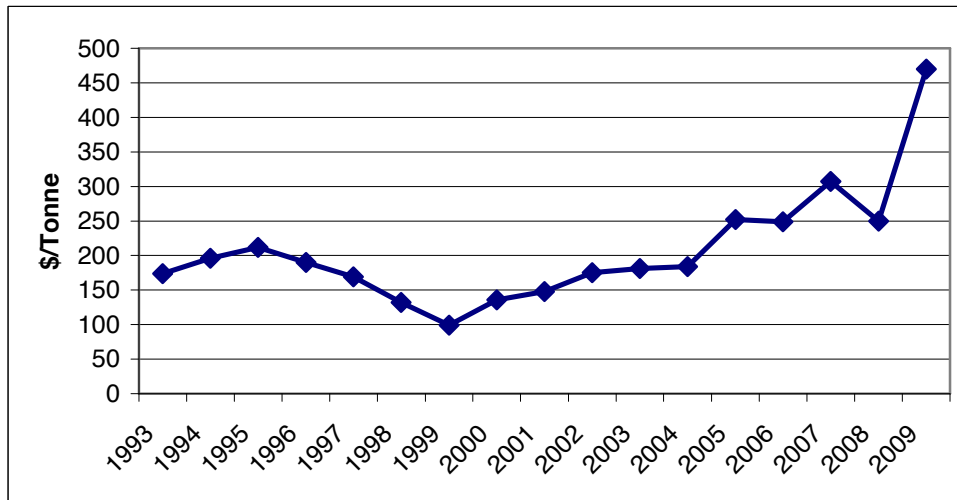
#### 4.3.2 Preise und Notierungen<sup>80</sup>

Da nicht zu erwarten ist, dass zukünftig stärkere Produktionssteigerungen erzielt werden als in den vergangenen Jahren und keinerlei Anzeichen erkennbar sind, dass der globale Konsum sinkt, steigen konsequenterweise die Zuckernotierungen. Waren diese in den 1990er Jahren noch in der Größenordnung von unter USD 200/Tonne, so stiegen diese bis 2009 auf rund USD 360/t, zuzüglich Transport, Verpackung und Logistik. Nach massiven Fluktuationen zu Beginn des Jahres 2010 setzt sich die Preisentwicklung fort. Der Preistrend wird als signifikant angesehen. Im Oktober 2010 wurden für Weißzucker über USD 550/t zuzüglich Transport, Absackkosten, etc. quotiert.

<sup>79</sup> Zusammengestellt nach Angaben der ISO (International Sugar Organisation), Statistical Bulletin und Quarterly Market Outlook, verschiedene Ausgaben. Die Angaben zu den jeweiligen Jahressalden schwanken je nach Quelle erheblich. In der Folge gibt es sehr unterschiedliche Meinungen über die aktuellen Zuckerlagerbestände. Nach Bartens (Zuckerwirtschaft 2010) betragen die Lagerbestände rund 76 Mio. Tonnen; USDA schätzte schon 2005 in seinem Attaché Report World Sugar Situation die Bestände auf 30-40 Mio. Tonnen und die Indian Sugar Mills Association ([www.indiansugar.com](http://www.indiansugar.com)) auf ca. 53 Mio. Tonnen in 2010.

<sup>80</sup> Alle in diesem Kapitel aufgeführten Preise verstehen sich fob Brasilien.

## Übersicht 84: Entwicklung der globalen (Konsum-) Zuckerpreise



Diese Preisentwicklung hat globale Auswirkungen auf alle Zuckerregime, unter anderem auch auf dasjenige der EU.

### 4.4 Auswirkungen der globalen Zuckerpreisentwicklung auf die Zuckerverfügbarkeit in der EU und in Deutschland

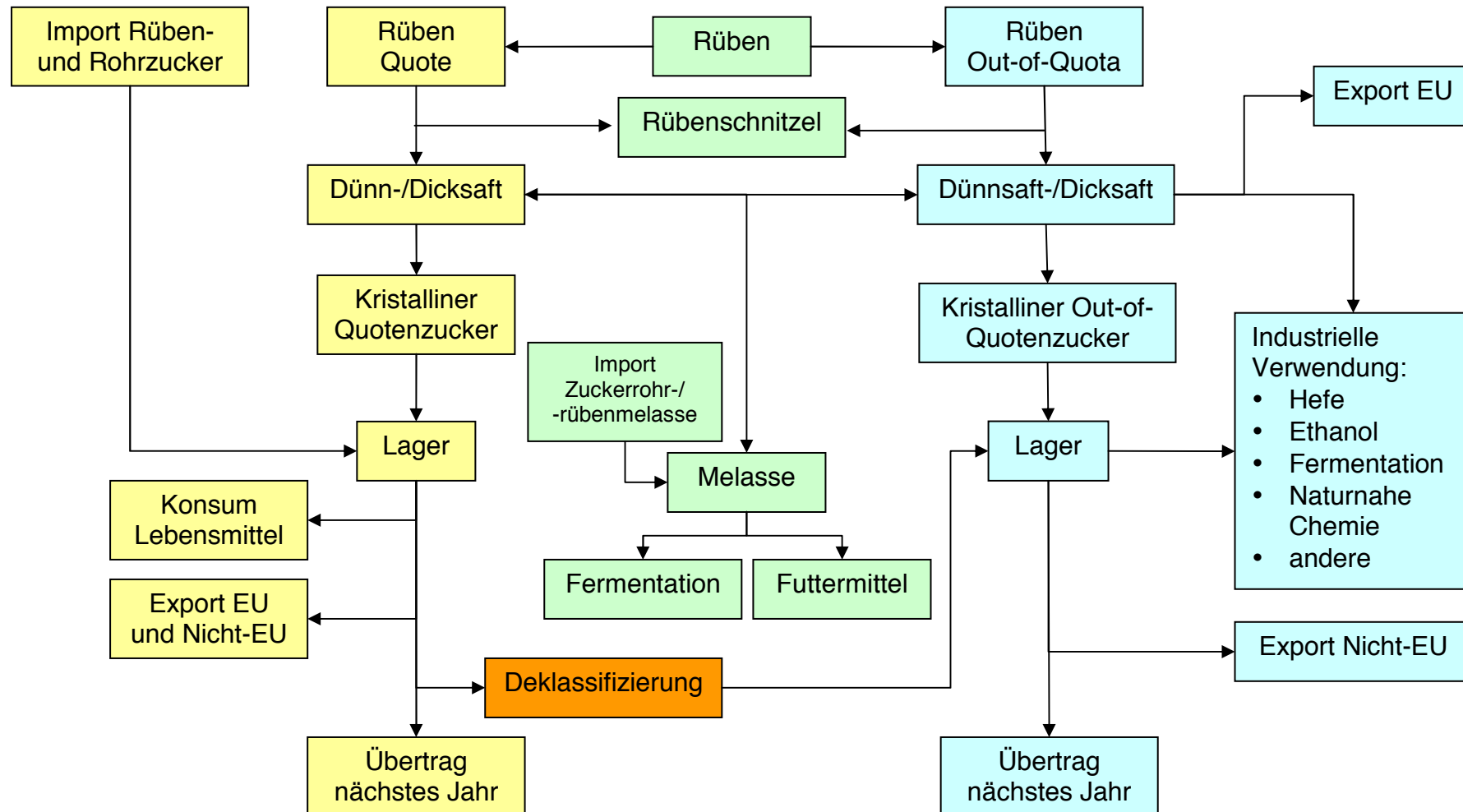
#### 4.4.1 Grundlegende Mechanismen der Zuckermarktordnung<sup>81</sup>

Die Weißzuckerproduktion in der EU ist kontingentiert und wird über die Zuweisung von Produktionsquoten nach Ländern geregelt. Auf der Basis dieser Quoten wird von den Zuckerfabriken der hierfür nötige Anbau an Zuckerrüben geschätzt und die entsprechende Fläche von den Landwirten kontraktiert. Die Aufarbeitung von Rüben- zu Weißzucker erfolgt seit vielen Jahren über den gleichen Prozess, der als erste Zwischenstufe Rübendünnsaft und Rübenschnitzel als Nebenprodukt und durch Wasserentzug Rübendicksaft erzeugt. Eine Aufreinigung des Rübendicksaftes und Kristallisation führt zu Quotenfähigem Kristallzucker und zur Rübenmelasse. Quotierter Kristallzucker ist der menschlichen Ernährung vorbehalten und Rübenmelasse zuzüglich zur importierter Rüben- und Rohrzuckermelasse wird in der Tierernährung oder als Substrat für die Hefe- und MNG Fermentation<sup>82</sup> verwendet. Werden auf Grund sehr günstiger Witterungsbedingungen mehr Rüben geerntet und/oder eine höhere Extraktionsrate erzielt, so wird mehr Zucker als durch die Quote erlaubt, erzeugt. Dieser kann bei abnehmendem Konsum nicht als Lebensmittel verkauft werden. Der Überschusszucker wird dann gelagert, zum Ausgleich für Folgejahre mit geringerer Weißzuckerproduktion verwendet, innerhalb den zugewiesenen Kontingenten exportiert oder nach einer Deklassifizierung einer industriellen Verwendung zugeführt. Nicht quotiert, somit nicht erfasst und frei verwendbar, ist der außerhalb der Quote erzeugte Zucker in kristalliner Form oder auch als Dicksaft.

<sup>81</sup> ECOSYS GmbH 2009: Stoffliche Verwertung von Kohlenhydraten in der Bundesrepublik Deutschland. Studie angefertigt im Auftrag des BMLEV und koordiniert durch die FNR

<sup>82</sup> Die im Herbst 2010 von DSM veräußerte Zitronensäurefabrik in Tienen/Belgien war bis zu ihrer Aufgabe die noch einig verblieben Anlage, die Zitronensäure ausschließlich auf der Basis von Melasse produzierte.

## Übersicht 85: System der Zuckerproduktion und Verwendung in der EU



#### 4.4.2 Konsequenzen für die Flexibilität des Zuckermarktes in der EU und in Deutschland

Da sich seit 2007/08 die global notierten Weltmarktpreise für Zucker an den EU Referenzpreis von aktuell € 404/t annähern und temporär sogar überstiegen, wird eine Umwidmung von Lebensmittel- auf Industriezucker ohne erhebliche negative finanz- und betriebswirtschaftliche Folgen für Zuckerfabriken möglich und kann durch eine Anpassung der aktuellen Marktordnung oder deren Abschaffung unterstützt werden.

#### Übersicht 86: Entwicklung der Notierungen für Zucker, produziert innerhalb und außerhalb der EU, 2007-2010 (€/Tonne)<sup>83</sup>

Zuckerart	Notierungsort	2007	2008	2009	2010 (1-7)
Weißzucker	EU-27 Referenzpreis	632	542	404	404
	EU-27 durchschnittlicher Preis	600	550	470	470
	Globale Zuckerpreisnotierung	224	250	350	450
Industriezucker	EU-27 durchschnittlicher Produzentenpreis	275	280	300	340
	Globale Notierung	224	250	350	450

Setzt sich dieser Trend fort, und bis Ende 2010 war nicht zu erkennen, dass dem nicht so ist, so können sich folgende Auswirkungen auf das europäische und globale Zuckermarktsystem ergeben:

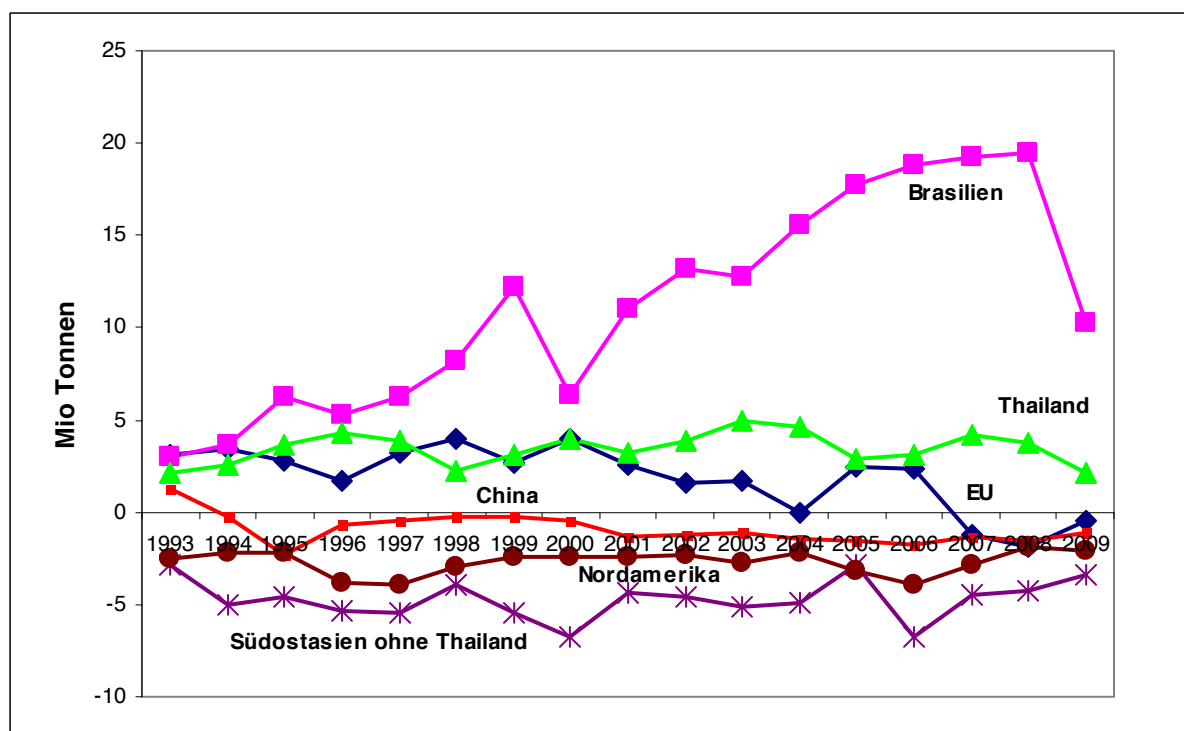
- Da sich Preise für Zucker der innerhalb der Quote erzeugt wird und diejenigen für Zucker der außerhalb der Quote erzeugt wird, annähern, werden Produktionsbeschränkungen redundant, da die entscheidenden Gründe für das Quotensystem, das Anrecht auf die Erstattung des Differenzbetrages zwischen internationalem und Interventionspreis, sowie die Behinderung von preisgünstigeren Importen aus Nicht-EU Ländern, entfällt. Einer nicht durch die EU geregelten Mengenausdehnung (Anbau außerhalb der Quote) in Deutschland oder auch in anderen EU Ländern steht damit im Prinzip nichts im Wege.
- War bisher ein Export von Zucker aus der EU in den Weltmarkt ohne finanzielle Unterstützung (Exportersatzung) durch die EU nicht möglich, so können bei Preisannäherung Exporte ohne Unterstützung realisiert werden. Steigt der Weltmarktpreis weiter und ggf. dauerhaft über den EU Interventionspreis, so können durch Exporte zusätzlich Gewinne abgeschöpft werden. In 2010 wurden daher bereits erste Exporte von rund 1 Mio. Tonnen Weißzucker unterstützungsfrei und profitabel realisiert. Exporte von Zucker der außerhalb der Quote erzeugt wurde, war bisher auch möglich; jedoch durch die Preisdifferenzen wenig profitabel. Da sich dies jetzt ändert wird der Rübenanbau außerhalb der Quote u.a. auch für Exportzwecke attraktiv.

<sup>83</sup> LMC International: Sweetener Analysis, November 2010; EC Management Committee for the Common Organisation of the Agricultural Markets 2010: Sugar Price Reporting

- Der bisher schon mögliche, allerdings im Umfang begrenzte Import von Zucker kann im Grundsatz weiter ausgedehnt werden, da der Hauptgrund für Importbeschränkungen, Preisdifferenzen zu Ungunsten des europäischen Systems entfällt. Allerdings entfällt durch die Preisannäherung ein wesentlicher Anreiz für nicht EU Zuckerproduzenten in die EU zu liefern. Importe in die EU sind relativ gering. Die EU Zuckerbilanz ändert sich und Zuckerlager leeren sich bereits jetzt<sup>84</sup>.

Da bei dem aktuellen und zukünftig zu erwartenden Weißzuckerpreis der Rübenanbau in der EU und auch in Deutschland, gegenüber jeder anderen möglichen Kultur wie z.B. Winterweizen oder Raps hoch wettbewerbsfähig ist<sup>85</sup>, kann davon ausgegangen werden, dass der Zuckerrübenanbau und damit die Zuckerproduktion nicht weiter dem erzwungenen Trend der Reduktion folgt, sondern (außerhalb der Quote) wieder ausgedehnt wird, sofern ausreichend Verarbeitungskapazitäten verfügbar sind. Dies betrifft besonders Dicksaft, dessen Herstellung technisch weniger aufwendig als diejenige von Weißzucker ist und überdies in vielen industriellen, respektiven fermentativen Anwendungen eingesetzt werden kann.

#### Übersicht 87: Entwicklung der Netto-Zuckerexporte ausgewählter und für die Fermentationsindustrie wichtiger Länder



<sup>84</sup> Die Brisanz dieser Entwicklung wird seit Herbst 2010 auch international thematisiert und LMC widmete diesem Thema in der Novemberausgabe der Sweetener Analysis einen Hauptbeitrag: The changing EU sugar market.

<sup>85</sup> Siehe z.B.: Timm Georg 2008: Zukünftige regionale Wettbewerbsfähigkeit des Zuckerrübenanbaus und Entwicklungsperspektiven ausgewählter Rübenanbaubetriebe an Standorten Norddeutschlands und Osteuropas. Dissertation, Universität Göttingen

### 4.4.3 Konsequenzen für Fermentationsstandorte

Geht man somit davon aus, dass sich die Preisdifferenzen für Zucker zwischen den unterschiedlichen Regionen mehr oder weniger nivellieren, so ist für die Wahl von Standorten, an denen Fermentationsanlagen für die Herstellung von Zuckerbasierenden Produkten errichtet werden sollen, die langfristige und reichhaltige Verfügbarkeit von Saccharose ausschlaggebend.

Nach aktueller Darstellung und unter der Prämisse, dass sich die politisch motivierten Beschränkungen der Zuckerproduktion in der EU über den globalen Preisanstieg aufheben, sind dies im Prinzip die Regionen Brasilien, Thailand und EU, und innerhalb der EU auch Deutschland<sup>86</sup>. Die USA und auch China werden nicht als attraktive Standorte für Saccharose-basierende Fermentationen angesehen.

- In der EU steigt die Nachfrage nach Konsumzucker nicht mehr; in vielen Ländern und auch in Deutschland nimmt diese sogar ab; Ertragssteigerungen bei Zuckerrüben halten aber immer noch an. Bio-Ethanolproduktionen sind in vielen EU Ländern so flexibel gestaltet, dass sowohl Zucker wie auch Stärkehydrolysat verwendet werden können. Flächen, die im Zuge der Zuckermarktreform aus der Zuckerrübenproduktion genommen wurden, können im Prinzip wieder vollständig in die Produktion zurückgeführt werden, sofern der finanzielle Anreiz entsprechend hoch und die Beschränkungen der Zuckeraufarbeitung aufgehoben werden. Für diesen Fall ergeben sich in der EU nachhaltige, zusätzliche Mengentpotentiale von mindestens 3-5 Mio. Tonnen Zucker pro Jahr.
- In Deutschland wurde eine Reduktion der Anbauflächen über Ertragssteigerungen aufgefangen, so dass die Produktion über Jahre annähernd gleich blieb. Wären keine Flächen ausgeschieden, so könnte aktuell ein Zuckerüberschuss von jährlich mehr als 2 Mio. Tonnen erzeugt werden, die ohne weiteres und dauerhaft der fermentativen Verwendung zur Verfügung gestellt werden könnten.
- Der Produktionsüberschuss in Brasilien ist so hoch, dass auch bei weiter überproportional steigendem lokalem Zuckerverbrauch, die Versorgung einer lokalen Fermentationsindustrie mit Zucker als gesichert angesehen werden kann.
- Verbrauchsparameter für Thailand lassen jedoch erkennen, dass die lokale Produktion in Zukunft eher abnimmt; dafür der Verbrauch deutlich steigen wird. Besonders die Ausdehnung der Bio-Ethanolindustrie auf Zuckerbasis (s. Kapitel 7) führt zum Schluss, dass innerhalb weniger Jahre Zuckerüberschüsse in Thailand aufgebraucht sein werden.

Somit kommen, aus der Perspektive der nachhaltigen Saccharoseverfügbarkeit auf absehbare Zeit lediglich Brasilien und die EU, und innerhalb der EU besonders Deutschland als Standorte für Saccharose-basierende Fermentationssysteme in Frage.

