

## **Chemikalien**

Thomas Hirth\*

Rainer Busch\*\*

\* Prof. Dr. Thomas Hirth, Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik, Stuttgart

\*\* Dr. Rainer Busch, T+I Consulting, Baden-Baden

## 4 Chemikalien

### Übersicht

<b>4.1 Marktbeschreibung 2011 .....</b>	<b>123</b>
4.1.1 Rechtliche Bestimmungen und Einflussfaktoren .....	125
4.1.2 Marktsegmente und Produkte.....	129
4.1.3 Rohstoffe.....	130
4.1.4 Technologien und Konversionsverfahren.....	140
4.1.5 Angebot und Nachfrage, Preise.....	142
4.1.5.1 Sonstige organische Grundstoffe und Chemikalien.....	143
4.1.5.2 Farbstoffe und Pigmente.....	150
4.1.5.3 Düngemittel und Stickstoffverbindungen .....	151
4.1.5.4 Schädlingsbekämpfung-, Pflanzenschutz- u. Desinfektionsmittel .....	152
4.1.5.5 Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte .....	153
4.1.5.6 Sonstige chemische Erzeugnisse .....	157
4.1.5.7 Klebstoffe.....	159
4.1.5.8 Ätherische Öle .....	162
4.1.6 Einflussparameter auf die Marktentwicklung.....	169
4.1.7 Rechtliche Rahmenbedingungen und Marktsituation in EU-Ländern .....	170
4.1.7.1 Entwicklung des Marktes .....	170
4.1.7.2 Schlussfolgerungen .....	175
4.1.8 Relevante internationale Erfahrungen .....	176
4.1.8.1 Rechtliche Rahmenbedingungen und Einflussparameter .....	176
4.1.8.2 Entwicklung des Marktes .....	176
4.1.8.3 Schlussfolgerungen .....	179
<b>4.2 Vergleich mit 2004 .....</b>	<b>179</b>
4.2.1 Beschreibung des Marktes in 2004.....	179
4.2.2 Wesentliche Änderungen und ihre Treiber.....	181
4.2.3 Erklärung der Marktentwicklung .....	181
<b>4.3 Vergleich mit der Prognose aus 2004 für 2010 .....</b>	<b>182</b>
4.3.1 Aufbereitung der Prognosedaten und Annahmen.....	182
4.3.2 Vergleich mit Ist-Situation und Abweichungsanalyse .....	182
4.3.3 Schlussfolgerungen für das Prognosemodell.....	182

<b>4.4 Prognose für das Jahr 2020 .....</b>	<b>182</b>
4.4.1 SWOT Analyse.....	182
4.4.2 Ziele der Bundesregierung .....	183
4.4.3 Grundannahmen für die Szenarien im Markt Chemikalien.....	184
4.4.4 Szenarien und „Real Case“ .....	186
<b>4.5 Zusammenfassende Bewertung und strategische Optionen.....</b>	<b>192</b>
<b>4.6 Quellenverzeichnis .....</b>	<b>193</b>

**Abbildungsverzeichnis:**

Abb. 56: Produktionswert der Fein- und Spezialchemikalien 2011 in Deutschland .....	124
Abb. 57: Produktionsgewicht der Fein- und Spezialchemikalien in Deutschland 2011	125
Abb. 58: Rechtliche Bestimmungen und Einflussfaktoren zur Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien .....	128
Abb. 59: Parameter, die die Entwicklung des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalienmärkte beeinflussen .....	129
Abb. 60: Einsatz nachwachsender Rohstoffe in der deutschen chemischen Industrie (I)	132
Abb. 61: Einsatz nachwachsender Rohstoffe in der deutschen chemischen Industrie (II)	133
Abb. 62: Übersicht über die gängigen Methoden, Verfahren und Konversionstechnologien für nachwachsende Rohstoffe zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien .....	140
Abb. 63: Schematische Darstellung einer Bioraffinerie.....	141
Abb. 64: Konversionspfade für nachwachsende Rohstoffe zu Fein- und Spezialchemikalien .....	142
Abb. 65: Preisentwicklung bei Fein- und Spezialchemikalien in Deutschland von 2001 bis 2011 .....	143
Abb. 66: Produktionsgewicht und -wert der sonstigen organischen Grundstoffe und Chemikalien in Deutschland 2011 .....	144
Abb. 67: Produktionsgewicht und -wert der sonstigen organischen Grundstoffe und Chemikalien in Deutschland 2011 .....	145
Abb. 68: Verbrauch von Druckfarben 2011 in Deutschland .....	154
Abb. 69: Inlandsverbrauch (Deutschland) von Farben und Lacken 2011 .....	156
Abb. 70: Produktionsgewicht der Klebstoffe in Deutschland in 2011 .....	160
Abb. 71: Entwicklung der Klebstoffproduktion in Deutschland von 2004 bis 2011 .....	162
Abb. 72: Einteilung und Eigenschaften der ätherischen Öle .....	163
Abb. 73: Herstellungsverfahren für ätherische Öle .....	165
Abb. 74: Märkte und Anwendungen für ätherische Öle .....	166
Abb. 75: Typische Eigenschaften und Wirkung von ätherischen Ölen.....	166
Abb. 76: Marktentwicklung bei ätherischen Ölen in Deutschland von 2004 bis 2011...	167
Abb. 77: Produktionsentwicklung bei ätherischen Ölen in Deutschland von 2004 bis 2011 .....	168
Abb. 78: Anteil der Energiekosten am Gesamtumsatz der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie .....	169
Abb. 79: Herstellung von Ethanol in Europa 2011 .....	172
Abb. 80: Anteil der Regionen am weltweiten Chemieumsatz .....	177

Abb. 81: SWOT-Analyse zum Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in der deutschen chemischen Industrie bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien .....	183
Abb. 82: Einflussfaktoren zu den Grundszenarien „Positiv und „Negativ“ .....	186
Abb. 83: Vier Basisszenarien zur Prognose für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien 2020 .....	187
Abb. 84: Volumen nachwachsender Rohstoffe im Jahre 2020 nach den vier Basis-szenarien .....	190
Abb. 85: Vergleich des angenommenen „Real Case“ – Szenarios mit den Szenarien A - D .....	191
Abb. 86: Verbrauch an Rohstoffen 2011 und im „Real Case“-Szenario 2020 .....	192

**Tabellenverzeichnis:**

Tab. 13: Übersicht: Wirtschaftszweig 20 „Herstellung chemischer Erzeugnisse“ .....	121
Tab. 14: Übersicht Abgrenzung Fein- und Spezialchemikalien .....	123
Tab. 15: Produktions- und Außenhandelsdaten zu Fein- und Spezialchemikalien 2011/30	
Tab. 16: Anteil nachwachsender Rohstoffe am Gesamtrohstoffeinsatz der chemischen Industrie 2008 und 2011 .....	131
Tab. 17: Sonstige Rohstoffe zur Verwendung in der chemischen Industrie .....	137
Tab. 18: Übersicht über den nachweisbaren Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in den einzelnen Segmenten der Fein- und Spezialchemikalien .....	139
Tab. 19: Eingesetzt Menge an nachwachsender Rohstoffen in Farben und Lacken in Deutschland 2011 .....	156
Tab. 20: Einsatz nachwachsender Rohstoffe in Klebstoff-Formulierungen .....	161
Tab. 21: Marktgröße für ausgewählte Aminosäuren .....	171
Tab. 22: Übersicht ausgewählter Projekte zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien auf Basis nachwachsender Rohstoffe .....	175
Tab. 23: Vergleich der Mengen an nachwachsenden Rohstoffen für Fein- und Spezialchemikalien 2004 und 2011 .....	180

Im Kapitel Chemikalien sind Fein-, Spezial- und Grundchemikalien zusammengefasst. Unter Fein- und Spezialchemikalien versteht man Produkte, die im Gegensatz zu Bulkchemikalien meist nicht in großer Menge produziert werden, sondern über komplexe Syntheserouten in eher kleinen Chargen mit sehr spezifischen, für die Kunden angepassten Produkteigenschaften, die als Funktionskomponenten (Additive) in einer breiten Palette von Produkten zum Einsatz kommen. Fein- und Spezialchemikalien werden in den Statistiken des statistischen Bundesamtes im Wirtschaftszweig 20 „Herstellung chemischer Erzeugnisse“ geführt, der sich in die in der folgenden Abbildung aufgeführten Unterzweige gliedert.

Code	WZ Bezeichnung
20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen
20.1	Herstellung von chemischen Grundstoffen, Düngemitteln und Stickstoffverbindungen, Kunststoffen in Primärformen und synthetischem Kautschuk in Primärformen
20.11	Herstellung von Industriegasen
20.12	Herstellung von Farbstoffen und Pigmenten
20.13	Herstellung von sonstigen anorganischen Grundstoffen und Chemikalien
20.14	Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien
20.15	Herstellung von Düngemitteln und Stickstoffverbindungen
20.16	Herstellung von Kunststoffen in Primärformen
20.17	Herstellung von synthetischem Kautschuk in Primärformen
20.2	Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln
20.3	Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kittungen
20.4	Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln sowie von Duftstoffen
20.5	Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen
20.51	Herstellung von pyrotechnischen Erzeugnissen
20.52	Herstellung von Klebstoffen
20.53	Herstellung von ätherischen Ölen
20.59	Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen a. n. g.
20.6	Herstellung von Chemiefasern

Tab. 13: Übersicht: Wirtschaftszweig 20 „Herstellung chemischer Erzeugnisse“

Bis 2007 wurden pharmazeutische Erzeugnisse als Untersegment der chemischen Produkte geführt. Seit 2008 werden sie in einem separaten Segment gelistet. Damit einhergehend, wurden die Wirtschaftszweige auf die heute verwendete, EU-einheitliche Klassifikation umgestellt (WZ 2008).

Die Segmentierung der Chemikalien in dieser Studie deckt sich nicht mit der des Verbandes der chemischen Industrie. Während nach der Abgrenzung des VCI die Sparte „Fein- und Spezialchemikalien“ aus den Segmenten „Farbstoffe und Pigmente“, „Schädlingsbekämpfung-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittel“, „Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte“ sowie „Sonstige chemische Erzeugnisse“ mit den Untersegmenten „Pyrotechnische Erzeugnisse“, „Klebstoffe“, „Ätherische Öle“ und „Sonstige chemische Erzeugnisse a. n. g.“, besteht, wurden in dieser Analyse zusätzlich die Segmente „Sonstige organische Grundstoffe und Chemikalien“ und „Düngemittel und Stickstoffverbindungen“ einbezogen, die zwar zu den Grundchemikalien gezählt werden, in denen aber erhebliche Mengen an pflanzlichen und tierischen Rohstoffen eingesetzt werden.

Die Segmente Kunststoffe in Primärformen, Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemittel sowie Chemiefasern werden in eigenen Kapiteln (Abschnitt 5 „Biobasierte Kunststoffe und biobasierte Verbundwerkstoffe“, Abschnitt 6 „Papier, Pappe und Kartonage“, Abschnitt 8 „Wasch- und Körperpflegemittel“) beschrieben. Bei der Herstellung von Industriegasen und pyrotechnischen Erzeugnissen spielen nachwachsende Rohstoffe überhaupt keine Rolle. Synthetikgummi in Primärformen dagegen kann auch in Mischungen mit Naturkautschuk vorliegen, diese werden aber in diesem Kapitel nicht näher betrachtet.

Fein- und Spezialchemikalien (VCI-Abgrenzung)	Abgrenzung in dieser Studie
	Sonstige organische Grundstoffe und Chemikalien (20.14) <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Alkohole einschl. technischer Fettalkohole</i></li> <li>• <i>Carbonsäuren</i></li> <li>• <i>Organische Verbindungen mit Stickstofffunktionen</i></li> <li>• <i>Enzyme</i></li> <li>• <i>Verschiedene organische chemische Grundstoffe und Chemikalien</i></li> <li>• <i>Ablaugen aus der Zellstoffherstellung, einschließlich Ligninsulfonaten</i></li> </ul>
	Düngemittel und Stickstoffverbindungen (20.15)
Farbstoffe und Pigmente (20.12)	Farbstoffe und Pigmente (20.12)
Schädlingsbekämpfungsmittel-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittel (20.2)	Schädlingsbekämpfungsmittel-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittel (20.2)
Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte (20.3)	Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte (20.3)
Pyrotechnische Erzeugnisse (20.51)	
Klebstoffe (20.52)	Klebstoffe (20.52)
Ätherische Öle (20.53)	Ätherische Öle (20.53)
Sonstige chemische Erzeugnisse a.n.g. (20.59)	Sonstige chemische Erzeugnisse a.n.g. (20.59) <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Chemisch modifizierte Fette und Öle</i></li> <li>• <i>Additive für Zement, Mörtel oder Beton</i></li> <li>• <i>Zusammengesetzte Weichmacher für Kautschuk und Kunststoffe</i></li> </ul>

Tab. 14: Übersicht Abgrenzung Fein- und Spezialchemikalien

#### 4.1 Marktbeschreibung 2011

Die deutsche **chemische Industrie** erzielte 2011 mit rund 429.000 Beschäftigten in mehr als 2.000 Betrieben und Investitionen von 6,4 Mrd. € einen Umsatz von 144,4 Mrd. €. <sup>148</sup> Sie hatte damit einen Anteil von 5,5% am Weltchemiemarkt und von 21,3% in Europa bzw. von 25,7% in der Europäischen Union (EU-27). <sup>149</sup>

Der Wert der von ihr hergestellten und zum Absatz bestimmten Produkte in Deutschland betrug 114,9 Mrd. €. Die chemische Industrie trug 2011 mit rund 8,8 Mrd. € Forschungsausgaben fast 17% der gesamten Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen der deutschen Wirtschaft. <sup>150</sup>

Als ein Hersteller von Grundstoffen steht die chemische Industrie am Anfang der industriellen Wertschöpfungskette. Ihre Produkte kommen im nahezu allen Branchen zum Einsatz.

<sup>148</sup> Verband der chemischen Industrie (VCI): Branchenporträt der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie 2012, Frankfurt 2012.

<sup>149</sup> Verband der chemischen Industrie: Chemiewirtschaft in Zahlen 2012.

<sup>150</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O.



In den letzten zehn Jahren ist die Chemieproduktion jährlich im Durchschnitt um 2,2 Prozent gestiegen.<sup>3</sup> Unter den großen Branchen der deutschen Industrie konnten nur die Elektro- und die Automobilindustrie höhere Wachstumsraten aufweisen.

**Fein- und Spezialchemikalien** sind von der Wertschöpfung her die wichtigste Sparte für die deutsche chemische Industrie. Der Wert der zum Absatz bestimmten Produktionsmenge an Fein- und Spezialchemikalien betrug 2011 mit 64,9 Mrd. € mehr als die Hälfte des Produktionswertes der gesamten chemischen Industrie Deutschlands.<sup>151</sup>

### 2011 wurden in Deutschland Fein- und Spezialchemikalien im Wert von 64,9 Mrd. € hergestellt

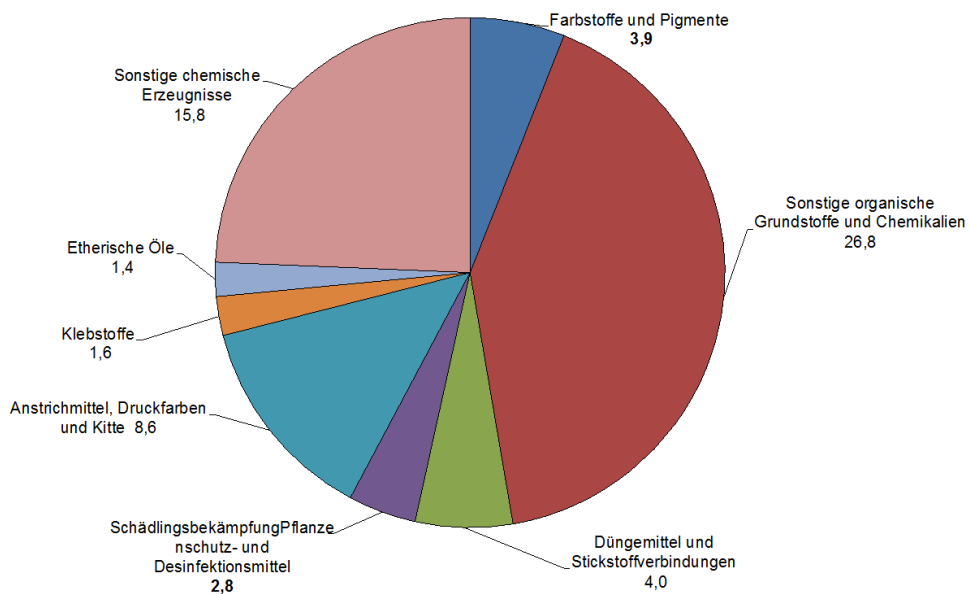


Abb. 56: Produktionswert der Fein- und Spezialchemikalien 2011 in Deutschland<sup>152</sup>

<sup>151</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O.

<sup>152</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O., Statistisches Bundesamt 2011, Produktions-erhebung im verarbeitenden Gewerbe.

## 2011 wurden in Deutschland 32,5 Mio. t Fein- und Spezialchemikalien produziert

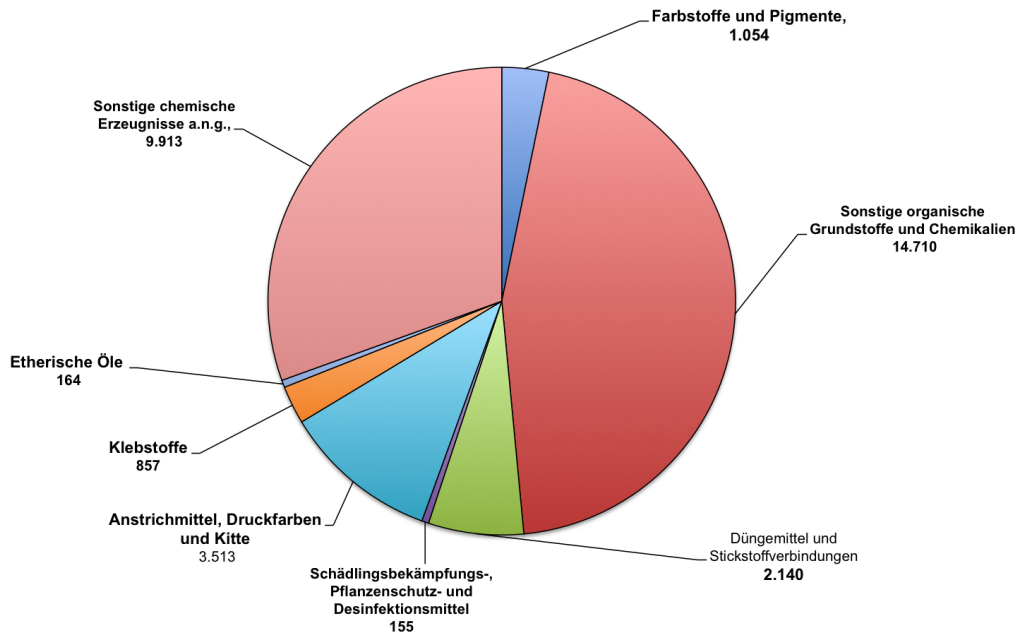


Abb. 57: Produktionsgewicht der Fein- und Spezialchemikalien in Deutschland 2011<sup>153</sup>

Die Fein- und Spezialchemie ist eine Sparte mit sehr unterschiedlichen Produkten. Ihre Abnehmer kommen hauptsächlich aus der verarbeitenden Industrie. Zu den wichtigsten Kunden zählen u.a. die Bauwirtschaft, die Papier- und Druckindustrie, die Holzverarbeitung und die Automobilindustrie sowie die Landwirtschaft.

### 4.1.1 Rechtliche Bestimmungen und Einflussfaktoren

„Fein- und Spezialchemikalien“ unterliegen den gleichen rechtlichen Bestimmungen und Einflussfaktoren wie die gesamte chemische Industrie. Rechtliche und regulatorische Vorgaben kommen dabei einerseits über das nationale Chemikalienrecht (Chemikaliengesetz, Gefahrstoffverordnung und Chemikalien-Verbotsverordnung) andererseits aber zunehmend stärker über das europäische Chemikalienrecht. Hier sind insbesondere die EU-Verordnungen REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals),<sup>154</sup> CLP (Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures), GHS

<sup>153</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O., Statistisches Bundesamt 2011, Produktions-erhebung im verarbeitenden Gewerbe.

<sup>154</sup> REGULATION (EC) No 1907/2006: Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals.

(Globally Harmonised System of Classification and Labeling of Chemicals)<sup>155</sup> und die europäischen Auflagen zum Emissionshandel zu nennen.

Im nationalen Rahmen regelt das Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG) den Schutz der Menschen vor schädlichen Einwirkungen gefährlicher Stoffe und Gemische, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf das Erkennen und die Verhinderung ihres Entstehens gelegt wird.<sup>156</sup> Das **ChemG** will insbesondere schädliche Einwirkungen von gefährlichen Stoffen auf die Umwelt, die menschliche Gesundheit und den Arbeitnehmer beim Umgang mit Gefahrstoffen verhindern.

Schwerpunkte der **REACH**-Verordnung sind eine allgemeine Registrierungspflicht für alle in der Europäischen Union **hergestellten** oder **eingeführten** Stoffe bei der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA), die Bewertung dieser Stoffe und die weitergehende Regulierung bestimmter gefährlicher Stoffe.

Demnach muss spätestens bis 2018 jeder Stoff, der in einer Größenordnung von mehr als einer Tonne pro Jahr hergestellt oder importiert wird, amtlich registriert werden. Für Stoffe in der Forschungs- und Entwicklungspipeline kann diese Registrierung für fünf Jahre ausgesetzt werden. Für Stoffe, von denen mehr als 1000 t im Jahr hergestellt werden gilt diese Registrierungspflicht schon seit 2010. Während eine solche Vorschrift von den Unternehmen der Großindustrie noch relativ einfach in ihre Betriebsabläufe integriert werden kann, stellt sie kleine und mittelständische Unternehmen vielfach vor große Herausforderungen.

Als Ergänzung zu REACH wurde im Januar 2009 auf Grundlage der **GHS**-Verordnung der Vereinten Nationen die **CLP**-Verordnung in das europäische Chemikalienrecht übernommen. Sie regelt die Einstufung, Verpackung und das Inverkehrbringen von Stoffen und Gemischen. Die nationale Gefahrstoffverordnung wurde daraufhin zum 1. Dezember 2010 an das europäische Recht angepasst.

REACH betrifft nicht nur die klassische Chemieproduktion auf Basis von fossilen Rohstoffen, sondern gilt ebenso für die Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen. Eine erfolgreiche Registrierung ist daher Voraussetzung und entscheidend für den nationalen und europäischen Wettbewerb. Damit tritt neben den reinen Kostenaspekt auch der Aspekt eines Marktschutzes; das registrierte Produkt aus deutscher oder europäischer Herstellung hat gegenüber dem nichtregistrierten aus Asien einen Wettbewerbsvorteil. Somit kann die oft geäußerte Vermutung, dass REACH die Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Europa behindere, durchaus in Zweifel gezogen werden.

Der Handel mit europäischen **Emissionsrechten (EU-ETS)** wird ab 2012 ausgeweitet und ab 2013 mit verschärften Auflagen für emissionsintensive Industriebranchen aufwarten. In der ab dann laufenden dritten Phase des Emissionshandels werden Zertifikate nicht mehr

---

<sup>155</sup> Verordnung (EG) Nr. 1272/2008: Regulation on **C**lassification, **L**abelling and **P**ackaging of Substances and Mixtures, Globally Harmonised System of Classification and Labeling of Chemicals“.

<sup>156</sup> Chemikaliengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Juli 2008 (BGBl. I S. 1146), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 39 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert wurde.

national (und oft auch kostenlos) zugeteilt, sondern müssen ersteigert werden. Des Weiteren wird auch die Herstellung von Petrochemikalien mit in den Handel einbezogen werden. Große Unternehmen rechnen wegen der dann benötigten CO<sub>2</sub>-Emissionsrechte bis 2020 mit Belastungen von rund hundert Millionen € jährlich.<sup>157</sup>

Emissionszertifikate für Unternehmen, deren Produktionskosten durch die CO<sub>2</sub>-Abgaben um mehr als fünf Prozent steigen würden und die ihre Umsätze zu mehr als zehn Prozent im Export außerhalb der EU Erlösen oder für die eines dieser beiden Kriterien 30 Prozent beträgt, bleiben allerdings weiterhin unberücksichtigt.<sup>158</sup> Dadurch sollen Wettbewerbsnachteile gegenüber Mitbewerbern verhindert werden, die in Staaten produzieren, die sich nicht am globalen Klimaschutz beteiligen.

Dabei könnte es sich als ein Vorteil erweisen, dass die kostenlosen Zertifikate sich in Zukunft nicht mehr an den historischen Emissionen einer Produktionsanlage orientieren dürfen, sondern ausschließlich an der besten verfügbaren Technologie (Orientierung am technischen Standard der Anlagen bzw. des Verfahrens). Hier haben Prozesse auf der Basis nachwachsender Rohstoffe eine große Chance, sich als Industriestandard zu etablieren. Als gutes Beispiel kann hier das Bioraffinerie-Konzept genannt werden.<sup>159</sup> Weitere Regularien und Verordnungen finden sich im deutschen **Gentechnikrecht**, das zusammen mit der gesellschaftlichen Nichtakzeptanz der „Grünen Biotechnologie“ dazu führt, dass deren Einführung unmöglich ist und große Industrieunternehmen ihre Tätigkeiten in diesem Sektor ins außereuropäische Ausland verlagern.<sup>160</sup> Letztendlich wäre das **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)** zu nennen, das die energetische Verwertung von Biomasse subventioniert und eine stoffliche Nutzung weniger attraktiv erscheinen lässt.

---

<sup>157</sup> „Chemiekonzern rechnet mit teurem Klimaschutz“, Handelsblatt online vom 6.7.2011.

<sup>158</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit „Kernelemente der neuen EU-Richtlinie zum Emissionshandel (ETS-Richtlinie)“, [www.bmub.bund.de/klimaschutz/downloads](http://www.bmub.bund.de/klimaschutz/downloads), abgerufen am 12.7.2012.

<sup>159</sup> Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Roadmap Bioraffinerien, Juni 2012.

<sup>160</sup> BASF SE, [www.basf.com/group/corporate/de/products-and-industries/biotechnology/plant-biotechnology/index](http://www.basf.com/group/corporate/de/products-and-industries/biotechnology/plant-biotechnology/index), abgerufen am 1.10.2012.

## Nationale und internationale Vorschriften und Bestimmungen regulieren die Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien

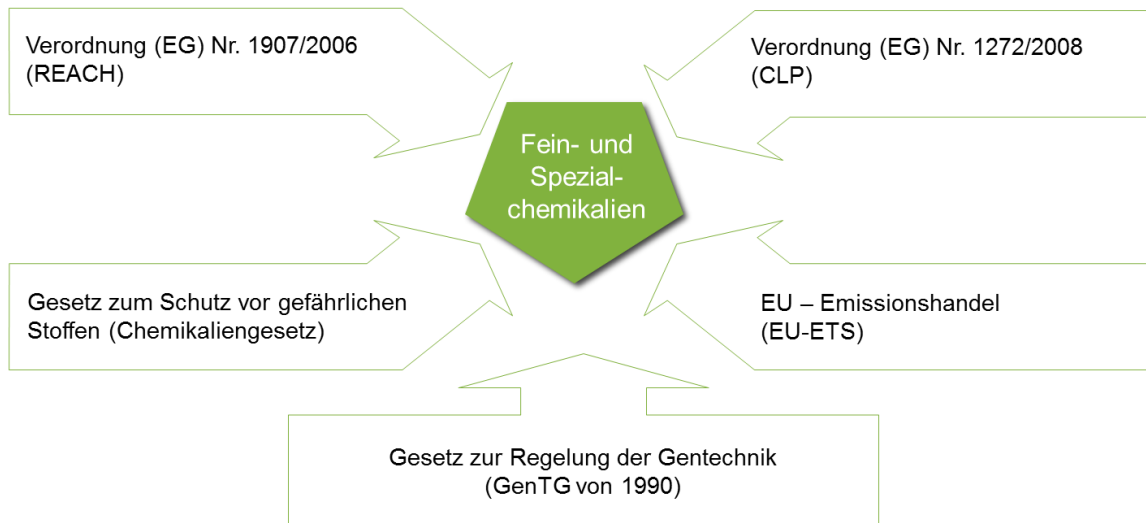


Abb. 58: Rechtliche Bestimmungen und Einflussfaktoren zur Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien

Wichtige Einflussfaktoren, die über einen stärkeren Einsatz nachwachsender Rohstoffe bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien mitentscheiden, sind

- Rohstoff- und Energiepreise,
- die Verfügbarkeit von Biomasse mit konstanter Qualität zur stofflichen Nutzung und
- das Vorhandensein einer geeigneten **Prozesstechnik**.

Die technologische Kompetenz, Biomasse in Fein- und Spezialchemikalien umzuwandeln und die dafür erforderlichen Verfahren entwickeln zu können, ist in Deutschland vorhanden, muss aber kontinuierlich weiterentwickelt und ausgebaut werden. Dazu ist ein innovationsfreundliches Umfeld erforderlich.

Um fossile Rohstoffe bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien ersetzen zu können, muss Biomasse in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Jedoch steht die Nutzung pflanzlicher Biomasse für industrielle Zwecke teilweise heute schon im Wettbewerb mit der Energiebereitstellung. Im Zuge der geplanten Energiewende wird sich dieser Wettbewerb verschärfen. Während für Biokraftstoffe und Bioenergie in Deutschland und der EU eine Nachhaltigkeitszertifizierung für den Erhalt der Subventionen erforderlich ist, gibt es eine solche obligatorische Zertifizierung für Biomasse zur stofflichen Verwendung nicht. Bestehende Systeme beruhen auf Freiwilligkeit und die Teilnahme daran wird von den Unternehmen im Rahmen ihrer Nachhaltigkeitsstrategie genutzt.<sup>161</sup>

Die **Preise** für nachwachsende Rohstoffe sind in den letzten Jahren stark gestiegen (Raps von 250 €/t auf über 450 €/t von 2006 bis 2011 und Weizen von 110 €/t auf 190 €/t im glei-

<sup>161</sup> Verband der chemischen Industrie, „Chancen und Grenzen des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie“, Frankfurt 23.10.2012.

chen Zeitraum). Sie unterliegen darüber hinaus den Schwankungen, die sich durch schlechte Ernten und andere Einflussfaktoren ergeben. So fiel z.B. die deutsche Getreideernte 2011 um 6% niedriger aus als 2010, bedingt durch witterungsbedingte Einbußen bei den Hektarerträgen, bei allerdings großen regionalen Unterschieden.<sup>162</sup> Die Weltmarktpreise für Zucker haben sich seit 2005 ungefähr verdreifacht und lagen 2011 im Mittel zwischen 450 €/t und 500 €/t.

Für den weiteren Ausbau der Nutzung nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland müssen deshalb qualitativ und quantitativ ausreichende und nachhaltig produzierte Rohstoffmengen wettbewerbsfähig bereitgestellt werden können. Eine sichere Nahrungsmittelerzeugung hat dabei jedoch eindeutig Vorrang.<sup>163</sup>

### Rohstoff- und Energiepreise, Regularien und technologischer Fortschritt entscheiden über die Zukunft der nachwachsenden Rohstoffe

<p><b>Rohstoff- und Energiepreise</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010 wurden von der deutschen chemischen Industrie insgesamt 18,9 Mio. Tonnen an fossilen Rohstoffen (Erdöl, Kohle Erdgas) verarbeitet</li> <li>• Die Preise für Naphtha stiegen von 2008 bis 2011 von 545 auf 669 €/t, die Strompreise stiegen um bis zu 18%</li> <li>• Der Preis für Raps ist von 2006 bis 2011 von 241 auf über 450 €/t gestiegen, der von Weizen von 110 auf 190 €/t ; Preise für landwirtschaftliche Rohstoffe hängen stark vom Wetter ab, schlechte Ernten können die Preise hochtreiben;</li> <li>• Der Preis für Biomasse zur stofflichen Nutzung wird vom Preis für Biomasse für energetische Nutzung getrieben</li> </ul>
<p><b>Regularien</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ab 31.5.2013 müssen alle Produkte ab 1000 t/a und ab 2018 alle Produkte ab 1 t/a nach REACH registriert sein; das gilt auch für biobasierte Produkte; die Registrierung für Stoffe in der Forschungspipeline kann für 5 Jahre ausgesetzt werden</li> <li>• Der europäische Emissionshandel (EU-ETS) verteuert die Herstellung chemischer Produkte</li> <li>• Das deutsche Gentechnikrecht behindert die Entwicklung von Pflanzen mit höheren Hektar-Erträgen</li> <li>• Über das Erneuerbare-Energien-Gesetz wird ausschließlich die energetische Nutzung von Biomasse subventioniert</li> </ul>
<p><b>Technologie</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die chemische Industrie in Deutschland lebt von der Forschung und Entwicklung</li> <li>• Technologieführerschaft auf vielen Feldern sichert ihre gesamtwirtschaftliche Bedeutung</li> <li>• Bei nachwachsenden Rohstoffen muss die Technologieführerschaft erhalten und ausgebaut werden</li> <li>• Das Bioraffineriekonzept ist in Deutschland relativ weit entwickelt, es fehlen Pilot- und Demonstrationsprojekte wie das Fraunhofer CBP in Leuna</li> </ul>

Abb. 59: Parameter, die die Entwicklung des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalienmärkte beeinflussen

#### 4.1.2 Marktsegmente und Produkte

Die Chemie beliefert nahezu alle weiterverarbeitenden Branchen. Mehr als 60% ihrer Primärerzeugnisse verarbeitet sie allerdings selbst, der Rest geht an Industriebranchen außerhalb der Chemie wie die Kunststoffverarbeitung, die Automobilindustrie oder die Bauindustrie. Fein- und Spezialchemikalien werden aber auch bei der Herstellung von Kunststoffen, Fasern, Waschmitteln, Kosmetika, Farben und Lacken, Druckfarben, Klebstoffen, Baustoffen, Hydraulikölen, Schmiermitteln bis hin zu Arzneimitteln eingesetzt.<sup>164</sup>

<sup>162</sup> Deutscher Bauernverband, [www.situations-bericht.de](http://www.situations-bericht.de), abgerufen am 20.7.2012.

<sup>163</sup> Bundesministerium für Bildung und Forschung, Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030, 2010.

<sup>164</sup> Verband der chemischen Industrie: Branchenporträt der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie 2012, Frankfurt 2012.

Die Produktions- und Außenhandelsdaten für 2011 für die einzelnen Untersegmente der Fein- und Spezialchemikalien sind in der folgenden Tabelle aufgelistet:

### Die deutsche chemische Industrie exportierte 2011 Chemikalien mit einem Wert von mehr als 34 Mrd. €

Segment	Produktionswert 2011	Produktionsgewicht 2011	Import 2011	Export 2011
	Mrd. €	1000 t	Mrd. €	Mrd. €
Farbstoffe und Pigmente	3,9	1.054	2,4	3,4
Sonstige organische Grundstoffe und Chemikalien	26,8	14.710	k.A.	k.A.
Düngemittel- und Stickstoffverbindungen	4,0	2.140	1,6	2,8
Schädlingsbekämpfungs-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittel	2,8	155	1,2	2,6
Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte	8,6	3.513	2,1	5,8
Klebstoffe	1,6	857	0,6	1,3
Ätherische Öle	1,4	164	0,7	1,4
Sonstige chemische Erzeugnisse a.n.g.	15,8	9.913	11,7	16,7
<b>Total</b>	<b>64,9</b>	<b>32.506,6</b>	<b>20,2</b>	<b>34,1</b>

Tab. 15: Produktions- und Außenhandelsdaten zu Fein- und Spezialchemikalien 2011<sup>165</sup>

#### 4.1.3 Rohstoffe

85 bis 90% der Rohstoffe, die die deutsche chemische Industrie einsetzt, sind petrochemischen Ursprungs. In Teilen der chemischen Industrie sind aber auch nachwachsende Rohstoffe wie pflanzliche Öle, Stärke, Zucker oder Cellulose seit langem etabliert. Sie haben sich überall dort durchgesetzt, wo technische und ökonomische Vorteile gegenüber fossilen Rohstoffen bestehen. So verwendet beispielsweise das Unternehmen Evonik Industries seit vielen Jahren weltweit zwischen 700.000 und 800.000 t an Zuckern, Fetten und Ölen zur fermentativen Herstellung von Aminosäuren und Kosmetikprodukten.<sup>166</sup> Das entsprach im Jahre 2011 7,3% ihres Gesamtrohstoffeinsatzes. Die BASF gibt für den gleichen Zeitraum an, dass mehr als 3% ihres globalen Rohstoffaufkommens aus nachwachsenden Rohstoffen bestand, und zwar hauptsächlich aus Kokos-, Palm und Palmkernöl.<sup>167</sup>

Fossile Rohstoffe sind jedoch in vielen Fällen immer noch preiswerter, haltbarer, praktischer oder vielseitiger einsetzbar als Produkte mit pflanzlichem Ursprung. Nachwachsende Rohstoffe sind insbesondere dort eine attraktive Alternative, wo die Syntheseleistung der Natur

<sup>165</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O.

<sup>166</sup> Evonik Industries AG, Corporate-Responsibility-Bericht 2011, <http://corporate.evonik.de/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Corporate/de/Unternehmen/Verantwortung/evonik-industries-cr-bericht-2011.pdf>.

<sup>167</sup> BASF SE, Bericht 2011, <http://bericht.basf.com/2011/de/servicesseiten/willkommen.html>.

im Endprodukt zumindest teilweise erhalten bleibt oder für das Produkt kein geeigneter Zugang zu fossilen Rohstoffen besteht.

Die wichtigsten nachwachsenden Rohstoffe zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien sind Kohlenhydrate (Zucker, Stärke und Cellulose), sowie pflanzliche Öle und tierische Fette. Diese werden ausführlich in Kapitel 2.3 beschrieben.

2008 setzte die deutsche chemische Industrie insgesamt 18.500.000 t an fossilen Rohstoffen und 2.707.000 t an nachwachsenden Rohstoffen stofflich ein. Damit betrug der Anteil der nachwachsenden Rohstoffe am Gesamtrohstoffeinsatz 12,7%.<sup>168</sup>

2011 betrug die Menge an fossilen Rohstoffen, die stofflich in der chemischen Industrie eingesetzt wurden, 18.700.000 t. Die Menge an nachwachsenden Rohstoffen, die stofflich genutzt wurden, lag bei 2.719.000 t. Das entspricht ebenfalls einem Anteil von 12,7%. Die folgende Tabelle stellt die Zahlen für 2008 und 2011 detailliert gegenüber.

Nutzung nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie (t)		
	2008 <sup>1</sup>	2011 <sup>1</sup>
Pflanzliche Öle/Fette	1.100.000	1.000.000
Tierische Fette	350.000	210.000
Chemiestärke	272.000	187.000
Stärkeequiv. Chemieethanol		87.000
Chemiezucker	136.000	60.000
Zuckerequiv. Chemiethanol		44.000
Chemiezellstoff	300.000	401.000
Proteine	24.000	139.000
Sonstige	525.000	591.000
<b>Summe nachwachsende Rohstoffe</b>	<b>2.707.000</b>	<b>2.719.000</b>
<b>Summe fossiler Rohstoffe<sup>2</sup></b>	<b>18.500.000</b>	<b>18.700.000</b>
<b>Gesamtrohstoffmenge</b>	<b>21.207.000</b>	<b>21.419.000</b>
<b>Anteil nachwachsender Rohstoffe (%)</b>	<b>12,76</b>	<b>12,69</b>

1) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe

2) Verband der chemischen Industrie

Tab. 16: Anteil nachwachsender Rohstoffe am Gesamtrohstoffeinsatz der chemischen Industrie 2008 und 2011

Der Anteil an nachwachsenden Rohstoffen hat sich demzufolge seit 2008 nicht verändert. Die folgende Abbildung stellt in einer Übersicht die wichtigsten Vertreter der deutschen chemischen Industrie und ihren Einsatz an nachwachsende Rohstoffe zusammen.

<sup>168</sup> Verband der chemischen Industrie, „Chancen und Grenzen des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie“, Frankfurt 23.10.2012.



Nr.	Unternehmen	Geschäftsfelder / Produkte	Umsatz 2011 (in Mio. €)	Anteil Nawaro	Kommentar
1	BASF SE	Weltweit größter Chemiekonzern: Chemikalien, Kunststoffen, Veredelungsprodukten, Functional Solutions, Pflanzenschutz und Ernährung, Öl und Gas sowie Biotechnologie und Gentechnik	73.500	3%	Anteil von "über 3%" am weltweiten Rohstoffeinkaufsvolumen
2	Bayer AG	Chemie- und Pharmakonzern: Gesundheit (Bayer Health Care), Agrarwissenschaft, (Bayer Crop Science) und hochwertigen Materialien (Bayer Material Science)	36.500	< 1%	Angaben zum Rohstoffbezug für den Geschäftsbereich Polyurethan (15% Geschäftsanteil) von Bayer Material Science: ca. 1,3 %, vorwiegend Glycerol, Zucker, Natural-oil-based polyols Kein Einsatz nachwachsender Rohstoffe bei Bayer Crop Science
3	Merck KGaA	Weltweit tätiges Chemie- und Pharmaunternehmen: Hightech-Chemikalien im Geschäftsbereich Performance Materials	22.120	k.A.	Keine Angabe möglich, wird statisch nicht erhoben
4	Henkel	Konsumgüterproduzent: Wasch- und Körperpflegemittel, Schönheitspflege und Klebstoff-Technologien	15.605	(32%)	Angabe bezieht sich auf Tenside für den Geschäftsbereich Wasch- und Körperpflegemittel (27% Geschäftsanteil) Keine Angabe zu Klebstoffen und sonstigen Produkten
5	Evonik Industries AG	Spezialchemiekonzern: Schwerpunkte Konsumgüter, Tierernährung und Pharma	14.500	7%	Angabe bezieht sich auf weltweiten Rohstoffeinkauf (690.000 t), v.a. Dextrose, Saccharose, Fette und Öle Einsatz nachwachsender Rohstoffe vorwiegend im Ausland
6	Lanxess AG	Produzent von Fein-, Spezial- und Basischemikalien sowie Kunststoffen und Kautschuken	8.800	< 1%	Keine Angabe möglich, wird statistisch nicht erhoben Einsatz rein projektbezogen
7	Clariant AG	Spezialchemiekonzern: Pigmente, Additive, Textil-, Papier-, Lederchemikalien, Masterbatches und Spezialitäten	6.090	0%	Inbetriebnahme einer Demonstrationsanlage zur Herstellung von Zellulose-Ethanol 2012 in Deutschland
8	Celanese Corporation	US Produzent von Chemikalien: synthetische Fasern, technischen Kunststoffe und Süßstoff	5.100	k.A.	Keine Angabe möglich, da keine Informationen herausgegeben werden konnten
9	Ashland Industries	US Produzent von Chemikalien: Kunststoffe, Motoröle und andere Spezialprodukte	5.000	k.A.	Keine Angabe möglich, wird statistisch nicht erhoben
10	Wacker Chemie AG	Chemieunternehmen: Polysilizium, Siliziumwafer, Siliconprodukte, Dispersionpulver sowie biotechnologisch hergestellte Produkte	4.910	0%	Einsatz hauptsächlich von Silizium und Ethylen, jedoch keine nachwachsenden Rohstoffe (nur Ethanol)
11	Dow Gruppe Deutschland	Spezialchemikalien: Hochleistungsmaterialien sowie Kunststoffe mit Anwendung in der Elektronikindustrie, Wasser- und Energieversorgung, bei Beschichtungen und in der Landwirtschaft	4.600	< 1%	Einsatz von Holz- und Baumwollzellstoff

Abb. 60: Einsatz nachwachsender Rohstoffe in der deutschen chemischen Industrie (I)

Nr.	Unternehmen	Geschäftsfelder / Produkte	Umsatz 2011 (in Mio. €)	Anteil Nawaro	Kommentar
12	Agfa Gevaert-Gruppe	Geschäftsfelder: IT im Gesundheitswesen, Produkte für Druck und Druckvorstufen, spezielle Fotomaterialien, zerstörungsfreie Materialprüfung	3.023	k.A.	Keine Angabe möglich, wird statistisch nicht erhoben
13	Lonza Group AG	Anbieter von Produkten und Dienstleistungen für die Pharma-, Gesundheits- und Life-Sciences-Industrien	2.226	k.A.	Vorwiegender Einsatz von Palmölderivaten als nachwachsende Rohstoffe, Mengen jedoch nicht quantifizierbar Keine Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland
14	Altana AG	Spezialitätenchemiehersteller: Additive, Speziallacke und -klebstoffe, Effektpigmente, Metallic-Druckfarben, Dichtungs- und Vergussmassen, Imprägniermittel sowie Prüf- und Messinstrumenten	1.617	5%	Angabe bezieht sich auf weltweiten Rohstoffeinkauf, v.a. Pflanzenöle, natürliche Harze und Wachse Einsatz nachwachsender Rohstoffe vorwiegend im Ausland (in Europa v.a. Spanien)
15	Solvay GmbH Deutschland	Produzent von chemischen Grundstoffen, Kunststoffen sowie Fein- und Spezialchemikalien	1.584	2%	Angabe zum Nawaro-Einsatz gemessen am weltweiten Rohstoffeinsatz (wertbezogen und entspricht ungefähr auch dem Volumeneinsatz) Einsatz überwiegend in Asien, in Europa (in Frankreich, jedoch kaum in Deutschland)
16	Thyssen Krupp Uhde GmbH	Ingenieurunternehmen im Bereich von Planung und Bau von Chemie-, Raffinerie- und anderen Industrieanlagen	1.428 (2010 /2011)	k.A.	Bau einer Mehrzweckversuchsanlage zur Produktion von Milch- und Bernsteinsäure in Leuna
17	Sasol Germany	Produzent von Waschrohstoffen (Tenside) und ihren Vorprodukten (z.B. Fettalkohole und Ethylenoxid), anorganische Spezialchemikalien sowie Oleochemikalien	ca. 1.000	< 1%	Einsatz nachwachsender Rohstoffe ist nicht bekannt und höchstens projektbasiert Eingesetzte Rohstoffe basieren auf Kohle und Erdöl
18	Chemetal Gruppe	Globaler Lieferant von Spezialchemikalien: Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen sowie ausgewählten Bereichen der Feinchemie, inklusive Lithium und Caesium	850	k.A.	Keine Bereitschaft zur Weitergabe von Informationen
19	DyStar Colours	Anbieter von Produkten und Serviceleistungen für die Textil- und Lederindustrie	800 (2008)	(5%)	Einsatz nachwachsender Rohstoffe bei der Textilfarbenherstellung ausschließlich bei der Produktion von Auxiliaries: Anteil 5%, darunter: Sojalecithin, Fettderivate, Fettsäuren und Rindertalg Anteil der Auxiliaries am Gesamtumsatz von Dystar: 10 %
20	Saltigo GmbH	Tochter von LANXESS - Anbieter von Dienstleistungen im Bereich Custom Synthesis und Manufacturing für Pharma-, Agro- und die Spezialchemie-Industrie	420 (2005)	k.A.	Keine Bereitschaft zur Weitergabe von Informationen
21	AlzChem AG	Produzent von Stickstoff-Kohlenstoff-Stickstoffverbindungen: Anwendung Ernährung, Erneuerbare Energien, Feinchemie, Landwirtschaft und Metallurgie	280	0%	Kein Einsatz nachwachsender Rohstoffe

Abb. 61: Einsatz nachwachsender Rohstoffe in der deutschen chemischen Industrie (II)

## Zucker

Der Markt für Zucker wird ausführlich im Abschnitt Rohstoff Zucker beschrieben (2.3.1).

## Stärke

Stärke wird vor allem in der Papierindustrie (636.000 t im Jahr 2011<sup>169</sup>) und der Nahrungsmittelherstellung eingesetzt, geringe Mengen gehen auch in die chemische Industrie zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien.

Nach Angaben des Verbandes der Stärkeindustrie wurden 2011 ca. 10% des deutschen Stärkemarktes von 1,87 Mio. t, d.h. 187.000 t, in der chemischen Industrie, der Fermentationsindustrie sowie in der „übrigen Industrie“ abgesetzt.<sup>170</sup> In Deutschland wurden 2011 1,58 Mio. t Stärke produziert und 290.000 t importiert.<sup>171</sup>

Die Hauptanwendungsgebiete für Stärke im chemisch-technischen Bereich liegen in der Herstellung von Füllstoffen und Stabilisatoren für Kunststoffe und Hygieneartikel, von Grundstoffen für die Klebstoffindustrie (ca. 7.000 t<sup>172</sup>, von Appreturen für Textilien und Waschmittel sowie von Fermentationshilfen. Für die Fermentationsindustrie sind die sogenannten Stärkehydrolysate von Bedeutung, d.h. wässrige Lösungen der Reaktionsprodukte einer sauren Hydrolyse von Stärke (in der Regel Weizenstärke). Sie bestehen hauptsächlich aus Glukose. Die größte Menge an Stärke geht in diese Verwendung. Die wichtigsten einheimischen Anbaupflanzen zur Gewinnung von Stärke sind Weizen, Kartoffeln und Mais.

## Öle und Fette

Natürliche Öle und Fette werden in vielen Anwendungen eingesetzt. Aus den verschiedensten Gründen gestaltet sich jedoch die Erhebung von Daten zur ihrer Verwendung schwierig. So variieren die Angaben in unterschiedlichen Quellen sehr stark und oft gibt es gar keine Angaben. Hier muss daher mit realistischen Schätzwerten gearbeitet werden.

Der Hauptanteil der pflanzlichen Öle wird inzwischen energetisch genutzt (54%), 23% gehen in die Nahrungs- und 7% in die Futtermittelindustrie und 16% entfallen auf chemische oder technische Anwendungen.<sup>173</sup> Dazu gehören die Herstellung von Schmierstoffen und Hydraulikölen sowie die Herstellung von Tensiden, Polymeren, Lacken und Farben. Die wichtigsten einheimischen Ölpflanzen sind Raps, Soja, mit Einschränkungen Sonnenblume und Öllein. Aufgrund der klimatischen Verhältnisse in Mitteleuropa können nicht alle wirtschaftlich bedeutenden Ölpflanzen in Deutschland angebaut werden und ihre Öle müssen deshalb importiert werden (ca. 70%). Dabei handelt es sich in der Hauptsache um Palmöl, Palmkernöl und Kokosöl. Raps wird ebenfalls importiert, da die in Deutschland erzeugten Mengen nicht ausreichen.

---

<sup>169</sup> Fachverband der Stärke-Industrie e.V., [www.staerkeverband.de](http://www.staerkeverband.de).

<sup>170</sup> Fachverband der Stärke-Industrie a.a.O.

<sup>171</sup> Fachverband der Stärke-Industrie a.a.O.

<sup>172</sup> Industrieverband Klebstoffe e.V.

<sup>173</sup> Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland (OVID), [www.ovid.de](http://www.ovid.de).

2011 wurden in Deutschland 5,6 Mio. t an pflanzlichen Ölen verarbeitet.<sup>174</sup> Davon stammten 3,8 Mio. t aus einheimischer Produktion. Raps mit 3,2 Mio. t und Palmöl mit 1,0 Mio. t waren dabei die wichtigsten Sorten. Von diesen 5,6 Mio. t gingen **1 Mio. t in chemische und sonstige technische Anwendungen**<sup>175</sup> und hiervon wiederum mindestens 500.000 t in die Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien. Diese 500.000 t enthalten eine Sicherheitsmarge von 80.000 t für evtl. nicht erfasste oder zu gering geschätzte Mengen an Pflanzenölen; sie teilen sich wie folgt auf:

Anstrichmittel (Bindemittel, Additive) 53.000 t, Druckfarben 32.000 t, Kitte 600 t, Klebstoffe 11.500 t, chemisch modifizierte Öle und Fette (Weichmacher, Polyetherpolyole, Fettsäuren, andere) 201.000 t, teilweise gespaltene Fette 15.000 t, Hilfsmittel für die Textilindustrie 2.000 t und Hilfsmittel für die Lederindustrie 6.000 t.<sup>176</sup>

Neben den klassischen oleochemischen Anwendungen als Tenside und Schmierstoffe finden pflanzliche Öle Anwendung bei der Verarbeitung von Kunststoffen und Kautschuk sowie bei der Herstellung von Linoleum und in vielen sonstigen technischen Bereichen. Die hier eingesetzte Menge lässt sich auf ungefähr 250.000 t abschätzen.

Weltweit wurden 2011 154 Mio. t an Pflanzenölen verarbeitet. Palmöl, Soja- und Rapsöl machten dabei mehr als zwei Drittel der Gesamtmenge aus.<sup>177</sup> In Europa betrug die Bilanz unter Berücksichtigung von Im- und Exporten 21,2 Mio. t an verarbeiteten Pflanzenölen. Palmöl und Soja- und Rapsöl repräsentieren dabei ca. 75% der Gesamtmenge.<sup>178</sup>

## Cellulose

Der in der chemischen Industrie verwendete **Chemiezellstoff** wird nicht in Deutschland hergestellt, sondern vollständig importiert. Die Importmenge betrug 2011 407.000 t.<sup>179</sup> Davon wurden 6.000 t exportiert.<sup>180</sup> Zur inländischen Verarbeitung standen also 401.000 t zur Verfügung.

Weltweit wurden 4,7 Mio. t Chemiezellstoff produziert, in Westeuropa 2,6 Mio. t. Rohstoffe für Chemiezellstoff sind Nadel- und Laubhölzer aus Nord- und Südamerika, Südafrika, Skandinavien und einigen anderen europäischen Ländern sowie Baumwolle.

---

<sup>174</sup> OVID a.a.O.

<sup>175</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2012, vorläufig.

<sup>176</sup> Eine Erklärung der Mengen findet sich in der Diskussion der einzelnen Segmente.

<sup>177</sup> Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland (OVID), <http://www.ovid-verband.de>

<sup>178</sup> Fediol, <http://www.fediol.eu/web/statistics%202011/1011306087/list1187970179/f1.html>.

<sup>179</sup> FAO, <http://faostat.fao.org>.

<sup>180</sup> FAO a.a.O.

**Chemiezellstoff** wird in der Hauptsache zur Herstellung von sogenannten **Regeneraten** (Fasern, Filamenten, Stapelfasern und Filme) verwendet. 2011 wurden in Deutschland 238.000 t Cellulose zu etwa 205.000 t cellulosischen **Chemiefasern** (Viskose-, Lyocell- und Acetatfasern)<sup>181</sup> und weitere 163.000 t Cellulose zu insgesamt 331.000 **Celluloseestern** und **Celluloseethern** verarbeitet.<sup>182</sup> Von letzteren wurden zusätzlich 38.200 t importiert und 180.000 t exportiert.<sup>183</sup>

Die verbliebenen 189.200 t wurden im Inland in der Bauindustrie, der Farben- und Lackindustrie, in Druckfarben sowie in der Pharma- und Kosmetikindustrie verarbeitet. Hier dienen sie als sogenannte **Funktionspolymere** zur gezielten Einstellung der Verarbeitungseigenschaften von Putzen, Mörtel und Fliesenklebern sowie als Bindemittel in Druckfarben. Unter Funktionspolymeren versteht man Polymere, die über ihre funktionellen Gruppen derivatisiert werden und daher im Produkt spezifische Eigenschaften eingestellt werden können. Bei der Cellulose sind es die OH-Gruppen, die verestert oder verethert werden können. Die bedeutendsten Cellulosederivate sind Celluloseacetat, Cellulosenitrat, Carboxymethylcellulose, Methylcellulose, Ethylcellulose und Hydroxypropylcellulose. Weitere Anwendungen finden sich in der Pharma- und Kosmetikindustrie als Verdicker sowie bei Lacken und Farben, wo das schnelle Trocknungsverhalten von Nitro-cellulose bei Holzlacke und Druckfarben genutzt wird.

### **Sonstige Rohstoffe**

Neben Ölen und Fetten, Stärke, Cellulose und Zucker finden auch **sonstige Rohstoffe** wie Naturkautschuk, Wachse, Harze, Gerbstoffe, Glycerin, Proteine sowie Lignin und seine Derivate Verwendung bei der Herstellung von Chemikalien und anderen technischen Produkten. An **sonstigen Rohstoffen** gingen 2011 ungefähr 765.000 t in die technische Weiterverarbeitung und davon knapp 430.000 t in die ausschließliche Herstellung von Chemikalien. Die Zusammensetzung dieser 430.000 t wird in der folgenden Tabelle gezeigt:

---

<sup>181</sup> Industrievereinigung Chemiefaser e.V., [www.ivc-ev.de](http://www.ivc-ev.de).

<sup>182</sup> 163.000 = Saldo aus 401.000 - 238.000; Umrechnungsfaktor Chemiezellstoff zu Derivaten = 1,69.

<sup>183</sup> Statistisches Bundesamt; Außenhandelsstatistik 2011.

### Naturkautschuk, Glycerin, Wachse und Harze waren bedeutende sonstige Rohstoffe für die Weiterverarbeitung in der chemischen Industrie

Rohstoffe 2011 (t)	Techn. Produkte	Chem. Produkte
Proteine Düngemittel	106.000	106.000
Proteine sonstige Chemie	33.000	33.000
Arzneipflanzen	30.760	---
Wachse & Harze	109.700	109.700
Tallöl	7.400	7.400
Gerbstoffe	2.900	2.900
Glycerin	170.700	170.700
Naturkautschuk	270.000	---
Lignin	0	---
Kork	32.200	---
Sonstige	2.340	---
<b>Summe</b>	<b>765.000</b>	<b>429.700</b>

Tab. 17: Sonstige Rohstoffe zur Verwendung in der chemischen Industrie

Arzneipflanzen, Kork, sonstige Rohstoffe sowie Naturkautschuk spielen in der Chemie keine nennenswerte Rolle.

Ein Rohstoff mit zunehmender Bedeutung ist **Glycerin**. Dieses fällt als Nebenprodukt bei der Fettsäurespaltung an. 2011 stammten aus dieser Quelle ca. 275.000 t.<sup>184</sup> Dazu kamen Importe von 32.700 t und Exporte von rund 222.000 t.<sup>185</sup> Aus Rohglycerin und Glycerinwasser (wässrige Glycerinlösungen mit einem Wassergehalt zwischen 20 und 80%) stammten weitere 85.000 t Glycerin. Diese resultieren aus einer Inlandsproduktion von 139.400 t, sowie 127.000 t Importen und 96.400 t Exporten. Bei einem angenommenen mittleren Wassergehalt von 50% entspricht das ca. 85.000 t Glycerin. Damit ergab sich für 2011 eine **Inlandsverfügbarkeit von 170.700 t Glycerin**.

**Proteine** werden als Rohstoff hauptsächlich in Form von Casein und Gelatine, aber auch in Form von Tiermehl als Nebenprodukt der Tierverwertung in organischen Düngemitteln genutzt. So wurden 2011 insgesamt 176.000 t **Tiermehl in Düngemitteln** verarbeitet.<sup>186</sup> Die im Inland hergestellte Menge an Casein wird auf mindestens 25.000 t geschätzt<sup>187</sup>,

<sup>184</sup> Statistisches Bundesamt 2011 a.a.O.

<sup>185</sup> Statistisches Bundesamt 2011 a.a.O.

<sup>186</sup> STN - Servicegesellschaft Tierische Nebenprodukte mbH, www.stn-vvtn.de, abgerufen am 21.2.2013.

<sup>187</sup> Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland, nova Institut GmbH, Hürth, 2010.

weitere 12.000 t wurden importiert und 20.000 t exportiert.<sup>188</sup> Die Mengen für Gelatine dürften sich in der gleiche Größenordnung bewegen. Damit stehen im inländischen Markt jeweils ca. 15.000 - 17.000 t an beiden Stoffen zur Verfügung.

Das Biopolymer **Lignin**, das die Verholzung von Pflanzen bewirkt, fällt bei der Herstellung von Zellstoff als Nebenprodukt an und wird hauptsächlich dort energetisch zur Gewinnung von Prozesswärme genutzt. Wegen der sehr aufwendigen Isolierung gibt es nur wenige direkte Nutzungen. Produktionsmengen werden aus Geheimhaltungsgründen nicht veröffentlicht, da nur ein einziges Unternehmen in Deutschland Ligninderivate herstellt.

Die folgende Abbildung zeigt tabellarisch die Verwendung der nachwachsenden Rohstoffe in den verschiedenen Segmenten der Fein- und Spezialchemikalien. Dabei ist zu beachten, dass für viele nachwachsende Rohstoffe eine quantitative Aussage zu ihrer Verwendung in einigen Segmenten der chemischen Industrie auf Grund der unbefriedigenden Datenlage kaum möglich ist. Es werden deshalb nur die Rohstoffmengen aufgezeigt, die einer Verwendung zugeordnet werden konnten, für ungefähr 30% der Rohstoffe ist das nicht der Fall.

---

<sup>188</sup> Außenhandelstatistik, Statistisches Bundesamt 2011.

Kenngrößen zum deutschen Markt (2011)	Farbstoffe und Pigmente	Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte	Klebstoffe	Ätherische Öle	Schädlingsbekämpfungs-, Pflanzenschutz- u. Desinfektionsmittel	Sonstige organische Grundstoffe und Chemikalien	Sonstige chemische Erzeugnisse <sup>3)</sup>	Düngemittel- und Stickstoffverbindungen
Gesamt <sup>1)</sup>	1.054.000 t	3.513.000 t	857.000 t	164.000 t	155.000 t	14.700.000 t	9.913.000 t	2.140.000 t
Rohstoff Pflanzenöl	-	85.600 t	11.500 t	-	unbekannt	-	> 200.000 t	-
Rohstoff Zucker	-	-	-	-	unbekannt	100.000 t	> 40.000 t	-
Rohstoff Stärke	-	unbekannt	7.600 t	-	-	160.000 t	10.000 t	-
Rohstoff Cellulose	-	14.500 t	19.100 t	-	-	-	26.600 t	-
Rohstoff Naturharze	-	31.000 t	15.200 t	-	-	-	49.500 t	-
Rohstoff Proteine	-	unbekannt	8.300 t	-	-	-	30.000 t	106.000 t
Sonstige Rohstoffe <sup>2)</sup>	700 t	2.000 t	17.600 t	unbekannt	unbekannt	unbekannt	> 10.000 t	unbekannt

<sup>1)</sup> Auf Basis der Produktionsdaten des statistischen Bundesamtes

<sup>2)</sup> Pflanzen, Gerbstoffe, Glycerin, Harze, Wachse, Tallöl

<sup>3)</sup> ohne Biodiesel

Tab. 18: Übersicht über den nachweisbaren Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in den einzelnen Segmenten der Fein- und Spezialchemikalien



#### 4.1.4 Technologien und Konversionsverfahren

Mit der zunehmenden Bedeutung der industriellen Biotechnologie treten neben die etablierten chemischen (katalytischen und thermochemischen) Verfahren zur Konversion von Biomasse verstärkt biotechnologische Verfahren.

Die thermochemischen Verfahren benötigen häufig hohe Temperaturen und Drücke und es werden Säuren, Laugen, Metalle oder eine Kombination dieser Stoffe eingesetzt, um aus den pflanzlichen Rohstoffen die gewünschten Inhaltsstoffe gewinnen zu können. Bei solchen nicht katalysierten thermochemischen Verfahren sind sowohl Energieverbrauch als auch Emissionen beträchtlich. Neuere Verfahren wie Vergasung oder Pyrolyse sind erst teilweise erprobt und befinden sich noch nicht im kommerziellen Einsatz. Katalytische Verfahren hingegen verlaufen oft unter milderer Bedingungen und größerer Selektivität. Die Entwicklung und Optimierung chemischer Katalysatoren ist in der Regel jedoch zeit- und kostenintensiv.