<sup>86</sup> Eine Liberalisierung des Zuckermarktes würde außerdem ein Wachstum der Verwendung von Iso-Glucose im Nahrungsmittelbereich ermöglichen, das wiederum zusätzliche Zuckermengen für Industrieanwendungen freisetzen könnte.



## 4.5 Globale und regionale Verfügbarkeit von Melasse

Melasse ist ein Nebenprodukt der Zuckerverarbeitung. Die globale Produktion ist somit eine Funktion des Zuckerrüben- und Zuckerrohranbaus. 3-4% der jeweiligen Erntemengen werden als Nebenstrom der Aufarbeitung in Form von Melasse hergestellt. Dies gilt jedoch nur dann, wenn tatsächlich Saccharose extrahiert und nicht, wie in der brasilianischen Bio-Ethanolindustrie zunehmend üblich, gehäckseltes Zuckerrohr verwendet wird. Die aktuelle globale Produktion an Melasse wird auf rund 50 Millionen Tonnen geschätzt. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen ist Melasse in der Fermentationsindustrie nur noch begrenzt im Einsatz<sup>87</sup>:

- Die unterschiedliche Komposition der Melasse behindert die Optimierung des Gesamtsubstrats und der Nährstoffversorgung.
- Optimierte Mikroorganismen benötigen hochreine Nährmedien um die angestrebten Raum-/Zeitausbeuten zu gewährleisten.
- Durch die mit Melasse in das Fermentationssubstrat eingetragenen Verunreinigungen wird die Aufarbeitung der Fermentationsbrühe behindert; dies umso mehr, je reiner das herzustellende Endprodukt sein muss.
- Melasse ist ein ausgesprochen nachgefragtes Bindemittel für die Herstellung von Futtermittelpellets; die Nachfrage für diese Anwendung in Verbindung mit dem notierten Zuckerpreis treibt Melassepreise parallel zu Zucker; eine kostengünstige Alternative zu Zucker ist Melasse, auf der Basis von Zuckeräquivalenten gerechnet, nicht mehr.

Kein Fermentationsprozess ist essentiell abhängig von Melasse. Allerdings ist die Biomasseproduktion von Hefe bei Melassefütterung erheblich höher als bei jedem anderen Substrat. In der Folge wird Melasse aktuell fast nur noch in der Hefeproduktion und in der auf Hefe basierenden Bio-Ethanolherstellung in einer Höhe von global weniger als 20 Millionen Tonnen verwendet. In fast allen Ländern mit signifikanter Bio-Ethanolproduktion wurden die Herstellungsverfahren aus den angeführten technischen und ökonomischen Gründen entweder auf Zucker oder auf Hydrolysat umgestellt. In der EU ist die Hefeindustrie seit Jahren mit Versorgungsschwierigkeiten von preisangepasster Melasse konfrontiert. Die innereuropäische Melasseproduktion reicht schon seit Jahren nicht mehr aus, die Nachfrage zu befriedigen und wird über Rübendicksaft ergänzt.

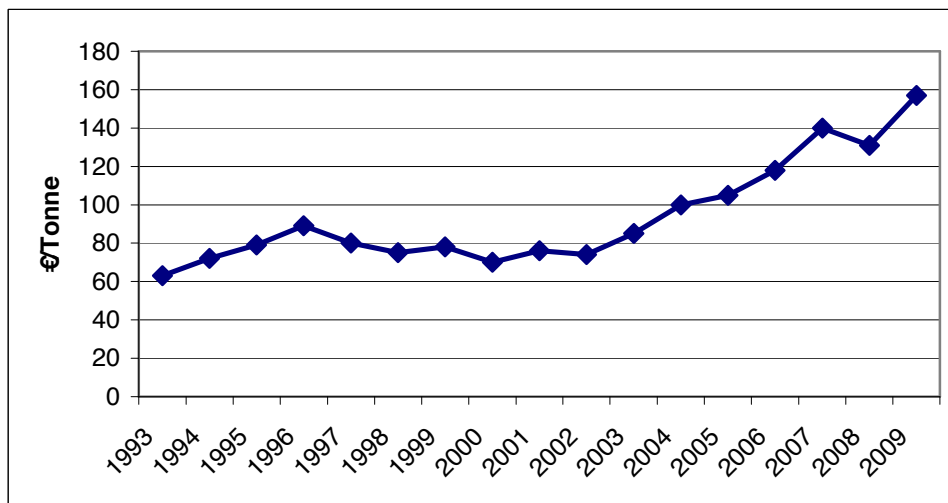
War Melasse bis 2006 für deutlich unter € 100 pro Tonne erhältlich, so stieg dieser Preis im Frühjahr 2010 auf knapp € 180/t. Dieser entspricht einem Zuckeräquivalenzpreis von über €400/Tonne<sup>88</sup>.

---

<sup>87</sup> Persönliche Mitteilung von Ajinomoto, DSM, Tate & Lyle, Cheil und ADM

<sup>88</sup> Zusammengestellt auf der Basis der F.O. Licht's World Molasses and Feed Ingredient Report (erscheint mehrmals jährlich, verschiedene Ausgaben)

## Übersicht 88: Entwicklung der globalen Melassepreise



In der Konsequenz bedeutet dies, dass Melasse als Fermentationsrohstoff am Standort EU oder Deutschland keine entscheidende Rolle spielt und auch für den Ausbau der Fermentationsindustrie in Zukunft keine Rolle spielen wird.

## 5 Globale und regionale Verfügbarkeit sowie Preiswürdigkeit von auf Mais, Weizen und Maniok basierenden Kohlenhydraten

Grundsätzlich können Stärkehydrolysate und somit Substrate für die Fermentationsindustrie aus allen stärkehaltigen Getreidearten und Knollenfrüchten gewonnen werden. Industriell zu Stärke und Stärkehydrolysat aufgearbeitet werden aktuell lediglich Mais, Weizen und Maniok. In Ausnahmefällen werden Gerste, Roggen Triticale und Süßkartoffeln zur Bio-Ethanolherstellung verwendet. Der Hauptgrund für die Konzentration der Stärkeindustrie auf Mais, Weizen und Maniok zur Herstellung von Hydrolysat sind die hohen, extrahierbaren Gehalte an Stärke, der Anfall von Wertgebenden Nebenprodukten sowie hohe Flächenerträge im Falle von Maniok<sup>89</sup>.

### 5.1 Struktur und Entwicklung der Produktion von Mais und Weizen

#### 5.1.1 Globaler Überblick und Trend

Die globale Weizenproduktion entwickelte sich von 564 Mio. Tonnen in 1993 auf rund 682 Mio. Tonnen im Jahr 2009. Dies entspricht einer jährlichen Steigerung über die vergangenen 17 Jahre von wenig mehr als 1%<sup>90</sup>:

<sup>89</sup> Insbesondere Süßkartoffeln bieten grundsätzlich ein noch nicht genutztes, ähnliches Stärkepotential wie Maniok. Die Stärkegehalte sind nicht wesentlich niedriger als bei Maniok und können vermutlich bei geeigneter Züchtung deutlich gesteigert werden. Darüber hinaus enthält Süßkartoffel keine Bläusäurehaltigen Verbindungen, so dass auch Nebenprodukte der Stärkeextraktion Verwendung finden könnten.

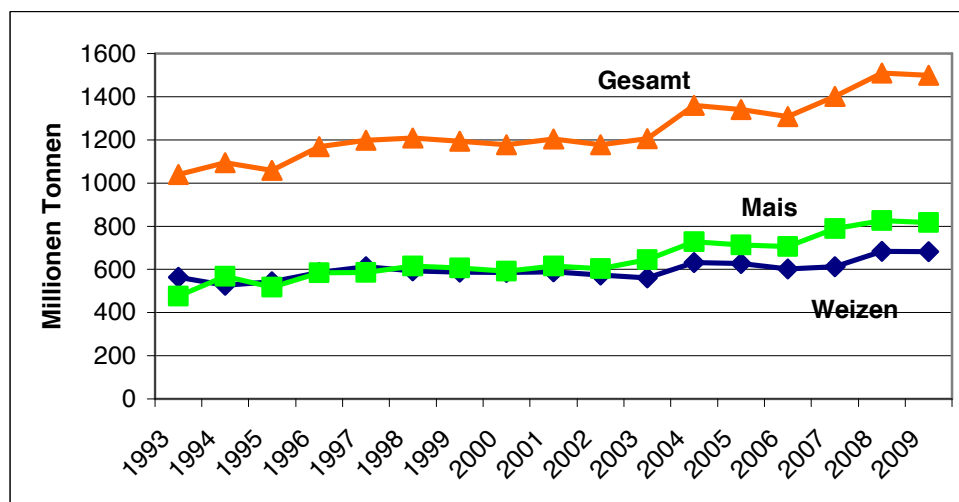
<sup>90</sup> Ähnlich wie für Zucker schwanken Getreideproduktionszahlen je nach Quelle erheblich. Die in den üblichen Statistiken (z.B. FAO) zusammengefassten Daten basieren auf offiziellen Länderangaben. In diesem Report wird auf die Marktberichte von Toepfer International zurückgegriffen und mit den Angaben von Agrarreport International abgeglichen.

- In den Jahren 1993 bis 2000 fluktuierte die Weizenproduktion in einem Korridor von 530 bis 600 Mio. Tonnen und klare Steigerungsraten waren nicht erkennbar.
- Lediglich die Jahre 2008 und 2009 erbrachten eine Produktion von knapp über 680 Mio. Tonnen<sup>91</sup>.
- Wertet man diese beiden Jahre als außergewöhnlich und betrachtet die Produktionsentwicklung von 1993 bis 2007 so sind kaum statistisch absicherbare Steigerungsraten der globalen Weizenproduktion erkennbar.
- Zuwächse, sofern vorhanden, sind im Wesentlichen auf Ertragssteigerungen und nur in ganz wenigen Ländern und Regionen auf marginale Flächenausdehnungen zurückzuführen.
- Für 2010 wird ein weiteres Sinken der globalen Ernte auf unter 640 Mio. Tonnen erwartet.

Für Mais hingegen ist ein klarer Trend erkennbar:

- Lag die globale Produktion in 1993 mit 476 Mio. Tonnen noch deutlich unter Weizen, so stieg diese kontinuierlich auf aktuell über 810 Mio. Tonnen an<sup>92</sup>.
- Im Unterschied zur Entwicklung der Weizenproduktion gibt es in den vergangenen 17 Jahren kaum größere Produktionseinbrüche und die durchschnittlichen Zuwachsraten lagen bei rund 3% pro Jahr.
- Produktionszuwächse wurden über die Ausweitung der Fläche und über konstante Ertragssteigerungsraten erzielt. Länder die in den 1990er Jahren im Maisanbau noch nicht besonders aktiv waren, wie z.B. Brasilien, verstärkten ihre Aktivitäten nach der Jahrtausendwende.

### Übersicht 89: Entwicklung der globalen Produktion von Mais und Weizen



<sup>91</sup> Die globale Weizenproduktion ist traditionell durch die USA, China, Indien und Russland dominiert. Diese Länder sind für ca. 50% der globalen Produktion verantwortlich. Der internationale Weizenhandel jedoch dominiert die USA mit 18%, Kanada und Russland mit jeweils 14% sowie die EU mit knapp 17%.

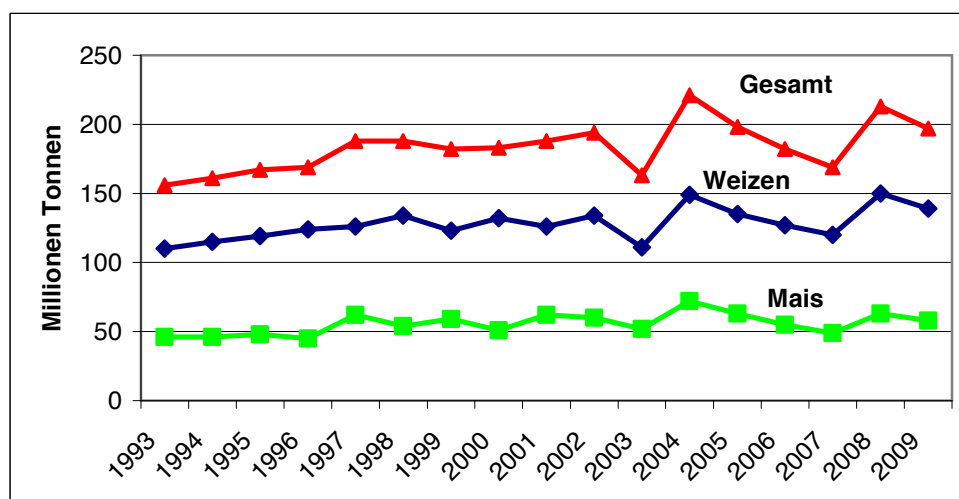
<sup>92</sup> Die globale Maisproduktion ist traditionell durch die USA und China bestimmt. Diese beiden Länder sind für ca. 60% der globalen Produktion verantwortlich. Der internationale Maishandel wird zu über 50% von den USA und zu 18% durch Argentinien dominiert.

## 5.1.2 EU und Deutschland

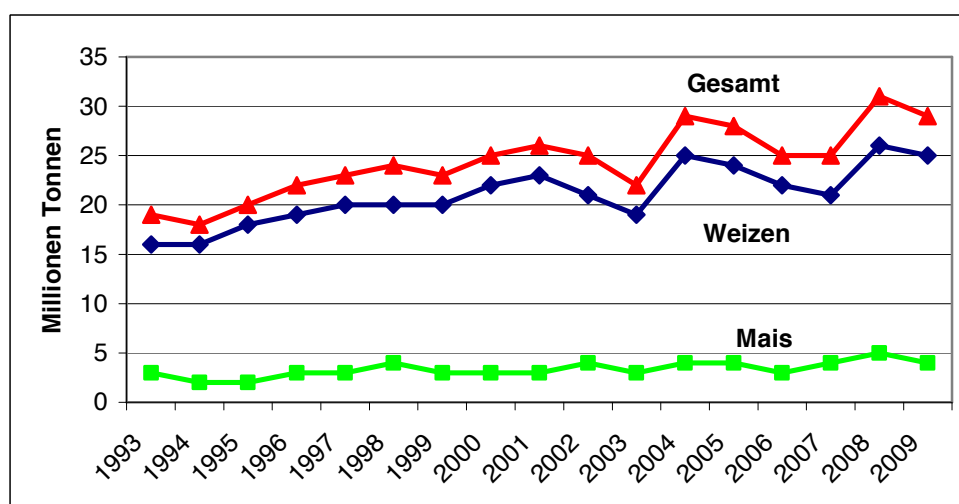
Traditionell ist die EU einer der größten Weizenproduzenten der Welt und diese Stellung konnte in den letzten Jahrzehnten weiter ausgebaut werden. In 1993 wurden 110 Millionen Tonnen produziert und im Jahr 2009, 139 Mio. Tonnen. Dies entspricht einer jährlichen Zuwachsrate von 1,4%. In Deutschland stieg die Produktion von ca. 16 Mio. Tonnen in 1993 auf über 25 Mio. Tonnen in 2009, entsprechend einer jährlichen Steigerungsrate von fast 3%. Diese über einen Zeitraum von 17 Jahren kontinuierlich erreichte Produktionssteigerung in Deutschland liegt weit über dem EU- und auch weit über dem globalen Durchschnitt. Erreicht wurde diese Produktionssteigerung fast ausschließlich über Ertragszuwächse.

Die Körnermaisproduktion stieg in der EU im Zeitraum 1993 bis 2009 von 46 auf 58 Mio. Tonnen, entsprechend einem Jährlichen Zuwachs von 1,4 % und in Deutschland von 2,6 auf 4,4 Mio. Tonnen.

### Übersicht 90: Entwicklung der Mais- und Weizenproduktion in der EU



### Übersicht 91: Entwicklung der Mais- und Weizenproduktion in Deutschland



Deutschland ist keine ausgeprägte Maisanbauregion und Anstrengungen Erträge zu steigern, waren bisher nur begrenzt erfolgreich.

Die Nachfrage nach Mais ist im Wesentlichen eine Funktion der Preiswürdigkeit gegenüber Weizen und anderem Getreide, das in Futtermitteln eingesetzt wird und schwankt infolgedessen jährlich. Dieser Schwankungskorridor lag in Deutschland in der vergangenen 17 Jahren bei  $\pm 0,6$  Mio. Tonnen ohne einen klaren Trend zu zeigen. Ähnliches gilt auch für die EU insgesamt. Zwar liegt die Produktion um den Faktor 10 höher als in Deutschland, jedoch blieb auch die EU als Gesamtes immer Netto-Importregion von Mais, mit einem jährlichen Importbedarf von  $\pm 1,5$  Mio. Tonnen ohne einen klaren Trend zu zeigen.

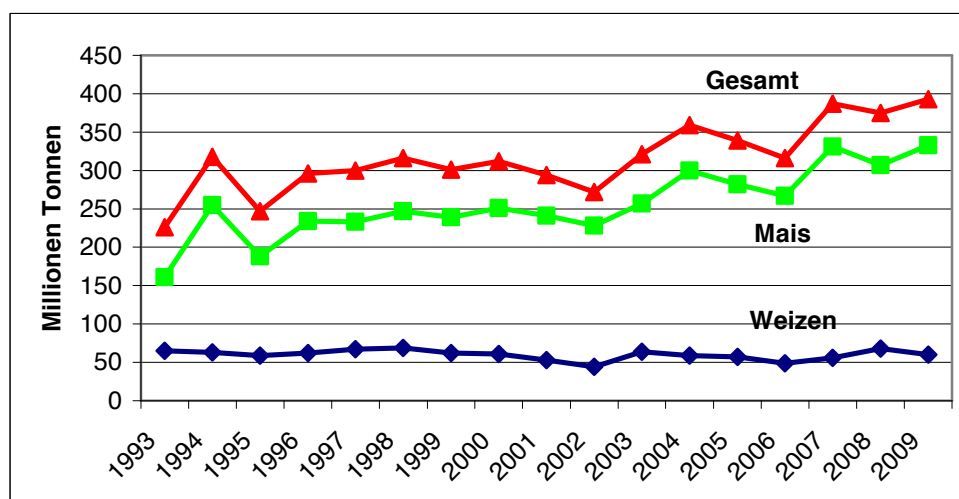
Bei Weizen hingegen sind sowohl die EU wie auch Deutschland traditionelle Netto-Exporteure, allerdings mit unterschiedlichen Trends. Exportierte die EU bis zum Jahr 2000 konsistent mehr als 15 Mio. Tonnen jährlich, so reduzierte sich diese Menge in den Folgejahren auf  $\pm 7$  Mio. Tonnen. Weizenexporte aus Deutschland fluktuierten hingegen über die vergangenen 17 Jahre in einem Korridor von 3 bis 5 Mio. Tonnen jährlich. Seit dem Jahr 2000 ist Deutschland nachhaltig für ca. 50% der Weizenexporte der EU verantwortlich.

### 5.1.3 USA

Sowohl der Weizen- wie auch der Maisanbau spielen in den USA eine große Rolle, allerdings mit unterschiedlichen Tendenzen. Lag die Weizenproduktion 1993 noch bei 65 Mio. Tonnen, so ging diese bei leicht fallender Tendenz bis zum Jahr 2000 zurück und pendelt seither bei 55 bis 60 Mio. Tonnen. Wesentlich für diesen Produktionsrückgang ist die Einschränkung der Anbaufläche. Produktionssteigerungen konnten diese Reduktion nicht auffangen.

Die Maisproduktion hingegen wurde innerhalb der vergangenen 17 Jahren fast verdoppelt und liegt aktuell bei rund 330 Mio. Tonnen. Dies entspricht einem jährlichen Produktionszuwachs von über 4%. Diese Steigerungsrate ist höher als in jedem anderen, vergleichbaren Land. Erzielt wurden diese über Flächenausdehnungen und über kontinuierliche Ertragssteigerungen.

### Übersicht 92: Entwicklung der Mais- und Weizenproduktion in den USA



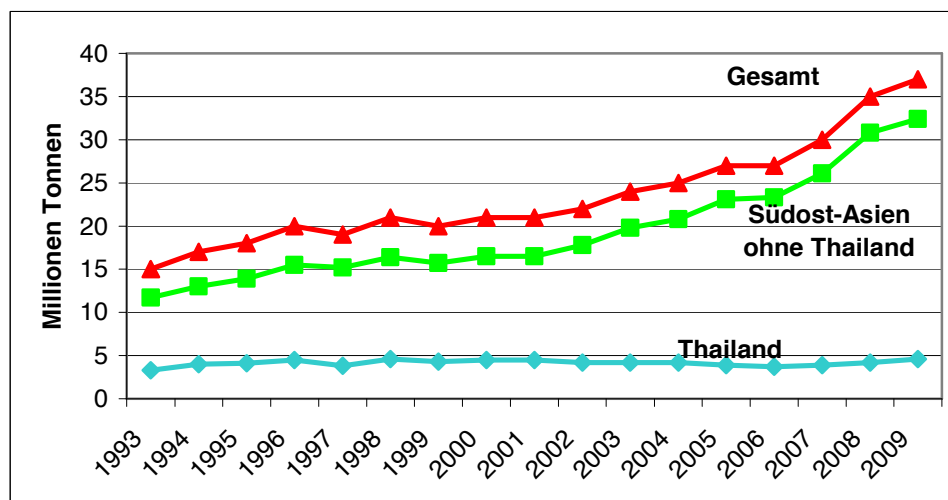
Nahm die Weizenproduktion in der vergangenen 17 Jahren nur leicht ab, so sank der Exportüberschuss im gleichen Zeitraum um 30-40%. Wurden in den Jahren bis 2000 noch regelmäßig ca. 30 Mio. Tonnen pro Jahr exportiert, so sank diese Menge auf aktuell knapp über 20 Mio. Tonnen. Für Mais ist zwar keine abnehmende Tendenz erkennbar, die exportierten Mengen schwanken nach wie vor jährlich zwischen 45 und 55 Mio. Tonnen, jedoch folgte der Export nicht der Produktionsausweitung. Es muss daher angenommen werden, dass Produktionszuwächse mehr oder weniger vollständig im Inland absorbiert wurden.

#### 5.1.4 Thailand und Südost-Asien

Weder in Thailand noch in anderen Ländern Südost-Asiens wird Weizen in signifikanten Mengen produziert. Allerdings steigt sowohl in Thailand wie auch in anderen Südost-asiatischen Ländern der Weizenkonsum. Importe nach Thailand übersteigen seit 5 Jahren die Marke von 1 Mio. Tonnen jährlich und die Gesamtregion importiert zwischen 10 und 15 Mio. Tonnen jährlich mit stark steigender Tendenz.

Mais wird traditionell in Südost-Asien angebaut und die Produktion konnte von 15 Mio. Tonnen in 1993 auf aktuell 37 Mio. Tonnen ausgebaut werden. Thailands Maisproduktion oszilliert seit Jahren in einem Korridor von 3 bis 4 Mio. Tonnen jährlich, ohne klare Steigerungsraten zu zeigen. Die Thailändische Produktion ist für den lokalen Konsum ausreichend und die Handelsbilanz von Mais ist praktisch ausgeglichen. Hingegen liegt die Nachfrage nach Mais in der Region noch über den schon massiven Produktionszuwachsrate und jährliche Importe bewegen sich seit vielen Jahren in der Größenordnung von 3-5 Mio. Tonnen<sup>93</sup>.

#### Übersicht 93: Entwicklung der Maisproduktion in Thailand und in Südost-Asien



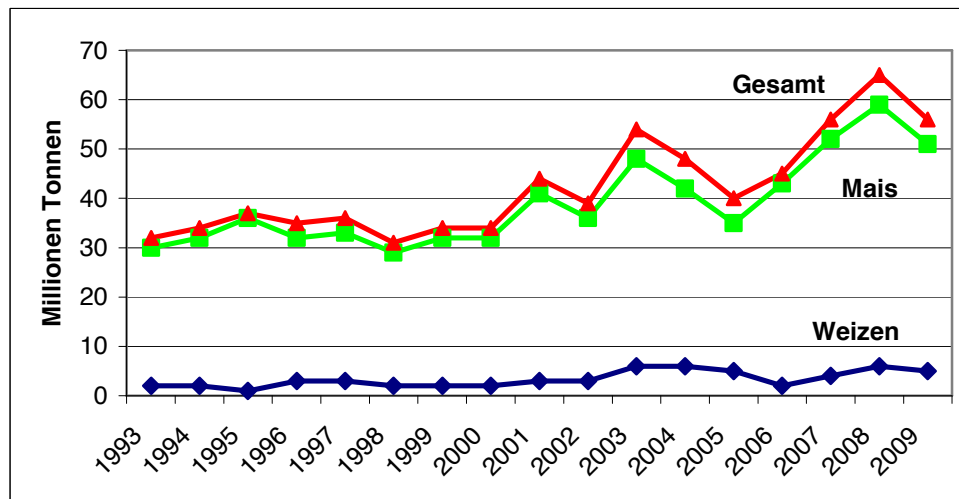
#### 5.1.5 Brasilien

Brasilien ist kein Weizenanbauland. Die Produktion wurde zwar in den vergangenen 17 Jahren auf rund 5 Mio. Tonnen verdoppelt, Brasiliens Importe an Weizen fluktuieren jedoch seit vielen Jahren zwischen 5 und 8 Mio. Tonnen.

<sup>93</sup> FAOstat und USDA: Thailand – Grain and Feed Annual (verschiedene Ausgaben, letztmalig 2010)

Der Maisanbau hingegen stieg im gleichen Zeitraum kontinuierlich von 30 auf über 50 Mio. Tonnen. Dies führte unter anderem dazu, dass seit dem Jahr 2000 Brasilien steigende Mengen Mais exportiert. Diese Überschüsse liegen mittlerweile in einer Größenordnung von 5 Mio. Tonnen jährlich<sup>94</sup>.

#### Übersicht 94: Entwicklung der Mais- und Weizenproduktion in Brasilien



#### 5.1.6 China

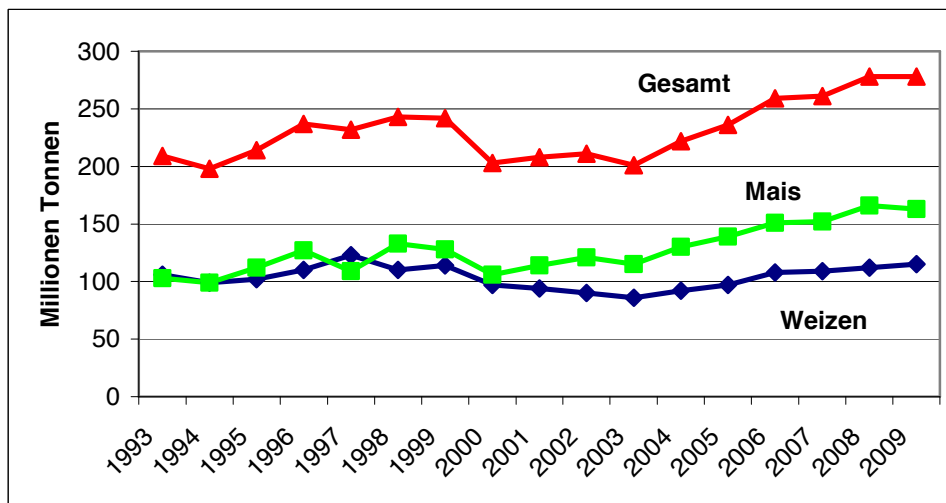
China produziert sowohl Weizen wie auch Mais in erheblichen Mengen, allerdings verlaufen die Trends unterschiedlich.

Die Weizenproduktion lag schon 1993 bei über 100 Mio. Tonnen, sank zwischenzeitlich auf rund 90 Mio. Tonnen und steigt seit 2006 wieder leicht an. Die Maisproduktion lag 1993 ebenfalls bei 100 Mio. Tonnen, stieg jedoch kontinuierlich auf rund 160 Mio. Tonnen in 2009. Die produzierten Mengen waren bis vor einigen Jahren für den lokalen Konsum ausreichend. Die noch bis zum Jahr 2003/04 üblichen Maisexporte, wurden zwischenzeitlich durch konsistente Importe an Mais und Weizen von 1-2 Mio. Tonnen pro Jahr ersetzt. China gilt seitdem als Getreideimportland<sup>95</sup>.

<sup>94</sup> FAOStat

<sup>95</sup> CCM International Ltd: Corn Products China News (verschiedene Ausgaben)

## Übersicht 95: Entwicklung der Mais- und Weizenproduktion in China



### 5.2 Struktur und Entwicklung der Produktion von Maniok<sup>96</sup>

Der Anbau von Maniok ist in den Tropen weit verbreitet und in praktisch jedem Land dessen öko-klimatische Bedingungen den Anbau zulassen, wird Maniok kultiviert. Aufgrund der erzielbaren, hohen Flächenerträge auch auf Standorten mit ungünstigen, pedologischen Eigenschaften, wurde die Maniokanbaufläche über die vergangenen Jahre weltweit stark ausgedehnt. Die globale Produktion stieg von rund 160 Mio. Tonnen in 1993 auf etwa 240 Mio. Tonnen in 2009. Der wesentliche Anbau und auch die wesentlichen Flächenausdehnungen erfolgen aktuell in zentralafrikanischen Ländern, in Übergangstaaten wie Brasilien und Thailand oder auch in anderen südost-asiatischen Ländern.

Maniok enthält etwa 22% extrahierbare Stärke, jedoch kaum weiterverwertbare Nebenprodukte. Ein Handel erfolgt entweder mit getrocknetem Maniokpulver oder Chips oder auch mit extrahierter Pulverstärke. Einziger wesentlicher Exporteur von Maniokprodukten ist seit vielen Jahren Thailand und Hauptimportländer sind China, Japan, Taiwan und Indonesien.

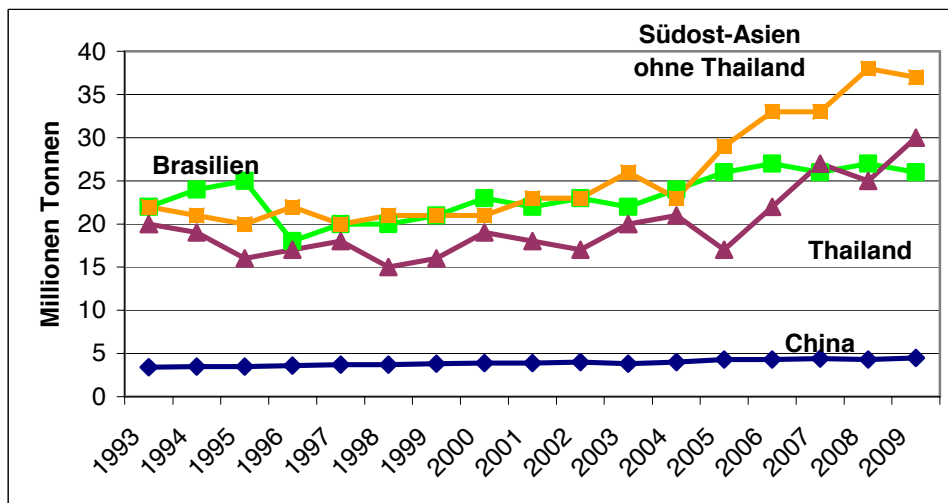
Bereits 1993 wurde von einem Stärkerohrertrag von rund 4,5 Mio. Tonnen in Thailand knapp 4 Mio. Tonnen exportiert. In 2009 lag der Exportanteil am Gesamtstärkerohrertrag von 6,6 Mio. Tonnen immer noch bei 4 Mio. Tonnen. Infolgedessen stieg die interne Verwendung von Maniokstärke innerhalb von 17 Jahren von ca. 0,5 Mio. Tonnen auf mehr als 2,5 Mio. Tonnen.

China begann erst langsam, Anfang der 1990er Jahre, mit dem Import von Maniokprodukten. Bis 2009 stieg jedoch der Nettoimport auf 4 Mio. Tonnen der Stärkeprodukte. Dies entspricht fast exakt dem gesamten Export an Maniokstärkeprodukten Südost-Asiens.

<sup>96</sup> Grundlegenden Dokumente zu Maniok und dessen Verwendung in der Stärkeindustrie in Süd-Asien sind: Sriroth K. et al. 2000: Present situation and future potential of Cassava in Thailand. Paper presented at the 6th regional cassava workshop, February 21-26, 2000, Vietnam; Fugli K.O. et al. 2005: Root crops, starch and agro-industrialisation in Asia, CIP Bogor, Indonesia. Die Tapioka Starch Association veröffentlicht regelmäßig auf [www.thaitapiokastarch.org](http://www.thaitapiokastarch.org) umfangreiche Statistiken zu Maniok in Thailand und Südostasien



**Übersicht 96: Entwicklung der Maniokproduktion in Thailand, China, Südost-Asien und Brasilien**



**5.3 Struktur und Entwicklung der Nachfrage nach Weizen, Mais und Maniok**

Auch wenn der globale Produktionstrend für Weizen, Mais und Maniok klar positiv ist, so betrug lediglich für Mais die durchschnittliche Produktionssteigerung innerhalb der Jahre 1993 – 2000 ca. 2,7%; für Maniok lag diese bei rund 1% und für Weizen bei nur rund 0,5%. In den Jahren nach 2000, betrug die Steigerungsraten für Mais 3,3%, für Maniok 3,1% und für Weizen 1,5%.

Die Nachfrageänderung nach Weizen, Mais und Maniok folgt, wie bereits für Zucker demonstriert (Kapitel 4.2) dem Zuwachs an Bevölkerung, der Steigerung des verfügbaren Einkommens und der zugehörigen Einkommenselastizität. Für Weizen, Mais und Maniok sind wesentliche Nachfragesteigernde Faktoren z.B. ein erhöhter Konsum von Brot oder auch ein steigender Fleischkonsum und die Konversion von Stärke zu Kraftstoff.

- Von 1993 bis zum Jahr 2000 sank die globale Nachfrage nach Weizen um jährlich 0,5 – 0,7%; diejenige nach Mais stieg nur leicht um 1,3%. Lagerbestände wurden erhöht; für Mais auf 194 Mio. Tonnen und für Weizen auf 210 Mio. Tonnen. Die Nachfrage nach Maniok stieg jährlich um rund 1%. Maniok wird nicht gelagert. Die bis dahin gültige Nachfrageentwicklung wurde bestimmt durch ein Bevölkerungswachstum von 1,4%, einer durchschnittlichen globalen Einkommenssteigerung von knapp unter 2% pro Jahr und Einkommenselastizitäten von - 1,16 - 0.

$\Delta$  Nachfrageänderung (%) Weizen von 1993-2000:  $-0,7 = 1,4 + 1,8 \times -1,16$   
 $\Delta$  Nachfrageänderung (%) Mais von 1993-2000:  $1,3 = 1,4 + 1,8 \times -0,05$   
 $\Delta$  Nachfrageänderung (%) Maniok von 1993-2000:  $1 = 1,4 + 1,8 \times -0,2$

- Für die Jahre ab 2000 stieg die Nachfrage nach diesen Produkten an und lag für Mais und Weizen über den durchschnittlichen jährlichen Produktionszuwächsen. Dies erklärt sich weniger aus dem Bevölkerungswachstum, sondern mehr aus den Effekten die mit den Einkommenszuwächsen verbunden sind.

$$\begin{aligned} \Delta \text{ Nachfrageänderung (\%)} \text{ Weizen von 2000-2009: } & 2,2 = 1,3 + 6,2 \times 0,14 \\ \Delta \text{ Nachfrageänderung (\%)} \text{ Mais von 2000-2009: } & 4,4 = 1,3 + 6,2 \times 0,5 \\ \Delta \text{ Nachfrageänderung (\%)} \text{ Maniok von 2000-2009: } & 3,5 = 1,3 + 6,2 \times 0,35. \end{aligned}$$

Wie schon für die Nachfragenentwicklung von Saccharose diskutiert, verlaufen Bevölkerungswachstum und Einkommensentwicklungen nicht gleichmäßig. In der Folge ergeben sich je nach Region unterschiedliche Nachfrageentwicklungen:

- Für Maniok ist eine besonders hohe Nachfrage in Thailand zu verzeichnen. Hingegen war der Nachfrageschub in China mit 2,5% pro Jahr moderat und in Brasilien mit 1% unterproportional.
- Für Mais stieg besonders in den USA die Nachfrage.
- Für Weizen waren Nachfragesteigerungen von 1-2% in Europa, Brasilien und den USA moderat und mit 3-5% in Südost-Asien und Thailand sehr hoch.

**Übersicht 97: Abgeleitete Nachfrageentwicklung nach Weizen, Mais und Maniok in für die Fermentationsindustrie relevanten Regionen und Ländern, (2000 – 2009)**

Region	Jährliches Wachstum (%)		Einkommenselastizität			Jährliche Nachfrageentwicklung (%)		
	Bevölkerung	Einkommen	Weizen	Mais	Maniok	Weizen	Mais	Maniok
EU	0,3	1,7	0,41	0,35	-	1,0	0,9	-
China	0,7	13,5	-0,01	0,18	0,16	0,5	3,1	2,5
Südost-Asien	1,6	10,8	0,09	0,34	0,36	2,6	5,3	5,5
Thailand	1,2	4,3	0,79	-0,39	1,11	4,6	-0,5	6,0
USA	1,0	3,5	-0,17	0,68	-	1,6	3,4	-
Brasilien	1,1	4,2	-0,02	0,57	-0,02	1,0	3,5	1,0
Deutschland	0,0	2,9	0,34	1,55	-	1,0	4,5	-

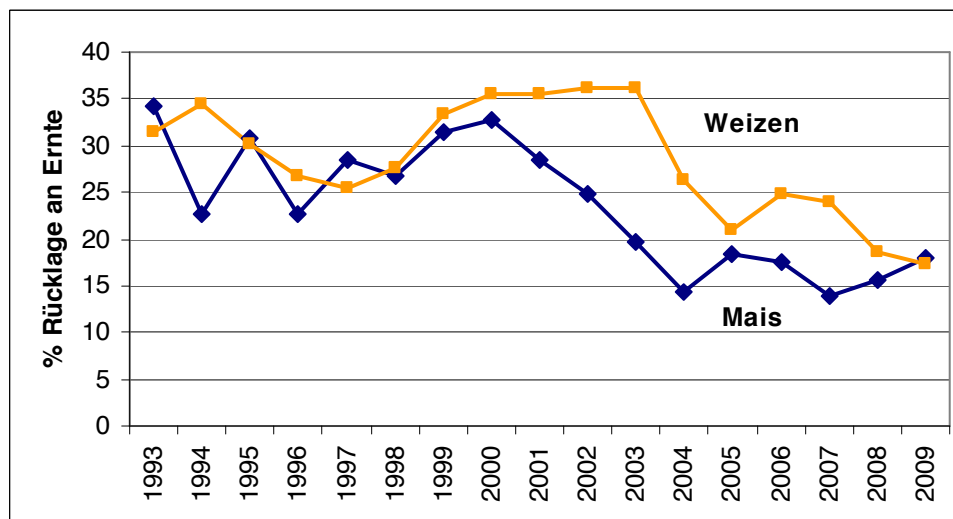
Die Einkommenselastizitäten für die aufgeführten Produkte sind besonders in den Ländern hoch, die Getreide oder Maniok im großen Umfang für die Herstellung von Bio-Ethanol benutzen. Dies sind die USA und Thailand. In Brasilien ist die Konversion von Mais zu Bio-Ethanol nicht üblich.

## 5.4 Entwicklung von Lagerbeständen und Preisen

### 5.4.1 Lagerbestände

Da für Mais und Weizen die Nachfrage seit dem Jahr 2000 im Durchschnitt höher liegt als der Produktionszuwachs, nehmen die Lagerungsraten<sup>97</sup> ab.

#### Übersicht 98: Entwicklung des prozentualen Anteils der jährlichen Rücklagen von Mais und Weizen an den jeweiligen Ernten



Für Maniok werden keine Lagerbestände aufgebaut. Die jährliche Produktion entspricht dem Konsum<sup>98</sup>.

### 5.4.2 Preise und Notierungen

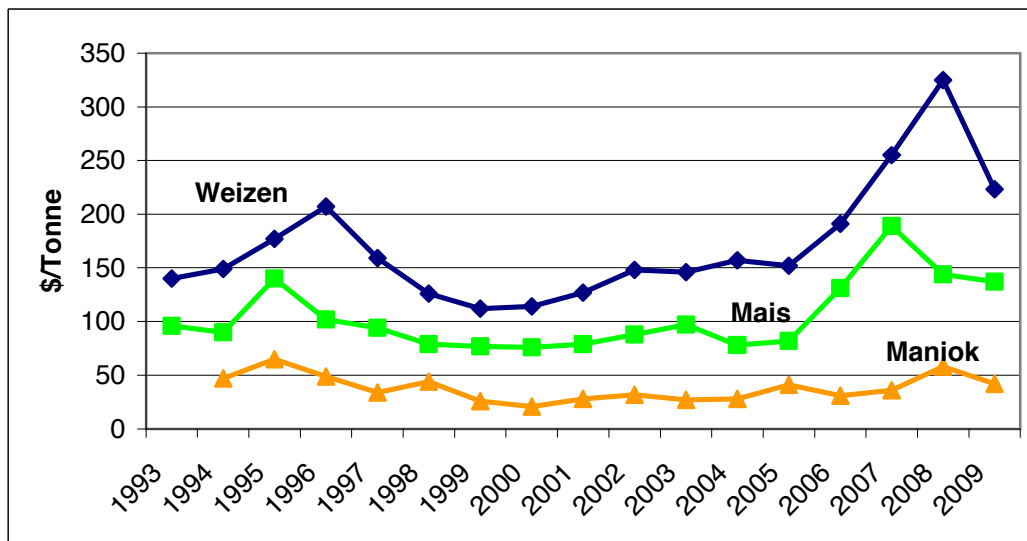
In der Folge dieser Entwicklungen nehmen Preisnotierungen für Mais, Weizen und Maniok zu und auch deren Volatilitäten. Lag der Weizenpreis in den 1990er Jahren und bis Mitte der Jahre 2000 in der Größenordnung von \$ 150/t, derjenige von Mais deutlich unter \$ 100/t und derjenige von Maniok deutlich unter \$ 30/t, so stiegen die Notierungen in den vergangenen vier Jahren massiv an, erreichten im Jahr 2008 erste Höhepunkte, die im Herbst 2009 Plateaus erreichten und seitdem wieder steigen. Im September 2010 war Weizen nicht unter \$ 250/t, Maniok nicht unter \$ 60/t und Mais nicht unter \$ 160/t erhältlich<sup>99</sup>.