Biotechnische Verfahren verlaufen ebenfalls katalysiert und daher meist unter milden Bedingungen. Als Lösemittel wird in der Regel Wasser verwendet. Als sehr selektive Biokatalysatoren werden entweder Enzyme oder Mikroorganismen eingesetzt. Ausgewählte Pflanzen sind in der Lage, über biotechnische Prozesse oder Verfahrenszwischenschritte unmittelbar Wertstoffe zu generieren (z. B. Papierzellstoff). Eine Übersicht über die zur Verfügung stehenden Methoden, Verfahren und Technologien zur Umwandlung der Rohstoffe Zucker, Stärke, Öle und Fette sowie Lignocellulose gibt die folgende Abbildung:

#### Viele neue Konversionsverfahren stehen zur Verfügung, um nachwachsende Rohstoffe effektiv umzuwandeln

Rohstoffe	Methoden/Verfahren/Technologien	Anwendungen/Produkte/Zwischenprodukte
Zucker	Neue Enzyme / Mikroorganismen / Biokatalyse	Chem. Synthesebausteine/ Plattformchemikalien
Stärke	Chemokatalyse	Spezialchemikalien (Klebstoffe, Tenside, etc.)
Lignocellulose	Metabolic Engineering / Modellierung	Feinchemikalien (Vitamine, Aminosäuren, etc.)
Fette/Öle	Thermokatalyse	Industriechemikalien (z.B. Bioethanol, Biobutanol)
Sonstige	Pyrolyse/ Vergasung	Kunststoffe (z.B. Biobasierte Polymere)
	Bioraffineriekonzepte	Grundchemikalien – energetisch

Abb. 62: Übersicht über die gängigen Methoden, Verfahren und Konversionstechnologien für nachwachsende Rohstoffe zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien

Ein besonders großes Potential besitzt die Bioraffinerie, die Biomasse als vielfältige Rohstoffquelle für die nachhaltige Erzeugung unterschiedlicher Zwischenprodukte und Produkte (Chemikalien, Werkstoffe, Bioenergie inkl. Biokraftstoffe) unter möglichst vollständiger

ger Verwendung aller Rohstoffkomponenten nutzen kann; als Koppelprodukte können ggf. zusätzlich auch Nahrungs- und/oder Futtermittel anfallen. Hierfür erfolgt die Integration unterschiedlicher Verfahren und Technologien.<sup>189</sup>

Die Verfahrensschritte einer Bioraffinerie bestehen im Wesentlichen aus Anlagenkomponenten zur Vorbehandlung und Aufbereitung der Biomasse sowie zur Auftrennung der Biomassekomponenten und nachfolgenden Konversions- und Veredelungsschritten. Diese können dann sowohl aus dem Repertoire der thermo-chemischen als auch aus dem der biotechnologischen Verfahren kommen. Die Kombination von Bioraffinerie und **Weißer Biotechnologie** könnte die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe entscheidend voranbringen, da sie in einer einzigen Prozesskette die Biomasse aufschließen und zur Fermentation bereitstellen kann.<sup>190</sup> Die folgenden Abbildungen zeigen das Funktionsprinzip einer Bioraffinerie.

### Bioraffinerien schließen nachwachsende Rohstoffe auf und machen sie für nachfolgende Konversionen verfügbar

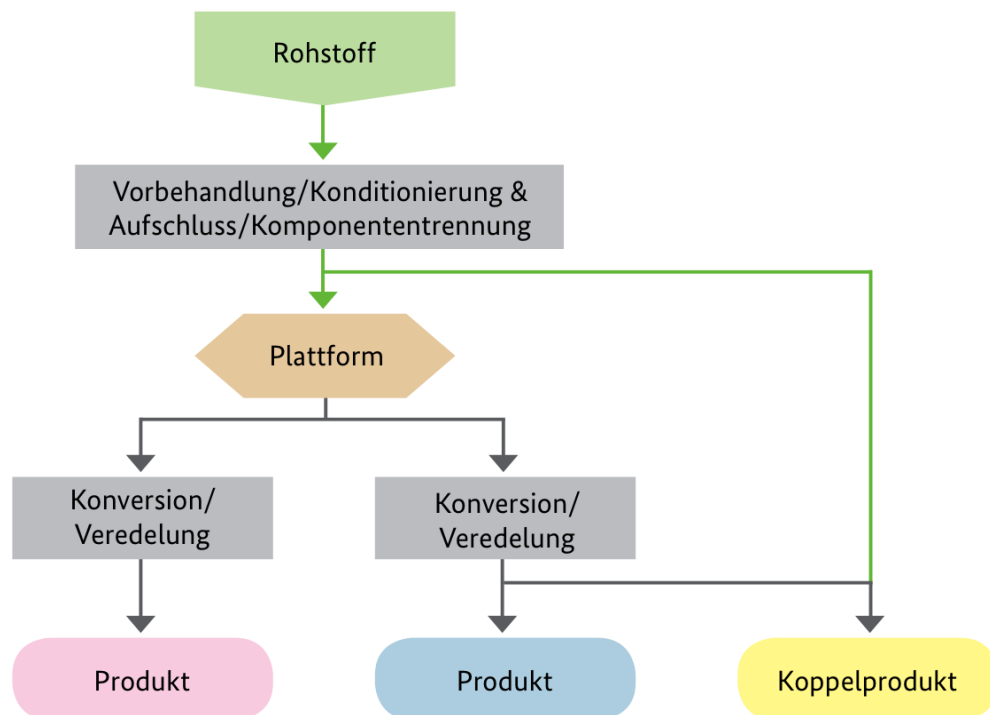


Abb. 63: Schematische Darstellung einer Bioraffinerie<sup>191</sup>

<sup>189</sup> Roadmap Bioraffinerien, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; Juni 2012.

<sup>190</sup> BMEL 2012 a.a.O.

<sup>191</sup> BMEL 2012 a.a.O.

Die folgende Abbildung skizziert vereinfacht verschiedene Konversionspfade für verschiedene Arten von nachwachsenden Rohstoffen zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien in einer Bioraffinerie.

### Aufschuss- und Trennverfahren zur Herstellung von Chemikalien aus Biomasse

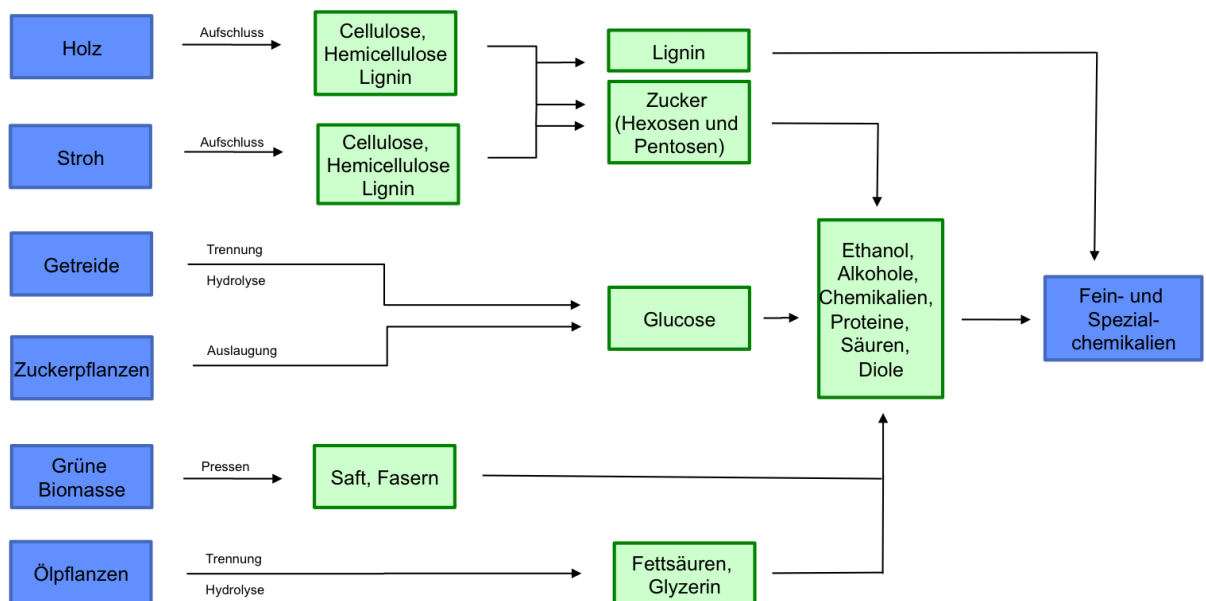


Abb. 64: Konversionspfade für nachwachsende Rohstoffe zu Fein- und Spezialchemikalien<sup>192</sup>

#### 4.1.5 Angebot und Nachfrage, Preise

Im Folgenden werden die acht Segmente, die die „Fein- und Spezialchemikalien“ im Sinne dieser Studie ausmachen, nacheinander analysiert und es wird aufgezeigt, ob und inwieweit nachwachsende Rohstoffe in jedem einzelnen Segment eine Rolle spielen.

Es wird dabei auch deutlich, dass die Datenerhebung an manchen Stellen sehr schwierig und an anderen Stellen nicht möglich war. Die veröffentlichten Produktionsstatistiken des statistischen Bundesamtes oder von Eurostat machen in vielen Fällen, in denen z.B. nur zwei oder drei Unternehmen ein bestimmtes Produkt herstellen, keine Angaben zu den hergestellten Mengen oder verweisen auf die Vertraulichkeit der Daten.

Es ist auch nicht möglich, für die komplexe Sparte „Fein- und Spezialchemikalien“ konkrete Preise und ihre Entwicklung über die letzten Jahre anzugeben. Der Preisindex dagegen wird jährlich vom Statistischen Bundesamt und vom Verband der chemischen Industrie veröffentlicht und er zeigt einen seit Jahren relativ stabilen und moderaten Anstieg von durchschnittlich 1,4% p.a. seit 2001.<sup>193</sup>

<sup>192</sup> Eigene Abbildung.

<sup>193</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O.

Die Preise für Fein- und Spezialchemikalien entwickeln sich seit Jahren moderat im Durchschnitt mit 1,4 % nach oben

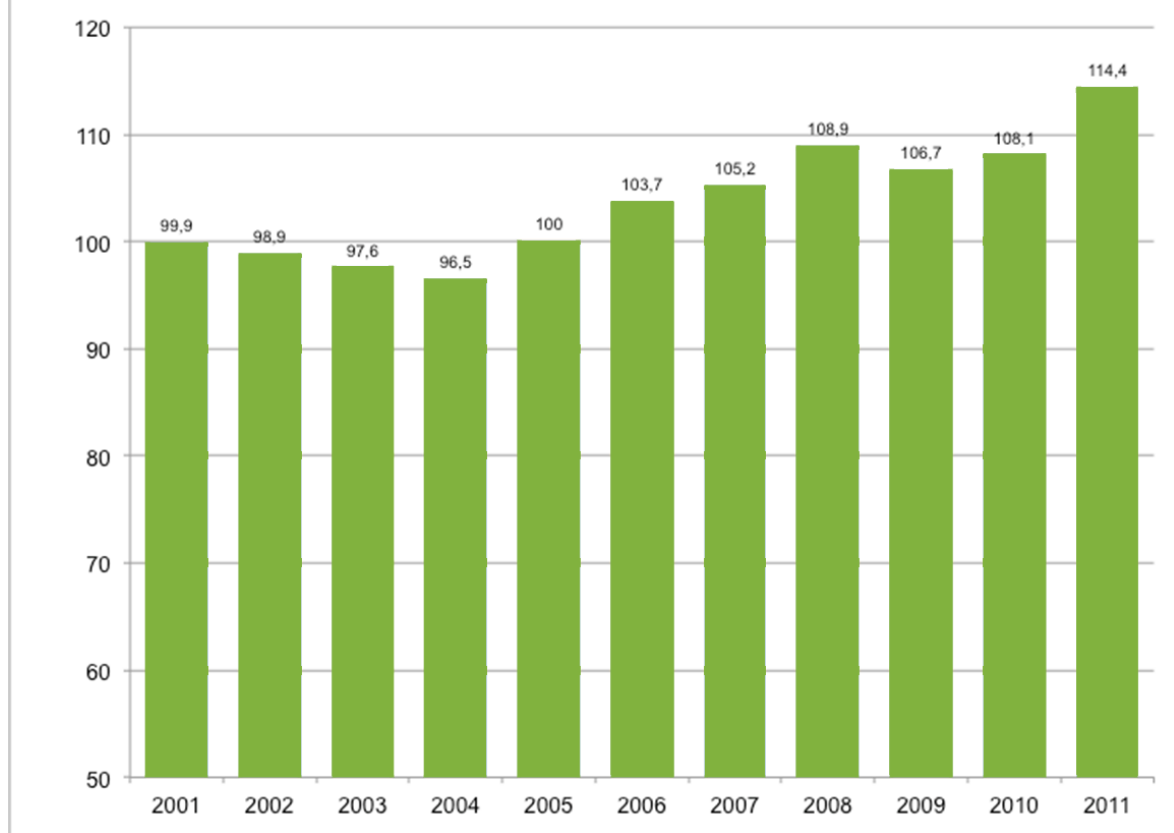


Abb. 65: Preisentwicklung bei Fein- und Spezialchemikalien in Deutschland von 2001 bis 2011<sup>194</sup>

#### 4.1.5.1 Sonstige organische Grundstoffe und Chemikalien

Mit einem Produktionswert von 26,8 Mrd. € (2011) und einer Produktionsmenge von **14,7 Mio. t**<sup>195</sup> bilden die „**Sonstigen organischen Grundstoffe und Chemikalien**“ wert- und mengenmäßig das zweitgrößte Segment unter den Fein- und Spezialchemikalien. Sie zeichnen sich durch eine große Vielfalt von chemischen Stoffen aus, die von den Basis-Olefinen Ethylen und Propylen bis hin zu Enzymen und Ablaugen aus der Zellstoffherstellung reichen.

<sup>194</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O.

<sup>195</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O.; Statistisches Bundesamt, Produktions-erhebungen im verarbeitenden Gewerbe 2011.

## 2011 wurden 14,7 Mio. t sonstige organische Grundstoffe und Chemikalien hergestellt

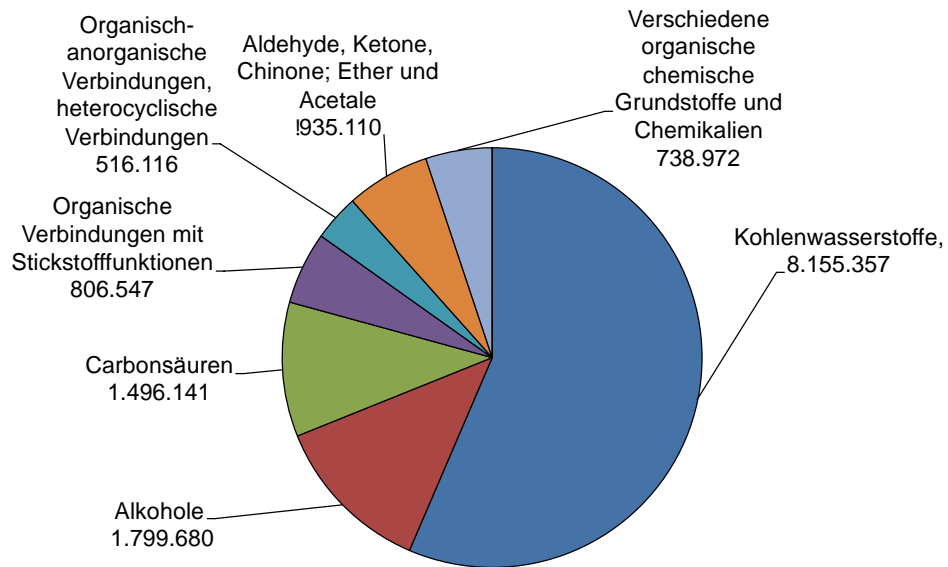


Abb. 66: Produktionsgewicht und -wert der sonstigen organischen Grundstoffe und Chemikalien in Deutschland 2011<sup>196</sup>

<sup>196</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O.; Statistisches Bundesamt 2011 a.a.O.; wegen fehlender Meldungen an das Stat. Bundesamt stimmt die Summe der einzelnen Untersegmente nicht mit der Gesamtsumme überein

## Der Produktionswert der 2011 hergestellten sonstigen organischen Grundstoffe und Chemikalien betrug 26,8 Mrd. €

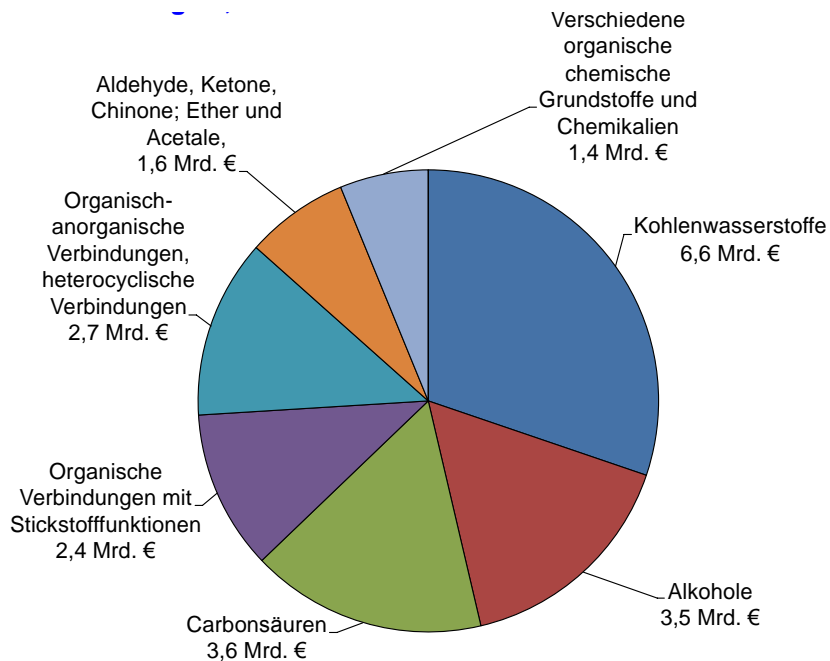


Abb. 67: Produktionsgewicht und -wert der sonstigen organischen Grundstoffe und Chemikalien in Deutschland 2011<sup>197</sup>

Die „Sonstigen organischen Grundstoffe“ gliedern sich in die folgenden Unterklassen:

- Kohlenwasserstoffe;
- Alkohole einschl. technischer Fettalkohole und Sorbit;
- Glycerin;
- Carbonsäuren;
- Organische Verbindungen mit Stickstofffunktionen;
- Organisch-anorganische Verbindungen und heterocyclische Verbindungen;
- Aldehyde, Ketone, Chinone; Ether und Acetale, auch mit anderen Sauerstoff-funktionen; Alkohol-, Ether-, Ketonperoxide, auch chemisch nicht einheitlich; Expoxide; andere organische Verbindungen und Enzyme;
- Verschiedene organische chemische Grundstoffe und Chemikalien;
- Ablagen aus der Zellstoffherstellung, einschließlich Ligninsulfonate.

Sowohl mengen- wie auch wertmäßig stellen die **Kohlenwasserstoffe** den größten Anteil an den „Sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien“. Von großer Bedeutung sind dabei die Basis-Olefine Ethylen, Propylen und Butylen, die prinzipiell durch Wasser- absplaltung aus den entsprechenden Alkoholen Ethanol, Propanol und Butanol darstellbar sind. Diese Alkohole können über Fermentationsverfahren aus Kohlehydraten (Zucker

<sup>197</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O.; Statistisches Bundesamt 2011 a.a.O., wegen fehlender Meldungen an das Stat. Bundesamt stimmt die Summe der einzelnen Untersegmente nicht mit der Gesamtsumme überein

bzw. Stärke) hergestellt werden. Die entsprechenden industriellen Anlagen und Verfahren gibt es allerdings gegenwärtig in Deutschland noch nicht, jedoch produzieren in Brasilien große Anlagen Ethylen auf Basis von Zucker aus Zuckerrohr. Braskem betreibt z.B. schon seit 2010 eine Anlage zur Herstellung von Polyethylen aus biobasiertem Ethylen mit einer Jahreskapazität von 200.000 t aus ca. 365.000 t Ethanol<sup>198</sup> und will ab 2013 die Produktion von 50.000 t/a Propylen aus Ethanol aufnehmen. Auch andere Firmen wollen in Brasilien mit der Herstellung von sogenanntem „Grünen PE“ beginnen.

**Technische Fettalkohole** sind lineare, primäre Alkohole mit 6 bis 22 Kohlenstoffatomen, die durch eine Verseifung von pflanzlichen oder tierischen Fetten zu Glycerin und Fettsäuren und anschließender Reduktion der Fettsäure zum Alkohol hergestellt werden<sup>199</sup> und nur in technischen Anwendungen verwertet werden. Eine alternative, petrochemische Synthese geht von Olefinen aus, die mit Synthesegas hydroformyliert werden und der entstandene Aldehyd zum Alkohol reduziert wird (Oxosynthese). Technische Fettalkohole werden hauptsächlich in Form ihrer Schwefelsäureester (Alkylsulfate) bzw. ihrer Ethoxylate als nichtionische oder anionische Tenside in Waschmitteln und Körperpflegemitteln eingesetzt (siehe Kapitel 8 „Wasch- und Körperpflegemittel“). Von ihnen wurden 2011 in Deutschland **324.203 t** hergestellt. Zusätzlich wurden 90.720 t importiert und 213.050 t exportiert.<sup>200</sup> Der Inlandsverbrauch betrug damit 201.900 t.

Der Zuckeralkohol **Sorbit** wird zum einen als **chemisch einheitliches kristallines Produkt** hergestellt (**D-Glucitol**) und hauptsächlich in der Lebensmittel- und Kosmetikindustrie verwendet, aber auch zur Herstellung von Sprengstoffen (Nitrosorbit) und Tensiden sowie als Ausgangsverbindung bei der Herstellung von Vitamin C. Von ihm wurden 2011 80.000 t aus Mais- oder Weizenstärkehydrolysat hergestellt.<sup>201</sup> Davon wurde rund die Hälfte abgesetzt. Bezogen auf Trockensubstanz, wurden ca. 4.500 t zusätzlich importiert und 1.500 t exportiert. Zum andern wird **nicht kristallisierendes Sorbitol** als Sirup hergestellt. Dieses wird in Kapitel 4.1.5.6 „Sonstige chemische Erzeugnisse a.n.g.“ diskutiert. Von dem isomeren Zuckeralkohol **Mannit** wurden 1.700 t importiert.

**Glycerin** ist das Nebenprodukt der Synthese von Fettsäuren und Fettalkoholen durch Verseifung von Ölen und Fetten und fällt auch in großen Mengen bei der Herstellung von Biodiesel an. Es kann auch petrochemisch durch alkalische Hydrolyse von Epichlorhydrin oder Allylalkohol hergestellt werden. Aufgrund des Angebots von großen Mengen an billigem Naturglycerin ist dieser Syntheseweg heute jedoch nicht mehr attraktiv. 2011 wurden in Deutschland 274.700 t Glycerin produziert<sup>202</sup>, 32.700 t importiert und rund 222.000 t<sup>203</sup> exportiert. Dazu kommen ca. 85.000 t Rohglycerin und Glycerin aus Glycerinwasser und 200.000 t aus der Biodieselproduktion.

<sup>198</sup> CHEMIE.DE Information Service GmbH, <http://www.chemie.de/news/123718/braskem-eroeffnet-die-weltweit-groesste-gruene-ethylenanlage.html>, abgerufen am 14.8.2012.

<sup>199</sup> Brockhaus Enzyklopädie, 21. Auflage, 2006.

<sup>200</sup> Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe, Statistisches Bundesamt 2011.

<sup>201</sup> Stat. Bundesamt 2011 a.a.O.

<sup>202</sup> Stat. Bundesamt 2011 a.a.O.

<sup>203</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

Neben der Verwendung in der Lebensmittel- und Kosmetikindustrie, der Tabak- und Zigarettenindustrie sowie in der Medizin geht Glycerin in die Herstellung von Weichmachern, Schmierstoffen, Frostschutzmitteln und Polyetherpolyolen für Polyurethanschäume. Noch am Anfang steht die Verwendung von Glycerin als Fermentationssubstrat zur Herstellung von z.B. 1,3 – Propandiol oder Polyhydroxyalkanoaten (PHA).

Wichtige **Carbonsäuren** in diesem Segment sind die technischen Fettsäuren aus Ölen und Fetten und die **Tallölsäuren**, die neben anderen ungesättigten Fettsäuren auch Ölsäure und Linolsäure enthalten. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Stearinsäure, Palmitinsäure und Ölsäure sowie ihre Derivate. Von ihnen wurden 2011 302.218 t abgesetzt, 457.051 t importiert und 219.628 t exportiert.<sup>204</sup> Im Land verarbeitet wurden damit 539.641 t. Für diese Mengen werden ca. 600.000 t an Ölen benötigt. Tallölsäuren wurden keine in Deutschland produziert, es wurden aber 14.300 t eingeführt und 1.200 t wieder exportiert, sodass im Inland rund 13.000 t für industrielle Zwecke zur Verfügung standen.<sup>205</sup>

Ameisensäure, Essigsäure und ihre Homologe, Acrylsäure und Methacrylsäure, aromatische Carbonsäuren, Adipinsäure, Maleinsäure und Phthalsäure werden ausschließlich aus petrochemischen Rohstoffen hergestellt.

**Zitronensäure** wird dagegen ausschließlich durch Fermentation aus Kohlenhydraten wie Zucker oder Stärke hergestellt, allerdings gibt es zurzeit keine Produktion in Deutschland. Es wurden 2011 allerdings 105.600 t eingeführt und davon wieder 25.000 t exportiert.<sup>206</sup> An Salzen und Estern der Zitronensäure wurden ca. 23.000 t importiert und rund 30.000 t ausgeführt.<sup>207</sup> Zitronensäure geht zu mehr als 70% als Säuerungs- und Konservierungsmittel in die Lebensmittel und Getränkeindustrie und findet Anwendung in Reinigungsmitteln, als Wasserenthärtungsmittel, bei der Passivierung von Edelstahl sowie als Rostentferner. Außerdem wird sie zunehmend als Ersatz für Phosphate in Waschmitteln und in Form ihrer Ester als Weichmacher in Kunststoffen eingesetzt.

**Milchsäure** kann sowohl fermentativ aus Stärke oder Zucker, aber auch durch eine traditionelle chemische Synthese (Cyanhydrierung von Acetaldehyd) hergestellt werden. Diese Syntheseroute wird nur noch von einem einzigen Unternehmen in Japan verfolgt.<sup>208</sup> Seit 2011 wird Milchsäure in Deutschland in kleinen Mengen von 500 t fermentativ hergestellt.<sup>209</sup> Importiert wurden 2011 13.500 t Milchsäure und Lactate, exportiert wurden 6.500 t.<sup>210</sup> Neben Anwendungen in der Lebensmittelindustrie wird Milchsäure als Monomer bei der Herstellung von Polymilchsäure eingesetzt.

<sup>204</sup> Statistisches Bundesamt, a.a.O.

<sup>205</sup> Statistisches Bundesamt, a.a.O.

<sup>206</sup> Statistisches Bundesamt, a.a.O.

<sup>207</sup> Statistisches Bundesamt, a.a.O.

<sup>208</sup> S. Chahal, J. Starr: *Lactic Acids*. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim 2012.

<sup>209</sup> Fraunhofer Institut für angewandte Polymerforschung  
[http://www.iap.fraunhofer.de/institut/presse/Fraunhofer\\_Biopolymerkolloquium\\_2011-01-25.pdf](http://www.iap.fraunhofer.de/institut/presse/Fraunhofer_Biopolymerkolloquium_2011-01-25.pdf).

<sup>210</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.



**Bernsteinsäure** ist eine wichtige Plattformchemikalie und gehört nach einer Studie des US Department of Energy zu den zehn bedeutendsten Produkten der Weißen Biotechnologie.<sup>211</sup> Sie kann als Säurekomponente bei der Herstellung von Polyamiden und Polyestern (PBS, Polybutylensuccinat) sowie in ihrer reduzierten Form als 1,4-Butandiol als Diolkomponente bei der Herstellung von Polyestern und Polyurethanen eingesetzt werden. Die klassische chemische Route verläuft über die katalytische Hydrierung von Maleinsäure bzw. Maleinsäureanhydrid. Die biotechnische Synthese geht von Glucose bzw. Stärkehydrolysaten als Rohstoff aus. 2011 wurden weltweit 48.000 t Bernsteinsäure hergestellt, davon waren 3.800 t biobasiert (BioAmber 3.000 t, BASF-Purac 500 t und Reverdia 300 t). Zurzeit werden weltweit Kapazitäten von rund 300.000 t aufgebaut, bis 2020 sollen 560.000 t in Betrieb gehen, alle auf Basis fermentativer Prozesse. **Keine dieser Anlagen wird jedoch in Deutschland gebaut und betrieben.**

Eine andere Carbonsäure auf der Liste des Department of Energy ist die **Itaconsäure**. Sie findet Verwendung als Comonomer bei der Herstellung von Polyacrylaten, Synthetikgummi, Farben und Lacken, als Verdickungsmittel für Fette, für Pharmazeutika, als Herbizid und für biologisch abbaubare Polymere in der Verpackungsindustrie. Itaconsäure kann durch Fermentation von Melasse hergestellt werden.<sup>212</sup>

In Europa und den USA wird Itaconsäure nicht hergestellt. Die weltweit erzeugten 40.000 t kommen zum allergrößten Teil aus China.<sup>213</sup>

Die **Aminosäuren** Lysin, Methionin, Threonin, Tryptophan, Cystein und Glutaminsäure (bzw. ihr Natriumsalz) passen zwar von ihrer chemischen Struktur her sehr gut in das Untersegment „**Organische Verbindungen mit Stickstofffunktionen**“, aber nur Methionin zählt zu den Fein- und Spezialchemikalien, wird aber ausschließlich chemisch ohne nachwachsende Rohstoffe hergestellt. Sie werden aber trotzdem aufgeführt, da sie ein sehr gutes Beispiel für das Potential geben, das industrielle chemische Synthesen mittels Fermentation haben.

Methionin, Lysin, Threonin und Tryptophan werden fast ausschließlich als Futtermitteladditive sowie in der pharmazeutischen Industrie verwendet, Glutaminsäure (in Form ihres Natriumsalzes) und Cystein als Zwischenprodukt für die Herstellung von Pharmazeutika und als Lebensmitteladditive. Tryptophan, Threonin und Lysin werden fermentativ hergestellt. Mit Ausnahme von Methionin wird keine der genannten Aminosäuren in Deutschland produziert.

Der deutsche Markt für die vier wichtigsten Aminosäuren Methionin, Lysin, Threonin und Tryptophan betrug 2011 ca. 90.000 t.<sup>214</sup>

<sup>211</sup> J. Bozell, G. Petersen: *Technology development for the production of biobased products from biorefinery carbohydrates - the US Department of Energy "Top 10" revisited*, in: *Green Chemistry*, 2010, 12 (4), S. 539–554.

<sup>212</sup> T. Willke, K.-D. Vorlop: *Biotechnological production of itaconic acid*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56(3): 289–295, Aug. 2001.

<sup>213</sup> „Platform Market Analysis“ WEASTRA s.r.o, vorgestellt am 24.9.2012 beim 2.Jahresmeeting von BioCon-SepT in Helsinki.

<sup>214</sup> Evonik Industries.

Die Gruppe der **organisch-anorganischen und heterocyclischen Verbindungen** umfasst organische Schwefel-, Stickstoff- und Phosphorverbindungen, Melamin und Nucleinsäuren und ist für diese Studie nicht von Belang.

Zu dem Untersegment **Aldehyde, Ketone, Chinone, Ether und Acetale** gehören neben den einfachen acyclischen und cyclischen aliphatischen Aldehyden, Ketonen, Ethern und Etheralkoholen auch die einfachen Diglykole und Epoxide wie Ethylen und Propylenoxid und die Gruppe der Amylasen, Cellulasen, Proteasen und Phytasen und anderer **Enzyme**. Von ihnen wurden in Deutschland 2011 **7.630 t** im Wert von 139,8 Mio. € aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt.<sup>215</sup> Weitere 31.500 t wurden importiert, 24.000 t exportiert.<sup>216</sup> Der deutsche Markt hatte also 2011 eine Größe von 15.130 t.

Die **verschiedenen organischen chemischen Grundstoffe und Chemikalien** umfassen Balsam-, Terpentin- und andere Baumöle, **Kolophonium** und andere Baumharze, Holzkohle und Pyrolyseprodukte des Holzes, BTX-Aromaten, Naphthalin, Phenole und **Ethanol aus der Vergärung** von Zuckerrohr, Zuckerrüben, Mais oder ähnlichen Agrarerzeugnissen. Baumöle und -harze werden ausnahmslos importiert und die BTX-Aromaten, Naphthalin und Phenole ausschließlich aus petrochemischen Rohstoffen hergestellt.

**Ethanol** wird neben der Verwendung als Kraftstoff (siehe Kapitel 13 „Biokraftstoffe“), in der Lebensmittelindustrie, in der Pharmazie, Medizin und in der Kosmetikindustrie auch als Lösemittel, Veresterungskomponente und als Chemikalie für Synthesen eingesetzt. Die 2011 dafür verwendete Menge betrug ca. 245.000 t<sup>217</sup>, wovon ca. 75.000 t in chemisch-technischen Anwendungen verbraucht wurden.<sup>218</sup>

**Ablaugen aus der Zellstoffherstellung** (Schwarzlauge, Sulfit- und Sulfatverfahren) enthalten Holzzucker, Tallöl, Terpentinöl und Ligninsulfonate in verschiedenen Mengen. So fallen beispielsweise bei der Herstellung von Zellstoff nach dem Sulfitverfahren je nach verwendeter Holzsorte 200 bis 400 kg Zucker und 600 bis 800 kg Ligninsulfonat pro Tonne Zellstoff an.<sup>219</sup>

Aus der Ablauge eines Sulfatprozesses können pro Tonne Zellstoff und je nach eingesetzter Holzsorte zwischen 20 und 100 kg Tallöl, 8 bis 10 kg Terpentin und 350 bis 400 kg Säuren und Zucker gewonnen werden. Die Zucker können extrahiert und danach zu Ethanol vergoren werden. Den daraus gewonnenen Alkohol nennt man Laugenbranntwein oder Sulfitspirit.

Das erhaltene Tallöl kommt als rohes oder raffiniertes Tallöl auf den Markt. An rohem Tallöl wurden 2011 in Deutschland nur geringe Mengen importiert (13 t), aber 19.800 t exportiert.<sup>220</sup> An raffiniertem Tallöl wurden rund 7.200 t importiert und 180 t ausgeführt.<sup>221</sup> Daraus kann abgeschätzt werden, dass 2011 in Deutschland mindestens 13.000 t Tallöl

<sup>215</sup> Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe, Statistisches Bundesamt 2011.

<sup>216</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

<sup>217</sup> F.O.Licht „World Ethanol and Biofuels Report“, 2012.

<sup>218</sup> Schätzung auf Grundlage von „Stoffliche Verwertung von Kohlenhydraten in der Bundesrepublik Deutschland“, ECO SYS GmbH, Schopfheim, 2009.

<sup>219</sup> Erich Gruber, "Chemische Grundlagen der Faserstoffherstellung“, Vorlesung an der Berufs-akademie Karlsruhe SS 2012.

<sup>220</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

<sup>221</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

produziert wurden. Exakte Produktionsdaten sind aber nicht verfügbar, da es nur einen Hersteller gibt.

**Ligninsulfonate** finden Verwendung als Dispergiermittel in Beton und Zement, als Zusatz zu Bohrflüssigkeiten sowie als Bindemittel in Pellets für Tiernahrung, in Düngemitteln und anderen Agrochemikalien, Spanplatten, Briketts sowie in Drucktinte und Gießsandkernen. Außerdem werden Ligninsulfonate als Papieradditiv, als Dispergier- und Emulgiermittel in Lacken und Farben sowie als Zuschlagstoff in Gips und Gerbstoffen industriell eingesetzt.

Der Hauptanteil der Produktion von weltweit etwa 1.000.000 Tonnen p.a. findet Verwendung als Dispergiermittel in Beton und Zement (ca. 100.000 t), als Zusatz zu Bohrflüssigkeiten (ca. 100.000 t) sowie als Bindemittel in Pellets für Tiernahrung, in Düngemitteln und anderen Agrochemikalien, Spanplatten, Briketts sowie in Drucktinte und Gießsandkernen. Außerdem werden Lignosulfonate als Papieradditiv, als Dispergier- und Emulgiermittel in Lacken und Farben sowie als Zuschlagstoff in Gips und Gerbstoffen eingesetzt.<sup>222</sup>

#### 4.1.5.2 Farbstoffe und Pigmente

**Farbstoffe** sind chemische Verbindungen, die andere Materialien färben und die in ihren Anwendungsmedien löslich sind.<sup>223</sup> Farbstoffe werden vorwiegend zum Färben von Textilien, Papier und Leder verwendet, während bei der Einfärbung von Kunststoffen und Lacken die Benutzung von Pigmenten überwiegt. Lange Zeit waren nur Naturfarbstoffe, vor allem aus Pflanzen (Färbepflanzen), verfügbar, um Textilien zu färben.

Bekanntere Beispiele für Naturfarbstoffe sind Indigoweiß (Leukoindigo), Krapp, Purpur, Karmin, Karotin, Chlorophyll, Henna und Safran. Durch die Entwicklung synthetischer Farbstoffe ab dem 19. Jahrhundert haben Färbepflanzen und Naturfarben heute jedoch einen Großteil ihrer Bedeutung verloren. In den letzten Jahren nimmt ihre Bedeutung aus ökologischen Gründen bzw. Gründen der Nachhaltigkeit jedoch wieder zu. Unter den in Deutschland herrschenden klimatischen Bedingungen können aber nur einige wenige Arten von Färbepflanzen angebaut werden. Es handelt sich dabei um Färberwaid und Färberknöterich (Indigo), Krapp (Alizarin-Vorstufen), Färberwau, Kanadische Goldrute und Saflor (Carthamidin). Insgesamt sind etwa 150 Pflanzenarten bekannt, deren Farbstoffe genutzt werden oder wurden. Industriell sind sie heute aber bedeutungslos.<sup>224</sup> Die Anbaufläche für die Färbepflanzen Goldrute, Färberwaid, Indigo und echter Dost in Deutschland beträgt etwa 30 ha.<sup>225</sup>

Unter **Pigmenten** versteht man farbgebende Substanzen, die im Anwendungsmedium unlöslich sind. Es wird zwischen anorganischen und organischen Pigmenten unterschieden. Bei den organischen unterscheidet man zwischen natürlichen und synthetischen organischen Pigmenten. Indigo ist ein Beispiel für ein natürliches organisches Pigment.

<sup>222</sup> Fachgespräch „Stoffliche Nutzung von Lignin“, Berlin, 10. März 2009.

<sup>223</sup> DIN 55943 Farbmittel.

<sup>224</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.: Färberpflanzen, Gülzow (2004).

<sup>225</sup> Plescher, Dr. A, Schmitz, Dr. N: Erhebung der Anbauflächen Arznei-, Gewürz-, Aroma-, Diät- und Kosmetikpflanzen 2011, Primärdatenerhebung, Pharmaplant Arznei- und Gewürzpflanzen Forschungs- und Saatzucht GmbH, Meo Carbon Solutions, Artern 2012.

Diese Verbindungen spielen wirtschaftlich heute keine Rolle mehr. Synthetische organische Pigmente können in Azopigmente und polycyclische Pigmente eingeteilt werden. Bei ihrer Synthese spielen nachwachsende Rohstoffe keine Rolle.

Pigmente und Farbstoffe werden in vielen Branchen und Anwendungen verwendet:

- Druckfarben;
- Farben und Lacke;
- Kunststoffe;
- Kosmetik;
- Papier;
- Textilien;
- Baumaterialien;
- Keramik und Glas.

2011 wurden in Deutschland **1.053.844 t an Farbstoffen und Pigmenten** mit einem Wert von 3,9 Mrd. € hergestellt. Importiert wurden Waren im Wert von 2,4 Mrd. €, exportiert solche im Wert von 3,4 Mrd. €. <sup>226</sup> An pflanzlichen und tierischen Farbstoffen wurden insgesamt 4.200 t importiert und 3.500 exportiert. <sup>227</sup> Es wurden also rund 700 t im Inland verarbeitet.

#### 4.1.5.3 Düngemittel und Stickstoffverbindungen

**Düngemittel** sind Stoffe und Stoffgemische, die dazu dienen, das Nährstoffangebot für Kulturpflanzen zu ergänzen. Sie werden unterteilt in mineralische, organo-mineralische und organische Dünger. Hinsichtlich des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen sind nur die organischen bzw. die organo-mineralischen Dünger relevant.

2011 wurden in Deutschland **2.140.372 t Mio. t Düngemittel und Stickstoffverbindungen** im Wert von 4 Mrd. € abgesetzt. <sup>228</sup> Insgesamt wurden Düngemittel im Wert von 1,6 Mrd. € importiert und von 2,7 Mrd. € exportiert. Von der Gesamtproduktionsmenge von 6,5 Mio. t an Düngemitteln und Stickstoffverbindungen waren **770.301 t tierische oder pflanzliche Düngemittel**. Ihr Produktionswert betrug 2011 49,1 Mio. €. Es wurden weitere 76.000 t importiert und 116.600 t exportiert <sup>229</sup>, sodass letztendlich **730.000 t in Deutschland verbraucht** wurden.

Rohstoffe für diese Düngematerialien sind Tiermehl, Fischmehl, Guano, Gülle, Hornspäne, Pflanzenjauche, kompostierte Pflanzenreste, Klärschlämme, Getreideschrote, Vinasse und Melasse. An Tiermehl wurden insgesamt 176.000 t für technische Zwecke hergestellt <sup>230</sup>, 136.770 t importiert und 275.421 t exportiert. <sup>231</sup> Im Düngemittelmarkt wurden 106.000 t verbraucht.

<sup>226</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

<sup>227</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

<sup>228</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O.

<sup>229</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

<sup>230</sup> STN - Servicegesellschaft Tierische Nebenprodukte mbH, [www.stn-vvtn.de](http://www.stn-vvtn.de), abgerufen am 21.2.2013.

<sup>231</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

Der weltweite Absatz von Düngemitteln hat sich in den letzten zehn Jahren deutlich erhöht. Aufgrund von Produktivitätssteigerungen in der Landwirtschaft zur Sicherstellung der Ernährung der Weltbevölkerung und einem steigenden Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen ist auch weiterhin mit einem Mehrbedarf an Düngemitteln zu rechnen.

#### 4.1.5.4 Schädlingsbekämpfungs-, Pflanzenschutz- u. Desinfektionsmittel

**Pflanzenschutz-** und **Schädlingsbekämpfungsmittel (Biozide)** werden nach einer EU-Richtlinie zusammenfassend als Pestizide<sup>232</sup> bezeichnet. Sie dienen zur Bekämpfung von als Schädlingen angesehenen Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen. **Desinfektionsmittel** werden zum Abtöten von Mikroorganismen auf unbelebten Objekten oder unbeschädigter Haut eingesetzt.

Im Segment „Schädlingsbekämpfungs-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittel“ werden nachwachsende Rohstoffe hauptsächlich zur Herstellung der sogenannten **biologischen Pestizide und Pflanzenstärkungsmitteln** eingesetzt. Erstere bestehen aus den mikrobiellen und den biochemischen Biopestiziden sowie den nützlichen Insekten. Mikrobielle Pestizide werden direkt von Pilzen, Bakterien oder Viren oder durch Fermentation gewonnen, die biochemischen werden in der Regel direkt aus Pflanzen (Pflanzliche Insektizide werden unter anderem hergestellt aus Rainfarn, Wermut, Pyrethrum, Rotenon oder Quassia) oder durch Fermentation gewonnen. Zu ihnen gehören die Insektizide *Adoxophyes orana Granulovirus* Stamm BV-0001, Azadirachtin (Neem), *Bacillus thuringiensis* subspecies *aizawai* Stamm ABTS-1857, *Bacillus thuringiensis subspecies kurstaki* Stamm HD-1 *Beauveria brongniartii*, *Cydia pomonella Granulovirus Isolat* GV-0006, *Cydia pomonella Granulovirus* mexikanischer Stamm, Pyrethrine, Abamectin, Milbemectin und Spinosad. Von solchen Wirkstoffen wurden 2010 in Deutschland **9 t** erzeugt.<sup>233</sup>

2011 betrug der Wert der zum Absatz bestimmten Produktion von Pflanzenschutz-, Schädlingsbekämpfungs- und Desinfektionsmitteln in Deutschland nach Angaben des Verbandes der chemischen Industrie 2,8 Mrd. €<sup>234</sup>, der Gesamtumsatz ca. 3 Mrd. €. In diesem Zeitraum wurden in Deutschland 155.305 t Pflanzenschutz-Wirkstoffe hergestellt. Es wurden Wirkstoffe im Wert von 2,6 Mrd. € exportiert und von 1,2 Mrd. € importiert.<sup>235</sup>

Im ökologischen **Pflanzenschutz** werden Präparate eingesetzt, die zu 85% aus **Rapsöl** bestehen. Produktions- bzw. Marktdaten konnten dafür nicht ermittelt werden.

<sup>232</sup> EU - RICHTLINIE 2009/128/EG.

<sup>233</sup> Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit „Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland“, Ergebnisse der Meldungen gemäß § 19 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2011.

<sup>234</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O.

<sup>235</sup> Außenhandelsstatistik 2011, Statistisches Bundesamt.

#### 4.1.5.5 Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte

**Anstrichfarben** sind „flüssig bis pastenförmige Beschichtungsstoffe“, die vorwiegend durch Streichen oder Rollen aufgetragen werden.<sup>236</sup> Eingeteilt werden sie nach ihren filmbildenden Bindemitteln, die wiederum in organische und anorganische Substanzen unterteilt werden. Die sich daraus ergebenden Produktklassen sind Lacke, Dispersionsfarben und Flüssig-Putze.

**Druckfarben** sind farbmittelhaltige Gemische, die über eine Druckform auf einen ausgewählten Untergrund übertragen werden und dort eintrocknen. Sie bestehen aus fein verteilten Pigmenten, Bindemitteln und organischen Lösungsmitteln. Ihre Einteilung erfolgt hauptsächlich nach dem Verfahren zu ihrem Einsatz und dem Bedruckstoff.<sup>237</sup> Man unterscheidet zwischen Flachdruck (Offset), Tiefdruck, Hochdruck (Flexodruck) und Siebdruck. Im Offsetdruck unterteilt man weiter in Rollenoffset und Bogenoffset.

Der Begriff **Kitt** wird für Klebe- und Dichtungsmittel verwendet. Unter einem herkömmlichen **Kitt** versteht man eine Dichtungsmasse, die zu rund 85 Prozent aus Schlämmkreide (Calciumcarbonat) und 15 Prozent aus Leinölfirnis besteht – weswegen er auch als Leinölkitt bezeichnet wird.<sup>238</sup>

Ein Anstrichmittel setzt sich grundsätzlich zusammen aus Bindemittel, Farbmittel bzw. Pigment, Füllstoff, Lösemittel, sowie Additiven wie Verdickungsmittel, Dispergiermittel und Konservierungsmittel. Anstrichstoffe, die Pigmente (Weißpigmente oder Buntpigmente) enthalten, werden als Anstrichfarbe oder Malfarbe bezeichnet. Nachwachsende Rohstoffe kommen vor allem im Bereich der Bindemittel, Additive und Lösemittel zum Einsatz.

Bindemittel bewirken, dass beim Trocknen und Härten des Anstrichmittels ein zusammenhängender Film entsteht. Zu den **organischen Bindemitteln** aus nachwachsenden Rohstoffen zählen z.B. **Naturharze, trocknende Öle wie Leinöl, Alkydharze, und Celluloseester**. Diese werden zur Herstellung von Alkydharzlacken, lufttrocknende Bautenlacke inkl. Ölfarben, Einbrennlacken, industriellen wasserverdünnbaren Alkydharzlacken, Alkydemulsionslacken, Reaktivverdünnern aus epoxidierten Pflanzenölen sowie Nitrocelluloselacken eingesetzt.

**Additive** machen nur ca.1% des fertigen Anstrichmittels aus, sind aber für viele spezifische Eigenschaften wie Fließverhalten, Glanz, Wetterbeständigkeit, Oberflächenspannung etc. verantwortlich.

Als **Lösemittel** werden aliphatische, cycloaliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe sowie Alkohole, Glykole, Glykolether, Ketone und Ester eingesetzt. Terpenkohlenwasserstoffe und chlorierte Kohlenwasserstoffe werden nicht mehr verwendet. Ethanol und seine Ester stammen traditionell aus petrochemischen Quellen, zunehmend wird aber auch Fermentationsalkohol eingesetzt. Ganz allgemein werden Lösemittel heute zunehmend durch Wasser ersetzt.

<sup>236</sup> DIN 55945 „Beschichtungsstoffe und Beschichtungen.“

<sup>237</sup> Fachgruppe Druckfarben im Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V., [www.druckfarben-vdl.de](http://www.druckfarben-vdl.de).

<sup>238</sup> DIN 18545, RAL 849/B 2 „Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen“.

**2011** wurden in Deutschland **3,51 Mio. t an Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten** hergestellt.<sup>239</sup> Vom Gesamtproduktionswert von 8,6 Mrd. €. entfielen 4,9 Mrd. € auf Farben und Lacke, 1,6 Mrd. € auf Druckfarben und 254 Mio. € auf Kitte.<sup>240</sup>

Es wurden Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte im Wert von 5,7 Mrd. € exportiert und im Wert von 2,1 Mrd. € importiert.

In Deutschland wurden 2011 **550.387 t** Druckfarben hergestellt. Diese setzen sich zusammen aus 106.140 t schwarzen und 444.247 t anderen Druckfarben. Es wurden zusätzlich 12.692 t schwarze und 66.500 t andere Druckfarben importiert und 54.354 t schwarze und 251.325 t andere Druckfarben exportiert.<sup>241</sup> Damit wurden in Deutschland selbst rund 64.000 t schwarze und 260.000 t andere Druckfarben verarbeitet.

Verbraucht wurden 2011 in Deutschland in den vier Segmenten wasserbasierte Druckfarben, lösemittelbasierte Druckfarben, pastöse Druckfarben und sonstige Druckfarben und Druckhilfsmittel 233.000 t.<sup>242</sup>

### 2011 wurden in Deutschland 233.000 t Druckfarben verbraucht

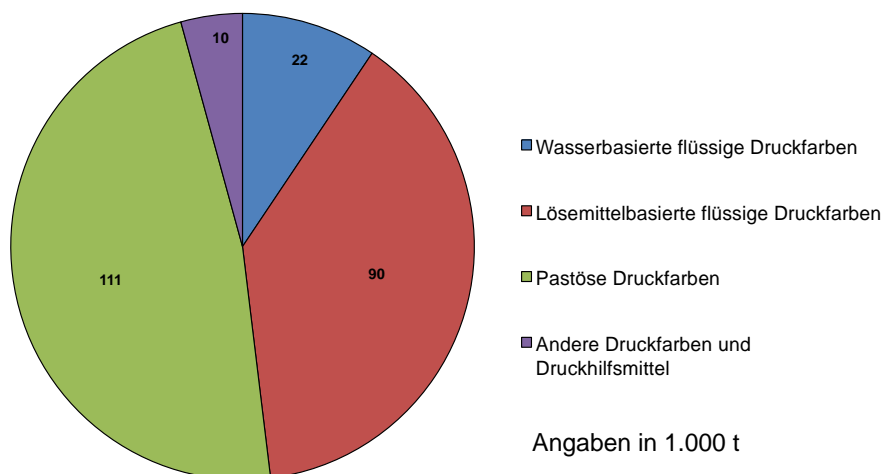


Abb. 68: Verbrauch von Druckfarben 2011 in Deutschland<sup>243</sup>

Pastöse Druckfarben setzen sich anteilig zusammen aus 30-35% Ölen, 45 - 50% Bindemitteln, 15 - 25% Farbmitteln und <10% Farbhilfsmitteln. Lösemittelbasierte Farben für den Tiefdruck, z. B. Verpackungsdruck, enthalten ca. 60-70% organische Lösemittel,

<sup>239</sup> Verband der chemischen Industrie 2012 a.a.O.

<sup>240</sup> Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2011.

<sup>241</sup> Außenhandelsstatistik 2011, Statistisches Bundesamt.

<sup>242</sup> Verband der Deutschen Lack.- und Druckfarbenindustrie, Jahresbericht 2011.

<sup>243</sup> Verband der Deutschen Lack.- und Druckfarbenindustrie, Jahresbericht 2011, Angaben in 1.000 t.

0 - 20% Bindemitteln, 10 - 15% anorganische oder organische Pigmente und <6% Farbhilfsmitteln. Bei wasserbasierten Tiefdruckfarben beträgt der Anteil organischer Lösemittel lediglich 1% bis 10%.<sup>244</sup>

Die verwendeten 111.000 t **pastöse Druckfarben, wie sie im Offsetdruck verwendet werden**<sup>245</sup> sind lösemittelfrei und enthielten im Durchschnitt über alle Druckverfahren 20.000 t Hartharze, 25.000 t pflanzliche Öle und 12.000 t Alkydharze, die wiederum aus ca. 6.000 t Fettsäuren und 2.000 t Glycerin aufgebaut waren.<sup>246</sup>

**Lösemittelhaltige Druckfarben** werden im Tiefdruck verwendet und enthalten neben 60% an organischen Lösemitteln ca. 20% an Bindemitteln. Von ihnen wurden 2011 90.000 t verbraucht.<sup>247</sup> Sie enthielten insgesamt rund 18.000 t an Bindemitteln. Diese bestehen vorwiegend aus Cellulose, wie z.B. Cellulosenitrat, oder Naturharzen wie Koloophonium. Es lässt sich ein Anteil von 9.000 t Hartharz und 9.000 t Nitrocellulose abschätzen. Als Lösemittel werden Toluol und Ethanol bzw. Ethylacetat verwendet.<sup>248</sup>

**Wasserbasierte Druckfarben** bildeten mit 22.000 t ein relativ kleines Segment, in dem ein Großteil der organischen Lösemittel durch Wasser ersetzt wurde.<sup>249</sup> Der Bindemittelanteil entspricht 4.400 t und besteht aus Cellulosederivaten, Schellack, Sojaöl oder Tallharzen. Als Restlösemittel werden fast ausschließlich Ethanol bzw. Ethylacetat eingesetzt (ca. 4%).

Die 10.000 t **andere Druckfarben** sind in der Hauptsache **Siebdruckfarben**, deren Bindemittel überwiegend aus synthetischen Polymeren bestehen und nur geringe Mengen an Cellulosederivaten oder Alkydharzen enthalten.

In Europa wurden 2011 ca. 250.000 t Offsetdruckfarben hergestellt, das entspricht 25% des gesamten europäischen Druckfarbenbedarfs von ca. 1 Mio. t. Nach Angaben des Verbandes der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie betrug der Verbrauch an Pflanzenölen und deren Derivaten wie Alkydharze, verschiedenen Fettsäureestern und Spezialharzen als Bestandteile von Druckfarbenbindemitteln in Europa ca. 80.000 t/a.<sup>250</sup>

2011 wurden insgesamt **484.620 t lösemittelhaltige** und **1.488.720 t wasserbasierte Farben, Dispersionslacke und Putze** hergestellt.<sup>251</sup> Der Inlandsverbrauch an **Anstrichmitteln (Farben) und Lacken** in den verschiedenen Märkten betrug 1,53 Mio. t, wie in der folgenden Abbildung gezeigt.

<sup>244</sup> Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Herkunft und charakteristische Zusammensetzung von Abfällen, [www.abfallbewertung.org](http://www.abfallbewertung.org).

<sup>245</sup> Verband der Deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie, Fachgruppe Druckfarben, [www.lackindustrie.de](http://www.lackindustrie.de).

<sup>246</sup> Eigene Schätzungen nach Wolfram Gieseke in „Druck braucht der Mensch: Druckfarben und Druckverfahren“.  
<http://www.aktuelle-wochenschau.de/2007/woche35/woche35.html>.

<sup>247</sup> Verband der Deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie, Jahresbericht 2011.

<sup>248</sup> „Druck braucht der Mensch: Druckfarben und Druckverfahren“  
<http://www.aktuelle-wochenschau.de/2007/woche35/woche35.html>.

<sup>249</sup> „Druck braucht der Mensch: Druckfarben und Druckverfahren“  
<http://www.aktuelle-wochenschau.de/2007/woche35/woche35.html>.

<sup>250</sup> Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V., Merkblatt: Nachwachsende Rohstoffe in Offsetdruckfarben, Frankfurt 2012.

<sup>251</sup> Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2011.



### Farben und Lacke werden in fast allen Märkten verwendet

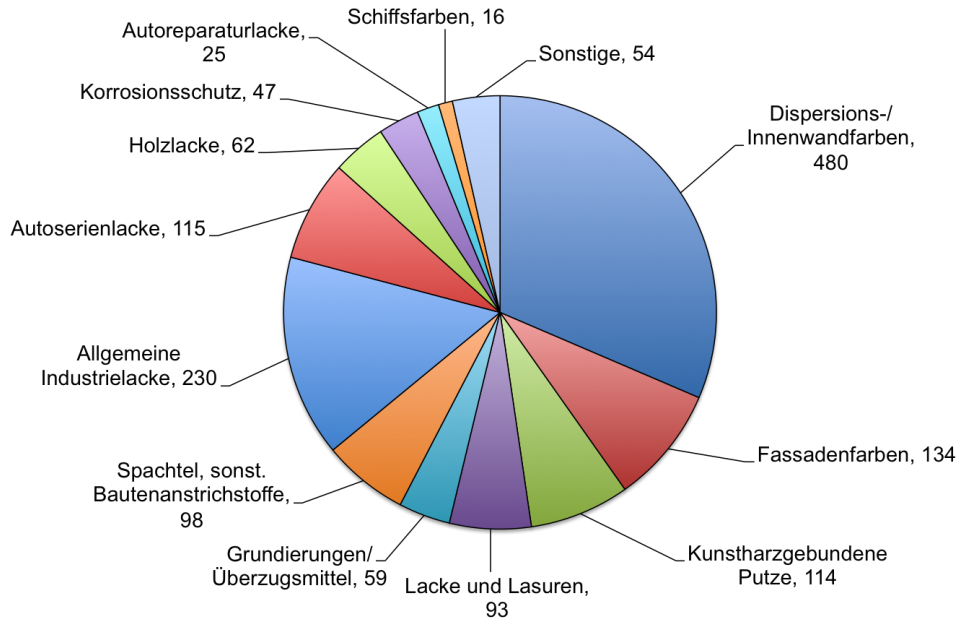


Abb. 69: Inlandsverbrauch (Deutschland) von Farben und Lacken 2011<sup>252</sup>

Die dafür eingesetzten und hinsichtlich des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen relevanten Farben und Lacke sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Segment	Verbrauchte Menge (t)	Nachwachsender Rohstoff	Menge Nawaro (t)
Alkydharzlacke, lufttrocknend	70.714	Ölsäure, Lonolsäure, Linolensäure, Rizinusöl, Sojaöl, Leinöl, Glycerin	ca. 35.000
Akydharzlacke, wärmetrocknend	12.410	Ölsäure, Linolsäure, Linolensäure, Rizinusöl, Sojaöl, Leinöl, Glycerin, Tallöl, gesättigte Fettsäuren	5.000
Ölfarben, Öllacke	8.326	Leinöl	5.000
Zellulosenitratlacke	15.659	Zellulose	4.500
Farben auf Basis Schellack o.a.	3.366	Schellack, Ethanol	1.400
Alkydanstrich- u. Wasserfarben	30.103		16.000
Sonst. Farben, Basis modifizierte natürliche Polymere	2.779	Öle	1.000
<b>Summe</b>	<b>143.357</b>		<b>67.900</b>

Tab. 19: Eingesetzt Menge an nachwachsender Rohstoffen in Farben und Lacken in Deutschland 2011<sup>253</sup>

<sup>252</sup> Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V.; Angaben in 1.000 t.

<sup>253</sup> Eigene Berechnungen auf Grundlage von Formulierungen im Produktkatalog der Worlée-Chemie GmbH, ch.worlee.de.

An **Kitten** wurden 2011 insgesamt **113.827 t** hergestellt.<sup>254</sup> Importiert wurden 101.541 t und exportiert 211.849 t.<sup>255</sup> Damit belief sich der inländische Markt auf ca. 3.500 t. Diese enthalten ca. 15%, d.h. 530 t an Leinölen.

#### 4.1.5.6 Sonstige chemische Erzeugnisse

Dieses Segment ist sehr komplex zusammengesetzt und enthält chemische Erzeugnisse, die sich den vorgenannten Segmenten nicht zuordnen lassen. Es unterteilt sich in die folgenden Untersegmente:

- Lichtempfindliche fotografische Platten, Filme, Papiere und Spinnstoffwaren;
- Tierische und pflanzliche Fette und Öle sowie deren Fraktionen, chemisch modifiziert;
- Tinte und Tusche zum Schreiben oder Zeichnen (ohne Druckfarben);
- Schmiermittel, Additive, Hydraulikflüssigkeiten, zubereitete Gefrierschutzmittel und Mittel zum Enteisen;
- Antiklopfmittel für Kraftstoffe und Additive;
- Hydraulikflüssigkeiten, zubereitete Gefrierschutzmittel und Mittel zum Enteisen;
- Peptone und Derivate, andere Eiweißstoffe und Derivate, Hautpulver;
- Chemisch modifizierte Öle und Fette;
- Zusammengesetzte Diagnostik- oder Laborreagenzien, Modelliermassen;
- Aktivkohle;
- Hilfsmittel und Ausrüstungsmittel für die Textil-, Leder- und Papierindustrie;
- Zubereitungen zum Abbeizen, Schweißen oder Löten von Metallen, zubereitete Vulkanisationsbeschleuniger und Antioxidationsmittel, Reaktionsauslöser, Alkylbenzol- und Alkyl-naphthalin-Gemische, Weichmacher für Kautschuk und Kunststoffe;
- Bindemittel für Gießereiformen oder -kerne, Naphthensäuren, nicht gesinterte Metallcarbide, Additive für Zement, Mörtel oder Beton, Sorbit (nicht kristallisierend);
- Chemische Erzeugnisse und Zubereitungen der chemischen Industrie oder verwandter Industrien, Biokraftstoffe (Dieselersatz oder Ethanol, zum Verbrauch im Verkehr);
- Caseinderivate.

---

<sup>254</sup> Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2011.

<sup>255</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

Im Hinblick auf nachwachsende Rohstoffe und Fein- und Spezialchemikalien sind nur die folgenden Unterklassen relevant:

- Chemisch modifizierte Fette und Öle;
- Hilfsmittel und Ausrüstungsmittel für die Textil- und Lederindustrie;
- Sorbit (nicht kristallisierend);
- Caseinderivate.

Die Bereiche „Schmiermittel und Hydraulikflüssigkeiten“ sowie „Antiklopfmittel“ und „Biotreibstoffe“ werden an anderer Stelle ausführlich behandelt und deshalb hier nicht betrachtet (Kapitel 7 „Oleochemie“ und Kapitel 13 „Biotreibstoffe“).