<sup>97</sup> Die Lagerrate wird hier definiert als diejenige Menge einer jährlichen Ernte, die nicht im gleichen Zeitraum konsumiert wird. Dieser Wert ist zuverlässiger zu erfassen als die üblicherweise verwendete Stock to Utilisation Ratio, da diese auf den historisch verfügbaren und aggregierten Lagerbeständen beruht.

<sup>98</sup> Kleinere Bestände an Maniokprodukten, wie Chips oder Stärke gibt es; im globalen Kontext spielen diese transferierten Mengen jedoch nur eine untergeordnete Rolle

<sup>99</sup> Preise für Maniokwurzeln: Tapioka Starch Association, regelmäßige Berichte; Preise und Volatilitäten für Weizen und Mais: Agrarreport International, verschiedene Ausgaben; Dawe D. 2009: The Unimportance of low world grain stocks for recent world price increases. ESA working paper 09-01; EC 2009: Historical price Volatility. Working paper; Brümmer B. et al 2008: Tendenzen auf dem Weltgetreidemarkt: Anhaltender Boom oder kurzfristige Spekulationsblase. Univ. Göttingen Diskussionspapier 0807

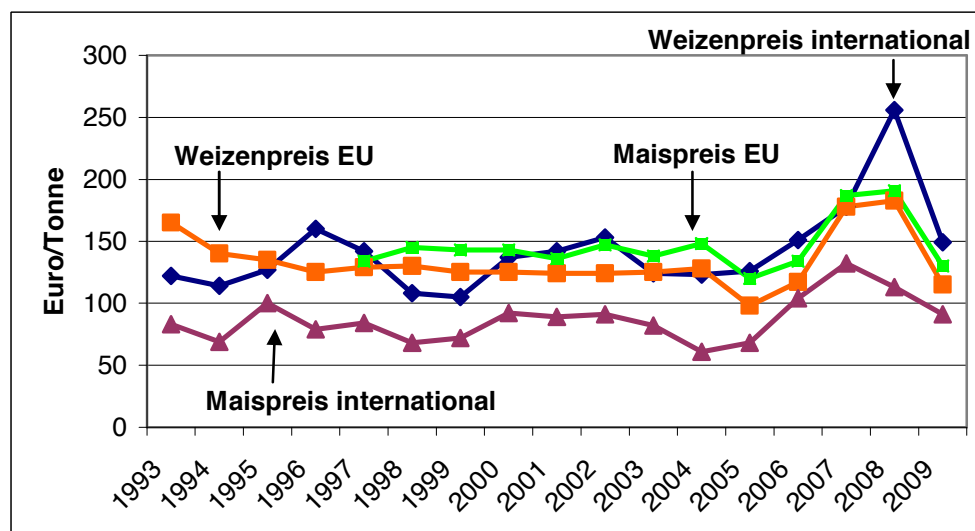
## Übersicht 99: Entwicklung der Preise von Weizen, Mais und Maniok



### 5.4.3 Entwicklung der globalen Mais- und Weizenpreise und in der EU

Für Weizen und Mais gibt es neben den Notierungen in USD an der Getreidebörse in Chicago auch Euro Notierungen, die Preisniveaus in der EU widerspiegeln. Beide zeigen einen ähnlichen Entwicklungsverlauf. Es ist jedoch erkennbar, dass Weizen in der EU gegenüber international notierten Weizen seit 2004 robust kostengünstiger zu erhalten ist. Mais bleibt jedoch in den USA auch weiterhin kostengünstiger als in der EU.

### Übersicht 100: Vergleich Preisentwicklungen von Mais und Weizen global und in der EU<sup>100</sup>



Marktordnungen für Getreide unterhält im Prinzip jedes wesentliche Produktionsland, somit auch die USA, EU und Brasilien oder China. Diese wurden jedoch alle zu einer Zeit konzipiert als angenommen wurde, dass globale Preisnotierungen so tief fallen

<sup>100</sup> USD umgewandelt in € über die Notierungen auf [www.oanda.com](http://www.oanda.com)

können, dass lokale Produzenten mit garantierten Abnahmepreisen gestützt werden müssen. Stützungsmaßnahmen sind jedoch auf Grund der internationalen Preisnotierungen schon seit Anfang der Jahre 2000 nicht mehr notwendig.

In der Folge können Länder die für die jeweiligen Produkte exportfähige Überschüsse vorweisen, entsprechende Preisvorteile gegenüber Ländern deren Versorgung von Importen abhängt, geltend machen. Im Falle von Weizen gilt dies für Deutschland und für die EU insgesamt sowie für die USA. Für Mais gilt dies für die USA und zu einem geringen Teil für Brasilien; für Maniok ausschließlich für Thailand. China ist in allen diesen Produkten Nettoimporteur. Somit richten sich die in China geltenden Preisnotierungen nach den internationalen Niveaus zuzüglich eines Logistik- und Transportaufschlages und/oder der Berücksichtigung offizieller Regulierungsmechanismen.

## **5.5 Beziehung zwischen Mais-, Weizen- und Maniokpreisen zu Preisen für Stärkehydrolysat**

Auch wenn die Rohmaterialpreise von Mais, Weizen und Maniok Indikatoren für die Preisentwicklung aller hieraus herstellbaren Produkten sind, so sind die Beziehungen nicht automatisch linear oder univariat, da auf jedem Veredelungs- und Verarbeitungsschritt Preisbeeinflussende Faktoren zu finden sind.

Allgemein ergibt sich der Stärkehydrolysatpreis aus

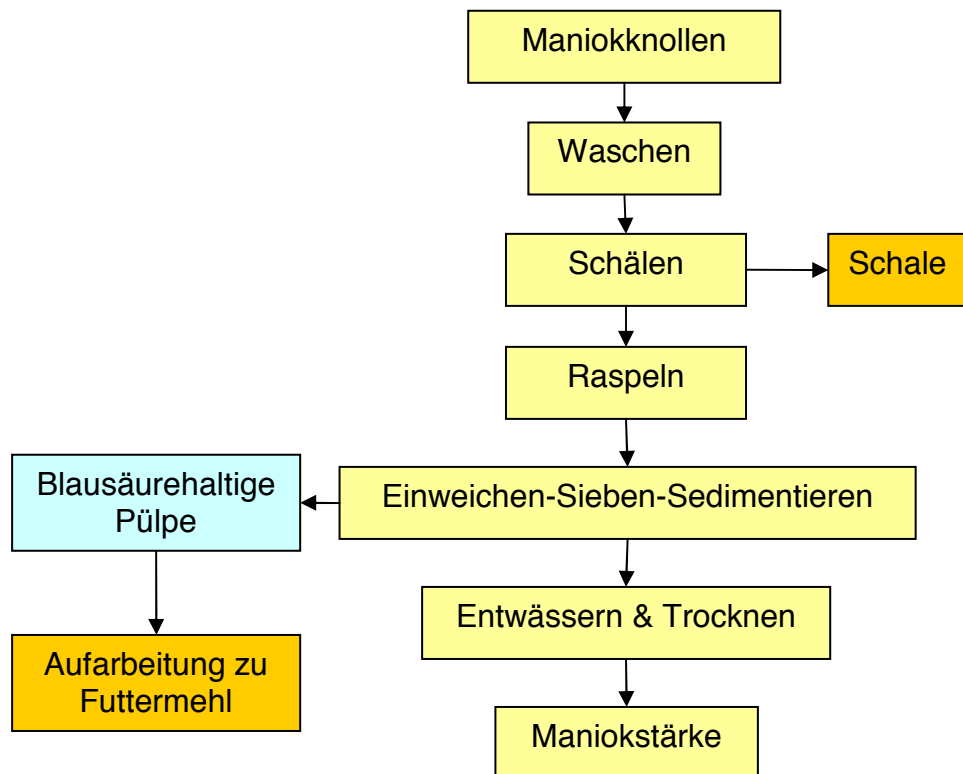
- den Kosten des Rohmaterials,
- dem extrahierbaren Gehalt an hydrolysierbarer Stärke,
- dem technischen Aufwand zur Trennung von Protein und Stärke,
- dem Wert von Nebenprodukten die bei der Aufarbeitung des Rohmaterials zu Stärke und Hydrolysat anfallen,
- dem Energieaufwand und den Energiekosten,
- den Kosten für Wasser und Abwasser,
- den Einsatzkosten für Enzyme und sonstiger Prozesschemikalien,
- den Transport- und Logistikkosten,
- den Abschreibungskosten für die Anlageninvestition, sowie
- der von dem Anlagenbetreiber erwarteten Marge.

Es ist daher offensichtlich, dass neben dem Rohmaterialpreis eine Reihe von Positionen den Endpreis bestimmt, die individuell und entsprechend der Unternehmensführung gestaltet werden können. Hieraus lässt sich eine erhebliche Flexibilität der Stärkehydrolysatpreise ableiten.

### **5.5.1 Maniokstärkehydrolysat**

Im Unterschied zu Weizen und Mais ergibt die Aufarbeitung von Maniokknollen zu Stärke nur wenig Wertgebende Nebenprodukte.

## Übersicht 101: Flussdiagramm der Herstellung von Maniokstärke



Die Beziehung zwischen Maniokknollen und Maniokstärkepreise ist daher weitgehend linear. Für den Zeitraum 1988 bis 2008 erklärt die folgende Gleichung 82% der Maniokstärkepreisvariation am Standort Thailand aus der Preisschwankung von Maniokknollen.

$$\text{Maniokstärkepreis (\$/t)} = 6,4 \times \text{Maniokknollenpreis (\$/t)}$$

Trotzdem sind die Möglichkeiten den Hydrolysatpreis auf der Basis von Maniokstärke zu variieren und anzupassen erheblich:

- Je nach Aufarbeitungsart können auch Nebenprodukte in der Tierfütterung eingesetzt werden. Der Wert dieser Stoffe betrug in den vergangenen 10 Jahren zwischen 5 und 15% der Maniokknollenpreise<sup>101</sup>.
- Die Stärkeextraktion ist abhängig von der Maniokvarietät, dem zugehörigen Stärkegehalt und der angewendeten Verfahrenstechnik. Schwankungen des Extraktionsgrades von 20% bis 22% haben einen erheblichen Einfluss auf das Endergebnis.
- Der Anteil an Energiekosten in Hydrolysefabriken an den gesamtvariablen Kosten schwankt je nach Alter und Bauart der Anlagen in Europa und in den USA zwischen 20 und 30%<sup>102</sup>. Es wird angenommen, dass dies auch für thailändische Verhältnisse gilt.
- Transport- und Logistikkosten fallen immer dann in erheblichem Umfang an, wenn das entstandene Hydrolysat per LKW oder Bahn zum Verwendungsort transportiert werden muss. Eine Verknüpfung einer Hydrolysat- mit einer Fer-

<sup>101</sup> Tapioka Starch Association

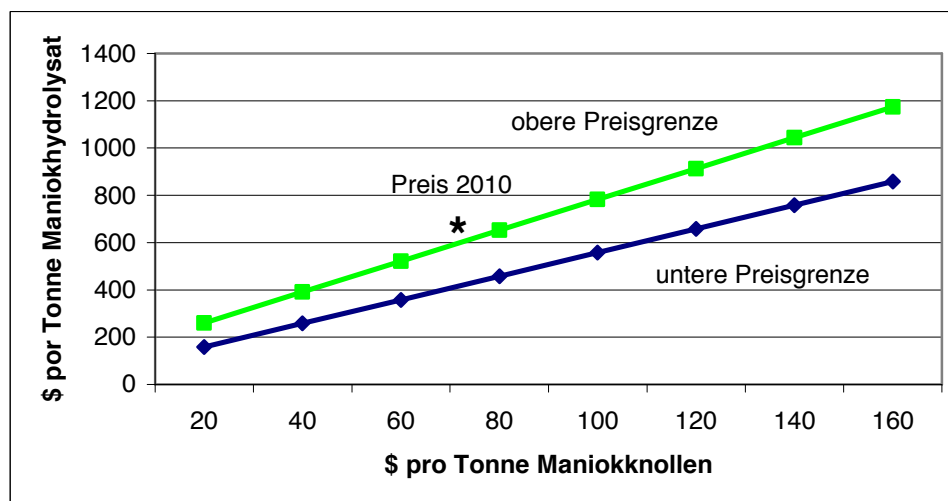
<sup>102</sup> De Braganca R.M. und Fowler P. 2004: Industrial Uses of Starch, Univ. of Wales

mentationsfabrik über eine Pipeline reduziert diesen Aufwand erheblich und erspart zudem Kosten für die Aufkonzentrierung.

- Die Aufarbeitung von Maniok zu Stärke ist ähnlich zu derjenigen von Kartoffeln. Auch wenn im Einzelfall Bauleistungen in Thailand günstiger als in Europa sind, wird davon ausgegangen, dass je Tonne Verarbeitungskapazität bei einer durchschnittlichen Anlagegröße von 200.000 Tonnen Knollenverarbeitung pro Jahr, Investitionskosten von mindestens € 500 je Tonne Kapazität entstehen. Dieser Anlagenwert kann über einen variierenden Zeitraum abgeschrieben werden. Es ist offensichtlich, dass der Beitrag von Kapitalkosten zu den Gesamtkosten bei beispielsweise einer Abschreibungszeit von drei Jahren erheblich höher ist als bei 10 Jahren.
- Margenerwartungen<sup>103</sup> waren für derartige Einrichtungen bis weit in die 1990er Jahre einstellig. Diese wurden jedoch immer höher gesetzt und liegen aktuell bei rund 20% oder mehr für europäische oder nordamerikanische Einrichtungen<sup>104</sup>. Auch diese, rein subjektiv Firmenpolitisch ausgerichteten Größen haben einen erheblichen Einfluss auf den Endpreis von Hydrolysat.

In der Folge ergibt sich in Abhängigkeit der Knollenpreise ein mögliches Preisband innerhalb dessen Variabilitäten, Hersteller gesteuert, möglich sind.

#### Übersicht 102: Preisband von Maniokhydrolysat in Thailand in Abhängigkeit der Knollenpreise



### 5.5.2 Maisstärkehydrolysat

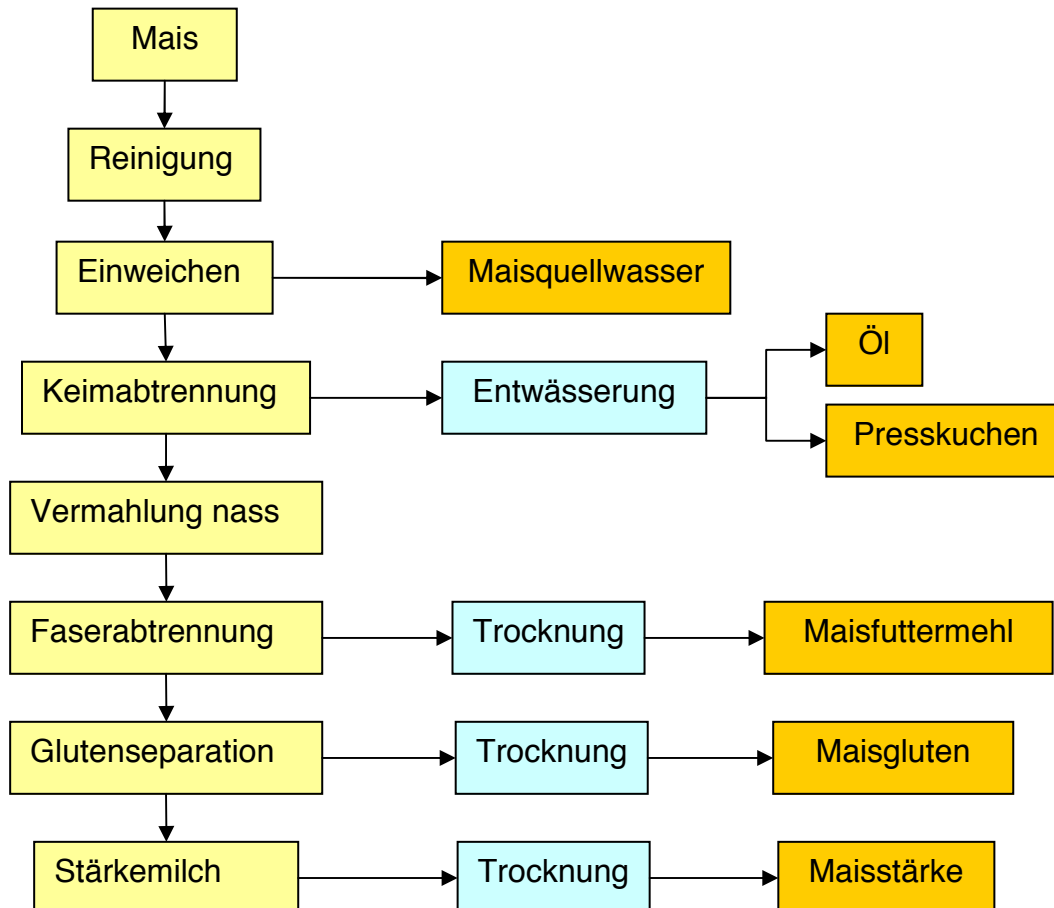
Mais wird als Ausgangsprodukt für die Herstellung einer Vielzahl von Zwischen- und Endprodukten verwendet. Der Initialschritt ist immer die Vermahlung von Mais und die Separierung Wertgebender und weiterverwendbarer Bestandteile. Diese Vermahlung kann entweder trocken oder nass stattfinden. Für die Herstellung von Stärkehydrolysat ist fast ausschließlich die Nassvermahlung von Relevanz. Bei der Sepa-

<sup>103</sup> Der Begriff der Marge ist betriebswirtschaftlich nicht eindeutig definiert und wird je nach Industrie und Region unterschiedlich verwendet. Häufig angewendet als Maßstab werden Return on Investment, Internal Rate of Return, Payback Period oder auch verwandte Begriffe. Zum System der Kennzahlen siehe unter anderem: Siegart H., 1990: Kennzahlen für die Unternehmensführung

<sup>104</sup> Cargill, ADM und Roquette: persönliche Mitteilung

ration von Maisstärke fallen als Wertgebende Nebenprodukte Maisöl, Maisfuttermehl, Maisgluten und Maisquellwasser an. Der Wert dieser Nebenprodukte reduziert die Kosten der Maisstärkeherstellung erheblich. Ähnlich wie bei Maniok, sind die Maishydrolysatpreise auch über die Stärkeextraktionsrate, die Energie- und Transportkosten, die Kapitalkosten und den Gewinnerwartungen bestimmt.