Die Größe des gesamten Segments **Sonstige chemische Erzeugnisse** a.n.g betrug 2011 **15,8 Mrd. €**, die Produktionsmenge lag bei **9,9 Mio. t**.<sup>256</sup> Ohne Biodiesel beträgt die Produktionsmenge 7,1 Mio. t und der Produktionswert 13,7 Mrd. €.<sup>257</sup>

Unter chemisch modifizierten Ölen und Fetten versteht man tierische bzw. pflanzliche Öle, die ganz oder teilweise hydriert, umgeestert, wiederverestert, oxidiert, dehydratisiert, geschwefelt, polymerisiert oder anderweitig chemisch verändert wurden.<sup>258</sup> Hiervon wurden 113.613 t mit einem Produktionswert von 69,5 Mio. € hergestellt. Importiert wurden 268.639 t, exportiert 181.266 t.<sup>259</sup>

Im Saldo wurden also **201.000 t chemisch modifizierte Öle und Fette** im Inland verarbeitet. Zu ihnen gehören insbesondere epoxidierte Pflanzenöle wie Sonnenblumen-, Raps-, Lein-, Rizinus- oder Sojaöl. Diese werden als Weichmacher und Co-Stabilisatoren für PVC eingesetzt, wo sie zunehmend Phthalate substituieren (ca. 45.000 t). Des Weiteren dienen sie auch als Pflanzenölkomponente bei der Herstellung von Polyetherpolyolen, einer wichtigen Komponente in Polyurethanschäumen (45.000 t). Rizinus- und Leinöl werden zur Herstellung von Polyamiden wie PA 11 und PA 6.10 eingesetzt (43.000 t).

Hilfsmittel und Ausrüstungsmittel für die Textil- und Lederindustrie werden zur veredelnden Behandlung von Stoffen und Textilien, Garnen und Fasern sowie Leder eingesetzt, um ihnen ein besonderes Aussehen und bestimmte Eigenschaften wie strukturierte Oberflächen, Steifheit, Weichheit, Glanz, Dichte, Glätte, Geschmeidigkeit, aber auch wasserabweisende, antistatische, flammhemmende oder antimikrobielle Eigenschaften zu verleihen. Von solchen Hilfsmitteln wurden 2011 rund 110.000 t hergestellt, 122.000 t importiert und 139.000 t exportiert.<sup>260</sup> Der Inlandsverbrauch betrug damit 93.000 t. Rund 36.000 t entfallen dabei auf die Textilindustrie und 57.000 t auf die Lederindustrie. Der Verbrauch an pflanzlichen Ölen wird für diese Segmente auf 7.500 t geschätzt.<sup>261</sup>

<sup>256</sup> Verband der chemischen Industrie, Chemie in Zahlen 2012.

<sup>257</sup> Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2011.

<sup>258</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

<sup>259</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

<sup>260</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

<sup>261</sup> nach Angaben von Branchenkennern enthalten die Hilfsstoffe 5% nachwachsende Rohstoffe, bei Leder können es bis zu 10% sein.

Neben einer kristallinen Form wird Sorbitol auch als sogenannter **nichtkristallisierender Sirup** vermarktet. Dieser enthält noch einen geringen Anteil an Mannit. Produktionszahlen zu Sorbitolsirup werden nicht veröffentlicht, da es in Deutschland nur zwei Hersteller gibt.<sup>262</sup> Nach Angaben von Branchenexperten beträgt die jährliche Produktionsmenge jedoch ca. 150.000 t. Dazu kamen 25.872 t an Importware und 28.793 t wurden exportiert. Die inländische Marktgröße betrug also 147.000 t.

Neben seiner hauptsächlichen Verwendung in der Lebensmittel- und Kosmetikindustrie wird Sorbit zur Herstellung von Polyolen in der Polyurethan- und Alkydharzherstellung sowie bei der Synthese von Isosorbit und Sorbitanestern eingesetzt.

An **Caseinen** und **Caseinderivaten** wurden ca. 16.000 t importiert und rund 27.000 t exportiert. Zahlen zur inländischen Produktion sind nicht veröffentlicht, da es in Deutschland nur 2 Hersteller gibt.<sup>263</sup> Casein wird als Bindemittel in Farben und als Klebstoff stofflich genutzt.

#### 4.1.5.7 Klebstoffe

Klebstoffe sind „nichtmetallische Werkstoffe, die Füge­teile durch Flächenhaftung und innere Festigkeit verbinden können“.<sup>264</sup>

**2011** wurden insgesamt rund **857.117 t Klebstoff** mit einem Produktionswert von 1,54 Mrd. € in Deutschland produziert. Der Schwerpunkt lag dabei mit 523.300 t und 552,7 Mio. € bei den wasserlöslichen bzw. in wässriger Emulsion vorliegenden synthetischen Klebstoffen.<sup>265</sup>

Klebstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen machten nur einen geringen Anteil an der Klebstoffproduktion aus. „**Leime auf der Grundlage von Stärke, Dextrinen oder anderen modifizierten Stärken**“ erreichten eine Gesamtproduktion von **18.801 t** und einen Wert von 16,1 Mio. €. Produktionsdaten zu anderen Klebstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen wie „Pflanzliche Klebstoffe“, „Casein-Leime“ oder „Andere Leime tierischen Ursprungs“ sind nicht veröffentlicht. An Casein-Leimen wurden 3.900 t importiert und 6.200 t exportiert, an anderen zubereiteten Leimen und Klebstoffen wurden 19.500 t importiert und 21.000 t exportiert. Die Importmengen von Leimen auf der Grundlage von Dextrinen und Stärke betrug 285.000 t, exportiert wurden 211.000 t.<sup>266</sup>

<sup>262</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

<sup>263</sup> Produktionserhebung des verarbeitenden Gewerbes, Statistisches Bundesamt 2011.

<sup>264</sup> DIN EN 923 „Klebstoffe - Benennungen und Definitionen“.

<sup>265</sup> Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2011.

<sup>266</sup> Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2011.

## Klebstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen hatten 2011 nur einen geringen Anteil an der Klebstoffproduktion

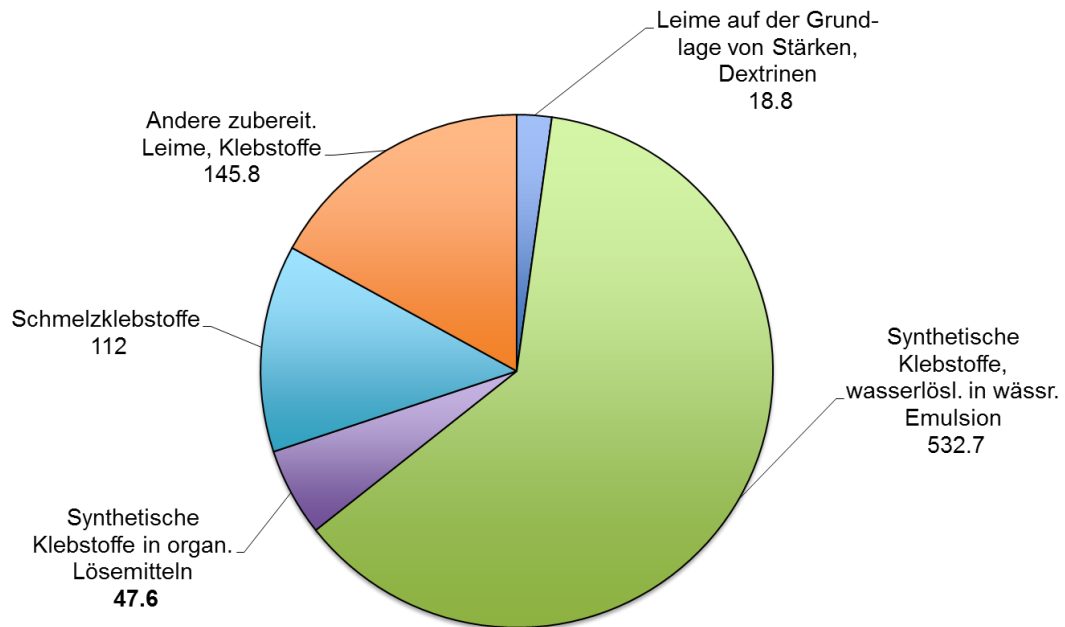


Abb. 70: Produktionsgewicht der Klebstoffe in Deutschland in 2011<sup>267</sup>

Der Wert der importierten Klebstoffe betrug 606 Mio. €. Dagegen betrug das Exportvolumen rund 1.323 Mio. €. <sup>268</sup> Damit nimmt Deutschland im europaweiten und weltweiten Vergleich eine führende Stellung im Klebstoffexport ein.

Grundsätzlich bestehen Klebstoffe aus synthetischen Rohstoffen, natürlichen Rohstoffen, oder einer Kombination aus beidem. Zu den synthetischen Rohstoffen zählen z. B. Epoxidharze, Acrylsäure, Polyacrylate und PVC. Natürliche Rohstoffe sind dagegen Casein, Stärke, Dextrine, Glutin, Cellulose, pflanzliche Öle oder Naturharze.

**2009** lag die Gesamtproduktion von Klebstoffen bei rund 780.000 t und der Anteil nachwachsender Rohstoffe lag nach Angaben des Industrieverbandes Klebstoffe zwischen 9 und 11%. Daraus errechnet sich (bei einer angenommenen Wachstumsrate von 2,5% p.a.) für **2011** ein Beitrag von 73.000 bis 88.000 t an nachwachsenden Rohstoffen in der Klebstoffproduktion. <sup>269</sup> Diese setzen sich wie folgt zusammen:

<sup>267</sup> Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2011, Angaben in 1.000 t.

<sup>268</sup> Stat. Bundesamt 2011 a.a.O.

<sup>269</sup> Industrieverband Klebstoffe e.V.

Rohstoff	Anwendung	Menge an nachwachsenden Rohstoffen (t)	
		2009	2011
Cellulose	Tapetenkleister	9.500	10.000
	zementgebundene Klebstoffe, Spachtel, Mörtel, etc.	4.350 - 13.050	4.500 - 13.700
Stärke, Dextrine,	Papier/Verpackungen	6.210 - 8.280	6.500 - 8.700
Kasein	Etikettierung	1.800 - 2.700	1.900 - 2.800
	Spachtelmassen	4.200 - 6.300	4.750 - 7.200
Pflanzliche Klebstoffe,	Papier/Verpackung	16.800	17.600
Glutin	Papier/Verpackung/ Holz	1.200 - 1.800	1.250 - 1.900
Naturharze, Kolophonium	Rezepturbestandteile	14.500	15.200
Pflanzenöle, Fettsäuren	Rezepturbestandteile	11.000	11.500
<b>Summe</b>		<b>70.000 - 84.000</b>	<b>73.000 - 88.000</b>

Tab. 20: Einsatz nachwachsender Rohstoffe in Klebstoff-Formulierungen<sup>270</sup>

Bei zunehmender Produktion hat der Anteil nachwachsender Rohstoffe bei der Herstellung von Klebstoffen über die Jahre kontinuierlich abgenommen.<sup>271</sup> Im Wesentlichen haben sich die zu klebenden Substrate und/ oder deren Oberflächenbeschaffenheit grundlegend verändert. So finden beispielsweise reine Kartonklebungen kaum noch statt; die Oberflächen der Kartonnagen sind heute hoch veredelt, Klebstoffe auf der Basis natürlicher Rohstoffe wie Stärkeklebstoffe oder Glutine können auf diesen Oberflächen keine ausreichende Adhäsion ausbilden. Der zunehmende Anteil von PET-Flaschen macht darüber hinaus den Einsatz von Klebstoffen auf Basis synthetischer Rohstoffe zwingend notwendig. Einhergehend mit dem signifikanten Rückgang der traditionellen Mehrweg-Glasflaschen verliert auch der Kasein-Klebstoffmarkt zunehmend an Bedeutung.

Die Klebstoffproduktion ist dagegen über die letzten Jahre kontinuierlich gestiegen, wie die folgende Graphik zeigt.

<sup>270</sup> Industrieverband Klebstoffe e.V.

<sup>271</sup> Industrieverband Klebstoffe e.V.

## Seit 2004 nimmt die Klebstoffproduktion in Deutschland stetig zu

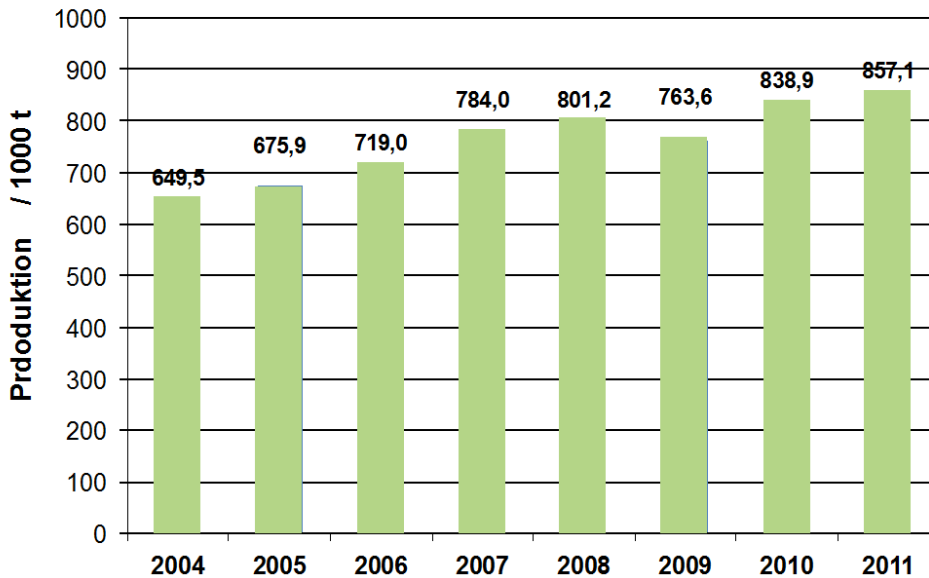


Abb. 71: Entwicklung der Klebstoffproduktion in Deutschland von 2004 bis 2011<sup>272</sup>

Zu den wichtigsten **Märkten für Klebstoffe** zählen das Baugewerbe, die Holz- und Möbelindustrie, der Papier- und Verpackungsmarkt sowie die Fahrzeug- und Luftfahrtindustrie. In der Fahrzeugindustrie werden Klebstoffe traditionell für Verklebungen im Innenraum eingesetzt, aber auch zunehmend im Karosseriebau verwendet, besonders dann, wenn unterschiedliche Materialien miteinander verbunden werden müssen wie z. B. Aluminium und Kunststoffe. Klebstoffe für die Fahrzeug- und Luftfahrtindustrie sind oft extremen Bedingungen ausgesetzt, deshalb wird hier vor allem auf Festigkeit und Beständigkeit der Klebstoffe Wert gelegt. Weitere Märkte sind der Textil- und der Do-it-yourself Bereich sowie die Holz- und Möbelindustrie.

### 4.1.5.8 Ätherische Öle

**Ätherische Öle** sind in organischen Lösungsmitteln lösliche Extrakte oder die organische Phase aus Wasserdampfdestillaten aus Pflanzen oder Pflanzenteilen, die einen starken, für die Herkunftspflanze charakteristischen Geruch haben. Sie bestehen größtenteils aus Gemischen verschiedener Terpene, Sesquiterpene oder aromatischer Verbindungen.

Zu den wichtigsten ätherischen Ölen zählen die Öle der Zitrusfrüchte (Süß- und Bitterorangenöl, Zitronenöl, Bergamottenöl, Limettenöl) sowie Pfefferminzöl, Gewürznelkenöl, Niaouliöl, Ylang-Ylang-Öl, Geraniumöl, Jasminöl, Vetiveröl, Lavendelöl und Lavandinöl.

<sup>272</sup> Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2011.

Die Bezeichnung „Ätherisches Öl“ ist im Handel nicht geschützt. Zu ihrer Unterscheidung werden die Begriffe naturbelassen, naturidentisch und synthetisch verwendet.<sup>273</sup>

### Ätherische Öle werden in natürliche, naturidentische und künstliche Öle unterteilt

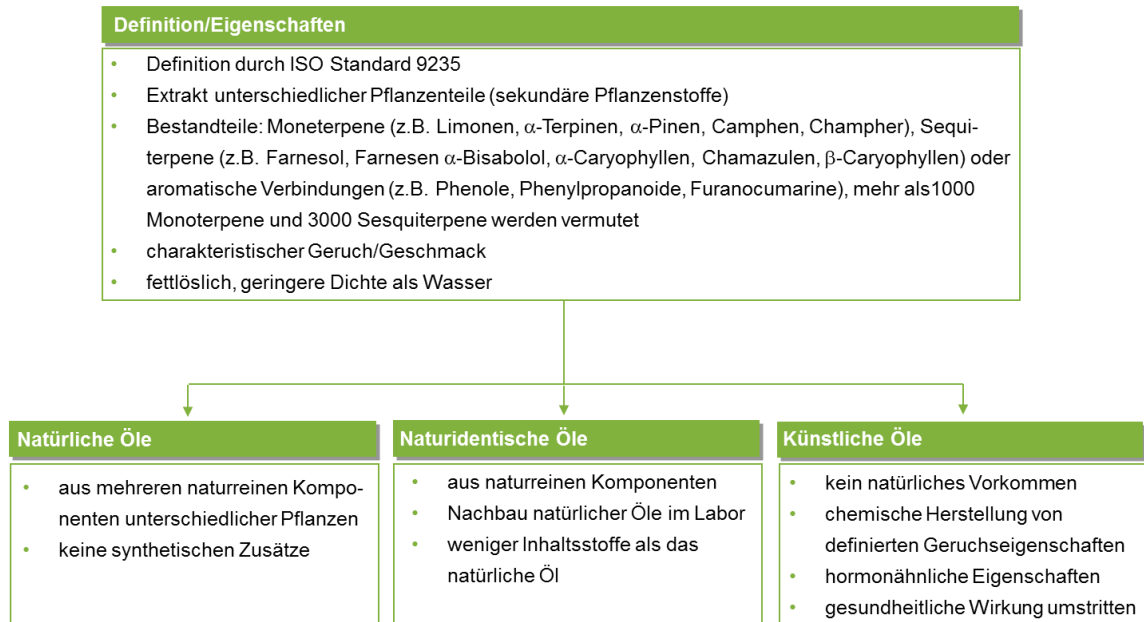


Abb. 72: Einteilung und Eigenschaften der ätherischen Öle<sup>274</sup>

Als Rohstoff für ätherische Öle wird Pflanzenmaterial verwendet. Die wichtigsten Rohstoffe sind Früchte von Zitrone, Limette, Orange, Bergamotte, Mandarine und Grapefruit sowie Minzkräuter (Grüne Minze, Pfefferminze, Ackermintze) und Gewürze (Basilikum, Dill, Ingwer, Kardamom, Knoblauch, Koriander, Kümmel, Lorbeer, Nelke, Oregano, Thymian). Aus den Blättern und Zweigen des Eukalyptusbaumes wird das Eukalyptusöl und aus denen des Teebaumes (Manuka) das Teebaumöl gewonnen. Resinoide, (d.h. extrahierte Pflanzenharze, die reich an ätherischen Ölen sind) aus Paprika und schwarzem Pfeffer sowie aus diversen natürlichen Gewürzen und Kräutern werden ebenfalls verwendet.

In Deutschland ist ein Anbau von Frischpflanzen wegen der ungünstigen klimatischen Bedingungen nicht wirtschaftlich. Da der Import von Frischpflanzen wesentlich günstiger ist als ein Eigenanbau, hat sich Deutschland zum größten Frischpflanzenimporteur (ca. 25% des europäischen Gesamtimports) entwickelt, um daraus das wirtschaftlich wesentlich interessantere getrocknete Pflanzenmaterial herstellen zu können.

<sup>273</sup> DIN EN ISO 9235 „Natürliche aromatische Rohstoffe – Vokabular“.

<sup>274</sup> „Flavors and Fragrances“ in: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005, Wiley-VCH, Weinheim.



Zur Herstellung ätherischer Öle in ausreichender Menge und Qualität werden unterschiedliche Technologien eingesetzt. Das am häufigsten verwendete Verfahren ist die Wasserdampfdestillation. Dafür wird die Pflanze geerntet, getrocknet und zerkleinert. Die Wasserdampfdestillation ist jedoch mit hohen Energiekosten verbunden. Abhängig von der Art, den Eigenschaften und dem Verwendungszweck werden anschließend unterschiedliche Verfahren zur Gewinnung der ätherischen Öle angewandt.

Die **Kaltpressung** wird ausschließlich bei Zitrusölen angewandt, um die besonders hitzeempfindlichen Öle aus den Fruchtschalen zu drücken.

Bei der **Wasserdestillation** wird das Pflanzenmaterial zusammen mit Wasser in einem Ansatz gekocht. Das flüchtige Öl geht in die Dampfphase über und wird durch Kondensation zurückgewonnen. Bei der **Wasserdampfdestillation** hingegen wird im ersten Schritt Dampf erzeugt, mit dem anschließend die ätherischen Öle aus dem Pflanzenmaterial ausgetrieben werden. Diese sammeln sich in der Dampfphase und werden durch Kondensation bzw. durch eine Öl-Wasserabtrennung gewonnen.

Mit trockenem Dampf wird bei der **Dampfdestillation** das ätherische Öl direkt aus dem Pflanzenmaterial extrahiert. Diese Methode findet sehr oft Anwendung, um ökonomisch sinnvoll große Mengen an Öl herzustellen. Das Öl wird dabei durch die trockene Hitze weniger beeinträchtigt. Für die Duft- und Parfümindustrie ist die Dampfdestillation die Standardmethode.

Ein weiteres Verfahren ist die **Lösungsmittlextraktion**. Hierbei werden organische Lösungsmittel zur Gewinnung der ätherischen Öle und Oleoresine verwendet, die anschließend destillativ abgetrennt werden.

Ein neueres Verfahren ist die Extraktion mit **überkritischem Kohlendioxid**. Dabei wird unter hohem Druck und hoher Temperatur CO<sub>2</sub> als Lösungsmittel eingesetzt und sowohl ätherische Öle als auch Oleoresine extrahiert. Durch das nachträgliche Absenken der Extraktionstemperatur können die Oleoresine abgetrennt werden. Das CO<sub>2</sub> kann anschließend durch Druckminderung in den gasförmigen Zustand zurückgeführt werden und man erhält die reinen ätherischen Öle.

Die Ölausbeute ist abhängig von den Sorteneigenschaften, den Witterungsbedingungen, der Anbauregion und dem Alter der Kulturen.<sup>275</sup> Sie beträgt im Durchschnitt bis zu 800 l/t Trockenmasse bei Kamille und rund 350l/t Trockenmasse bei Zitronenmelisse.<sup>276</sup>

Die nachfolgende Abbildung fasst die verschiedenen Herstellungsmethoden zusammen.

---

<sup>275</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow 2006.

<sup>276</sup> A. Biertümpfel, A. Vetter A u. J. Lutz „Möglichkeiten der Beeinflussung von Ertrag und Qualität ätherischer Öle durch Sortenwahl und pflanzenbauliche Maßnahmen“, Zeitschr. F. Arznei- und Gewürzpflanzen, 2007 12(1), 45-50.

## Die Herstellung von ätherischen Ölen erfolgt in einem vielstufigen Verfahren

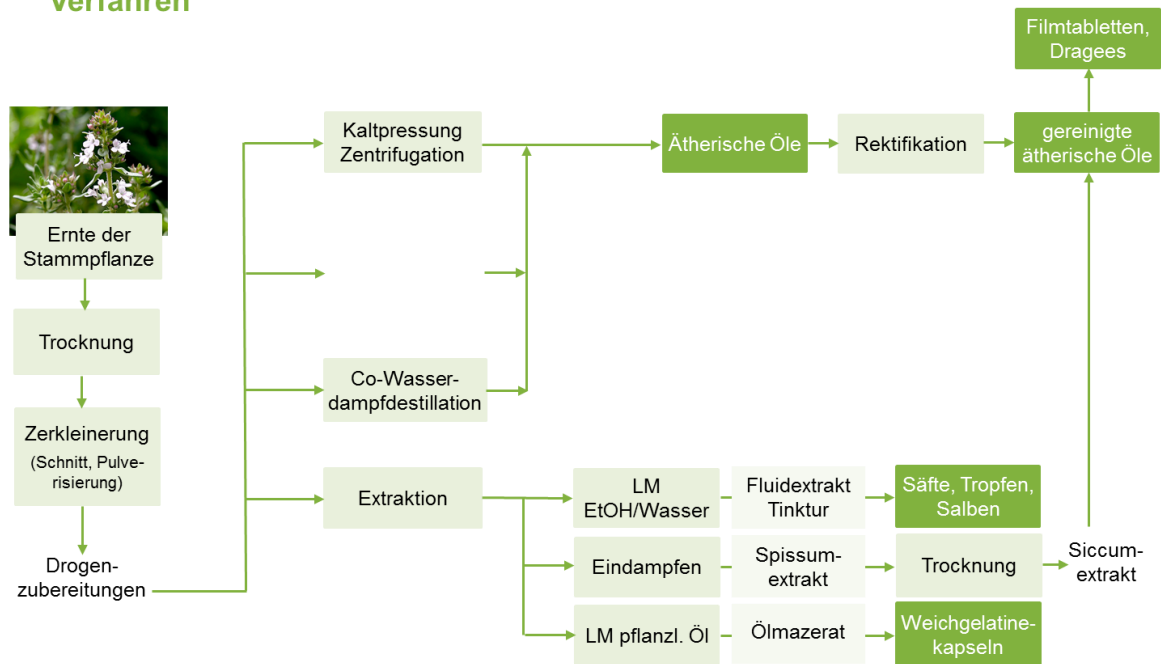


Abb. 73: Herstellungsverfahren für ätherische Öle<sup>277</sup>

Ein wesentlicher Kostenreißer bei der Herstellung von ätherischen Ölen in Deutschland sind dabei die Energiekosten, die bei den Destillationsschritten anfallen. Eine kostendeckende Produktion von ätherischen Ölen in Deutschland ist wegen des hochmechanisierten Anbaus nur bei Kamille und Zitronenmelisse möglich. Der Ausgleich von Standortnachteilen erfolgt dabei durch den Einsatz von verbessertem Pflanzenmaterial und durch neue Verarbeitungsverfahren.

Neben ihrer Verwendung als Aromen und Geschmackstoffe in der Lebensmittelindustrie werden ätherische Öle in den Marktsegmenten Pflege- und Kosmetik, Pharmazie und Medizin und Chemie eingesetzt:

<sup>277</sup> Eigene Abbildung nach einer Vorlage des Bundesverbandes der Arzneimittelhersteller.

## Pflege und Kosmetik, Medizin und Pharma sowie Chemie sind die wichtigsten Märkte für ätherische Öle

	Pflege und Kosmetik	Medizin/Pharma	Chemische Industrie
Ätherische Öle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parfums</li> <li>• Körperpflegemittel</li> <li>• Schönheitsmittel</li> <li>• Raumdüfte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Appetitanreger</li> <li>• Diuretika</li> <li>• Sedativa</li> <li>• Carminativa</li> <li>• Diaphoretika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lösemittel</li> <li>• Reinigungsmittel</li> <li>• Waschmittel</li> <li>• Farbe</li> <li>• Schädlingsbekämpfungsmittel</li> <li>• Textilfunktionalisierung (antimikrobiell)</li> </ul>

Abb. 74: Märkte und Anwendungen für ätherische Öle<sup>278</sup>

Die spezifischen Eigenschaften der ätherischen Öle (u. a. Aroma- und Duftstoff, Geschmacksverbesserung, antioxidativ und entzündungshemmend, biozide Wirkung, konzentrationsfördernd, stimmungsverbessernd, Löslichkeitsvermittler) werden in allen relevanten Märkten genutzt.

## Ätherische Öle sind wohleichend, antimikrobiell und entzündungshemmend

Chemische Industrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biozide Wirkung gegen Insekten mit moderater Toxizität gegenüber Fischen und Säugetieren (Minze, Lavendel) sowie gegen Pilze durch Thymol und Carvacrol</li> <li>• Funktionalisierte Textilmaterialien mit antimikrobiellem Effekt (chitosan-lavender essential oil system)</li> <li>• Fettlösliche und chemisch stabile Duftstoffe in Wasch- und Reinigungsmitteln sowie Farben zur Überdeckung des unangenehmen Eigengeruchs bzw. für die spezielle Beduftung mit Zitronenöl, Limonen, Citral, Linalool (aus Citrusfruchtschalen)</li> <li>• Als Lösemittel in Reinigungsmitteln für eine verbesserte Reinigungswirkung der Tenside (z. B. für hartnackigen Schmutz wie Öle, Fette, Wachse und Teer)</li> </ul>
Medizin und Pharma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirkung durch Kombination verschiedener Inhaltsstoffe (Tanine, Phenole, Senfölyl Verbindungen, Terpene)</li> <li>• Antioxidative und entzündungshemmende Effekte, die jedoch meist nicht eindeutig geklärt sind</li> <li>• Antimikrobielle Öle. Thymianöl (durch Phenole wie Carvacrol, Thymiol), Nelkenöl, Pfefferminzöl</li> <li>• Konzentrationsfördernde und stimmungsverbessernde Eigenschaften</li> <li>• Nachweisbare Nebenwirkungen wie die Haut- und Schleimhaut reizend, Unverträglichkeiten, die Asthma auslösen können, fruchtschädigende Wirkung</li> </ul>
Pflege und Kosmetik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserte Selbstdarstellung durch Parfüme</li> <li>• Entspannung, Wohlbefind und Aromatisierung von Räumen</li> <li>• Überdeckung starker Eigengerüche z. B. von Chemikalien in Haarfarbe- und Pflegemitteln</li> </ul>

Abb. 75: Typische Eigenschaften und Wirkung von ätherischen Ölen<sup>279</sup>

<sup>278</sup> Joh. Vögele KG, Lauffen a.N., [www.voegele-lauffen.de](http://www.voegele-lauffen.de)

<sup>279</sup> SEDA, Essential Oils Incubator 2009, [www.seobi.co.za](http://www.seobi.co.za).

Das Segment „Ätherische Öle“ enthält neben den **reinen ätherischen Ölen** auch die **Resinoide**, die **Konzentrate ätherischer Öle in Fetten, Ölen und Wachsen** sowie die Mischungen von Riechstoffen für die Lebensmittel- und Getränkeindustrie und andere industrielle Zwecke. Die Größe des gesamten Segments betrug 2011 163.909 t mit einem Produktionswert von mehr als 1,3 Mrd. €. Es wurden Öle im Wert von 700 Mio. € importiert und im Wert von 1,4 Mrd. € exportiert. An reinen ätherischen Ölen wurden 14.593 t mit einem Produktionswert von 131,7 Mio. € hergestellt.<sup>280</sup>

In Deutschland wuchs der Markt für das gesamte Segment zwischen 2004 und 2010 um 38 % von 932 Mio. € auf 1,3 Mrd. €. <sup>281</sup> Den größten Marktanteil stellen dabei die Mischungen von Riechstoffen für die Lebens- und Getränkeindustrie dar. Das größte Wachstum ist dagegen bei den reinen ätherischen Ölen mit einem Zuwachs von 10.552 t auf 14.593 t zu beobachten.<sup>282</sup>

Resinoide und Konzentrate ätherischer Öle in Fetten, Ölen, Wachsen u. ä. wie terpenhaltige Nebenerzeugnisse aus ätherischen Ölen, destillierte aromatische Wässer und wässrige Lösungen ätherischer Öle spielen in Deutschland keine Rolle.

### Das Marktvolumen für reine ätherische Öle hat sich zwischen 2004 und 2011 von 63 auf 132 Mio. € mehr als verdoppelt

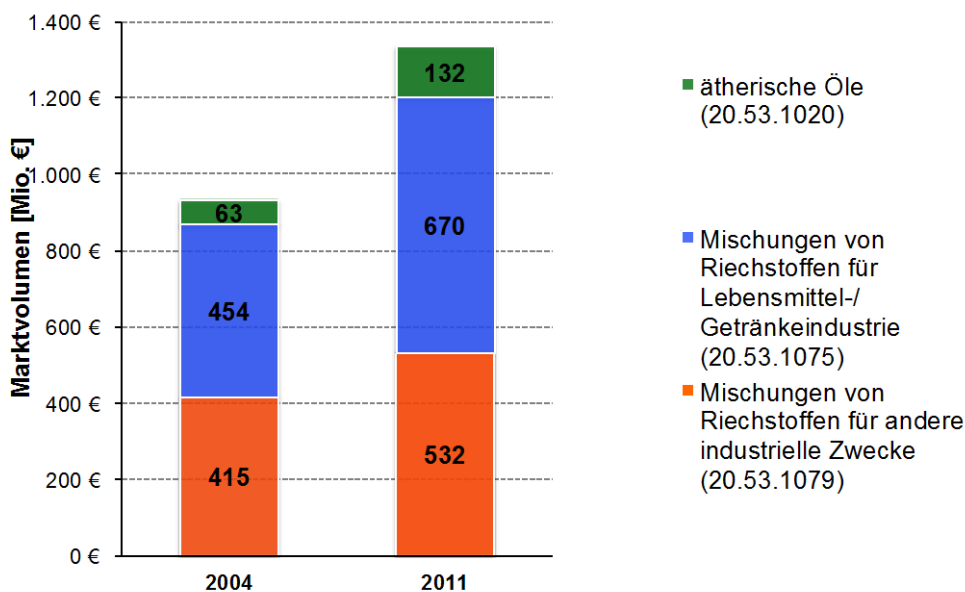


Abb. 76: Marktentwicklung bei ätherischen Ölen in Deutschland von 2004 bis 2011<sup>283</sup>

<sup>280</sup> Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2011.

<sup>281</sup> Stat. Bundesamt 2004 und 2010.

<sup>282</sup> Stat. Bundesamt 2004 und 2010.

<sup>283</sup> Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2004 und 2011.

## Die Produktion von ätherischen Ölen hat von 2004 bis 2011 um fast 40% zugenommen

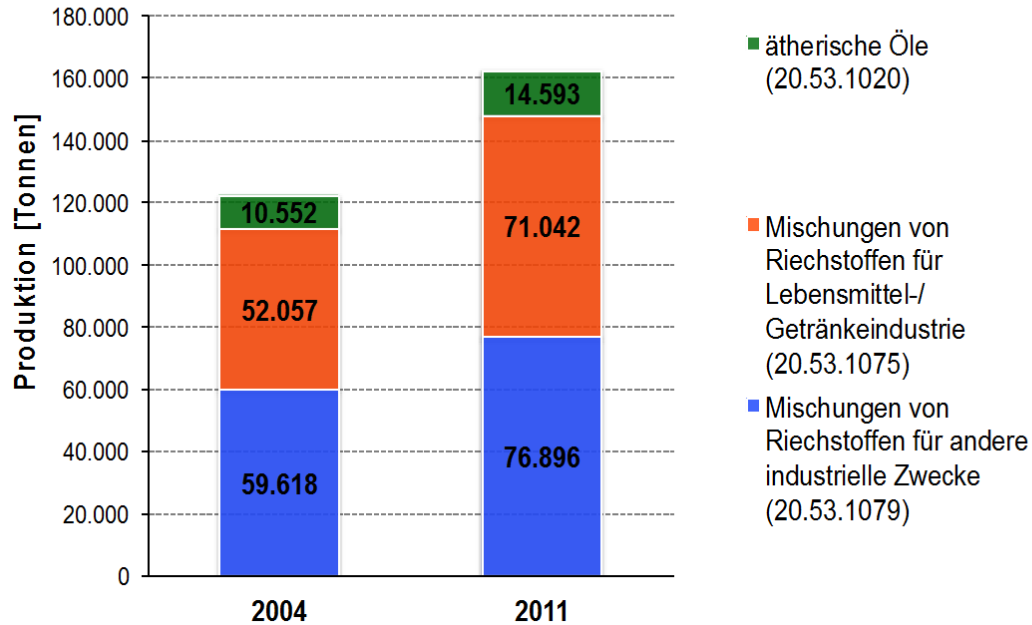


Abb. 77: Produktionsentwicklung bei ätherischen Ölen in Deutschland von 2004 bis 2011<sup>284</sup>

Es ist davon ausgehen, dass sich der deutsche Markt für ätherische Öle wie in den USA in die Lebensmittel- und Getränkeindustrie verlagert, wo verstärkt die ätherischen Öle von Zitrusfrüchten eingesetzt werden.

**Europäischer Marktführer** für ätherische Öle mit einem Marktwert von 971 Mio. € war 2004 Frankreich, gefolgt von Deutschland (932 Mio. €). Die Niederlande (328 Mio. €), Spanien (313 Mio. €) und Italien (237 Mio. €) sind ebenfalls mit relevanten Mengen am Markt beteiligt. 2010 setzte sich Deutschland (1.284 Mio. €) vor Frankreich (1.136 Mio. €) an die europäische Spitze, wobei besonders bei Deutschland ein Wachstum im Bereich Mischungen für Riechstoffe für die Lebensmittel- und Getränkeindustrie zu beobachten ist.<sup>285</sup>

International sind Zitrusöle, Minzöle, Gewürz- und Kräuteröle die wichtigsten ätherischen Öle. Mexiko und Südafrika entwickeln sich zu den weltweit führenden Produzenten von Zitrusfrüchten.<sup>286</sup>

<sup>284</sup> Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2004 und 2011.

<sup>285</sup> Produktionsdatenbank der Europäischen Kommission (Prodcom) 2011, Eurostat.

<sup>286</sup> F.P. Meschede, ERAMEX aromatics GmbH, Marktbericht 2009.

#### 4.1.6 Einflussparameter auf die Marktentwicklung

Für die stoffwandelnde chemische Industrie und damit auch für die Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien sind die wichtigsten Parameter für die Marktentwicklung die Rohstoff- und Energiepreise. Die Dimension dieses Faktors wird deutlich, wenn man sich vor Augen hält, dass die chemische Industrie in Deutschland derzeit mit 50 Mrd. kWh ca. 8% des gesamten Strom- und mit 110 Mrd. kWh ca. 13% des Gasbedarfs in Deutschland nutzt.<sup>287</sup>

Zwischen 2008 und 2011 stiegen die Strompreise für industrielle Abnehmer um 15 bis 18%.<sup>24</sup> Die Preise für Naphtha stiegen von 2008 bis 2011 von 545 auf 669 €/t, das entspricht einer Steigerung von 22,8%.<sup>288</sup> Der Anteil der Energiekosten am Inlandsumsatz der chemisch-pharmazeutischen Industrie hat sich in den Jahren 2000 bis 2010 von 5,5% auf 10,8% fast verdoppelt, obwohl der Energieverbrauch leicht zurückgegangen ist, wie in der folgenden Abbildung gezeigt wird.

### Der prozentuale Anteil der Energiekosten am Umsatz der chemischen Industrie steigt seit Jahren kontinuierlich

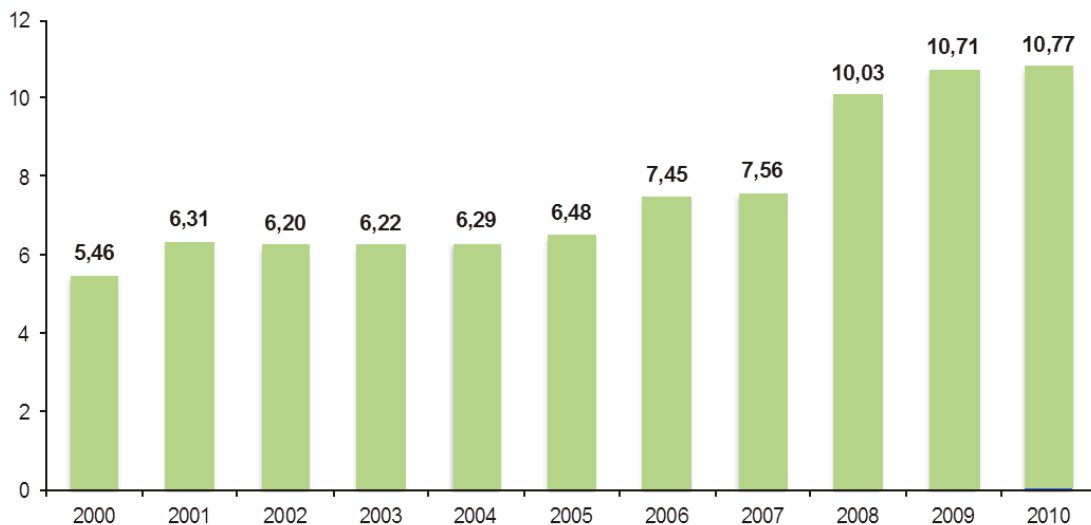


Abb. 78: Anteil der Energiekosten am Gesamtumsatz der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie<sup>289</sup>

Weitere Faktoren, die die Entwicklung des Marktes für nachwachsende Rohstoffe bei Fein- und Spezialchemikalien beeinflussen, sind die Rohstoffpreise und die Rohstoffverfügbarkeit. Bei den Rohstoffpreisen ist die eigentliche Kenngröße die Preisdifferenz zwi-

<sup>287</sup> Verband der chemischen Industrie, „Industriegewerkschaft Bergbau Chemie Energie, Bundesarbeitgeberverband Chemie, Gemeinsame Erklärung „Sichere und bezahlbare Energie-versorgung für die chemische Industrie in Deutschland“, September 2012.

<sup>288</sup> VCI Chemiewirtschaft in Zahlen online, www.vci.de.

<sup>289</sup> Eigene Berechnungen nach „Chemiewirtschaft in Zahlen 2011“, Verband der chemischen Industrie, Angaben in %, Gesamtumsatz im Inland.

schen fossilen und nachwachsenden Rohstoffen. Je kleiner diese Differenz wird, desto attraktiver wird der Ersatz von fossilen durch nachwachsende Rohstoffe. Bei der Rohstoffverfügbarkeit geht es im Besonderen um die Nutzungskonkurrenz zwischen energetischer und stofflicher Nutzung.

Es ist davon auszugehen, dass die Rohstoff- und Energiepreise weiter steigen werden. Dieser Entwicklung muss die chemische Industrie in Deutschland durch die Entwicklung rohstoff- und energiesparender Technologien entgegenwirken. Es bleibt abzuwarten, inwieweit die industrielle bzw. Weiße Biotechnologie in Verbindung mit der Nutzung von Biomasse als nachwachsendem Rohstoff hier eine führende Rolle einnehmen kann. Die von der nationalen wie auch von der europäischen Politik stark geförderte Entwicklung der Bioökonomie<sup>290 291</sup> ist noch nicht weit genug voran gekommen, um bei der Nutzung von Biomasse für den stofflichen Bereich entscheidende Impulse setzen zu können.

Inwieweit die neuesten Entwicklungen bei der Rohstoffförderung in den USA (Förderung von nichtkonventionellem Erdgas durch Hydraulic Fracturing „Fracking“) die Preise für Erdgas bzw. Erdöl beeinflussen, kann noch nicht abschließend beurteilt werden. Es besteht allerdings die Möglichkeit, dass der Druck auf die chemische Industrie, nachwachsende Rohstoffe einzusetzen, nachlässt.

Auf der Nachfrageseite müssen die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen stimmen, um biobasierte Produkte ohne Komplikationen herstellen und auf dem Markt anbieten zu können. Eine einheitliche (positive) Kennzeichnung, wie sie im Rahmen der Leitmarktinitiative der Europäischen Kommission angedacht ist, könnte hier hilfreich sein. Das gleiche gilt für technische Normen, die, wenn es sie für biobasierte Produkte gäbe, deren Einsatz in vielen Anwendungen erleichtern würde.

Nicht zuletzt können Markteinführungsprogramme neue, biobasierte Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen gezielt bekanntmachen und dadurch die Akzeptanz solcher Produkte verbessern.

#### **4.1.7 Rechtliche Rahmenbedingungen und Marktsituation in EU-Ländern**

Durch die europaweite Einführung von REACH, GHS und PIC<sup>292</sup> gleichen sich die regulatorischen Vorgaben für die Herstellung und den Vertrieb von Chemikalien in der europäischen Union immer weiter an.

##### **4.1.7.1 Entwicklung des Marktes**

Auf dem europäischen Markt für Fein- und Spezialchemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen dominieren mengenmäßig Oleochemikalien und Fermentationsprodukte. Bei den Fermentationsprodukten bilden in Europa Fermentationsalkohol, Zitronensäure, die

---

<sup>290</sup> und Landwirtschaft und Bundesministerium für Bildung und Forschung, Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030.

<sup>291</sup> Europäische Kommission, EUROPE 2020, A strategy for smart, sustainable and inclusive growth, COM(2010) 2020 final.

<sup>292</sup> PIC Verordnung regelt zur Ein- und Ausfuhr von Chemikalien und Pestiziden nach dem Rotterdamer Abkommen.

Aminosäuren Lysin und Threonin und Gluconsäure die größten Segmente (>100.000 t). Zitronensäure und die beiden Aminosäuren werden jedoch in Deutschland nicht hergestellt.

Der Markt für **Zitronensäure** in Europa wird von vier großen Herstellern dominiert. Angaben zu hergestellten Mengen sind deshalb nur unvollständig und lassen keinen Rückschluss auf die innerhalb der EU-27 2011 produzierte Menge an Zitronensäure zu. Er kann aber aus vorliegenden Zahlen aus dem Jahre 2009 auf ca. 350.000 t geschätzt werden.<sup>293</sup> Die Hauptproduzenten sind Spanien, Italien, Dänemark, Polen und die Slowakei.<sup>294</sup> Alle Verfahren zur Herstellung von Zitronensäure in Europa arbeiten fermentativ auf Basis von Kohlehydraten, also Zucker oder Stärkehydrolysaten.

Weltweit wurden 2011 rund 1,5 Mio. t Zitronensäure hergestellt. Der Schwerpunkt der Produktion lag dabei in China, gefolgt von Europa und den USA. Der weltweite Bedarf wächst jährlich um 3 bis 5%.<sup>295</sup> Europa stellt dabei mit 31% der Nachfrage den größten Markt.

Die **Aminosäuren Methionin, Lysin, Threonin und Tryptophan** werden fast ausschließlich als Futtermitteladditive sowie in der pharmazeutischen Industrie verwendet. Tryptophan, Threonin und Lysin werden fermentativ, Methionin dagegen rein chemisch hergestellt. In der europäischen Union (EU-27) wurden 2011 insgesamt zwischen 550.000 und 600.000 t hergestellt, die weltweite Produktion betrug ca. 2,8 Mio. t.<sup>296</sup>

Aminosäuremarkt (t)				
	Methionin	Lysin	Threonin	Tryptophan
Deutschland:	20.000	60.000	>8.000	>250
EU-27:	>150.000	320.000	>80.000	>2.500
Welt:	>900.000	1.700.000	260.000	>5.500

Tab. 21: Marktgröße für ausgewählte Aminosäuren<sup>297</sup>

Bis auf Methionin werden die Aminosäuren fermentativ aus Zucker hergestellt. Mit aus der Literatur bekannten Kohlenhydratkonversionsraten<sup>298</sup> für die einzelnen Säuren lässt sich daraus ein Zuckerverbrauch von ca. 650.000 t zur Herstellung dieser Aminosäuren in Europa abschätzen. Für den globalen Markt wären es ca. 3 Mio. t.

<sup>293</sup> ECO SYS GmbH, „Die Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland als Standort für die Fermentationsindustrie im internationalen Vergleich“, Schopfheim, 2011.

<sup>294</sup> Eurostat, Produktionsstatistiken der Europäischen Kommission 2011.

<sup>295</sup> Citrique Belge, [www.citriquebelge.com](http://www.citriquebelge.com), abgerufen am 10.9.2012 [www.adcuram.de](http://www.adcuram.de).

<sup>296</sup> Eurostat, Produktionsstatistiken der Europäischen Kommission 2011.

<sup>297</sup> Evonik Industries AG.

<sup>298</sup> ECO SYS GmbH, „Die Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland als Standort für die Fermentationsindustrie im internationalen Vergleich“, Schopfheim, 2011.



Derzeit werden große Kapazitäten für Aminosäuren in Russland (Lysin 100.000 t/a), Singapur (Methionin 150.000 t/a), Ungarn (Threonin, Erweiterung von 20.000 auf 30.000 t/a) und Brasilien (Lysin 100.000 t/a) aufgebaut.<sup>299 300</sup>

In Europa (EU-27) wurden 2011 4.750 Mio. t **Bioethanol hergestellt**.<sup>301</sup> Davon wurden 593.000 t industriell verwertet, der Rest ging in die Kraftstoffherstellung. Die größten Produzenten waren Frankreich, Deutschland, Spanien und Belgien.

### Deutschland und Frankreich waren 2011 die größten Hersteller von Fermentationsalkohol in Europa

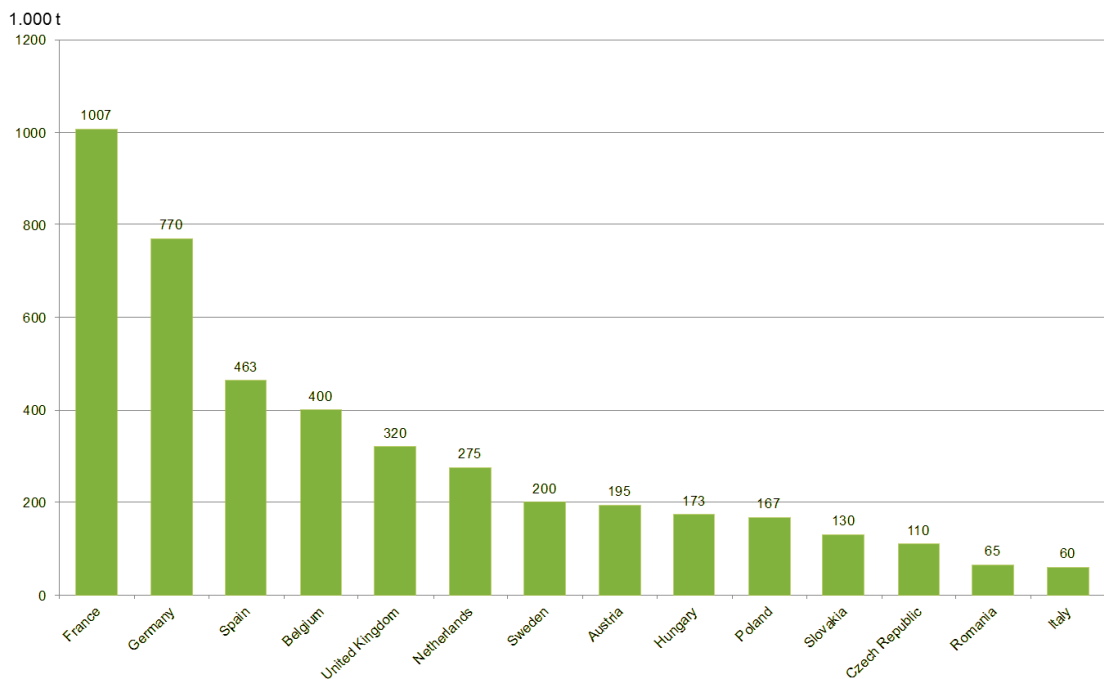


Abb. 79: Herstellung von Ethanol in Europa 2011<sup>302</sup>

Weltweit wurden 2011 70 Mio. t Ethanol aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt, das meiste davon mit 41,6 Mio. t in den USA, gefolgt von Brasilien mit 16,7 Mio. t und der Europäischen Union.<sup>303</sup>

Der europäische Markt für **Düngemittel** ist ein Wachstumsmarkt und kann bis zum Jahr 2018 ein Volumen von 15,3 Mrd. € erreichen.<sup>304</sup> Düngemittel für **Mais** stellten im Jahr

<sup>299</sup> Evonik Industries AG, Pressemitteilung vom 15.6.2012, <http://corporate.evonik.de/de/presse/suche/Pages/news-details.aspx?newsid=27930>.

<sup>300</sup> Evonik Industries AG, Pressemitteilung vom 16.12.2011, <http://corporate.evonik.de/de/presse/suche/Pages/news-details.aspx?newsid=24203>.

<sup>301</sup> Europäische Kommission, EU-27 ethyl alcohol balance for 2011, Official Journal of the European Union (2012/C 228/05).

<sup>302</sup> Eurostat, Produktionsstatistiken der Europäische Kommission, 2011.

<sup>303</sup> Renewable Fuels Association, [www.ethanolrfa.org](http://www.ethanolrfa.org).

<sup>304</sup> Ceresana Research, Marktstudie Düngemittel, [http://www.ceresana.com/upload/Marktstudien/brochueren/Ceresana\\_-\\_Broschuere\\_Marktstudie\\_Duengemittel.pdf](http://www.ceresana.com/upload/Marktstudien/brochueren/Ceresana_-_Broschuere_Marktstudie_Duengemittel.pdf).

2010/2011 den drittgrößten Absatzmarkt dar. In diesem Bereich entfallen 35% der europäischen Nachfrage auf Frankreich und Deutschland. Vor allem bei der Nutzung als Energieträger werden in den kommenden Jahren deutliche Absatzsteigerungen erwartet.<sup>305</sup> Bei den **Ölfrüchten** wird die eingesetzte Düngemittelmenge voraussichtlich einerseits beim Rapsanbau und andererseits in der Mittelmeerregion bei Sonnenblumen und Soja überdurchschnittliche Zuwächse erreichen.<sup>306</sup> Die Bedeutung des **Zuckerrübenanbaus** nimmt dagegen weiter ab. Stand diese Branche 2002 noch für 3,4% der europäischen Düngernachfrage, wird ihr Anteil im Jahr 2018 voraussichtlich nur noch 3% erreichen. Abgeschwächt wird dieser Trend allerdings durch eine intensivere Düngung, vor allem in Osteuropa.<sup>307</sup>

In der Europäischen Union wurden 2011 17,7 Mio. t **Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte** mit einem Produktionswert von fast 32 Mrd. € hergestellt und damit die gleiche Menge wie 2004. Deutschland nimmt im Hinblick auf den Gesamtproduktionswert sowohl 2004 als auch 2011 die Spitzenposition ein, während Italien mengenmäßig an der Spitze liegt. Weitere wichtige Produzenten in der EU sind Spanien, Frankreich, Polen, Großbritannien, die Niederlande und Schweden.<sup>308</sup>

Bei einem Vergleich des **Klebstoffverbrauchs** nach Produktgruppen innerhalb der EU für 2004 und 2010 ist zu erkennen, dass Deutschland mit einem Gesamtbedarf von ca. 686.000 t (2010) der größte Klebstoffverbraucher in der EU ist. Weitere große klebstoffverwertende Länder in der EU sind Italien (393.000 t in 2010), Frankreich (418.000 t in 2010) und Großbritannien (363.000 t in 2010).<sup>309</sup>

Insgesamt ist der Verbrauch an Dispersionsklebstoffen in allen aufgeführten Ländern am größten. Der Anteil von Klebstoffen auf Basis natürlicher Polymere lag in der EU 2010 bei 7,7% (Gesamtbedarf 2.559.000 t).<sup>310</sup> Im Gegensatz dazu ist in diesem Zeitraum eine deutliche Abnahme im Bedarf an lösemittelhaltigen Klebstoffen von 413.400 t (2004, 17,7% vom Gesamtbedarf) auf 303.000 t (2010, 11,8% vom Gesamtbedarf) zu verzeichnen.<sup>311</sup>

Der Markt für **Fein- und Spezialchemikalien** wird sich in Europa auf zunehmenden Wettbewerb bei gleichzeitiger zunehmender staatlicher Regulierung und Einflussnahme einstellen müssen.<sup>312</sup> Während sich die Produktion von Basischemikalien zunehmend in den Nahen Osten und nach China verlagert, wird die Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien in Europa verbleiben, wo auf die technologische Expertise in Forschung und Entwicklung zugegriffen werden kann, die benötigt wird, um flexibel auf Kundenwünsche reagieren zu können.

<sup>305</sup> Ceresana Research a.a.O.

<sup>306</sup> Ceresana Research a.a.O.

<sup>307</sup> Ceresana Research a.a.O.

<sup>308</sup> Eurostat, Produktionsstatistiken der Europäischen Kommission 2011.

<sup>309</sup> Eurostat 2011 a.a.O.

<sup>310</sup> Eurostat 2011 a.a.O.

<sup>311</sup> Eurostat 2011 a.a.O.

<sup>312</sup> Deloitte Touche Tohmatsu, „The decade ahead: Preparing for an unpredictable future in the global chemical industry“, 2010.

Um die Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Europa zu beschleunigen, hat die EU-Kommission 2007 sechs sogenannte Leitmärkte, also Märkte mit hohem wirtschaftlichem und gesellschaftlichem Nutzen, definiert. Dazu gehört auch der Markt für biobasierte Produkte.<sup>313</sup> Für diese Märkte will man durch Maßnahmen wie Förderung des Einkaufs im öffentlichen Dienst oder Erstellung von Normen und Standards<sup>314</sup> die Akzeptanz solcher Produkte fördern.

Dabei wird der Einsatz nachwachsender Rohstoffe in bestimmten Segmenten bei den Fein- und Spezialchemikalien eine zunehmend wichtigere Rolle spielen. Betrachtet man die aktuelle Situation in Forschung und Entwicklung, dann wird deutlich, dass in den nächsten Jahren zunehmend mehr Chemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen auf den Markt kommen werden. In der Entwicklung bereits sehr weit fortgeschritten sind Bernsteinsäure<sup>315</sup>, 1,4-Butandiol<sup>316</sup> und Butanol.<sup>317</sup> Die primären Zielmärkte für diese Chemikalien sind zwar die Kunststoffe (Polyamide, Polyester, Polyurethane), es können bei Bedarf aber auch Märkte für Fein- und Spezialchemikalien bedient werden. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die aktuellen Entwicklungen. Die verwendeten Rohstoffe sind in allen Fällen entweder Zucker oder Stärke.

---

<sup>313</sup> European Commission "A lead market initiative for Europe" - COM(2007)860 - 21.12.2007

<sup>314</sup> European Commission: mandate M/429 to CEN, CENELEC and ETSI for the elaboration of a standardisation programme for bio-based products, and mandate M/430 to CEN on development of European standards and CEN Workshop Agreements for bio-polymers and biolubricants.

<sup>315</sup> BASF SE, Pressemitteilung P-11-373 vom 1.8.2011, <http://www.basf.com/group/pressemitteilungen/P-11-373>, abgerufen am 12.10.2012, DSM, Pressemitteilung vom 8.9.2011, [http://www.dsm.com/en\\_US/qualityforlife/public/home/downloads/press-releases/2011\\_09\\_08\\_DSM\\_continues\\_leadership\\_in\\_Dow\\_Jones\\_Sustainability.pdf](http://www.dsm.com/en_US/qualityforlife/public/home/downloads/press-releases/2011_09_08_DSM_continues_leadership_in_Dow_Jones_Sustainability.pdf).

<sup>316</sup> Genomatica, Pressemitteilung vom 20.1.2012, <http://www.genomatica.com/news/press-releases/novamont-launches-joint-venture-for-bdo-plant-in-europe/>.

<sup>317</sup> <http://www.butamax.com>, abgerufen am 28.7.2012.

Land	Unternehmen	Chemikalie	Geplante Kapazität (t)	Status
<b>Frankreich</b>	DuPont/BioAmber	1.4-Butandiol		Demonstration
	BioAmber	Bernsteinsäure	3.000	kommerziell
	Reverdia (DSM/Roquette)	Bernsteinsäure	10.000	Im Bau
<b>Italien</b>	Novamont/Genomatica	1.4-Butandiol	32.000	Im Bau
	Bio-On	Polyhydroxybutyrate	10.000	geplant
	Reverdia (DSM/Roquette)	Bernsteinsäure	10.000	Im Bau
	Novamont/Genomatica/Versalis	1.3-Butadien		Entwicklung
<b>Spanien</b>	Succinity (BASF/PURAC)	Bernsteinsäure	15.000	kommerziell
<b>England</b>	Butamax (DuPont/BP)	Butanol	55.000	geplant
<b>Belgien</b>	Genencor/Goodyear	Isoprene	10 t	Entwicklung
<b>Russland</b>	Evonik	Lysin	100.000	Im Bau
<b>Brasilien</b>	Evonik	Lysin	100.000	Im Bau
<b>Ungarn</b>	Evonik	Threonin	30.000	Erweiterung

Tab. 22: Übersicht ausgewählter Projekte zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien auf Basis nachwachsender Rohstoffe<sup>318</sup>

Ein ähnlich positiver Schub kann sich durch die in vielen Ländern der EU zurzeit stattfindende Entwicklung zu integrierten Bioraffinerien ergeben. Auch diese Technik entwickelt sich rasch und wird gegenwärtig in ihren verschiedensten Ausprägungen (Lignocellulose Feedstock, Bioraffinerie auf Basis Holz oder Stroh, Stärke/ Zucker Bioraffinerie) in Deutschland, Frankreich, Belgien und Finnland erprobt.

#### 4.1.7.2 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass nachwachsende Rohstoffe sowohl in Deutschland wie auch in Europa ihren festen Platz in der chemischen Industrie bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien haben, sie aber innerhalb ihrer klassischen Anwendungsfelder wenig Wachstum aufweisen. In diesen Anwendungen werden nach-

<sup>318</sup> Eigene Recherchen, World-wide investments in bio-based chemicals, nova Institut GmbH, Hürth, Dezember 2012, <http://www.bio-based.eu/policy/>.

wachsende Rohstoffe zum allergrößten Teil entweder chemisch unverändert (wie in Ölen und Fetten) oder nur leicht modifiziert (wie in den Celluloseethern und -estern) eingesetzt.

Ein weitergehendes Mengenwachstum wird aus neuen Verfahren, die fermentativ arbeiten und bestehende chemische Syntheserouten ablösen, erwartet. Diese Verfahren werden zunehmend auf Kohlehydrate setzen und entweder Zucker, Stärke, oder zukünftig auch Cellulose als Rohstoffe verwenden. Die Herstellung von Fermentationsalkohol, Zitronensäure und von mehreren wichtigen Aminosäuren sind Beispiele dafür. Andere Verfahren setzen auf Glycerin als Kohlenstoffquelle zur Herstellung von 1,3-Propandiol oder Polyhydroxyalkanoaten. Nicht vergessen werden dürfen die neuen chemischen Verfahren, die nachwachsende Rohstoffe nutzen. Beispiele hierfür sind die Herstellung von 1,2-Propandiol aus Glycerin seit Mitte 2012 in einer 20.000 t Anlage in Belgien (Oleon) oder die Herstellung von Methanol aus Glycerin, die von dem Unternehmen BioMCN in den Niederlanden in der Größenordnung von 220.000 t betrieben wird. Als letztes Beispiel sei die Herstellung von Epichlorhydrin aus Glycerin genannt, die von Solvay im industriellen Maßstab betrieben wird.

Diese Projekte, die sich derzeit in Europa in verschiedenen Stadien der Entwicklung befinden, geben Anlass zur Hoffnung, dass die Nutzung nachwachsender Rohstoffe sehr bald einen gewaltigen Aufschwung nehmen wird.

#### 4.1.8 Relevante internationale Erfahrungen

##### 4.1.8.1 Rechtliche Rahmenbedingungen und Einflussparameter

Anders als im europäischen Markt sind die rechtlichen Rahmenbedingungen in den anderen Märkten völlig unterschiedlich. Sie alle sind nicht so stark reguliert wie der europäische Markt.

##### 4.1.8.2 Entwicklung des Marktes

Weltweit wurden 2010 Chemikalien im Wert von 3.212 Mrd. € verbraucht.<sup>319</sup> In den letzten fünf Jahren ist der globale Chemieumsatz jährlich um über fünf Prozent gewachsen. **Asien** ist inzwischen der mit Abstand größte Chemieproduzent. 45 Prozent des weltweiten Chemieumsatzes wird dort erwirtschaftet. Europa folgt mit knapp einem Viertel und Nordamerika mit einem Fünftel der Umsätze auf Platz zwei und drei.