### Übersicht 103: Flussdiagramm der Herstellung von Maisstärke



Mais wird umfangreich in den USA, in Europa und in China vermahlen und zu Hydrolysat verarbeitet. Faktoren, die die Hydrolysatpreise beeinflussen, schwanken in diesen drei Regionen erheblich:

- Maispreise sind bisher (Herbst 2010) in den USA konsistent niedriger als in Europa oder in China. Mit dem Übergang China's von einem Nettoexporteur zu einem Nettoimporteur von Mais und den damit verbundenen Befürchtungen China könnte innerhalb weniger Jahre zu einem zentralen Aufkäufer von global gehandelten Mais werden, steigen seit mehr als zwei Jahren Maispreise in China kontinuierlich. Im Oktober 2010 wurde Mais in China zu rund \$ 300/Tonne gehandelt<sup>105</sup>.
- Der Wert der Nebenprodukte in den USA betrug in den vergangenen 20 Jahren 30 bis 60% der jeweiligen Maispreise, in Europa 20 bis 50% und in China 40 bis

<sup>105</sup> CCM International Ltd 2010: Corn Products China News, verschiedene Ausgaben

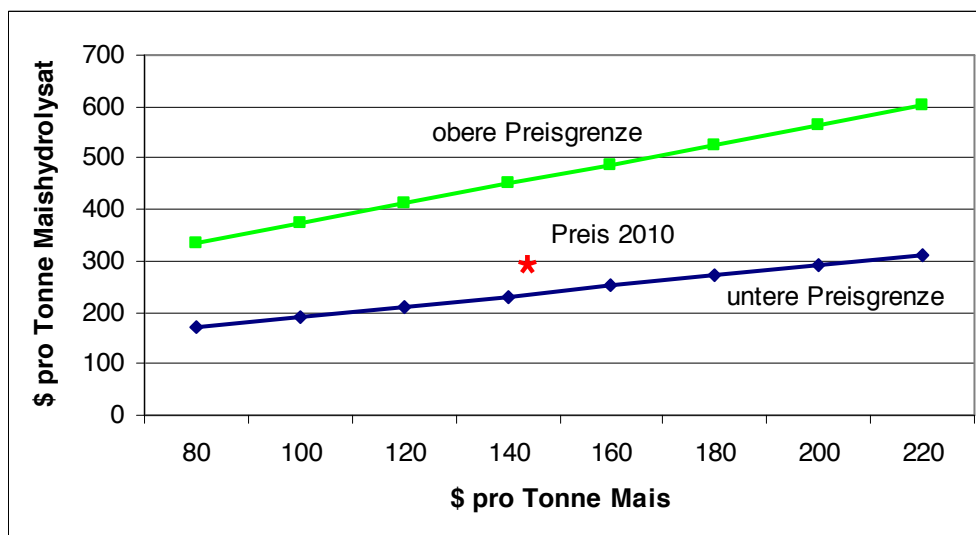


70%<sup>106</sup>. Die hohen Rückerstattungen in China resultieren aus dem Bedarf an Protein. China ist seit Jahren Nettoimporteur von Sojaprotein und ergänzt diese Importe über Proteine aus der Verarbeitung von anderen pflanzlichen Produkten.

- Die Technik von Vermahlungsanlagen für Mais ist international ähnlich und in der Folge sind die Energieaufwendungen vergleichbar. Energiekostenunterschiede sind jedoch vorhanden und in der Tendenz in den USA niedriger als in Europa oder China.
- Stärkeextraktionsraten sind zwischen den Regionen vergleichbar und schwanken von 60 bis 62%.
- Durch die Anwendung vergleichbarer Technik sind die Investitionskosten für Anlagen ähnlicher Größe in den USA, Europa und China vergleichbar; Schwankungen resultieren mehr aus unterschiedlichen Kapazitäten. Bedingt durch Skaleneffekte kann eine Anlage mit mehreren Million Tonnen Maisvermahlung pro Jahr zu € 200/Tonne und eine Anlage mit 500.000 Tonnen zu € 300/Tonne erstellt werden<sup>107</sup>. Großanlagen sind fast ausschließlich in den USA zu finden. Folglich sind an diesem Standort Kapitalkosten niedriger.
- Gewinnerwartungen in den USA sind traditionell hoch und liegen aktuell bei deutlich über 20%. Betreiber europäischer Anlagen orientieren sich an den Margen der USA; in China ist die Margengestaltung nicht transparent.

Infolgedessen ergeben sich für diese drei Regionen unterschiedliche Preisbänder in Abhängigkeit der Maiskosten.

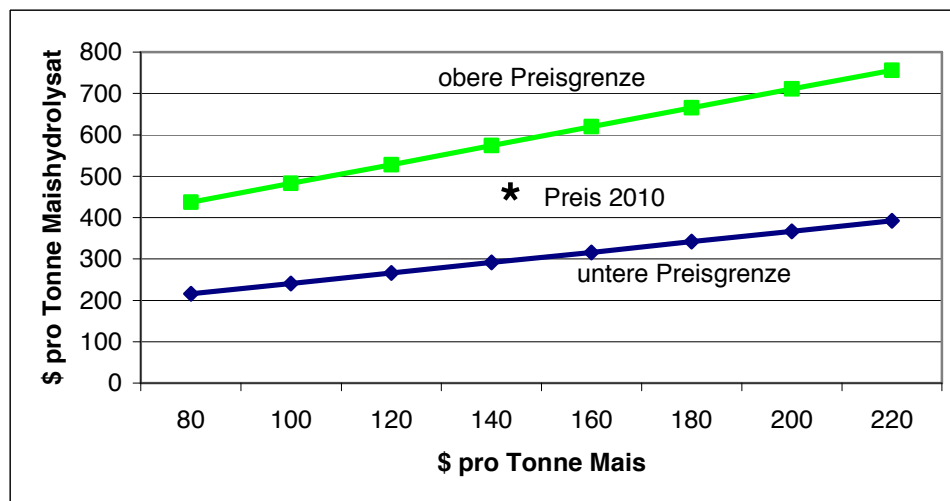
#### Übersicht 104: Preisband von Maishydrolysat in den USA in Abhängigkeit der Maispreise



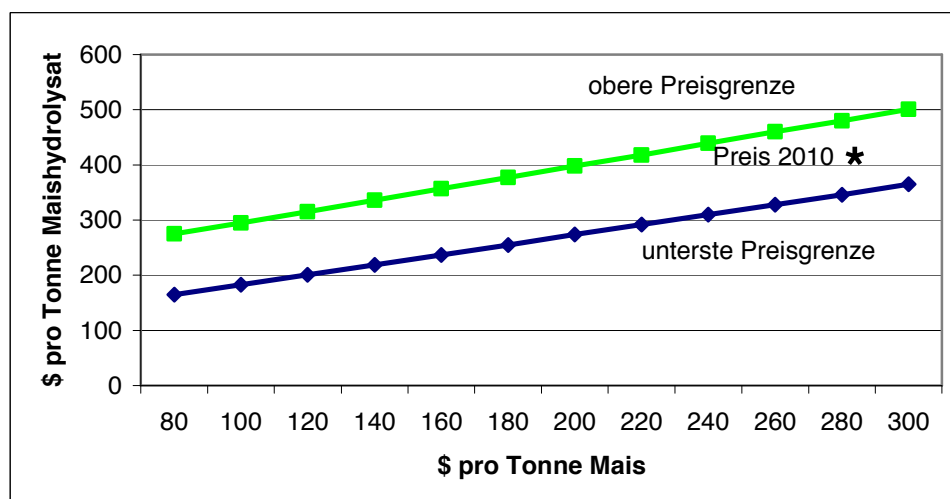
<sup>106</sup> USDA Sugar and Sweetener Outlook (verschiedene Ausgaben), LMC Int. 2008: Evaluation of the Community Policy for Starch and Starch Products. Report prepared for EC, Brussels und USDA 2009: Ethanol Co-Product Use in US Cattle Feeding

<sup>107</sup> ADM und Cargill: persönliche Mitteilung

**Übersicht 105: Preisband von Maishydrolysat in der EU in Abhängigkeit der Maispreise**



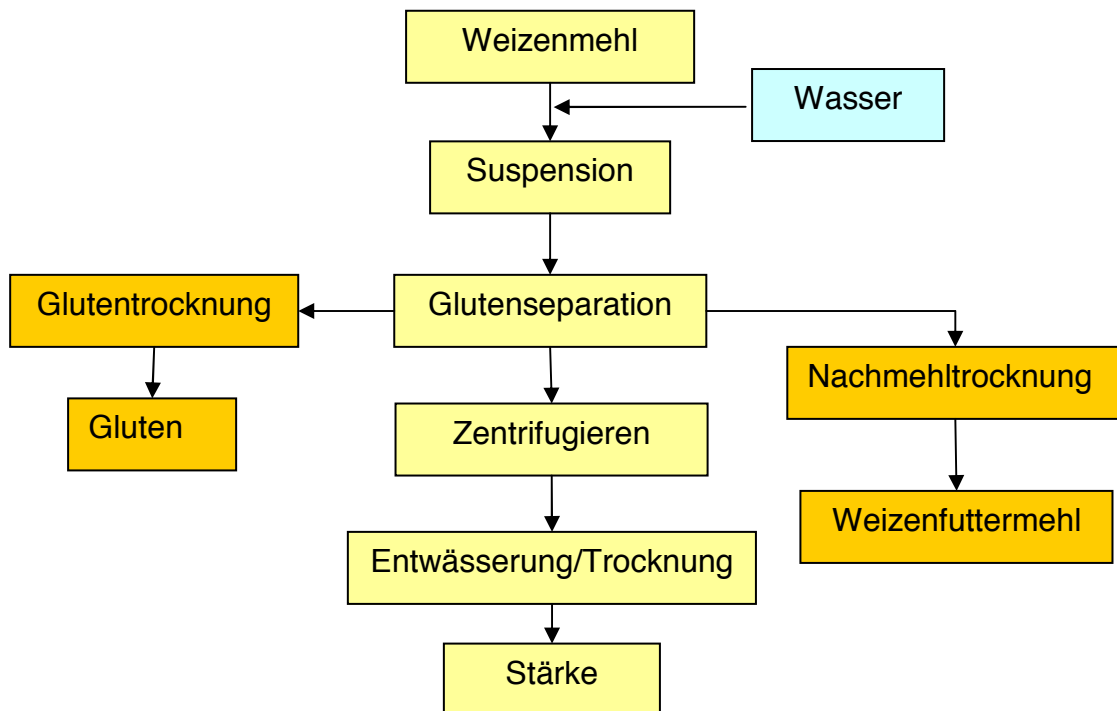
**Übersicht 106: Preisband von Maishydrolysat in China in Abhängigkeit der Maispreise**



**5.5.3 Weizenstärkehydrolysat**

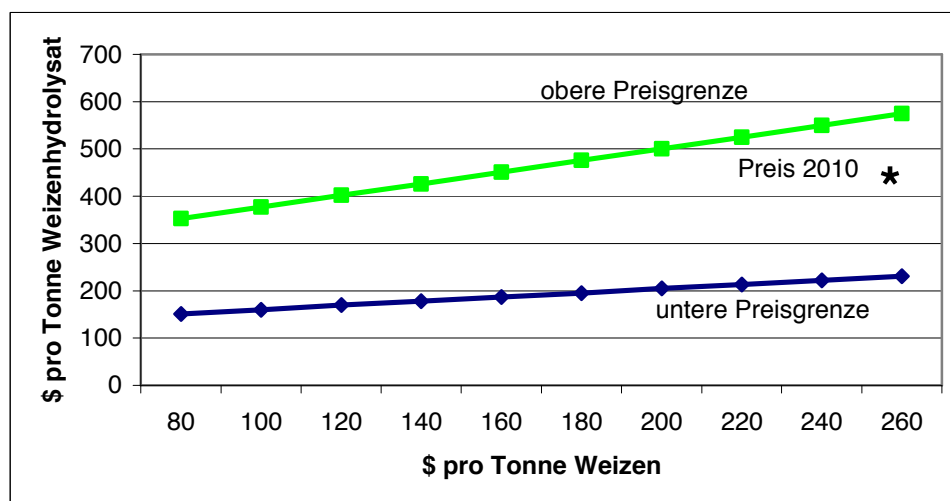
Die Verarbeitung von Weizen zu Stärkehydrolysat ist in den USA und in China nicht verbreitet, fehlt in Brasilien, Thailand oder anderen südostasiatischen Ländern vollständig, ist jedoch wichtig für den Standort Europa. Die Verarbeitung von Weizen führt zu Weizenstärke und Hydrolysat und im Nebenstrom zu Gluten und Weizenfuttermehl.

## Übersicht 107: Flussdiagramm der Herstellung von Weizenstärke



Insbesondere Weizengluten war in den vergangenen 25 Jahren nachgefragt und trug erheblich dazu bei, dass der Wert der Nebenprodukte einen Betrag von 60 bis über 80% des Weizenpreises erreichte. Extraktionsraten für Stärke können ebenfalls schwanken, genauso wie Energie-, Transport- und Abschreibungskosten. Kein anderes Hydrolysatprodukt ist jedoch in seiner Preisgestaltung so massiv durch den Wert der Nebenprodukte beeinflusst wie Weizen.

## Übersicht 108: Preisband von Weizenhydrolysat in der EU in Abhängigkeit der Weizenpreise



## 5.6 Konsequenzen der Hydrolysatpreisgestaltung für einzelne Regionen

Aus diesen Schätzungen der Abhängigkeit und Entwicklungen der Hydrolysatpreise von den entsprechenden Rohstoffen und anderen Kosten ergeben sich folgende Konsequenzen und Interpretationen:

### 5.6.1 EU und Deutschland

In der EU wird Hydrolysat aus Mais wie auch aus Weizen hergestellt. Auch wenn in einzelnen EU-Ländern Überschüsse produziert werden, so importiert die EU als Gesamtes Mais seit vielen Jahren. Bedingt durch die Produktionstechnik und öko-klimatische Faktoren, kann nach derzeitigem Kenntnisstand Mais in der EU nicht zu den niedrigen Preisen wie in den USA erzeugt werden<sup>108</sup>. Auch unter Berücksichtigung von Wertgebenden Nebenprodukten der Vermahlung, kann Maisbasierendes Hydrolysat kaum zum Basispreis wie in den USA angeboten werden. Die Flexibilität der Preisgestaltung ist zwar vorhanden, erreicht jedoch kaum Preisparität zu den USA. Preisparität für Hydrolysat wäre nur dann gegeben, wenn in den USA Maispreise unüblicherweise hoch und in der EU unüblicherweise niedrig sind. Da diese Bedingungen nicht konsistent vorherrschen, ist eine dauerhafte Wettbewerbsfähigkeit von Maisbasierendem Hydrolysat in Europa eher fraglich.

Dies ist jedoch anders mit Weizen. Auch bei hohen Weizenpreisen können Hydrolysatpreise geboten werden, die in ihrer Breite problemlos mit denjenigen der USA oder Thailands mithalten können. Voraussetzung ist jedoch, dass die Vergütung für die bei der Weizenvermahlung anfallenden Nebenprodukte konsistent hoch bleibt. Im Durchschnitt der vergangenen zehn Jahre gab es keine Preiseinbrüche; ein positiver Trend ist jedoch statistisch nicht absicherbar. Da die EU als Ganzes und besonders Deutschland hohe Mengen Protein einführt; dies trotz Ausweitung der Biodiesel- und Bio-Ethanolproduktion, die in Nebenströmen Proteinkuchen freisetzen, ist auch in Zukunft nicht mit einem längerfristigen Einbrechen der Preise für Weizengluten und ähnlichem zu rechnen<sup>109</sup>. Besonders attraktiv erscheint die Weizenbasierende Hydrolysat Herstellung für Länder mit konstant hohem Weizenüberschuss wie Deutschland und Frankreich.

### 5.6.2 USA

Die USA ist nach wie vor das Land mit der global umfangreichsten Maisproduktion die zudem auch noch mit einem robusten Trend steigt. Maisvermahlungseinrichtungen können eine Dimension von über vier Millionen Tonnen Mais pro Jahr erreichen und damit Skaleneffekte voll ausschöpfen<sup>110</sup>. Hydrolysatwerke sind vielfach

<sup>108</sup> Ausnahme ist aktuell Ungarn, das Mais regelmäßig kostengünstiger als USA anbietet. Dies ist darin begründet, dass die in Ungarn hergestellten hohen Maismengen lokal bisher nicht verwendet können und exportiert werden müssen. Ungarn steht damit regelmäßig unter dem Zwang seine Ernten zeitnah absetzen zu müssen.

<sup>109</sup> In 2010 zeigte sich jedoch, dass trotz steigender Weizenpreise die Glutenpreise nicht mehr weiter stiegen und damit das Verhältnis zwischen Gluten und Weizenpreis auseinander ging. Ob sich dieser Trend fortsetzt, ist derzeit nicht erkennbar.

<sup>110</sup> Es ist zu berücksichtigen, dass diese Vermahlungskapazitäten nicht zur Herstellung von Hydrolysat, das in der Fermentationsindustrie verwendet werden soll, errichtet wurden, sondern der Produktion von Iso-Glucose dienen. Sinkt der Absatz von Iso-Glucose z.B. weil große Getränkehersteller wie Coca Cola Zucker oder andere Süßungsmittel einsetzen, so hat dies unmittelbare Auswirkungen auf die Auslastung von Vermahlungswerken und damit auch auf die Ökonomie der Hydrolysat Herstellung für die Fermentation.

mit Fermentationsanlagen über eine Pipeline verbunden und minimieren so Transport- und Lagerkosten. Gewinnerwartungen sind jedoch üblicherweise hoch und Abschreibungszeiträume gering. Trotzdem entsteht ein erheblicher Spielraum für die Preisgestaltung von Hydrolysat. Auch bei stark steigenden Maispreisen kann Hydrolysat wettbewerbsfähig bereitgestellt und die entsprechende Preisentwicklung kontrolliert werden. Es wird erwartet, dass dies auch in absehbarer Zukunft so bleiben wird. Im Prinzip kann damit die USA, aktuell und über ein breites Maispreisband, Hydrolysat zu global äußerst günstigen Konditionen zur Verfügung stellen. Die Vermahlung und Verarbeitung von Weizen zu Hydrolysat ist nicht üblich.

### 5.6.3 Thailand

Hydrolysat in Thailand wird fast ausschließlich aus Maniokstärke erzeugt, deren Preisfunktion in einem sehr engen Fenster von den Kosten der Maniokknollen abhängt. Dies ergibt sich daraus, dass die Verarbeitung von Maniok kaum Wertgebende Nebenprodukte generiert. Die Flexibilität der Gestaltung der Hydrolysatpreise ist damit auch geringer. Produktionsausfälle, wie seit 2007 immer wieder erfahren und begründet in der unkontrollierten und bisher unkontrollierbaren Verbreitung der Maniokschmierlaus, können daher nur sehr begrenzt gepuffert werden und schlagen sich in stark steigenden Hydrolysatpreisen nieder<sup>111</sup>.

Nachdem der Einsatz von Pestiziden bisher nicht erfolgreich war, wurde im Sommer 2010 mit der Einbürgerung eines Parasiten der Maniokschmierlaus aus Lateinamerika begonnen. Inwieweit diese Strategie erfolgreich sein wird und die Produktion wieder auf das übliche Niveau von 27-30 Mio. Tonnen hebt, ist aktuell nicht erkennlich. Da eine Flächenausdehnung des Maniokanbaus schon seit vielen Jahren nicht mehr erfolgt, hängt die jährliche Produktion mehr oder weniger ausschließlich am Flächenertrag. Können die aktuellen Erträge nicht weiter und in einem Umfang von mindestens 3-5% pro Jahr gesteigert werden, so ist mit erheblichen Ungleichgewichten zur Nachfrage zu rechnen, die das Hydrolysatpreisniveau erhöhen und dann hochhalten werden. Unterstützt werden eine hohe Nachfrage thailändischen Manioks und dessen Stärkeprodukte über die Versorgungssituation in benachbarten Ländern, speziell China, Indonesien und Korea. Diese drei Länder sind seit einigen Jahren Nettoimporteure steigender Mengen von Maniok und Maniokstärke und decken ihren Bedarf fast ausschließlich mit thailändischer Ware. In der Folge wird die aktuelle und zukünftige Verfügbarkeit von Maniokbasierendem Stärkehydrolysat in Thailand zu Wettbewerbsfähigen Preisen als ausgesprochen kritisch und als kontinuierlich abnehmend angesehen.

### 5.6.4 Brasilien

Brasilien produziert keine nennenswerten Mengen Stärkehydrolysat. Weder für die Lebensmittel- noch für irgendeine andere Industrie wird Glukose im größeren Umfange verwendet. Ein Auf- und Ausbau der Hydrolysatherstellung etwa auf der Basis von Mais wäre in Brasilien durchaus denkbar; die Maisproduktion steigt und es werden zunehmend Überschüsse erzeugt; es fehlt jedoch an Tradition, Verarbeitungskapazität und –infrastruktur. Es wird nicht damit gerechnet, dass innerhalb der

---

<sup>111</sup> Tapioka Industry Chain & Market Forum 2010: Analysis of the Thai Tapioka Market, Symposium Shanghai September 9, 2010

kommenden Jahre Maisstärkehydrolysat im größeren Umfange, etwa für Fermentationszwecke erzeugt wird.

### 5.6.5 China

In China basiert die Hydrolysatherstellung fast ausschließlich auf Mais. Innerhalb der letzten fünf Jahre wurde China zum robusten Nettoimporteur von Mais und die lokal gültigen Preise orientieren sich damit an Weltmarktpreisen zuzüglich internen Transport- und Lagerkosten. Dieses System bedingt, dass Preise für Mais mindestens europäische Niveaus erreichen und temporär bereits überschreiten. Da China auch erheblich Protein in Form von Soja und anderen Ölpflanzenextrakten importiert, werden die bei der Maisvermahlung entstehenden Proteinhaltigen Produkte zu höheren Preisen als in der EU oder in den USA entgolten. Zudem besteht die Tendenz, Produktionsanlagen über längere Zeiträume als in Westeuropa und Nordamerika üblich, abzuschreiben und Gewinnerwartungen orientieren sich nicht ausschließlich an ökonomischen Prinzipien. Somit ist die Flexibilität der Hydrolysatpreisgestaltung relativ hoch. Einflüsse globaler Schwankungen von Maispreisen können in breitem Rahmen gepuffert werden. Hydrolysatpreise auf der Basis von Mais können in China daher ähnlich gestaltet sein wie in den USA, obwohl das Rohmaterial, Mais, nur zu einem deutlich höheren Ausgangspreis bezogen werden kann. Die Hydrolysatherstellung auf der Basis von Weizen oder anderem Getreide ist wenig bedeutsam, und wird auch in Zukunft keine umfangreiche Relevanz erlangen.

In der Zusammenfassung bedeutet dies, dass Fermentationen auf der Basis von Stärkehydrolysat besonders in den USA auf der Basis von Mais und in der EU auf der Basis von Weizen attraktiv erscheinen. Beide Standorte verfügen über eigene, nachhaltige Reserven von Rohmaterialien, Märkte für Wertgebende Nebenprodukte und ausgeprägte Erfahrung in der Hydrolysatherstellung.

## 6 Relevanz von Energiekosten und regionale Differenzierung

Energiekosten haben üblicherweise einen Anteil von 20-30% an den Gesamtkosten eines Fermentationsprozesses. Je nach Verfahren können diese in Abhängigkeit der Aufreinigung des Produkts, der Notwendigkeit dieses in spezieller Form zur Verfügung zu stellen und zu konfektionieren (Downstream Prozess), schwanken. Verfahren die einen Kristallisationsschritt oder einen Destillationsschritt enthalten sind grundsätzlich Energieintensiver als jene für die eine einfache Abtrennung des gewünschten Fermentationsprodukts, beispielsweise über Fällung oder Filtration, genügt.

## Übersicht 109: Kategorisierung von Fermentationsprodukten nach Energieintensität der Herstellung

Energiekostenanteil an den Gesamtkosten		
< 15%	15-30%	>30%
Lysin (nicht kristallisiert)	Lysin kristallisiert	Ascorbinsäure
Threonin	Zitronensäure	Beta-Karotin
Tryptophan	Mononatriumglutamat	Lycopin
Astaxanthin - Biomasse	Iso-Ascorbylsäure	Insulin
Cyanocobalamin	Xanthan/Welan/Curdlan/Gellan	
Bio-Ethanol	Riboflavin	
Hefe	Milchsäure	
Antibiotika	Glukonsäure	
	Enzyme	
	Bio-basierte Polymere	
	Erythritol	

Energie für Fermentationsverfahren wird in Form von Dampf und elektrischer Energie benötigt. Beides wird über Primärenergieträger erzeugt. In allen Ländern, die für die Fermentationsindustrie relevant sind, erfolgt die thermische und elektrische Energieerzeugung im Wesentlichen über Rohöl, Kohle oder Erdgas und in Ausnahmefällen über Wasser- oder Kernkraft.

Bereitstellungskosten für Energie orientieren sich an den global notierten Preisen für Rohöl und Erdgas und werden Länderspezifisch über Regulationsmechanismen und Wirkungsgrade der Umwandlung in die benötigten Energieformen, angepasst. Keines der für die Fermentation relevanten Länder ist Rohöl oder Erdgas autark. Somit können mit hinreichender Genauigkeit als Einstandskosten für Energie die international notierten Preise angenommen werden. Diese entwickeln sich für unterschiedliche Energieträger seit mehr als 20 Jahren parallel, auch wenn die Ausprägung von Preisspitzen oder -tälern unterschiedlich ist. Der Rohölpreis hat sich seit 1970 um rund 900% erhöht, derjenige von Erdgas um 700% und der von Steinkohle um 200%. Alle drei Energieträger weisen zwischen den Jahren 1980 bis 1985 Spitzenpreise auf, die nach 1986 fast wieder auf das Niveau von vor 1980 fielen. Seit 1998 ist jedoch für alle drei Träger eine konstant steigende Tendenz erkennbar, auch wenn diese durch hohe Volatilitäten gekennzeichnet ist<sup>112</sup>.

Anlagenwirkungsgrade unterschieden sich bis vor 20 Jahren erheblich, da unterschiedliche Techniken der Energiekonversion verwendet und unterschiedliche Umweltstandards appliziert wurden. Diese Unterschiede sind auch nach wie vor vorhanden, allerdings mit abnehmender Tendenz. Höchste Konversionsraten werden in Westeuropa gefolgt von Japan, USA und Kanada erzielt und niedrigste in Indien und Russland. Die Differenz von Wirkungsgraden der Umwandlung von Primärenergie in elektrische Energie von europäischen zu chinesischen Anlagen beträgt heute im Durchschnitt weniger als 10%<sup>113</sup>.

<sup>112</sup> VGB Powertech 2009: Zahlen und Fakten zur Stromerzeugung; IEA 2010: Key World Energy Statistics

<sup>113</sup> Kavalov B. und Peteves S.D. 2007: The future of coal, DG JRC Institute for Energy



In der Konsequenz haben sich die Bereitstellungskosten für Energie in allen für die Fermentation relevanten Regionen angenähert und die Differenzen vom günstigsten zum teuersten Anbieter sind aktuell geringer als der Faktor 2. 1990 waren die Abstände zwischen den Energiekosten in EU Ländern und denjenigen beispielsweise in Thailand oder China noch größer als der Faktor 5<sup>114</sup>.

**Übersicht 110: Energiekosten in den für die Fermentationsindustrie relevanten Regionen, 2010 (€pro kWh)<sup>115</sup>**

Region	Minimal	Maximal	Durchschnitt
USA	0,05	0,10	0,07
EU-27	0,07	0,11	0,09
China	0,06	0,10	0,09
Brasilien	0,07	0,11	0,09
Thailand	0,04	0,07	0,05
Deutschland <sup>116</sup>	0,08	0,12	0,10

Auch wenn diese Energiekostenunterschiede immer kleiner werden, so bedeuten sie in der Realität trotzdem, dass in der Tendenz Thailand und Nordamerika für energieintensive Prozesse bevorzugt sein können, sofern kein Effizienzbezogener Ausgleich möglich ist und sofern andere energiebezogene Parameter als gegeben angenommen werden. China hat bereits in 2007/08 begonnen in einigen Regionen u. a. auch in der Region Shanghai Energie zuzuteilen<sup>117</sup>. Firmen können seitdem bei ihren Stadt- und Provinzverwaltungen Kontingente beantragen, und spezifizieren wann und in welchem Umfang Energie benötigt wird. Die tatsächliche Zuteilung ist nicht transparent geregelt. Dieses und ähnliche Systeme reduzieren die Zuverlässigkeit der Energieversorgung erheblich und werden als massive Beeinträchtigung der Standortattraktivität angesehen.

Grundsätzlich und unter Berücksichtigung des für die meisten Fermentationsprozesse gültigen Anteils der Energiekosten an den Gesamtkosten, bedeutet ein Unterschied der Energiekosten von einem Standort zu einem anderen von beispielsweise 50% nur einen Unterschied in den Gesamtkosten von rd. 10%. Differenzen der Standorte in den aktuellen Bereitstellungskosten von Energie können daher, gerade vor dem Hintergrund steigender Konvergenz, in Zukunft nicht mehr ausschlaggebend sein.

<sup>114</sup> Hoffmann-La-Roche/Vitamin and Fine Chemicals, 1995: Business Plan 1996-2000

<sup>115</sup> Zusammengestellt auf der Basis von Eurostat, N.N: 2010: Thailand energy regulation development 2009 auf [www2.erc.or.th](http://www2.erc.or.th); US Energy Information Administration 2010 Key World Energy Statistics auf [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov); Energias de Portugal auf [www.edp.pt](http://www.edp.pt); EON und DSM: persönliche Mitteilung

<sup>116</sup> Üblicherweise erzeugen Fermentationswerke ihren Bedarf an elektrischer und thermischer Energie über eigene Kraftwerke selbst und können so günstiger als in der Tabelle aufgeführt Energie bereitstellen. Bei Kraft-Wärmekopplungen, wie in Deutschland zwischenzeitlich üblich, kann elektrische Energie durchaus zu € 0,05/kWh erzeugt werden. Damit sind auch die Energiekosten am Standort Deutschland keinesfalls höher als z.B. in den USA, Brasilien oder China.

<sup>117</sup> DSM und Antibioticos: persönliche Mitteilung



## 7 Spezielle Förderprogramme

Spezielle Förderprogramme, die den Auf- oder Ausbau der Fermentationsindustrie besonders unterstützen würden, sind in keiner der relevanten Regionen zu identifizieren. Allerdings gibt es in allen Regionen Politiken die die Fermentationsindustrie beeinflussen.

### 7.1 EU und Deutschland

Zucker und Stärke sind in der EU über eine spezielle Marktordnung geregelt, die im Wesentlichen auf den Schutz des Binnenmarkts für Lebensmittelzucker und –stärke zielt. Eine separate Marktordnung existiert für Kartoffelstärke<sup>118</sup> die jedoch für die Fermentationsindustrie ohne Relevanz ist. Im Zuge der Regelungen zur Deklassifizierung von quotierten Lebensmittelzucker zu Industriezucker und der Option deklarierten Zucker und Stärke für industrielle Zwecke zu importieren, war es auch in den vergangenen Jahre immer möglich, diese Kohlenhydrate zur Verwendung in Fermentationen zu importieren. Die Lokalpreise für diese Anwendungen ergaben sich aus den Einkaufspreisen in den jeweiligen Ländern zuzüglich Logistik- und Abwicklungskosten.

Mit dem Anstieg der globalen Zucker- und Stärkepreise erreichten die internationalen Preisniveaus Größenordnungen, die denjenigen der Preise in der EU sehr ähnlich sind. Eine industrielle, fermentative Verwendung von nicht-quotiertem und lokal hergestelltem Zucker und Stärke wird daher immer attraktiver. Gleichzeitig gilt, dass diese Kohlenhydratverwendung grundsätzlich eine stoffliche und eine energetische Verwendungsoption hat.

Die aktuell gültigen politischen Absichten, insbesondere auf EU Ebene, legen eine weitere Steigerung der Nachfrage nach bio-basierenden Kraftstoffen nahe. Dies kann auch für Bio-Ethanol gelten. Unter Berücksichtigung, dass auch andere Länder, respektive Brasilien und die USA, Bio-Ethanolförderprogramme umsetzen und somit eventuelle Importmengen für die EU entweder nicht, oder nur noch zu hohen Preisen zur Verfügung stellen, wird die Attraktivität, Kohlenhydrate in der EU energetisch zu nutzen, steigen. Hierzu wird auch die *Renewable Energy Directive* (RED) beitragen<sup>119</sup>.

Spezielle Steuerungssysteme zur Förderung und zum Ausbau der stofflichen Nutzung von Kohlenhydraten, somit für nicht energetische Fermentationsprodukte, existieren nur ansatzweise und bisher nicht verbindlich<sup>120</sup>.

Als Teil der EU ist Deutschland im Grundsatz an die generellen EU Politiken und insbesondere an die *Common Agricultural Policy* gebunden und setzt somit alle Regelungen die die Zucker- und Stärkemarktordnungen betreffen, um. Ähnliches gilt auch für die Erfüllung der Anforderungen zum Einsatz von erneuerbaren Energieträgern im Transportsektor. Da Deutschland neben Frankreich eines der wenigen EU Länder ist, die aktuell noch hohe Überschüsse an Getreide

<sup>118</sup> EC 2006: Report from the Commission to the Council on the quota system for the production of potato starch

<sup>119</sup> USDA, 2010: Transposition of the RED into National Legislation. Gain Report Number: E57006

<sup>120</sup> Siehe unter anderem: EC, 2009: High Level Group on the Competitiveness of the European Chemical Industry; OECD 2010: The Application of Biotechnology to industrial Sustainability

erwirtschaftet und potentiell mehr Zucker als aktuell produzieren kann, wird der Druck auf Deutschland zur Nutzung dieser Ressourcen zur Bio-Ethanolherstellung wachsen.

Unterstützt wird dieser Trend durch die Regelungen des erneuerbaren Energiegesetzes, das unter anderem die energetische Nutzung von Kohlenhydraten über Biogas fördert. Ähnliche Verordnung oder Regelung für die stoffliche Verwendung von Kohlenhydraten existieren trotz erheblicher Diskussion und Hinweisen bisher in Deutschland nicht.

## 7.2 Thailand

Thailand fördert seine Agrarentwicklung über spezielle Unterstützungsmaßnahmen für Maniok und Zuckerrohr. Diese sind teilweise direkt monetärer und teilweise technischer Natur. Fallen Marktpreise unter bestimmte Niveaus so werden über staatliche Stellen Ausgleichszahlungen direkt an Produzenten geleistet. Diese unteren Niveaus wurden in den vergangenen Jahren nicht erreicht und in der Folge mussten auch keine Direktzahlungen geleistet werden.

Thailand unterhält besonders für Maniok eine Forschungs- und Entwicklungsinfrastruktur deren Hauptaufgabe die Steigerung der Erträge, die Erhöhung der Stärkegehalte und die Verbesserung der Mechanisierung der gesamten Wertschöpfungskette bis hin zu Stärke und Stärkehydrolysat ist. Aktueller Forschungsschwerpunkt ist die Kontrolle der eingeschleppten Maniokschmierlaus und die Rückkehr zu Produktionsniveaus vor deren Ausbruch. Thailand hat sich auch verpflichtet im Rahmen eines erneuerbare Energieprogramms die Bio-Ethanolindustrie zu fördern und bis zum Jahre 2011 eine Million Kubikmeter Bio-Ethanol zu erzeugen. Das Rohmaterial hierfür soll Maniokstärke, Melasse und Rohzucker sein. Aktuell wird weniger als die Hälfte des angestrebten Bio-Ethanolvolumen erzeugt und in der Folge ist, bei Realisierung des Programms ein Anstieg der internen Maniokverwendung für Bio-Ethanol um 2-3 Mio. Tonnen und von Zucker und zuckerhaltigen Produkten um 1,5-2 Mio. Tonnen zu rechnen. Diese Steigerung der Nachfrage wird sowohl die Preise für Maniokprodukte wie auch für Zucker ansteigen und die jeweiligen Exporte drastisch sinken lassen<sup>121</sup>.

## 7.3 Brasilien

Brasiliens Fermentationsindustrie ist traditionell durch Bio-Ethanol geprägt und seit dem Ende einer Interimsphase, Anfang dieses Jahrtausends, wird die Herstellung und interne Verwendung von Bio-Ethanol wieder aktiv gefördert. Dies geschieht teilweise über die Festsetzung von Zwangsbeimischungsquoten zu Benzin, über Steuererleichterungen und Steueranreize für die Kauf von Fahrzeugen die mit Bio-Ethanol oder Bio-Ethanol-Benzingemischen betrieben werden können, über Investitionsbeihilfen für Bio-Ethanolfabriken und Bio-Ethanolager, sowie dem Festsetzen von prohibitiven Bio-Ethanolimportzöllen.

In der Folge dieser Programme steigt seit Jahren der interne Verbrauch von Bio-Ethanol auf aktuell 27 Millionen Kubikmeter. Um diese Nachfrage zu befriedigen, sind 440 Bio-Ethanolfabriken in Betrieb und jedes Jahr werden zwischen 5 und 20

<sup>121</sup> Chirapanda S. 2010: Thailand Biofuel Policy Issues. Thailand Tapioka Development Institute, Bangkok

neue aufgestartet. Trotzdem reichte im Jahr 2009 erstmalig die interne Bio-Ethanolproduktion nicht aus um den Bedarf zu befriedigen und es mussten über 4 Millionen Kubikmeter importiert werden. Für 2010 wird mit einem Import von 6-7 Millionen Kubikmeter, vorzugweise aus Nordamerika, gerechnet.<sup>122</sup> Die stark Bio-Ethanol-orientierte Förderung der Verwendung von Kohlenhydraten bedeutet auch, dass sich Kohlenhydratpreise zunehmend am Bio-Ethanolpreis orientieren. Da dieser sich den internationalen Niveaus mit € 400-500/m<sup>3</sup> annähert, ist nicht davon auszugehen, dass Kohlenhydrate günstiger als in anderen Ländern zur Verfügung gestellt werden können. Spezielle Politiken um diese Preiskoppelungen zu puffern und/oder andere Fermentationsindustrien zu fördern, existieren aktuell nicht<sup>123</sup>.

#### 7.4 USA<sup>124</sup>

Die USA fördern Fermentationsindustrien nicht mit gezielten oder speziellen Programmen, mit Ausnahme von Bio-Ethanol.

Seit 2004 gibt es das nationale Ziel, die Abhängigkeit der USA von fossilen Energieträgern und insbesondere von importiertem Rohöl zu verringern. Die Förderung der Bio-Ethanolindustrie ist hiervon ein Teil. Neben den üblichen Förderinstrumenten wie Investitionsbeihilfen und Steuererleichterungen für Bio-Ethanolanlagen, sind die Einführung von hohen Beimischungsquoten von Relevanz. Am 14.10.2010 veröffentlichte die EPA ihre Empfehlung die Ethanolbeimischung auf 15% zu erhöhen. Da nicht zu erkennen ist, dass die hieraus resultierenden Zusatzmengen von bis zu 150 Mio. m<sup>3</sup> Bio-Ethanol importiert werden können, muss von einer Stimulierung der lokalen Produktion ausgegangen werden. 150 Mio. m<sup>3</sup> Ethanol bedeuten eine Konversion von rund 400 Mio. Tonnen Mais und somit eine Vervierfachung der heute für Bio-Ethanol verwendeten Menge. Eine vollständige Realisierung des Programms erscheint ausgeschlossen. Das Programm an sich wird aber als stark prohibitiv für die Bereitstellung von Maisstärkehydrolysat für andere Fermentationen angesehen. Die Koppelung des Maispreises an den Bio-Ethanolpreis wird mit diesem Programm äußerst eng. Eine Abnahme der jährlichen Maisexporte wird damit wahrscheinlich.

#### 7.5 China

Auch in China gab es und gibt es keine speziell auf die Fermentationsindustrie abgestimmten Förderprogramme. Allerdings unterstützte die chinesische Regierung den Außenhandel, unter anderem auch mit Fermentationsprodukten mit einem Erlass von Umsatzsteuer, anderen Steuererleichterungen und speziell über ihre Währungspolitik, die die Lokalwährung gegenüber Euro und USD unterbewertet. Solange Rohmaterialien und andere Produkte zur Herstellung von exportierbaren Produkten lokal eingekauft werden und konfektionierte Ware gegen USD oder Euro exportiert und verkauft werden konnten, entstanden so Geldwerte Vorteile gegenüber anderen Standorten.

<sup>122</sup> Es wird davon ausgegangen, dass Brasilien seine Politik der Importsubstitution weiter verfolgen wird. Somit wird auch in Zukunft ein hoher Bedarf an Bio-Ethanol bestehen bleiben, der durch den weiteren Aufbau inländischer Ethanolkapazitäten befriedigt wird. Eine Abnahme des Exports von 5-7 Mio. Tonnen pro Jahr erscheint daher für die nächsten Jahre durchaus realistisch.

<sup>123</sup> USDA 2010: Brazil Biofuels Annual

<sup>124</sup> Biokraftstoffe: EPA erhöht Ethanol Anteil in Benzin auf 15% in [www.comcenture.com](http://www.comcenture.com), 14.10.2010

Mit der Transformation Chinas von einem Export- zu einem Importland für Mais und andere Stärkeprodukten wird ein wesentlicher Standortvorteil aufgegeben. China unterstützt nach wie vor lokale Produktion mit Mindestpreisen von derzeit € 170/t Mais. Preise für importierten Mais liegen aber bereits seit zwei Jahren über diesem Schwellenwert und erreichten im Oktober 2010 einen neuen Höhenpunkt. Teilweise abgefangen werden diese hohen Preise in der Stärkehydrolysat-Herstellung über hohe Entgelte für Nebenprodukte, speziell Gluten und Glutemehle. Diese Märkte sind nicht reguliert und die Preisbildung erfolgt auf Grund der hohen Protein-nachfrage. Um weitere Preissteigerungen von Getreide und speziell von Mais zu bremsen, wurde im Sommer 2010 dessen Konversion zu Bio-Ethanol untersagt. Auch wenn damit der Einfluss der Bio-Ethanolindustrie auf die Preisbildung von Mais und somit auf Stärkehydrolysat limitiert wird, so ist nicht davon auszugehen, dass dieses Rohmaterial für die Fermentationsindustrie in China zukünftig kostengünstiger zu erwerben sein wird, als etwa in der EU oder in den USA, da der wesentliche Faktor der Preisbildung, der Import von Mais, bestehen bleiben wird<sup>125</sup>.