**Asien** war von der Wirtschaftskrise 2009 deutlich weniger betroffen, profitierte aber vom jüngsten Aufschwung, so dass die Region ihren Weltmarktanteil weiter ausbauen konnte. Auch Lateinamerika konnte seine Position weiter verstärken, wenngleich auf deutlich geringerem Niveau. Die Verlierer von Weltmarktanteilen waren Europa und Nordamerika.<sup>320</sup>

---

<sup>319</sup> Verband der chemischen Industrie, a.a.O.

<sup>320</sup> Verband der chemischen Industrie, Chemiemärkte weltweit; Umsatz, Handel und Verbrauch von Chemikalien, Juli 2011.

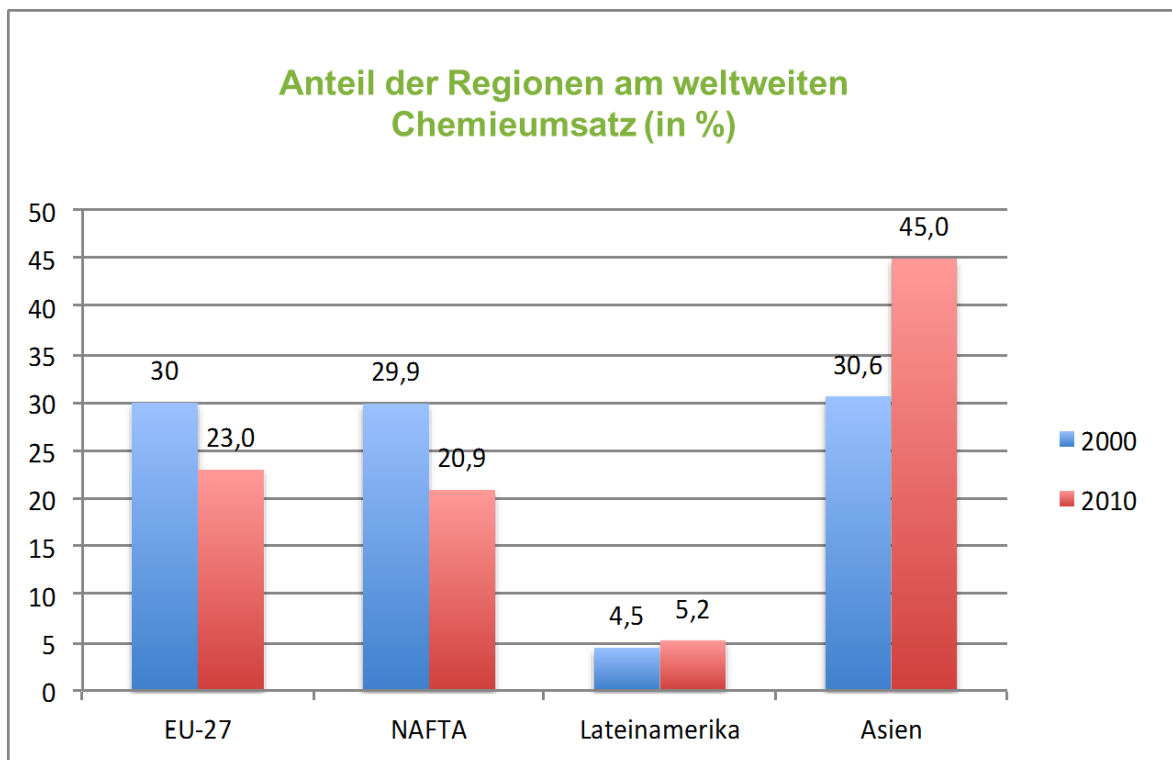


Abb. 80: Anteil der Regionen am weltweiten Chemieumsatz<sup>321</sup>

Den größten Zuwachs konnte die Volksrepublik **China** erzielen. Im Vergleich zu 2000 konnte sie ihren Weltmarktanteil um über 16% ausbauen. China überholte damit 2004 Deutschland, 2005 Japan und steht seit 2009 auf Platz 1 weltweit. Längerfristig wird damit gerechnet, dass die Produktion von Massenchemikalien in der Volksrepublik China stattfindet. Hingegen dürfte die Produktion von Feinchemikalien wie auch generell die Forschung und Entwicklung in Taiwan verbleiben; dazu soll die Kapazität bestehender Produktionsanlagen dort weiter ausgebaut werden.<sup>322</sup>

In der chemischen Industrie **Indonesiens** wächst aufgrund des hohen Wachstums und der fortschreitenden Industrialisierung die Nachfrage nach petrochemischen Grundstoffen um jährlich 7-8%. Mehrere Projekte in den Bereichen Erdöl- und Gasverarbeitung sowie Düngemittel sind derzeit in der Planung. Der Verbrauch an Kunststoffen wächst kräftig. Nachwachsende Rohstoffe spielen in diesem Sektor keine nennenswerte Rolle.<sup>323</sup> Andererseits ist Indonesien einer der weltweit größten Erzeuger von Palmöl, exportiert dieses aber überwiegend (87%, 2011<sup>324</sup>). Im Land wird Palmöl zum größten Teil in der Nahrungsmittelproduktion verwendet, nur ca. 25% gehen in die industrielle Produktion von Wasch- und Reinigungsmitteln, Kosmetika und sonstigen oleochemischen Produkten, 5% werden für die Herstellung von Biodiesel eingesetzt.<sup>325</sup>

<sup>321</sup> Verband der chemischen Industrie 2011 a.a.O.

<sup>322</sup> Asien Kurier 7/2010 vom 1. Juli 2010.

<sup>323</sup> Indonesiens Chemieindustrie plant Ausbau "auf breiter Front", [www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=409888.html](http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=409888.html) vom 16.12.2011.

<sup>324</sup> <http://aseantoday.de/extranet/?p=10710>, abgerufen am 15.7.2012.

<sup>325</sup> WWF Deutschland, Palmöl: Fluch oder Segen?, Berlin, März 2012.

**Brasilien** gehört zu den weltweit führenden Chemienationen. Mit einem Chemieumsatz von knapp 105 Mrd. € im Jahr 2011 war Brasilien der siebtgrößte Chemikalienhersteller der Welt.<sup>326</sup>

Wegen der guten Versorgung mit fossilen und nachwachsenden Rohstoffen besitzt Brasilien eine starke Petro- und Polymerchemie. Der Anteil von Fein- und Spezialchemikalien ist mit knapp 24% eine wichtige Säule der chemischen Industrie Brasiliens.<sup>327</sup> Nachwachsende Rohstoffe, und hier vor allem Zuckerrohr, werden in Brasilien jedoch zukünftig bei der Herstellung von Chemikalien an Bedeutung zunehmen; so stehen heute schon in Rio Grande do Sul die weltweit größten Anlagen zur Herstellung von biobasiertem Polyethylen (200.000 Tonnen/a) und Polypropylen (30.000 Tonnen/a, Inbetriebnahme 2013) auf Basis von Ethanol aus Zucker. Der Bau weiterer Anlagen ist für den Zeitraum nach 2013 angekündigt.<sup>328</sup>

In **Russland** ist die Chemieproduktion 2010 im Vergleich zum Vorjahr um 14,6% gewachsen. Getragen wird der Aufschwung von einer hohen Nachfrage seitens der Auto- und der Verpackungsindustrie. Auch der Verkauf von Konsumentenchemikalien verzeichnet ein deutliches Plus. Aus dem Bereich der Fein- und Spezialchemikalien sind die Farben und Lacke zu erwähnen, die gegenüber 2009 ein Wachstum von 12% aufwiesen.<sup>329</sup> Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe spielt in der chemischen Industrie Russlands gegenwärtig noch keine nennenswerte Rolle, obwohl das Land mit seinen riesigen Waldflächen ein gewaltiges Biomassepotential aufweist.

In den **USA** ist die chemische Industrie immer noch weit von ihrem Vorkrisenniveau entfernt. Ein Blick auf die Chemiesparten zeigt ein heterogenes Bild: während die Fein- und Spezialchemikalien von der Erholung der Industrieproduktion im Jahr 2011 profitierten, konnten die chemischen Grundstoffe nur geringe Produktionszuwächse verbuchen. Die Herstellung von Polymeren war sogar rückläufig. Deutlich positiver entwickelte sich dagegen das Geschäft mit Konsumchemikalien wie beispielsweise Wasch- und Körperpflegemitteln. Hier konnte die Produktion im Jahr 2011 um 10,6 % erweitert werden.<sup>330</sup>

Während die USA schon seit vielen Jahren große Mengen an Mais und anderen Getreidesorten für die Erzeugung von Bioethanol anbauen, finden diese Rohstoffe erst langsam Einzug in der chemischen Industrie bei der Erzeugung von Chemikalien. Trotzdem wurden in den letzten Jahren mehrere Projekte in Betrieb genommen, wie z.B. die Herstellung von Polymilchsäure aus Maisstärke (140.000 t), die Propylenglykol-Herstellung aus Glycerin (100.000 t) sowie die Produktion von 1,3-Propandiol aus Maisstärke (45.000 t).<sup>331</sup>

<sup>326</sup> H. Meincke, Verband der chemischen Industrie, [www.chemanager-online.com/news-opinions/nachrichten/brasilien-ein-chemiemarkt-mit-potenzial](http://www.chemanager-online.com/news-opinions/nachrichten/brasilien-ein-chemiemarkt-mit-potenzial).

<sup>327</sup> Meincke a.a.O.

<sup>328</sup> Dow and Mitsui to Create Platform for Biopolymers to Serve Packaging, Hygiene & Medical Markets, Presseerklärung 19.7.2011, The Dow Chemical Company.

<sup>329</sup> Germany Trade & Invest „Chemie-, chemische Industrie, Russland, April 2011.

<sup>330</sup> Verband der chemischen Industrie. [www.chemanager-online.com/news-opinions/interviews/chemiekonjunktur-us-chemiebranche-erholt-sich-nur-langsam](http://www.chemanager-online.com/news-opinions/interviews/chemiekonjunktur-us-chemiebranche-erholt-sich-nur-langsam).

<sup>331</sup> World-wide investments in bio-based chemicals, nova Institut GmbH, Hürth, Dezember 2012, <http://www.bio-based.eu/policy/>.

#### 4.1.8.3 Schlussfolgerungen

Die Produktion von Basischemikalien wird sich zunehmend in die Schwellenländer in Nah- und Fernost verlagern. Beispiele dafür sind die großen petrochemischen Komplexe, die zur Zeit auf der arabischen Halbinsel<sup>332</sup> bzw. in Malaysia<sup>333</sup> und Indonesien<sup>334</sup> entweder gebaut werden oder in Planung sind. Hier werden nachwachsende Rohstoffe bis auf weiteres keine nennenswerte Rolle spielen. Eine Ausnahme könnte Indonesien bilden, das einen Teil seines Palmöls in Zukunft innerhalb des Landes zu kosmetischen Produkten verarbeiten will.

Die Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien wird weiterhin in den entwickelten Ländern Europas und Amerikas verbleiben, da hier die technologischen Voraussetzungen günstig sind und das entsprechende Know-how vorhanden ist. Eine bedeutende Rolle bei der Nutzung nachwachsender Rohstoffe im Bereich der Fein- und Spezialchemikalien wird in naher Zukunft vor allem Brasilien zukommen. Es spielt heute schon eine führende Rolle auf dem Markt der „Grünen Kunststoffe“ und wird diese Rolle durch den Eintritt weiterer Unternehmen in den Markt für Biopolymere weiter verstärken.

Wie eine Studie aus dem Jahre 2011 zeigt, könnten Europa und auch Deutschland durchaus ein attraktiver und wettbewerbsfähiger Standort für die Fermentationsindustrie werden, wenn sich die Rahmenbedingungen verbesserten und die Zurückhaltung gegenüber der Biotechnologie aufgegeben würde.<sup>335</sup> In beiden Regionen besteht ein erhebliches Potential für die umfangreiche Erzeugung von Saccharose oder Glukose.

#### 4.2 Vergleich mit 2004

Im Gegensatz zu dieser Studie, die die Verwendung nachwachsender Rohstoffe entlang der acht Segmente der „Fein- und Spezialchemikalien“ analysiert, erfolgte 2006 die Analyse aus der Perspektive der Rohstoffe mit Blick auf die Chemie im Allgemeinen ohne spezifische Berücksichtigung der Sparte Fein- und Spezialchemikalien. Farben und Lacke wurden separat außerhalb der Chemie diskutiert.

##### 4.2.1 Beschreibung des Marktes in 2004

Die chemische Industrie erzielte 2004 einen Umsatz von knapp 115 Mrd. Euro (ohne pharmazeutische Industrie) und hatte rund 445.000 Beschäftigte in 3.300 Betrieben.<sup>336</sup>

---

<sup>332</sup> QPIC baut World-Scale-Petrochemiekomplex in Jubail, [www.chemietechnik.de/texte/anzeigen/115878](http://www.chemietechnik.de/texte/anzeigen/115878), abgerufen am 17.7.2012.

<sup>333</sup> Technip erhält Auftrag für Rapid-Projekt in Malaysia, [www.chemietechnik.de/texte/anzeigen/116370](http://www.chemietechnik.de/texte/anzeigen/116370), abgerufen am 17.7.2012.

<sup>334</sup> Koreanische Honam baut Großkomplex / Neue Düngemittel- und Ammoniakwerke geplant / Necip C. Bagoglu, [www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=459758.html](http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=459758.html), abgerufen am 19.7.2012.

<sup>335</sup> ECO SYS GmbH, „Die Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland als Standort für die Fermentationsindustrie im internationalen Vergleich“, Schopfheim, 2011.

<sup>336</sup> Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2004, Verband der chemischen Industrie, Chemiewirtschaft in Zahlen 2005.



Der Produktionswert der chemischen Industrie betrug 2004 in Deutschland 107,8 Mrd. €. Sie setzte ca. 17 Mio. t an Erdölprodukten und Erdgas als Rohstoffe ein. Der Gesamtverbrauch an nachwachsenden Rohstoffen in der chemischen Industrie betrug etwa 2 Mio. Tonnen.<sup>337</sup> Diese setzten sich zusammen aus 800.000 t Ölen und Fetten, 187.000 t Stärke (ohne Papierstärke), 240.000 t Zucker, 320.000 t Cellulose und 120.000 t sonstigen nachwachsenden Rohstoffen.

Die Betrachtungen der Chemie in 2004 und in 2011 sind nicht direkt miteinander vergleichbar, da 2004 beispielsweise, Farben, Lacke, Druckfarben und Kitte nicht bei den Chemikalien, sondern in einem eigenen Kapitel vorgestellt wurden. Auch müssen von den 800.000 t Öle und Fette ca. 320.000 t abgezogen werden, die in die Waschmittel-, Tensid- und Schmierstoffherstellung gingen. Weiterhin waren bei den sonstigen nachwachsenden Rohstoffen die Mengen an Wachsen, Harzen und Gerbstoffen sowie Naturkautschuk stark unterschätzt bzw. gar nicht erfasst worden. Bereinigt um diese Abweichungen reduziert sich die Menge an relevanten nachwachsenden Rohstoffen für das Jahr 2004 auf 1,35 Mio. t. Für 2011 ist zu beachten, dass die angegebenen 244.000 t Zucker deren Verwendung sowohl in der chemischen als auch in der Fermentationsindustrie beinhalten und damit eine bessere Vergleichbarkeit mit den Verbrauchsangaben für 2004 erlauben.

Verwendung nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien (t)			
	2004 <sup>1)</sup>	2011 <sup>2)</sup> (Prognose)	2011 (real)
Chemiezellstoff	320.000	394.000	401.000
Zucker	240.000	468.000	244.000 <sup>3) 4)</sup>
Stärke	187.000	230.000	187.000
pflanzliche Öle	480.000	590.000	500.000
Sonstige	120.000	148.000	430.000
	1.347.000	1.830.000	1.762.000

\* NICHT in der der chemischen Industrie

<sup>1)</sup> Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe, FNR 2006

<sup>2)</sup> 3% Wachstum für Cellulose, Stärke, Fette und Öle und sonstige, 10% für Zucker

<sup>3)</sup> nach Angaben der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

<sup>4)</sup> enthält auch die Mengen zur Herstellung von Hefen, techn. Bioethanol sowie Isomalt und Erythritol (siehe Kap. 2.3.1.4)

Tab. 23: Vergleich der Mengen an nachwachsenden Rohstoffen für Fein- und Spezialchemikalien 2004 und 2011

<sup>337</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Marktanalyse „Nachwachsende Rohstoffe“, 2006.

#### 4.2.2 Wesentliche Änderungen und ihre Treiber

Im Vergleich zu 2004 ist der Produktionswert der Chemiebranche in Deutschland im Jahre 2010 um 20,8% von 86,9 Mrd. € auf 104,7 Mrd. € gestiegen<sup>338</sup>, der Produktionswert der Fein- und Spezialchemikalien um 13,4% von 51,6 auf 58,5 Mrd. €.

Für die Entwicklung nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie wurde in der Studie von 2006 bis 2010 ein jährliches Wachstum von 2-3% für Cellulose, Stärke, Fette und Öle und für die sonstigen angenommen, der Zuckerverbrauch sollte dagegen um 10-15% wachsen.<sup>339</sup> Im Durchschnitt über alle Rohstoffarten entsprach das einem Wachstum von 4% p.a. Für die Jahre 2010 bis 2020 wurde nur ein leichtes durchschnittliches Wachstum prognostiziert.

Als Treiber für diese Entwicklung wurden ein steigender Ölpreis, eine zunehmende Nachfrage aus Osteuropa sowie neue technische Anwendungen für Öle (Schmierstoffe) gesehen. Der Markt für Chemiezellstoff sollte aufgrund eines Zuwachses bei den Baustoffadditiven und innovativen Spezialitäten im Pharma- und Kosmetikbereich und in der Medizin sowie einen zunehmenden Ersatz von genmodifizierter Baumwolle wachsen. Die außergewöhnlich hohen Zuwachsraten bei Zucker wurden mit einem hohen Wachstum bei der industriellen Biotechnologie erklärt, sowie mit der verbesserten Preissituation bei den biobasierten Kunststoffen aufgrund steigender Erdölpreise und einem steigenden Papierbedarf. Weiterhin sollten die Öffnung des Zuckermarktes und der Zugang zu Zucker zu Weltmarktpreisen zu einem Anstieg des Zuckerverbrauchs führen.

Als Hindernis bei dieser Entwicklung wurde die innovationshemmende Wirkung von REACH gesehen, des weiteren die steuerliche Bevorzugung von Biodiesel gegenüber einer stofflichen Nutzung von Rapsöl, die Verteuerung von Zucker und Stärke durch eine neue Chemiezuckerverordnung sowie eine zunehmende Produktionskonkurrenz aus Asien.

#### 4.2.3 Erklärung der Marktentwicklung

In der Studie von 2006 mit Daten aus 2004 wurde, ausgehend von einem Volumen von 1,35 Mio. t an nachwachsenden Rohstoffen in der chemischen Industrie, bis 2010 ein durchschnittliches Wachstum von 4% p.a. und damit für 2011 eine Markgröße von 1,83 Mio. t prognostiziert.<sup>340</sup>

Diese Zielgröße wurde nicht ganz erreicht. 2011 wurden insgesamt 1,76 Mio. t nachwachsende Rohstoffe in Fein- und Spezialchemikalien verbraucht, 70.000 t weniger als prognostiziert.

Basis für die Prognose war eine einfache lineare Fortschreibung der Marktsituation von 2004. Diese Methode blendet jegliche Veränderung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen aus und konnte so beispielsweise die Wirtschaftskrise von 2008 nicht voraussehen. Andererseits hat sich der Markt nicht so entwickelt, wie man es 2006 erwartet hatte.

<sup>338</sup> Verband der chemischen Industrie, Chemie in Zahlen 2004 und 2011, jeweils ohne pharmazeutische Industrie.

<sup>339</sup> Verband der chemischen Industrie, Chemie in Zahlen 2004 und 2011, jeweils ohne pharmazeutische Industrie.

<sup>340</sup> Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe, FNR 2006

Wesentliche Gründe dafür sind, dass sich erstens die industrielle Biotechnologie wesentlich langsamer entwickelte als gedacht und zweitens die Verbräuche in manchen klassischen Märkten wie beispielsweise bei den Druckfarben oder Klebstoffen zurückgingen.

### **4.3 Vergleich mit der Prognose aus 2004 für 2010**

#### **4.3.1 Aufbereitung der Prognosedaten und Annahmen**

Für die Prognose wurden die folgenden Annahmen gemacht:

2011 betrug die Menge an nachwachsenden Rohstoffen, die zur **Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien** eingesetzt wurden, 1,76 Mio. t. Davon waren 244.000 t Zucker, 187.000 t Stärke, 401.000 t Cellulose, 500.000 t Öle und 430.000 t sonstige Rohstoffe.

Die verschiedenen Wachstumsraten und Rahmenbedingungen für die einzelnen Rohstoffe werden bei den einzelnen Szenarien vorgestellt und diskutiert.

#### **4.3.2 Vergleich mit Ist-Situation und Abweichungsanalyse**

Die vorliegenden Zahlen aus dem Jahre 2004 bzw. die korrigierten aus dem Jahre 2008 zusammen mit der Schätzung für 2010 und den Ergebnissen für 2011 zeigen, dass eine lineare Fortschreibung der Marktdaten eines bestimmten Jahres ohne Berücksichtigung wichtiger Einflussgrößen und Randbedingungen für diesen Markt zu nicht richtigen Ergebnissen führen kann.

#### **4.3.3 Schlussfolgerungen für das Prognosemodell**

Um diesen Fehler zu vermeiden, wird in dieser Studie mit Szenarien gearbeitet, die es erlauben, verschiedene, teilweise extreme Situationen mit ihren Einflussfaktoren zu betrachten und zu bewerten und um so letztendlich zu einem realistischeren Gesamtbild zu kommen als dies mit einer linearen Prognose möglich wäre.

### **4.4 Prognose für das Jahr 2020**

Die Prognose soll die Frage „Wie entwickelt sich der Markt für Fein- und Spezialchemikalien auf Basis nachwachsender Rohstoffe in Deutschland bis zum Jahr 2020?“ möglichst schlüssig und genau beantworten.

#### **4.4.1 SWOT Analyse**

Die folgende Abbildung fasst dazu in einer SWOT-Analyse die Stärken und Schwächen sowie die Chancen und Risiken des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien tabellarisch zusammen.

## Die SWOT-Analyse zeigt deutlich die Stärken und die Schwächen der nachwachsenden Rohstoffe auf

Stärken	Schwächen
Beitrag zum Klimaschutz	In vielen Fällen preislich nicht wettbewerbsfähig
Verfügbarkeit im Land	Begrenzte Verfügbarkeit (Nutzungskonkurrenz)
Nachwachsend, positives Image	Fehlende Verarbeitungstechnologien für neue Produkte
Nachhaltigkeit	Fehlende Akzeptanz bei Endanwendern
EU-Leitmarktinitiative für biobasierte Produkte	Fehlen eine eindeutigen Labels für "biobasiert"
Immer mehr Fermentationssynthesen mit hoher Selektivität	In vielen Fällen Investitionen in neue Anlagen notwendig
Chancen	Risiken
Verknappung und Preisanstieg bei fossilen Rohstoffen	Flächenkonkurrenz beim Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für die stoffliche Nutzung
Öffentliche Diskussion um Nachhaltigkeit und Ressourcensicherheit	Gentechnik-Gesetz
Innovationen und Wachstum in der industriellen Biotechnologie	Überregulierung der Rohstoffmärkte
Stärkung der Nachfrage durch Verbesserung der Akzeptanz von Biotechnologie und biobasierten Produkten	Sicherung der konstanten Rohstoffversorgung

Abb. 81: SWOT-Analyse zum Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in der deutschen chemischen Industrie bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien

### 4.4.2 Ziele der Bundesregierung

In ihrem Aktionsplan zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe aus dem Jahre 2009 formuliert die Bundesregierung als übergreifendes Ziel des Aktionsplans ein Gesamtkonzept zur deutlichen und anhaltenden Steigerung des Biomasseanteils und der Effizienz des Biomasseeinsatzes bei der Rohstoffversorgung in Deutschland unter Beachtung der Ziele und Anforderungen der nationalen und europäischen Nachhaltigkeitsstrategien.<sup>341</sup>

Daraus werden insgesamt 12 Handlungsfelder mit untergeordneten Zielen abgeleitet, von denen die folgenden für die Märkte für Fein- und Spezialchemikalien von hoher Relevanz sind:

<sup>341</sup> Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Aktionsplan zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe, 2009

- Die Gesamthematik „Nachwachsende Rohstoffe“ ist stärker im gesellschaftlichen Bewusstsein zu verankern.
- Die ökonomischen, ökologischen, sozialen und technischen Vorteile nachwachsender Rohstoffe bei Berücksichtigung nachhaltiger Produktionsweisen sind breiten Schichten der Bevölkerung zu vermitteln.
- Der Bekanntheitsgrad und die Akzeptanz von marktgängigen Produktgruppen aus nachwachsenden Rohstoffen sind maßgeblich zu erhöhen.
- Erhöhung des Nawaro-Anteils an den von öffentlichen Einrichtungen beschafften Produkten soweit hiermit ein belegbarer Umweltvorteil verbunden ist und eine wirtschaftliche Beschaffung erreicht wird.
- Sicherung einer leistungsfähigen Cellulose und Stärke verarbeitenden Industrie in Deutschland insbesondere durch Unterstützung innovativer Verfahren und Produkte.

#### 4.4.3 Grundannahmen für die Szenarien im Markt Chemikalien

Die zentrale Frage lautet, wie sich der Markt für Chemikalien in Deutschland bis zum Jahre 2020 entwickeln wird und damit einhergehend der Markt für Fein- und Spezialchemikalien. Nach einer bisher nur als Kurzfassung veröffentlichten Studie des Wirtschaftsforschungsinstituts PROGROS im Auftrag des Verbands der chemischen Industrie<sup>342</sup> werden die Produkte und Leistungen der chemischen Industrie Deutschlands bis ins Jahr 2030 eine zentrale Rolle spielen.

Der Studie zufolge kann die Branche von der steigenden weltweiten Nachfrage nach Chemikalien – besonders aus Asien und Lateinamerika – auch in Zukunft profitieren. Auf die Verschiebung der wirtschaftlichen Wachstumszentren von Europa nach Asien muss sie allerdings reagieren, um wettbewerbsfähig zu bleiben.<sup>343</sup>

Neben der Erhöhung der Innovationsanstrengungen und einer noch effizienteren Produktionsweise soll der Fokus auf Fein- und Spezialchemikalien gelegt und dazu **bis zu 50%** mehr nachwachsende Rohstoffe als heute eingesetzt werden.<sup>344</sup> Das würde bedeuten, dass die Menge an nachwachsenden Rohstoffen, die zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien eingesetzt würden, zwischen 2011 und 2020 von 1,6 Mio. t auf 2,2 bis 2,3 Mio. t ansteigen müsste.

Die daraus resultierende Grundannahme für die Prognose lautet daher, dass der Bedarf an und die Nachfrage nach Fein- und Spezialchemikalien in Deutschland bis 2020 deutlich zunehmen werden.

---

<sup>342</sup> Verband der chemischen Industrie, Die deutsche chemische Industrie 2030, Frankfurt, September 2012

<sup>343</sup> Verband der chemischen Industrie, a.a.O.

<sup>344</sup> Verband der chemischen Industrie, a.a.O.

### **Einflussfaktoren:**

Ob der Einsatz nachwachsender Rohstoffe bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien bis 2020 eine Erfolgsstory wird oder ob sie ein Nischendasein fristen werden, wird in der Hauptsache von den folgenden Einflüssen bestimmt:

- Preise für Energie und Rohstoffe (fossile wie nachwachsende), darin enthalten die Verfügbarkeit nachwachsender Rohstoffe;
- rechtliche und politische Rahmenbedingungen;
- technologischer Fortschritt und gesellschaftliche Akzeptanz;
- Förderung durch spezielle Programme.

Diese Faktoren beeinflussen entweder das Angebot an oder die Nachfrage nach Fein- und Spezialchemikalien auf Basis nachwachsender Rohstoffe.

Werden nachwachsende Rohstoffe stärker nachgefragt und die Angebotsseite kann darauf nicht reagieren, werden sie teurer. Steigen die Preise für Rohöl und Raffinerieprodukte, dann steigen auch die Preise für Biokraftstoffe, was ebenfalls zu einem Preisanstieg bei den nachwachsenden Rohstoffen führt. Eine wichtige Rolle bei der Preisentwicklung spielen auch die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen, die in der Summe die nachwachsenden Rohstoffe wahrscheinlich verteuern werden. Dazu gehört auch die Entwicklung des europäischen Zuckermarktes nach dem Auslaufen der Zuckermarktordnung. Technologische Entwicklungen, die die Herstellungsverfahren für biobasierte Produkte hinsichtlich Stoff- und Energieausbeute optimieren, können dagegen dazu beitragen, die Herstellungskosten zu reduzieren und solche Produkte preislich attraktiv zu machen.

Die gesellschaftliche Akzeptanz der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in technischen Anwendungen, die auch für Nahrungsmittel verwendet werden, lässt immer noch zu wünschen übrig und die Diskussion darüber wird durch die Stichworte „Teller“ und „Tank“ immer wieder verstärkt. Dies steht in starkem Kontrast zu der Tatsache, dass biobasierten, also aus solchen Rohstoffen hergestellten Produkten, im allgemeinen ein positives Image anhaftet.

Derzeit laufen in Deutschland wie auch in der EU zahlreiche Förderprogramme zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe im stofflichen Bereich. Ob diese Programme wirklich halten, was sie versprochen haben, muss sich noch zeigen und ob sie in Zeiten knapper staatlicher Finanzen weitergeführt werden können, ist bei weitem nicht sicher. Die folgenden Abbildungen zeigen die verschiedenen Einflussgrößen mit ihren jeweiligen Dimensionen, gegliedert nach Angebot und Nachfrage.

Die verschiedenen Einflussfaktoren, die den Markt für nachwachsende Rohstoffe zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien beeinflussen, sind in den folgenden beiden Abbildungen dargestellt.