## 8 Multidimensionaler Standortvergleich für eine Förderung des Standorts Deutschland

### 8.1 Kriterien und Raster

Auch wenn bereits aus den bisherigen Ausführungen zur Entwicklung der Kohlenhydratverfügbarkeit und von Preisen sowie weiterer Rahmenbedingungen erkenntlich wurde, dass sich die Attraktivität und Relevanz einzelner Fermentationsstandorte zueinander ändert und die Vorzüglichkeit eines spezifischen Standorts in der Vergangenheit in der Zukunft nicht mehr die gleiche sein wird, so wird hier der Versuch unternommen Fermentationsstandorte systematisch und transparent auf der Basis von mehr als 40 Einzelkriterien aus 5 Kategorien zu rastern und zu vergleichen. Diese Kategorien umfassen allgemeine Rahmenbedingungen einzelner Länder, Charakteristika der Energiewirtschaft, relevante und beeinflussende Politiken, sowie Detailparameter zu den jeweiligen Zucker- und Stärkemärkten. Wie jedes Raster ist auch dieses subjektiv und nicht in Gänze zu objektivieren; allerdings sind die Unterschiede in den Bewertungsergebnissen der Standorte teilweise so groß, dass das Ergebnis eindeutig ist.

#### *Kriterien zu allgemeinen Rahmenbedingungen*

- *Bevölkerungswachstum*: Ein hohes jährliches Bevölkerungswachstum (2000 – 2009) bedingt eine höhere Nachfrage nach Kohlenhydraten und führt damit zu einer Verknappung des Angebots für Alternativverwendungen. Skala: >1% Wachstum = 0; 0-1% Wachstum = 1; ≤0% = 2.
- *Zuwachs an verfügbarem Einkommen*: Hohe jährliche Zuwächse (2000 – 2009) bedingen eine hohe Nachfrage für Konsum und industrielle Zwecke und bewirken somit eine Verknappung des Angebots für Alternativnutzungen. Skala: >5% Wachstum = 0; 2-5% Wachstum = 1; ≤ 2% = 2.
- *Einkommensniveau*: Da die Einkommenselastizität für Zucker und Stärke mit steigendem Einkommensniveau üblicherweise abnimmt, führt ein bereits

<sup>125</sup> CCM International Ltd: Corn Products China News (verschiedene Ausgaben)

existierendes hohes Einkommensniveau (2008/09) zu einer geringeren zukünftigen Nachfrage und wird damit als für Alternativverwendungen positiv angesehen. Skala: Einkommensniveau etwa auf EU Durchschnitt = 1; Einkommensniveau << EU Durchschnitt = 0.

- *Politische Stabilität*: Alle hier betrachteten Länder gelten im Grundsatz als politisch stabil. Die im Sommer 2010 aufgetretenen Unruhen in Thailand führten jedoch zu erheblichen Irritationen bei Investoren. Skala: politisch stabil = 1; Anzeichen für politische Instabilitäten = 0.
- *Berechenbarkeit der Wirtschaftspolitik*: Wirtschaftspolitiken unabhängig davon ob diese für die Fermentationsindustrie förderlich sind oder nicht, gelten als transparent in allen diskutierten Ländern mit Ausnahme von China. Eine intransparente Wirtschaftspolitik wird als negativ angesehen. Skala: Wirtschaftspolitik transparent = 1; Wirtschaftspolitik intransparent = 0.
- *Gesellschaftliche Akzeptanz der Konversion von Kohlenhydraten in industrielle Produkte*: Je kritischer eine Gesellschaft dieses Thema diskutiert, desto schwieriger und langwieriger werden Genehmigungsverfahren. Dies ist besonders in der EU und in Deutschland der Fall. Skala: unkritisch = 1; kritisch = 0.
- *Relevanz Umweltschutzgesetzgebung*: Je höher die Umweltstandards und je stärker diese beachtet werden, desto höher werden die Investitionskosten für Fermentationsanlagen veranschlagt: Skala: Umweltstandards niedrig = 1, Umweltstandards hoch = 0.
- *Intensität der Forschung*: Je intensiver und Anwendungsbezogener die Forschungstätigkeit über die gesamte Herstellungs- und Verarbeitungskette von Kohlenhydraten bis hin zur Fermentation ist, desto mehr kann erwartet werden, dass effiziente und damit wettbewerbsfähige Systeme entwickelt und umgesetzt werden. Skala: 0 = nicht vorhanden, 1 = Ansatzweise vorhanden, 2 = umfänglich vorhanden.

#### *Kriterien zur Energiebereitstellung*

- *Aktuelle Energiepreise*: Hohe Energiepreise werden als negativ und folglich niedrige Energiepreise als förderlich für die Fermentationsindustrie angesehen. Skala: 0 = > 0,1 €/kWh, 1 = 0,07-0,1 €/kWh, 2 = < 0,07 €/kWh.
- *Entwicklung der Energiepreise*: Starke Steigerungen der Energiepreise, wie diese in den vergangenen Jahren besonders in China stattgefunden haben, werden als negativ angesehen, da diese die Planungen unberechenbarer und risikoreicher machen. Skala: 0 = stark steigende Energiepreise (>5%/Jahr), 1 = moderat steigende Energiepreise (1- 5%/Jahr); 2 = konstante/sinkende Energiepreise über die vergangenen fünf Jahre.
- *Konversionseffizienz von Primärenergieträgern*: Je höhere diese ist, desto besser werden Öl oder Gas zur Herstellung von Dampf oder Strom genutzt. Skala: 0 = < 30%, 1 = 30-40%, 2 = > 40%.
- *Bereitstellungsstabilität*: Wird die Zufuhr von Energie, respektive Strom, z.B. auf Grund von Netzüberlastungen unterbrochen oder besteht auch nur eine hohe Wahrscheinlichkeit dafür, so bedeutet dies mehr Investitionen in die Sicherstellung der permanenten Energieversorgung. Skala: 0 = nicht gesicherte Energieversorgung, 1 = gesicherte Energieversorgung.



### *Kriterien zu politischen Förderinstrumenten*

- *Spezielle Technologieförderprogramme zur stofflichen Verwertung von Kohlenhydraten:* Diese würden, sofern existent, als positiv gewertet werden. Skala 0 = nicht vorhanden, 1 = vorhanden.
- *Spezielle Förderprogramme für energetische Verwertung von Kohlenhydraten:* Die Konversion von Kohlenhydraten in Energie wird für den Ausbau der stofflichen Verwertung als negativ angesehen. Skala: 0 = Förderprogramme für Kohlenhydratbasierende Bioenergie vorhanden, 1 = kein Förderprogramm.
- *Preisstabilisierungsmaßnahmen für Stärke- und Zuckerpflanzen:* Bei zunehmender Volatilität der Märkte führt das Einsetzen von unteren Preisgrenzen für Rohstoffe zur verbesserter Planungssicherheit und auch zur Sicherstellung der Verfügbarkeit, da damit Produzenten ebenfalls Einkommenssicherheit gewährt wird. Skala: 0 = keine Maßnahmen zur unteren Preisstabilität, 1 = Maßnahmen vorhanden.
- *Umfassende Marktregulierung von Zucker und Stärke:* Komplexe Systeme der Regulierung von Zucker und Stärke, wie diese in der EU und teilweise auch in den USA praktiziert werden, werden als prohibitiv für einen flexiblen Einsatz von Kohlenhydraten in der Fermentationsindustrie angesehen. Skala: 0 = umfassendes Marktregulierungssystem vorhanden, 1 = Regulierungssystem nicht vorhanden.

### *Kriterien zum Einsatz von Saccharosebasierenden Kohlenhydraten*

- *Fermentative Nutzung von Zucker:* Die grundsätzliche Verfügbarkeit und Anwendung von Zucker zur Fermentation wird als positiv im Sinne einer Flexibilität des Standortes und im Hinblick auf die technischen Vorteile von Zucker in vielen Fermentationen gesehen. Skala: 0 = Zuckernutzung unüblich, 1 = Zuckernutzung üblich.
- *Produktionstrend:* Hohe und konstante Zuwachsraten der Zuckerproduktion über die vergangenen 17 Jahre werden als positiv und wesentlich für die Versorgungssicherheit angesehen. Skala: 0= negativer/kein Trend, 1 = positiver, statistisch absicherbarer Trend.
- *Ertrags- und Flächenausweitungstrend:* Der Ertragstrend (1993 – 2009) lässt Aussagen über die Anbaueffizienz zu; synergistisch wirkt sich die Flächenausdehnung aus. Skala: 0= negativer/kein Trend, 1 = positiver Ertrags-/negativer Flächentrend; 2 = positiver Ertrags- und Flächentrend.
- *Exporttrend:* Werden konsistent Überschüsse exportiert (1993-2009), so wird angenommen, dass damit eine hohe Verfügbarkeit für eventuelle alternative Verwendungen gegeben ist. Skala: 0 = Nettoimport, 1 = ausgeglichene Handelsbilanz, 2 = hohe, konstante und statistisch absicherbare Exportüberschüsse.
- *Wachstum lokaler Nachfrage relativ zum Produktionstrend:* Wächst die lokale Nachfrage stärker als die Produktionsausweitung (2000 – 2009), so ist auch bei aktuellen Überschüssen mit deren Abnahme und damit einer Verknappung von Zucker zu rechnen. Skala: 0 = Quotient aus Nachfrage- und Produktionswachstum >1, 1 = Quotient aus Nachfrage und Produktionswachstum <1.
- *Effizienz der Zuckerherstellung:* Voraussetzung für eine effiziente Nutzung von Zucker in der Fermentation ist dessen Herstellung nach modernen und Ressourcenschonenden Verfahren. Skala: 0 = Zuckerraffinerien im wesentliche veraltet, 1 = moderne Zuckerraffinerien in ausreichender Anzahl vorhanden.

- *Nutzung von Skaleneffekten:* Es kann erwartet werden, dass sowohl in der Produktion von Zuckerrübe/ Zuckerrohr wie auch in deren Verarbeitung mit zunehmender Größe Skaleneffekte zur kostengünstigen Herstellung erzielt werden können. Skala: 0 = relativ kleinteilige Produktion, 1 = großtechnische und industriell organisierte Produktion.
- *Zuckerpreistrend:* Je niedriger die lokalen Preise im Verhältnis zu internationalen Notierungen (cif London, 2000 - 2009) sind, desto höher ist die Wettbewerbsfähigkeit am jeweiligen Standort. Skala: 0 = Preise höher, 1 = annähernd gleich, 2 = Preise unter internationalen Notierungen.

#### *Kriterien zum Einsatz von Stärkebasierenden Kohlenhydraten*

- *Fermentative Nutzung von Stärke:* Die grundsätzliche Verfügbarkeit und Anwendung von Stärke zur Fermentation wird als positiv im Sinne einer Flexibilität des Standortes und im Hinblick auf die technischen Vorteile von Stärke in vielen Fermentationen gesehen. Skala: 0 = Stärkenutzung unüblich, 1 = Stärkenutzung üblich.
- *Produktionstrend:* Hohe und konstante Zuwachsraten der Produktion von industriell nutzbaren Stärkepflanzen (1993 – 2009) werden als positiv und wesentlich für die Versorgungssicherheit angesehen. Skala: 0= negativer/kein Trend, 1 = positiver, statistisch absicherbarer Trend.
- *Ertragstrend:* Wichtiger noch als der Produktionstrend (1993 – 2009) wird der Ertragstrend von mindestens einer relevanten Kultur angesehen, da dieser Aussagen über die Anbaueffizienz von Getreide und Maniok zulässt. Skala: 0= negativer/kein Trend, 1 = positiver Ertrags-/negativer Flächentrend, 2 = Positiver Ertrags- und Flächentrend.
- *Exporttrend:* Werden konsistent (1993 – 2009) Überschüsse entweder an relevanten Getreide- oder Maniokprodukten exportiert, so wird angenommen, dass damit eine hohe Verfügbarkeit für eventuelle alternative Verwendungen gegeben ist. Skala: 0 = Nettoimport, 1 = ausgeglichene Handelsbilanz, 2 = hohe, konstante und statistisch absicherbare Exportüberschüsse.
- *Wachstum lokaler Nachfrage relativ zum Produktionstrend:* Wächst die lokale Nachfrage stärker als die Produktionsausweitung (2000 – 2009) so ist auch bei aktuellen Überschüssen mit deren Abnahme und damit einer Verknappung von Getreide/Maniok zu rechnen. Skala: 0 = Quotient aus Nachfrage und Produktionswachstum  $>1$ , 1 = Quotient aus Nachfrage und Produktionswachstum  $<1$ .
- *Effizienz der Stärkeherstellung:* Voraussetzung für eine effiziente Nutzung von Stärke in der Fermentation ist dessen Herstellung nach modernen und Ressourcenschonenden Verfahren. Skala: 0 = Mühlen im Wesentlichen veraltet, 1 = moderne Mühlen in ausreichender Anzahl vorhanden.
- *Nutzung von Skaleneffekten:* Es kann erwartet werden, dass sowohl in der Produktion von Getreide/Maniok wie auch in der Verarbeitung mit zunehmender Größe Skaleneffekte zur kostengünstigen Herstellung erzielt werden können. Skala: 0 = relativ kleinteilige Produktion, 1 = großtechnische und industriell organisierte Produktion; 2 = sehr große Produktionsstätten mit höchsten Skaleneffekten.
- *Möglichkeit der Wertgebenden Nebenproduktverwendung:* Die Herstellung von Stärke aus Getreide führt zu Nebenprodukten, deren Marktwert die Produktionskosten für Stärke massiv senken. Skala: 0 = keine wesentlichen Mengen von Wertgebenden Nebenprodukten, 1 = Wertgebende Nebenprodukte.

- *Preistrend relevanter stärkehaltiger Kulturen:* Je niedriger die lokalen Preise für relevante Stärkehaltige Kulturen im Verhältnis zu internationalen Notierungen (cif London) sind, desto höher ist die Wettbewerbsfähigkeit am jeweiligen Standort. Skala: 0 = Preise höher, 1 = annähernd gleich, 2 = unter internationalen Notierungen.



## Übersicht 111: Kriteriumsraaster für den Vergleich der Standorte USA, Brasilien, Thailand, China, EU-27 und Deutschland

Kategorie	Parameter	USA	Brasilien	Thailand	China	EU27	Deutschland
Allgemeine Rahmenbedingungen	Bevölkerungswachstum	0	0	0	1	1	2
	Zuwachs an verfügbaren Einkommen	1	1	0	0	2	1
	Einkommensniveau	1	0	0	0	1	1
	Politische Stabilität	1	1	0	1	1	1
	Berechenbarkeit der Wirtschaftspolitik	1	1	1	0	1	1
	Gesellschaftliche Akzeptanz der Konversion von Kohlenhydraten in industrielle Produkte	1	1	1	1	0	0
	Relevanz Umweltschutzgesetzgebung	1	1	1	1	0	0
	Intensität der Forschung	2	2	2	1	2	1
<b>Zwischensumme</b>		<b>8</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>7</b>
Energiebereitstellung	Aktuelle Preise	1	1	2	1	1	0
	Entwicklung der Energiepreise	1	1	1	0	1	0
	Konversionseffizienz von Primärenergieträger	1	1	0	0	2	2
	Bereitstellungsstabilität	1	1	0	0	1	1
<b>Zwischensumme</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>
Politische Förderinstrumente	Spezielle Technologieförderprogramme zur stofflichen Verwertung von Kohlenhydraten	1	0	0	0	1	1
	Spezielles Förderprogramme für eine energetische Verwertung von Kohlenhydraten	0	0	0	1	0	0
	Preisstabilisierungsmaßnahmen für Stärke- und Zuckerpflanzen	1	0	1	1	1	1
	Umfassende Markregulierung von Zucker und Stärke	0	1	1	1	0	0
	<b>Zwischensumme</b>		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

**Übersicht 111: Kriteriumsraaster für den Vergleich der Standorte USA, Brasilien, Thailand, China, EU-27 und Deutschland (Fortsetzung)**

Kategorie	Parameter	USA	Brasilien	Thailand	China	EU27	Deutschland
Saccharose basierenden Kohlenhydraten	Fermentative Nutzung von Zucker	0	1	1	0	1	1
	Produktionstrend	0	1	1	0	0	0
	Ertrags- und Flächenausweitungstrend	1	2	2	1	1	1
	Exporttrend	0	2	2	0	2	2
	Wachstum lokaler Nachfrage relativ zum Produktionstrend	1	1	1	0	1	1
	Effizienz der Zuckerherstellung	0	1	1	0	1	1
	Nutzung von Skaleneffekten	1	1	0	0	1	1
	Zuckerpreistrend	0	2	2	0	1	1
<b>Zwischensumme</b>		<b>3</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
Stärkebasierende Kohlenhydrate	Fermentative Nutzung von Stärke	1	0	1	1	1	1
	Produktionstrend	1	1	1	1	1	1
	Ertragstrend	2	2	1	1	1	1
	Exporttrend	2	2	1	0	2	2
	Wachstum lokale Nachfrage relativ zum Produktionstrend	0	1	0	0	0	1
	Effizienz der Stärkeherstellung	1	0	1	1	1	1
	Nutzung von Skaleneffekten	2	1	0	1	1	1
	Möglichkeit der Wertgebenden Nebenproduktverwendung	1	0	0	1	1	1
Preistrend relevanter stärkehaltiger Kulturen	2	1	1	0	2	2	
<b>Zwischensumme</b>		<b>12</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>Gesamtwerte</b>		<b>29</b>	<b>31</b>	<b>26</b>	<b>16</b>	<b>33</b>	<b>31</b>

## 8.2 Relevanz des Standortvergleichs für Deutschland und die EU

Die Auswertung dieses Raster zeigt, dass bei Anwendung sehr unterschiedlicher Kriterien der Standort Europa und auch Deutschland im Vergleich mit den heute wichtigsten Fermentationsstandorten, keineswegs unattraktiv ist und diese Attraktivität eher zu- als abnimmt. Die Meinung von Cefic, dass Europa und Deutschland auf Grund von überhöhten Kohlenhydratpreisen gegenüber anderen Standorten benachteiligt ist und aus diesem Grund wesentliche Fermentationsstandorte still gelegt wurden, wird nicht geteilt<sup>126</sup>.

Es ist sicher richtig, dass im Bereich der Rahmenbedingungen und der Bildung der öffentlichen Meinung erhebliche Potentiale für Verbesserungen bestehen und spezielle Förderinstrumente für die stoffliche Verwertung von Kohlenhydraten nützlich sein können; ausschlaggebend für die Positionierung der EU und Deutschland als Fermentationsstandort ist jedoch bereits heute und in Zukunft, dass diese Regionen erhebliche Potentiale für die umfangreiche Erzeugung von Kohlenhydraten auf der Basis von Saccharose wie auch Glukose haben.

Bis 2008/09 waren Saccharose-basierende Kohlenhydrate z.B. in Brasilien preisgünstiger zu beziehen als in europäischen Ländern. Dies hat sich jedoch geändert, da internationale und somit auch brasilianische Preise im Zuge der erhöhten Nachfrage durch die Bio-Ethanolherzeugung stark gestiegen sind und auch weiterhin auf hohem Niveau fluktuieren werden. Damit kam es zu einer Annäherung an europäische Preisniveaus ohne dass es Änderungen der aktuellen Marktordnung bedurfte. Es gibt keinen Grund anzunehmen, dass Zuckerpreise wieder auf Niveaus von wesentlich unter \$ 500/t sinken. Ähnliches gilt für Getreide und die hieraus hergestellten Stärkeprodukte<sup>127</sup>.

Eine weitere Erkenntnis des Standortvergleichs ist, dass zwar Brasilien und die USA weiterhin als attraktive Fermentationsstandorte gelten können, China jedoch als ausgesprochen ungünstiger Standort für Fermentationen angesehen wird. Dies ist nicht nur darin begründet, dass politisch-ökonomische Regelungen schwer durchschaubar sind, sondern wird vor allem durch die bereits bestehende und zukünftig noch stärker zu erwartende Verknappung relevanter Rohmaterialien begründet.

### 8.2.1 Produktpräferenzen und Eignung einzelner Produkte für die Standorte EU und Deutschland

Da aktuell eine spezielle Politik für industrielle Biotechnologie weder auf europäischer noch auf deutscher Ebene formuliert ist und die Ausführungen von Cefic keine konkreten Schlüsse zu lassen, welche Produktgruppen aus der Sicht der europäischen Chemieindustrie sinnvoll zu fördern wären, wird vorgeschlagen dass besonders diejenigen Produktgruppen als relevant angesehen werden für die aktuell hohe Nettoimportbedarfe bestehen. Dies ist neben Bio-Ethanol auch Lysin und Zitronensäure.

---

<sup>126</sup> Cefic 2010: Cefic discussion paper on renewable feedstock for the chemical industry – ambition and reality

<sup>127</sup> Es wird darauf hingewiesen, dass diese Meinung im dezidierten Widerspruch zu den Prognosen der OECD und der FAO, so wie im Agricultural Outlook 2009 – 2018 dargestellt, stehen.

- **Bio-Ethanol:** Mit der Verpflichtung der EU und auch von Deutschland die Beimischungsquoten von Bio-Ethanol auf rund 10% zu erhöhen, steigt auch dessen Bedarf. Die bisherige Meinung, dass mindestens ein Teil dieses Bedarfs über Importe aus Brasilien und den USA gedeckt werden kann, wird durch den hohen Eigenbedarf in diesen Ländern in Frage gestellt und durch die zunehmenden Bio-Ethanolimporte Brasiliens untermauert. In der Folge wird es notwendig sein, im entsprechenden Umfang eigene Kapazitäten aufzubauen. Ein Bedarf von beispielsweise zusätzlich 2 Mio. Tonnen Bio-Ethanol in der EU und von rund 1 Mio. Tonnen in Deutschland bedeutet eine zusätzliche Bereitstellung von Kohlenhydraten in der Größenordnung von 4 Mio. Tonnen für die EU und von 2 Mio. Tonnen für Deutschland. Geht man weiter davon aus, dass 50% dieses Bedarfs über Zucker und der Rest über Getreide gedeckt werden, so muss für diese Mengen 1 Mio. Tonnen Zucker und 1-2 Mio. Tonnen Getreide auf EU Ebene aufgewendet werden. Diese Mengen sind im Grundsatz verfügbar bzw. produzierbar. Dies gilt nicht nur für Weizen, sondern auch für Zuckerrüben, deren Anbau dann wieder auf das Niveau vor der Zuckermarktreform 2006 erweitert werden müsste. Aus technisch-ökonomischer Sicht besteht hierfür kein Hinderungsgrund<sup>128</sup>. Ansätze, Bio-Ethanol auf der Basis von Enzym-katalytischen Verfahren aus Ligno-Zellulose zu gewinnen, werden als durchaus zukunftsweisend angesehen; deren Marktreife wird jedoch nicht innerhalb der kommenden fünf Jahre erwartet<sup>129</sup>.
- **L-Lysin:** Lysin ist seit vielen Jahren integraler Bestandteil von Futtermittelmischungen für Geflügel und Schweine. In den aktuell entwickelten, geschützten Formen wird eventuell ein zusätzlicher Markt für Wiederkäuerfutter erschlossen. Die Importbedarfe an Lysin sind seit Jahren hoch und betragen 250.000 Tonnen für die EU und 58.000 Tonnen für Deutschland. Die aktuellen Erfahrungen mit Skaleneffekten bei Lysinanlagen legen nahe, dass unter 150-200.000 Tonnen Jahresproduktion eine globale Wettbewerbsfähigkeit nur begrenzt erreicht werden kann<sup>130</sup>. Dies ist jedoch auch die Menge die aktuell in der EU über Importe gedeckt werden muss. Somit könnte eine Großanlage zur Produktion von Lysin gerechtfertigt sein. Zu berücksichtigen ist weiterhin, dass im gesamten EMEDA-Raum (Europa, Mittlerer Osten und Afrika) nur eine einzige Lysin Großanlage (Ajinomoto in Frankreich) existiert, die die Nachfrage von weit über 0,5 Mio. Tonnen nicht befriedigen kann. Das Fermentationssubstrat für Lysin ist üblicherweise Zucker und eine Produktion von 200.000 Tonnen benötigt bei aktuellen Konversionsraten 250-280.000 Tonnen Zucker; eine Menge die bei passender Planung durchaus darstellbar ist.
- **Zitronensäure:** Ähnlich wie Lysin ist Zitronensäure in vielen Anwendungen etabliert und der Bedarf in der EU und in Deutschland steigt seit Jahren kontinuierlich an. Aktuell werden 225.000 Tonnen in die EU und 68.000 Tonnen nach Deutschland importiert. Skaleneffekte mit Zitronensäureanlagen können bereits im Maßstab von rund 100.000 Tonnen erzielt werden. Die Deckung der aktuellen Importbedarfe würde somit mindesten eine mittelgroße, 60-100.000 Tonnen Anlage oder ggf. auch eine Anlage mit rund 150-200.000 Tonnen durchaus

<sup>128</sup> Die Produktion von Bio-Ethanol zur Erfüllung der angestrebten Beimischungsquote von 10% auf EU Ebene ( $\pm$  20 Mio. Tonnen Bio-Ethanol) wird als völlig illusorisch angesehen.

<sup>129</sup> Die Süd-Chemie AG beabsichtigt in 2011 eine Pilotanlage zur Herstellung von 1.000 Tonnen Bio-Ethanol auf der Basis des Sunliquid Verfahrens zu errichten (VDI Nachrichten 10.12.1010). Warum bereits bekannte Verfahren, wie der Säuerkatalytische Ligno-Zellulose Aufschluss nicht weiter gefördert und weiterentwickelt werden, ist nicht nachvollziehbar.

<sup>130</sup> Ajinomoto und Cheil: persönliche Mitteilung

rechtfertigen. Die wettbewerbsfähige Produktion von Zitronensäure in Europa wird über die Firma Jungbunzlauer seit vielen Jahren dargestellt; es wird erwartet, dass sich diese über die Verschlechterung der Standortbedingungen in China weiter verbessert. Zitronensäure wird vorzugsweise über Hydrolysat, Zucker oder Dicksaft erzeugt. Bei 200.000 Tonnen Endprodukt ist ein Bedarf von rund 250.000 Tonnen Hydrolysat oder rund 420.000 Tonnen Getreide erforderlich, Mengen die sowohl in Deutschland wie auch in der EU dauerhaft zur Verfügung stehen.

Über diese Massenprodukte hinaus wären weitere Fermentationsprodukte zu betrachten, die mehr aus strategischer Sicht sinnvoll sein können: Penizilline und Cephalosporine, die auch weiterhin wesentliche Bausteine der modernen Antiinfektivaentwicklung darstellen werden, sowie Milchsäure und sonstigen organischen Säuren, sofern diese tatsächlich in die Bio-basierte Polymerproduktion Eingang finden.

## 8.2.2 Vorschläge für politische Maßnahmen, Deutschland als Fermentationsstandort zu fördern

### *Förderung etablierter Produkte und industrieller Produktion*

Neben speziellen Produkt- und Regionsbezogener Förderungsmaßnahmen, werden aus den Ausführungen folgende, grundsätzliche Notwendigkeiten abgeleitet:

- *Formulierung von Grundsatzstrategien<sup>131</sup>*: Elementare Voraussetzung zur eventuellen Förderung der industriellen Biotechnologie auf EU und auf deutscher Ebene wäre die Ableitung und Darstellung deren strategischer Bedeutung und die Spezifikation von prioritär in der EU und in Deutschland herzustellender Produkte. Aktuelle Dokumente der EU oder auch des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz respektive des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) konkretisieren die Relevanz industrieller Biotechnologie und eventueller Förderinstrumente nicht und konzentrieren sich mehr auf die Beschreibung der medizinisch orientierten Biotechnologie oder der Bioenergie<sup>132</sup>.
- *Förderung des Anbaus und der Verarbeitung von Stärke- und Zuckerkulturen*: Eine monetäre Förderung des Getreideanbaus ist aufgrund der aktuell und nachhaltig erzielbaren hohen Deckungsbeiträge nicht notwendig. Ähnliches gilt auch für den Zuckerrübenanbau. Es ist jedoch überlegenswert, die industrielle Nutzung von Getreide und Zucker zu fördern. Hierzu wäre eine Versachlichung der Diskussion über die Verwendung von Getreide/Zucker vs. industrielle Nutzung hilfreich. Der Zuckerrübenanbau und die Zuckerproduktion sind zwar immer noch über eine komplexe Marktordnung im Grundsatz geregelt, die aktuellen Preisentwicklungen deuten aber daraufhin, dass dieses System auch ohne dessen Abschaffung für industrielle Anwendungen redundant wird. Damit steht einer Ausdehnung der Zuckerrübenproduktion nichts Grundsätzliches mehr im Wege. Eine

<sup>131</sup> Es wird durchaus anerkannt, dass die EU mit der Lead Market Initiative die Förderung der Herstellung von Bio- und Fermentationsbasierenden Produkten unterstützt und fordert. Die Architektur des Dokuments zielt jedoch speziell auf die Entwicklung von neuen, innovativen Produkten und lässt die Notwendigkeit des Wiederaufbaus der Produktion etablierter Produkte in der EU außer Acht.

<sup>132</sup> BMBF 2008: Weiße Biotechnologie; Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung & Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik 2008: Potentialstudie: Anwendungspotentiale der Bioverfahrenstechnik (Weiße Biotechnologie) in Nordrhein-Westfalen; BMBF 2010: Die deutsche Biotechnologie-Branche; Beuzekom v.B.; Arundel A. 2010; OECD Biotechnology Statistics 2009

verlässliche politische Willensäußerung zur verstärkten Nutzung von Zucker als Industrierohstoff für Investoren ist für den Wiederaufbau von Raffinerien wesentlich.

- *Konzeptentwicklung für den EU Proteinmarkt:* Traditionell wird die Hauptnachfrage nach Protein über den Mischfuttermarkt bestimmt und durch die Einfuhr von Sojaprotein gedeckt. Mit der Herstellung von Biodiesel und auch Bio-Ethanol entstehen Proteinhaltige Nebenprodukte die auf dem gleichen Markt abgesetzt werden müssen. Eine Vermahlung von Getreide und eine verstärkte Herstellung von Hydrolysat generiert ebenfalls Proteinnebenprodukte, die zwar teilweise Eingang in die Humanernährung finden, aber überwiegend im Tierernährungsmarkt weiter verwendet werden sollen. Durch das so ständig steigende lokale Angebot ändern sich, bei unterschiedlicher Wertigkeit der Proteinfractionen, die Preise und Nachfrage. Beides hat Rückkoppelungswirkung auf die Entstehungskosten für Stärke und somit auf Stärkehydrolysat als Fermentationsrohstoff. Vor diesem Hintergrund wird eine profunde Analyse der Dynamik des aktuellen und zukünftigen Proteinmarkts in der EU und in Deutschland als notwendig angesehen um hieraus konkrete Ableitungen für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit von Hydrolysat ziehen zu können.
- *Clusteridentifizierung und Clusterförderung:* Wettbewerbsfähige Produktionen können besonders dann errichtet werden, wenn Kohlenhydrate an dessen Herstellungsort direkt weiter verwendet werden. Dies bedeutet, so wie dies bereits in der Petrochemie üblich ist, den Aufbau und Betrieb von integrierten Standorten. Diese bedürfen neben Fläche auch einer Basisinfrastruktur und sind damit nicht für jeden Standort geeignet. Die Identifizierung und der Ausweis von Standorten, die für eine integrierte Fermentationsproduktion auf europäischem Niveau in Frage kommen, wären für ein Standortangewandtes Marketing wünschenswert.

### *Förderung neuer Technologien, Produkte und Verfahren*

Die dargestellten Ausführungen zur Verfügbarkeit von Zucker und Stärke als Fermentationssubstrate legen nahe, dass diese Rohmaterialien in Zukunft nicht mehr uneingeschränkt für Fermentationen zur Verfügung stehen und mit deutlichen, kontinuierlichen Preisanstiegen zu rechnen ist. Gleichzeitig ist auf Grund der Bevölkerungs- und Einkommensdynamik, nicht nur in Europa und Nordamerika, sondern speziell in Südost-Asien, Indien und China mit einer steigenden Nachfrage nach Fermentationsprodukten zu rechnen. Die Sorgen, dass auch Petroleum zukünftig nicht mehr uneingeschränkt und/oder zu günstigen Preisen zur Verfügung steht und der Klimawandel zu CO<sub>2</sub> Einsparungen zwingt, führen zu verstärkten Ansätzen Produkte, die bisher auf der Basis von Erdöl hergestellte wurden, zu fermentieren. Bereits vor mehr als 10 Jahren wurden umfangreiche Grundlagenarbeiten zur Nutzung von Alternativsubstraten zu Zucker und Stärke in der Fermentation ebenso vorgelegt, wie systematische Ansätze zur Produktion von Plattformchemikalien mit drei, vier, und fünf Kohlenstoffatomen auf der Basis von biochemischen Prozessen<sup>133</sup>. Viele dieser Ansätze sind in ihren Grundprinzipien nicht neu und greifen auf Verfahren zurück die innerhalb der letzten 80 Jahre vorzugsweise in Ländern, ohne eigenen Zugang zu Petroleum oder deren Handel aus politischen Gründen eingeschränkt war, entwickelt wurden. Erst jüngst durch die Änderung der Rahmen-

<sup>133</sup> Eine umfangreiche Übersicht über diese Ansätze findet sich z.B. in: Pacific Northwest National Laboratory und National Renewable Energy Laboratory and Office of Biomass Program, 2004: Top Value added Chemicals from Biomass



bedingungen auf ökonomischer, umweltpolitischer und sozialer Ebene werden diese Verfahren wieder attraktiv, an die heutigen Gegebenheiten und Notwendigkeiten angepasst, Effizienzen verbessert und Ökonomien so gestaltet, dass Wettbewerbsfähigkeit zunehmend möglich ist. Von besonderer Bedeutung hierbei sind:

- *Alternativen zu Zucker und Stärke als Fermentationssubstrat:*
  - Seit mehr als 100 Jahren nutzt die Papierindustrie spezielle Hefen zum Abbau und zur Aufarbeitung ihrer Pentosehaltigen Abwässer. Noch bis vor wenigen Jahren wurde einer, dieser auf Torulahefe basierender Prozesse, in der Schweiz durch die Firma Attisholz betrieben und in weiten Teilen der ehemaligen UdSSR wurde so Protein für die Futtermittelindustrie erzeugt<sup>134</sup>.
  - Holz- und Zelluloseaufschlussverfahren zur Gewinnung von Zucker und Zuckerähnlichen Stoffen wurden in den vergangenen Jahrzehnten nicht nur im Kontext der Fermentationsindustrie, sondern auch im Rahmen der Gewinnung von verdaubaren Futtermitteln ausführlich diskutiert und erprobt. Säurehydrolytische und Alkalibasierende Verfahren, Dampfdruckverfahren oder Kombinationen hiervon sind in ihren Techniken ausgereift und wurden bis Mitte der 1980er Jahre, unter anderem auch in der Deutschen Demokratischen Republik, zur Herstellung von Futtermittelsubstraten und Glukosesirupen genutzt. Aus Umweltechnischen und Wettbewerbsgründen wurde der Betrieb dieser Verfahren eingestellt. Jüngst bieten Novozyme sowie Danisco/Dupont Enzymmischungen an, die Lignozellulose enzymhydrolytisch spalten. Pilotanlagen sind vielfältig gebaut, ein kommerzieller Durchbruch ist jedoch noch nicht erfolgt, da weder technisch-logistische noch betriebswirtschaftliche Zielparameter bisher erreicht wurden. Es ist jedoch nicht nachvollziehbar warum z.B. Säurehydrolytische Verfahren, für die Methoden der Säurerückgewinnung und damit der verbesserten Umweltverträglichkeit existieren, nicht weiter verfolgt und ausreichend gefördert werden.
  - Glycerin, unter anderem als Nebenprodukt der Biodieselherstellung, wird ebenfalls jüngst als Substrat für Fermentationen diskutiert. Im Unterschied zu Kohlenhydraten, sind Mikroorganismen, die in der industriellen Fermentation verwendet werden, nicht auf derartige Moleküle adaptiert und bisherige Ansätze Glycerin im umfangreichen Maßstab zu verwenden, scheiterten. Ausnahme hiervon sind Hefen die in der Ethanolherstellung auch Glycerin, jedoch nicht als alleiniges Substrat, metabolisieren können. Die globale Verfügbarkeit von Glycerin ist deutlich geringer als diejenige von C<sub>5</sub> und C<sub>6</sub> Substraten, so dass davon ausgegangen werden kann, dass Glycerin als Fermentationsrohstoff, wenn überhaupt, dann nur selektiv Anwendung finden wird.
  - Als reine Forschungsansätze müssen heute Versuche gesehen werden Synthesegas (CO/H<sub>2</sub>), Methan oder Methanol als Fermentationssubstrat zu verwenden. Unabhängig von der Quelle dieser Produkte ist deren Nutzung für alle heute kommerziell genutzten Mikroorganismen metabolisch schwierig oder unmöglich und stellt zudem die Fermentationsverfahrenstechnik vor erhebliche praktische Herausforderungen, für die es aktuell keine konkreten Lösungen im großtechnischen Maßstab gibt.

Nach heutigem Stand der Technik und unter Berücksichtigung der existierenden real umsetzbaren Potentiale müssen daher Ansätze der Nutzbarmachung von Lignozellulosebausteinen als Fermentationssubstrate als deutlich aussichtsreicher ange-

---

<sup>134</sup> Siehe u. a.: Jeroch H., 1993: Futtermittelkunde

sehen werden als beispielsweise Synthesegas, Methan- oder Methanolbasierende Fermentationen<sup>135</sup>.

- *Neue Produkte aus Fermentation*

- Der zitierte Statusreport der Pacific Northwest National Laboratory listet mehr als 20 Produkte auf, die heute nicht oder nur begrenzt, aber in Zukunft durch Fermentationsverfahren produziert werden können, sofern geeignete technische Prozesse entwickelt werden. Für alle gelisteten Produkte sind jedoch Mikroorganismen beschreiben und die grundlegende Biochemie geklärt. In dieser Aufzählung finden sich auch Butanol, Aceton, Fumar- und Bernsteinsäure, Produkte für die Fermentationsverfahren seit vielen Jahrzehnten bekannt sind und die teilweise auch großtechnisch in der Vergangenheit produziert wurden. Weizmann-Synthesen zur Produktion von Butanol und Aceton wurden in der UdSSR noch bis weit in die 1980er Jahre betrieben. Ziel der aktuellen Ansätze ist es, speziell diejenigen Produkte fermentativ herzustellen die als Plattformchemikalien (z.B. Vinylchlorid, Ethylen, Propylen, Butadien, Isopren) zum Aufbau von Konsumprodukten, speziell von Polymeren, verwendet werden können. Hierzu zählen insbesondere Hydroxypropionsäure, Hydroxybuttersäure und Bernsteinsäure. Es wird erwartet, dass damit die Grundlage für eine dynamische Verbreitung von Biopolymeren gelegt wird. Die Erfahrung mit aktuellen Ansätzen Monomere für die Herstellung von Biopolymeren technisch kontinuierlich und wirtschaftlich wettbewerbsfähig zu produzieren, legen jedoch nahe, dass für Ansätze deren grundlegende Verfahrenstechnik in weiten Bereichen noch nicht ausreichend geklärt ist, eine unmittelbare Marktreife nicht zu erwarten ist. Dies gilt auch, trotz Engagement von Firmen (z.B. DSM/Roquette) in Pilotanlagen z.B. Bernsteinsäureverfahren weiter zu entwickeln. Für Hydroxypropionsäure muss ähnlich wie für andere gewünschte Monomere auch noch ein grundsätzlich verfahrenstechnisch umsetzbarer Weg entwickelt werden.

Somit werden Bemühungen fermentative Verfahren zur Herstellung von Monomeren als Bausteine für Biopolymere oder andere Chemikalien zu entwickeln als richtig und zukunftsorientiert angesehen. Gerade jedoch für diese Produkte, deren Applikationsfelder umfangreiche Volumina erfordern, ist die Lösung der Rohstoffproblematik essentiell. Bernsteinsäure oder Hydroxybuttersäure, fermentiert über Zucker- oder Stärkekonversion, fördert die in diesem Bericht angesprochene und erwartete Verknappung dieser Rohstoffe und spitzt die Konkurrenz mit Nahrungsmittelverwendung zu. Forschungsschwerpunkte sollten daher zwar auch auf die Entwicklung von Monomeren für die weitere chemische Verwendung gelegt werden; prioritär muss jedoch die Lösung der Frage nach den zukünftigen Fermentationsrohstoffen sein und diese wird in enger Beziehung zur Marktreife von Verfahren zum Aufschluss von Lignozellulose gesehen.

---

<sup>135</sup> Eine Zusammenfassung zum aktuellen Stand findet sich z.B. in: Bozell J.J. und Petersen, G.R., 2010: Technology development for the production of biosbased products from biorefinery carbohydrates – the US Department of Energy's „Top 10“ revisited, Green Chemistry 12, S. 539-554