## Viele Faktoren haben Einfluss auf die Szenarien „Positiv“ und „Negativ“

Einflussfaktor	Dimensionen	Cluster	Grundszenario "Positiv"	Grundszenario "Negativ"
			<b>Fein- und Spezialchemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen werden wettbewerbsfähig und stark nachgefragt</b>	<b>Fein- und Spezialchemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen verlieren an Bedeutung</b>
Verfügbarkeit von nachwachsenden Rohstoffen zur Herstellung von Chemikalien	Nutzungs-konkurrenz	Angebot	Preise für Rohöl, Naphtha und Gas steigen kräftig Geringere bzw. keine Kostendifferenz führt zu deutlich höherem Anteil von biobasierten Produkten	Preise für Rohöl, Gas und Naphtha steigen nicht signifikant oder fallen sogar Die Preise für nachwachsende Rohstoffe steigen
Preise für nachwachsende Rohstoffe (Zucker, Stärke, pflanzliche Öle, Cellulose)	Preisentwicklung	Angebot	Nachwachsende Rohstoffe sind zu akzeptablen bzw. sinkenden Preisen verfügbar Keine finanzielle Bevorzugung energetischer Nutzung	Die Förderung der energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen wird nicht eingestellt
Technologischer Fortschritt	Herstellungskosten	Angebot	Deutliche Entwicklungsfortschritte führen zu fallenden Herstellungskosten für Chemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen	Die technische Weiterentwicklung führt nicht zu einer signifikanten Reduktion der Herstellungskosten und zu neuen Produkten
Preise für fossile Rohstoffe (Naphtha, Gas)	Preisdifferenz nachwachsende/fossile Rohstoffe	Angebot		Preisdifferenz ist deutlich größer und verhindert eine Zunahme an nachwachsenden Rohstoffen
Einflussfaktor	Dimensionen	Cluster	Grundszenario "Positiv"	Grundszenario "Negativ"
			<b>Die Nachfrage nach biobasierten Chemikalien steigt</b>	<b>Nachfrage und Akzeptanz von biobasierten Chemikalien geht zurück</b>
Rechtliche Rahmenbedingungen	Kennzeichnung	Rechtliche Rahmenbedingungen	Einheitliche Kennzeichnung setzt sich durch und führt zu einem starken Anstieg der Produktion	EU-Leitmarktinitiative bleibt ohne Wirkung
Politische Rahmenbedingungen	Leitmarktinitiative	Rechtliche Rahmenbedingungen	In vielen Produktsegmenten steigt die Marktgröße in Europa (z.B. aufgrund verbindlicher EU Vorgaben)	Ein einheitliches Label für biobasierte Produkte lässt sich nicht durchsetzen
Gesellschaftliche Akzeptanz	Biobasierte Produkte/Grüne Biotechnologie	Rechtliche Rahmenbedingungen	verstärkte Förderung von biobasierten Chemikalien durch nationale und EU-weite Agenturen	Marktförderungsprogramme werden nicht oder nur marginal eingesetzt EU-Leitmarktinitiative bleibt ohne Wirkung
Förderung	nationale und europäische Marktförderungsprogramme	Rechtliche Rahmenbedingungen	Verbesserte Akzeptanz von biobasierten Produkten und neuer Pflanzenzüchtmethoden durch massive Aufklärungskampagnen Die Fermentationsindustrie investiert wieder in Deutschland	Nutzen von Chemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen wird nicht offensiv bekannt gemacht Vorbehalte bleiben gleich bzw. erhöhen sich noch durch negative Berichterstattung

Abb. 82: Einflussfaktoren zu den Grundszenarien „Positiv und „Negativ“

### 4.4.4 Szenarien und „Real Case“

Ausgehend von den diskutierten Einflussgrößen lassen sich 4 Basisszenarien darstellen, die jeweils aus der Kombination einer positiven und einer negativen Entwicklung zum einen für die Angebotsseite und zum anderen für die Nachfrage bestehen. Den Gegebenheiten des jeweiligen Szenarios folgend, werden für jede Rohstoffart unterschiedliche

Wachstumsraten angenommen und mit diesen, auf Basis der Mengen von 2011, die jeweiligen Mengen für 2020 berechnet. In der folgenden Abbildung sind die 4 Grund-szenarien in einer Matrix aus Angebot und Nachfrage zusammengefasst:

**Die Prognose fußt auf vier Basisszenarien für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien 2020**

		Nachfrage	
		Positiv – Staatliche Förderung und Nutzerakzeptanz steigen	Negativ – Reduzierte Förderung und Akzeptanz von biobasierten Chemikalien geht zurück
Angebot	Positiv – biobasierte Chemikalien werden wettbewerbsfähig	Szenario A: Biobasierte Fein- und Spezialchemikalien setzen sich im Markt	Szenario B: Biobasierte Fein- und Spezialchemikalien sind wettbewerbsfähig, werden aber vom Markt nicht richtig angenommen
	Negativ – biobasierte Chemikalien verlieren an Bedeutung	Szenario C: Langsame Entwicklung trotz Förderung	Szenario D: Biobasierte Fein- und Spezialchemikalien verlieren an Boden

Abb. 83: Vier Basisszenarien zur Prognose für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien 2020

**Szenario A: Biobasierte Fein- und Spezialchemikalien setzen sich im Markt durch („Grün wirkt“)**

In diesem Szenario entwickeln sich sowohl die Angebots- als auch die Nachfrageseite positiv. Biobasierte Produkte werden preislich attraktiv und damit vom Markt nachgefragt und durch eine wesentliche staatliche Förderung wird die Nachfrage zusätzlich stimuliert. Gleichzeitig ändert sich die Einstellung der Verbraucher gegenüber Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen und die Teller-Tank-Diskussion verliert an Bedeutung.

Produkte auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen sind gefragt. Durch eine entsprechende einheitliche und eindeutige Kennzeichnung sind sie leicht als solche identifizierbar. Aufklärungskampagnen haben dazu beigetragen, die Skepsis der Verbraucher zu zerstreuen. Gleichzeitig sind viele Prozesse der industriellen Biotechnologie wettbewerbsfähig geworden, was zu einer erhöhten Nachfrage nach Zucker und Stärke geführt hat.

Dieses Szenario unterstützt die von der Bundesregierung vorgegebenen Ziele des Aktionsplans zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe in allen Punkten:



- Die ökonomischen, ökologischen, sozialen und technischen Vorteile nachwachsender Rohstoffe bei Berücksichtigung nachhaltiger Produktionsweisen sind breiten Schichten der Bevölkerung zu vermitteln.
- Der Bekanntheitsgrad und die Akzeptanz von marktgängigen Produktgruppen aus nachwachsenden Rohstoffen sind maßgeblich zu erhöhen.
- Erhöhung des Nawaro-Anteils an den von öffentlichen Einrichtungen beschafften Produkten soweit hiermit ein belegbarer Umweltvorteil verbunden ist und eine wirtschaftliche Beschaffung erreicht wird.
- Sicherung einer leistungsfähigen cellulose- und stärkeverarbeitenden Industrie in Deutschland, insbesondere durch Unterstützung innovativer Verfahren und Produkte.

Ausgehend von einem Verbrauch an nachwachsenden Rohstoffen zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien von 1,76 Mio. t im Jahre 2011 und einem angenommenen, durchschnittlichen Wachstum über alle Rohstoffe von 5,8% p.a. ergibt sich für 2020 ein Einsatz von 2,71 Mio. t. In diesem Szenario wächst der Zuckerverbrauch mit 20%, Stärke mit 10%, Cellulose mit 2%, Öle und die sonstigen jeweils mit 3%.

In diesem Szenario wird die Zunahme an nachwachsenden Rohstoffen bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien um 50%, wie in der PROGNOSE-Studie von 2012 beschrieben, erreicht.

### **Szenario B: biobasierte Fein- und Spezialchemikalien sind wettbewerbsfähig, werden aber vom Markt nicht akzeptiert**

In diesem Szenario sind biobasierte Produkte zwar preislich attraktiv und können neben Produkten aus fossilen Rohstoffen bestehen. Die Fördermaßnahmen des Bundes und der Europäischen Kommission wurden deshalb zurückgenommen. Die Nachfrage steigt jedoch bei weitem nicht so stark wie erwartet, da sich die Verbraucher gegenüber Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen, die auch zur Nahrungsmittelerzeugung eingesetzt werden, weiterhin zurückhalten.

Dieses Szenario unterstützt die von der Bundesregierung vorgegebenen Ziele des Aktionsplans zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe in den folgenden Punkten:

- Erhöhung des Anteils nachwachsender Rohstoffe an den von öffentlichen Einrichtungen beschafften Produkten, soweit hiermit ein belegbarer Umweltvorteil verbunden ist und eine wirtschaftliche Beschaffung erreicht wird.
- Sicherung einer leistungsfähigen cellulose- und stärkeverarbeitenden Industrie in Deutschland, insbesondere durch Unterstützung innovativer Verfahren und Produkte.

Dieses Szenario geht nur noch von einem durchschnittlichen Wachstum von 2,7% für nachwachsende Rohstoffe bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien aus und führt daher zu einem Rohstoffeinsatz von 2,27 Mio. t im Jahre 2020. Das Zuckerwachstum wird in diesem Szenario mit 5%, Stärke ebenfalls mit 5%, Cellulose mit 1%, die Öle mit 2% und die sonstigen mit 3% angenommen.

### **Szenario C: Langsame Entwicklung bei biobasierten Produkten trotz Förderung**

Szenario C geht davon aus, dass die Nachfrage nach Produkten auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen immer noch hoch ist, unter anderem, weil sie stark gefördert werden. Auf der anderen Seite kommen diese Produkte nur langsam in den Markt, da ihre Herstellung für die chemische Industrie unattraktiv ist.

Dieses Szenario unterstützt die von der Bundesregierung vorgegebenen Ziele des Aktionsplans zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe in den folgenden Punkten:

- Die ökonomischen, ökologischen, sozialen und technischen Vorteile nachwachsender Rohstoffe bei Berücksichtigung nachhaltiger Produktionsweisen sind breiten Schichten der Bevölkerung zu vermitteln.
- Der Bekanntheitsgrad und die Akzeptanz von marktgängigen Produktgruppen aus nachwachsenden Rohstoffen sind maßgeblich zu erhöhen.
- Sicherung einer leistungsfähigen cellulose- und stärkeverarbeitenden Industrie in Deutschland, insbesondere durch Unterstützung innovativer Verfahren und Produkte.

In diesem Szenario beträgt das durchschnittliche Wachstum bis 2020 nur noch 1,8%. Das führt zu einem Verbrauch von 2,06 Mio. t an nachwachsenden Rohstoffen zur Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien. Zucker und Stärke wachsen hier zwar noch mit 3%, aber Cellulose und Öle stagnieren praktisch mit nur 1% Wachstum, wogegen die Sonstigen noch 2% Wachstum aufweisen.

### **Szenario D: Biobasierte Fein- und Spezialchemikalien verlieren an Boden**

Dieses „Worst-Case“ Szenario geht davon aus, dass die Nachfrage nach biobasierten Produkten zurückgeht, da ihre Förderung eingestellt wird und sie von den Verbrauchern nicht akzeptiert werden. Zusätzlich sind sie preislich nicht attraktiv. Damit einhergehend konnte die industrielle Biotechnologie keine nennenswerten Fortschritte machen, so dass der Verbrauch von Zucker und Stärke bestenfalls stagnierte, in manchen Jahren auch zurückging.

Dieses Szenario unterstützt praktisch keines der von der Bundesregierung vorgegebenen Ziele des Aktionsplans zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe und kann die Leistungsfähigkeit der cellulose- und stärkeverarbeitenden Industrie Deutschlands nicht sicherstellen.

Jeweils 1% Wachstum bei Zucker und Stärke, 2% bei den sonstigen, aber ein Rückgang um jeweils 1% bei Cellulose und den Ölen führt zu einem Schrumpfen von 0,2% p.a. und zu einem Rückgang der Mengen an nachwachsenden Rohstoffen bei Fein- und Spezialchemikalien bis 2020 auf 1,81 Mio. t, also praktisch auf den Stand von 2011.

Die folgende Abbildung stellt die Mengen, die in den 4 Szenarien verbraucht werden, gegenüber.

### Die einzelnen Szenarien führen zu Unterschieden bei den Rohstoffen von rund 900.000 t

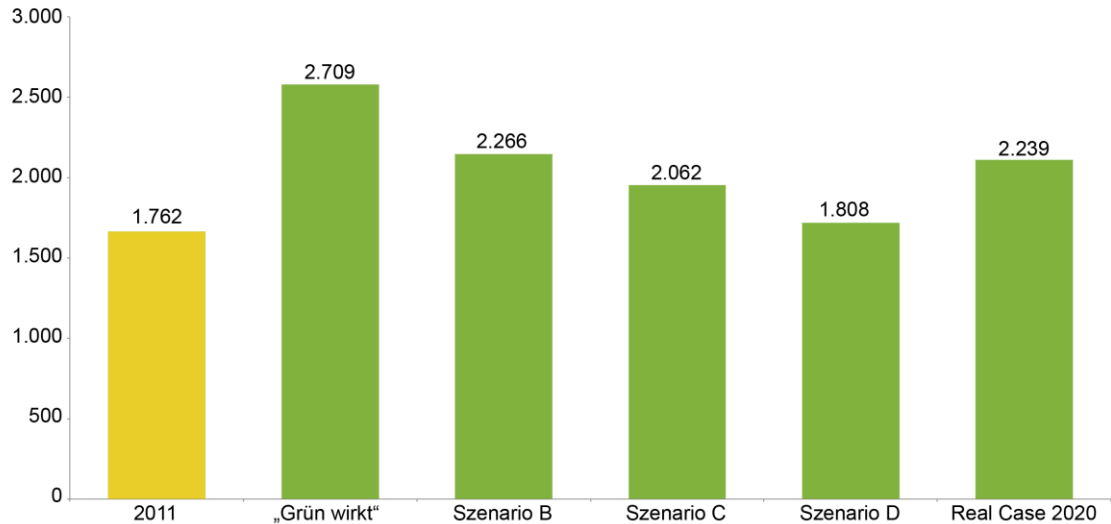


Abb. 84: Volumen nachwachsender Rohstoffe im Jahre 2020 nach den vier Basis-szenarien<sup>345</sup>

#### „Real Case“-Szenario

Das realistischste Szenario wird höchstwahrscheinlich zwischen den Szenarien B und C liegen, aber doch sehr nahe an B. Biobasierte Produkte, also Produkte, die sich von Biomasse ableiten, haben sich bis 2020 technisch etabliert, d.h. sie können auf Grund günstiger Rohstoffpreise und optimierter Produktionsverfahren kostengünstig hergestellt und zu attraktiven Preisen am Markt angeboten werden. Dort werden sie aber nur unzureichend angenommen, da ein großer Teil der Endverbraucher die Verwendung von Kohlehydraten und Ölen und Fetten zur Herstellung von Chemikalien immer noch als unethisch ansieht. Die nationalen und europäischen Fördermittelgeber haben sich aus der Förderung der nachwachsenden Rohstoffe und der biobasierten Produkte weitestgehend zurückgezogen, da diese sich inzwischen etabliert haben.

Das führt dazu, dass die sonstigen nachwachsenden Rohstoffe weiterhin mit 2-3% recht ordentlich wachsen. Während Öle und Fette bei den Druckfarben quasi stagnieren, hat ihr Verbrauch in der Kunststoffherzeugung zugenommen, so dass sie ein durchschnittliches Wachstum von 3% über die Jahre aufweisen. Das gilt auch für die cellulosebasierten Funktionspolymere, die ein Wachstum von 2% erzielen und für Zucker und Stärke mit 4 bzw. 5% Wachstum. Dies führt zu einem durchschnittlichen Wachstum über alle Rohstoffe von 2,7% und einem Rohstoffverbrauch von 2,24 Mio. t. Diese setzen wie folgt zusam-

<sup>345</sup> Angabe in 1.000 t

men: 347.000 t Zucker, 290.000 t Stärke, 479.000 t Cellulose, 652.000 t Öle und 470.000 t sonstige Rohstoffe.

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Einordnung des „Real Case“ in die verschiedenen Szenarien sowie einen detaillierten Vergleich der Mengen an nachwachsenden Rohstoffen 2011 und im „Real Case“ 2020.

### 2 Mio. t nachwachsende Rohstoffe zur Herstellung von Chemikalien im Jahre 2020 erscheinen realistisch

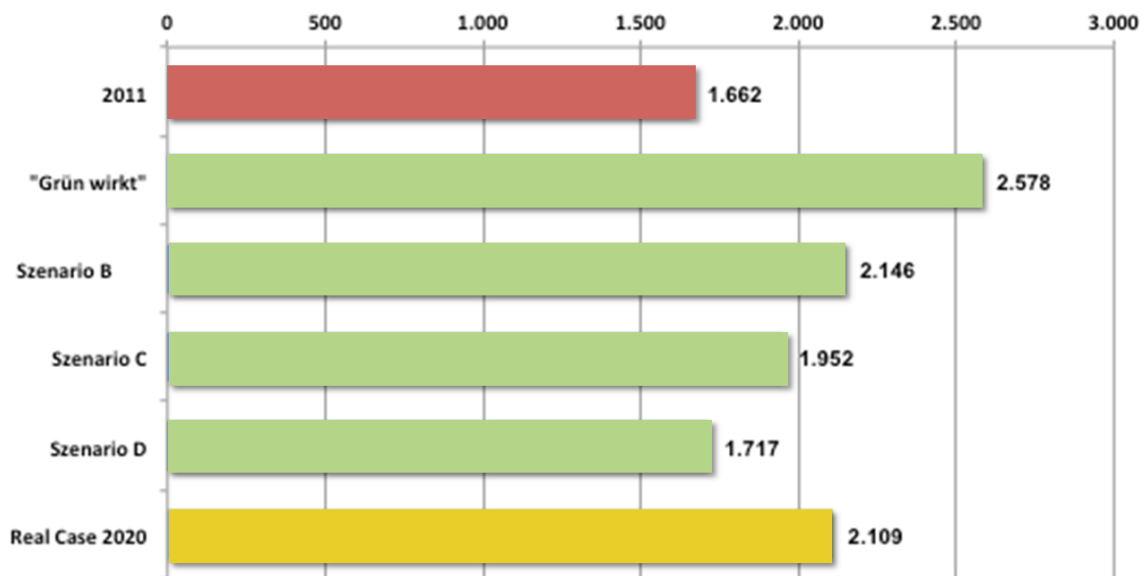


Abb. 85: Vergleich des angenommenen „Real Case“ – Szenarios mit den Szenarien A - D<sup>346</sup>

<sup>346</sup> Angabe in 1.000 t

### Nachwachsende Rohstoffe werden bei Chemikalien bis 2020 um knapp 470.000 t auf über 2,2 Mio. t zulegen

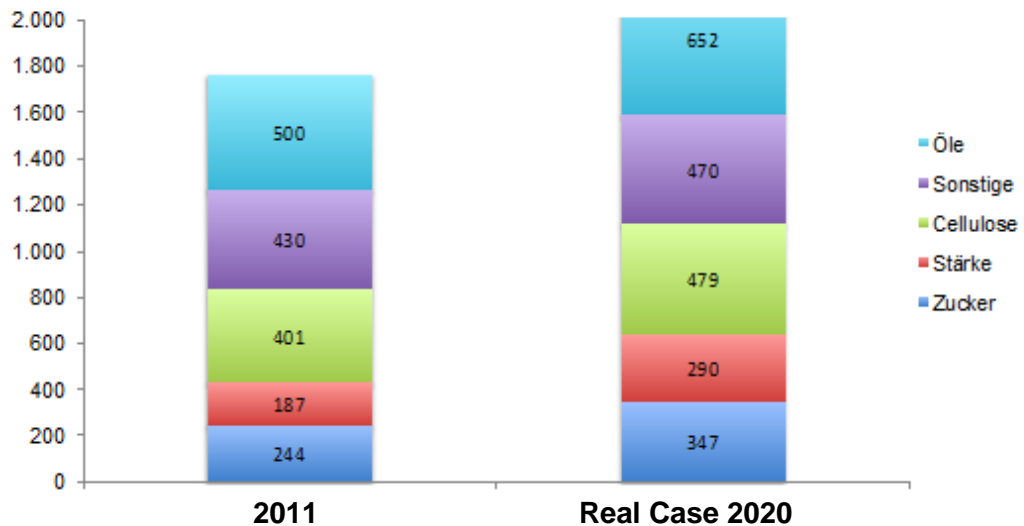


Abb. 86: Verbrauch an Rohstoffen 2011 und im „Real Case“-Szenario 2020

#### 4.5 Zusammenfassende Bewertung und strategische Optionen

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bis 2020 die Produktion von Fein- und Spezialchemikalien in Deutschland mit großer Wahrscheinlichkeit zunehmen wird. Die Prognose mit den vier Szenarien zeigt eines jedoch ganz deutlich: die Kohlenhydrate Zucker und Stärke machen 2011 zusammen nur 27% der Gesamtmenge an nachwachsenden Rohstoffen in der Fein- und Spezialchemie aus. Um die Rohstoffmengen bis 2020 signifikant zu erhöhen, müssten Zucker und Stärke exorbitante Wachstumsraten von 20 - 25% p.a. aufweisen. Das können sie aber nur, wenn es in den nächsten Jahren zu einem deutlichen Ausbau der Fermentationsprozesse in der chemischen Industrie kommt.

Um also das Ziel der Bundesregierung, eine leistungsfähige cellulose- und stärkeverarbeitende Industrie in Deutschland zu sichern und zwar insbesondere durch Unterstützung innovativer Verfahren und Produkte, ist eine etablierte industrielle Biotechnologie eine unabdingbare Voraussetzung.

Der Aufbau einer Fermentationsindustrie zur Herstellung von Zitronensäure und Aminosäuren kann unmittelbar dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen. Sowohl Zitronensäure als auch Aminosäuren werden derzeit nicht in Deutschland hergestellt, sondern in großem Maße importiert. Mit wettbewerbsfähigen Rohstoffpreisen sollten sie aber auch in Deutschland konkurrenzfähig werden können.

Die anderen Rohstoffe Öle, Fette und Cellulose machen zwar heutzutage den Löwenanteil an nachwachsenden Rohstoffen bei der Herstellung von Fein- und Spezialchemikalien aus, sie werden aber nicht essentiell zu deren Wachstum beitragen können, es sei denn, für sie würden völlig neue Anwendungsfelder erschlossen.

## 4.6 Quellenverzeichnis

### Verwendete Literatur

AFC Management Consulting AG, Jährliche Erhebung statistischer Daten zu Anbau und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe 2008 bis 2010, Bonn 2011

Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH, Bonn 2012, [www.ami-informiert.de](http://www.ami-informiert.de)

Asien Kurier 7/2010 vom 1. Juli 2010 <http://aseantoday.de/extranet/?p=10710>, abgerufen am 15.7.2012

Außenhandelsstatistik 2011, Statistisches Bundesamt

BASF SE, [www.basf.com/group/corporate/de/products-and-industries/biotechnology/plant-biotechnology/index](http://www.basf.com/group/corporate/de/products-and-industries/biotechnology/plant-biotechnology/index), abgerufen am 1.10. 2012

BASF SE, Bericht 2011, <http://bericht.basf.com/2011/de/serviceseiten/willkommen.html>

BASF SE, Pressemitteilung P-11-373 vom 1.8.2011, <http://www.basf.com/group/pressemitteilungen/P-11-373>, abgerufen am 12.10.2012

Bayer AG Communications, Bayer News Channel [www.bnc.bayer.de](http://www.bnc.bayer.de), 31.8.2012

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Broschüre „Umweltwissen - Wasch- und Reinigungsmittel“ 2010

Bundesministerium für Bildung und Forschung, Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030, 2010

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Roadmap Bioraffinerien, Juni 2012

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Stat. Monatsberichte, MBT-0202060-0000, [www.bmel-statistik.de](http://www.bmel-statistik.de)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit „Kernelemente der neuen EU-Richtlinie zum Emissionshandel (ETS-Richtlinie)“, <http://www.bmub.bund.de/klimaschutz/downloads>, abgerufen am 12.7.2012

Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft, Presseinformation vom 24.1.2013, <http://www.bdbe.de/presse/presseinformationen/?entry=307>

Ceresana Research, Marktstudie Düngemittel, [http://www.ceresana.com/upload/Marktstudien/brochueren/Ceresana\\_-\\_Broschuere\\_Marktstudie\\_Duengemittel.pdf](http://www.ceresana.com/upload/Marktstudien/brochueren/Ceresana_-_Broschuere_Marktstudie_Duengemittel.pdf)

CHEMIE.DE Information Service GmbH, <http://www.chemie.de/news/123718/braskem-eroeffnet-die-weltweit-groesste-gruene-ethylenanlage.html>, abgerufen am 14.8.2012

Chemiekonzern rechnet mit teurem Klimaschutz, Handelsblatt online vom 6.7.2011

Chemikaliengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Juli 2008 (BGBl. I S. 1146), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 39 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert wurde

Citrique Belge, [www.citriquebelge.com](http://www.citriquebelge.com), abgerufen am 10.9.2012 [www.adcuram.de](http://www.adcuram.de)

Comité Européen des Fabricants de Sucre „Position on the Sugar Regime after 2014/2015“, Juni 2011

Deloitte Touche Tohmatsu, „The decade ahead: Preparing for an unpredictable future in the global chemical industry“, 2010

Deutscher Bauernverband, [www.situations-bericht.de](http://www.situations-bericht.de), abgerufen am 20.7.2012

Die deutsche chemische Industrie 2030, Frankfurt, September 2012

Die Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland als Standort für die Fermentationsindustrie im internationalen Vergleich, ECO SYS GmbH, Schopfheim, 2011

DIN 18545, RAL 849/B 2 „Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen“

DIN 55943 Farbmittel

DIN 55945 „Beschichtungsstoffe und Beschichtungen

DIN EN 923 „Klebstoffe - Benennungen und Definitionen“

DIN EN ISO 9235 „Natürliche aromatische Rohstoffe – Vokabular“

Dow and Mitsui to Create Platform for Biopolymers to Serve Packaging, Hygiene & Medical Markets, Presseerklärung 19.7.2011, The Dow Chemical Company

DSM, Pressemitteilung vom 8.9.2011,

[http://www.dsm.com/en\\_US/qualityforlife/public/home/downloads/press-releases/2011\\_09\\_08\\_DSM\\_continues\\_leadership\\_in\\_Dow\\_Jones\\_Sustainability.pdf](http://www.dsm.com/en_US/qualityforlife/public/home/downloads/press-releases/2011_09_08_DSM_continues_leadership_in_Dow_Jones_Sustainability.pdf)

ECO SYS GmbH „Stoffliche Verwertung von Kohlenhydraten in der Bundesrepublik Deutschland“, Schopfheim, 2009

ECO SYS GmbH „Die Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland als Standort für die Fermentationsindustrie im internationalen Vergleich“, Schopfheim, 2011

Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland, nova Institut GmbH, Hürth, 2010

Erich Gruber, "Chemische Grundlagen der Faserstoffherstellung“, Vorlesung an der Berufsakademie Karlsruhe SS 2012

EU - RICHTLINIE 2009/128/EG

Europäische Kommission, EUROPE 2020, A strategy for smart, sustainable and inclusive growth, COM(2010) 2020 final

Europäische Kommission „Landwirtschaft und ländliche Entwicklung“, <http://ec.europa.eu/agricultur>

Europäische Kommission „Landwirtschaft und ländliche Entwicklung“, [http://ec.europa.eu/agriculture/sugar/index\\_de.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/sugar/index_de.htm)

Europäische Kommission, EU-27 ethyl alcohol balance for 2011, Official Journal of the European Union (2012/C 228/05)

European Commission "A lead market initiative for Europe" - COM(2007)860 - 21.12.2007

"European Commission: mandate M/429 to CEN, CENELEC and ETSI for the elaboration of a standardisation programme for bio-based products, and mandate M/430 to CEN on

development of European standards and CEN Workshop Agreements for bio-polymers and biolubricants"

Eurostat, Produktionsdatenbank der Europäischen Kommission (Prodcom) 2011

Evonik Industries AG

Evonik Industries AG, Corporate-Responsibility-Bericht 2011,  
<http://corporate.evonik.de/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Corporate/de/Unternehmen/Verantwortung/evonik-industries-cr-bericht-2011.pdf>

Evonik Industries AG, Pressemitteilung vom 15.6.2012,

Evonik Industries AG, Pressemitteilung vom 16.12.2011,

Experteninformation von Dr. M. Binder, Evonik Industries

F.O.Licht „World Ethanol and Biofuels Report“, 2012

F.P. Meschede, ERAMEX aromatics GmbH, Marktbericht 2009

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2012, vorläufig

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Marktanalyse „Nachwachsende Rohstoffe“, 2006

Fachgespräch „Stoffliche Nutzung von Lignin“, Berlin, 10. März 2009

Fachgruppe Druckfarben im Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V.,  
[www.druckfarben-vdl.de](http://www.druckfarben-vdl.de)

Fediol, <http://www.fediol.eu/web/statistics%202011/1011306087/list1187970179/f1.html>

Flavors and Fragrances in: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005,  
Wiley-VCH, Weinheim.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <http://www.fao.org/>,  
vorläufig

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), [www.fao.org](http://www.fao.org)

Fraunhofer Institut für angewandte Polymerforschung

[http://www.iap.fraunhofer.de/institut/presse/Fraunhofer\\_Biopolymerkolloquium\\_2011-01-25.pdf](http://www.iap.fraunhofer.de/institut/presse/Fraunhofer_Biopolymerkolloquium_2011-01-25.pdf)

Genomatica, Pressemitteilung vom 20.1.2012, <http://www.genomatica.com/news/press-releases/novamont-launches-joint-venture-for-bdo-plant-in-europe/>

Germany Trade & Invest „Chemie-, chemische Industrie, Russland, April 2011

H. Meincke, Verband der chemischen Industrie, [www.chemanager-online.com/news-opinions/nachrichten/brasilien-ein-chemiemarkt-mit-potenzial](http://www.chemanager-online.com/news-opinions/nachrichten/brasilien-ein-chemiemarkt-mit-potenzial)

Herkunft und charakteristische Zusammensetzung von Abfällen, [www.abfallbewertung.org](http://www.abfallbewertung.org)

Indonesiens Chemieindustrie plant Ausbau "auf breiter Front",  
[www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=409888.html](http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=409888.html) vom 16.12.2011

Industrievereinigung Chemiefaser e.V., [www.ivc-ev.de](http://www.ivc-ev.de)



J. Bozell, G. Petersen: Technology development for the production of biobased products from biorefinery carbohydrates - the US Department of Energy "Top 10" revisited, in: Green Chemistry, 2010, 12 (4), S. 539–554

Jährliche Erhebung statistischer Daten zu Anbau und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe,

Koreanische Honam baut Großkomplex / Neue Düngemittel- und Ammoniakwerke geplant / Necip C. Bagoglu, [www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=459758.html](http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=459758.html), abgerufen am 19.7.2012

Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe, FNR 2006

OECD-FAO: Agricultural Outlook 2011-2020, S. 132,  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/newsroom/docs/Outlookflyer.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/newsroom/docs/Outlookflyer.pdf)

Platform Market Analysis, WEASTRA s.r.o, vorgestellt am 24.9.2012 beim 2.Jahresmeeting von BioConSepT in Helsinki

Plescher, Dr. A, Schmitz, Dr. N: Erhebung der Anbauflächen Arznei-, Gewürz-, Aroma-, Diät- und Kosmetikpflanzen 2011, Primärdatenerhebung, Pharmaplant Arznei- und Gewürzpflanzen Forschungs- und Saatzucht GmbH, Meo Carbon Solutions, Artern 2012.

Produktionsdatenbank der Europäischen Kommission (Prodcom) 2011, Eurostat,

Produktionserhebung des verarbeitenden Gewerbes, Statistisches Bundesamt 2011

QPIC baut World-Scale-Petrochemiekomplex in Jubail,  
[www.chemietechnik.de/texte/anzeigen/115878](http://www.chemietechnik.de/texte/anzeigen/115878), abgerufen am 17.7.2012

REGULATION (EC) No 1907/2006: Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

Renewable Fuels Association, [www.ethanolrfa.org](http://www.ethanolrfa.org)

Roadmap Bioraffinerien, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Juni 2012

S. Chahal, J. Starr: Lactic Acids. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, Weinheim 2012

S. Nolte und H. Grethe „Development of the EU and World Sugar Markets in 2011“, Sugar Industry 137 (2012), 40-48

SEDA, Essential Oils Incubator 2009, [www.seobi.co.za](http://www.seobi.co.za)

Statistisches Bundesamt , Außenhandelsstatistik 2011

Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2004

Statistisches Bundesamt, Produktionserhebung im verarbeitenden Gewerbe 2011

STN - Servicegesellschaft Tierische Nebenprodukte mbH, [www.stn-vvtn.de](http://www.stn-vvtn.de), abgerufen am 21.2.2013

STN - Servicegesellschaft Tierische Nebenprodukte mbH, [www.stn-vvtn.de](http://www.stn-vvtn.de), abgerufen am 21.2.2013

Strube GmbH & Co. KG, [www.strube.net/ruebenanbau/?n=7-19-113](http://www.strube.net/ruebenanbau/?n=7-19-113), abgerufen am 8.2.2013

T. Willke, K.-D. Vorlop: Biotechnological production of itaconic acid. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56(3): 289–295, Aug. 2001

Technip erhält Auftrag für Rapid-Projekt in Malaysia, [www.chemietechnik.de/texte/anzeigen/116370](http://www.chemietechnik.de/texte/anzeigen/116370), abgerufen am 17.7.2012

United States Department of Agriculture: Sugar and Sweeteners Yearbook 2011, <http://www.ers.usda.gov/data-products/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables.aspx>

VCI Chemiewirtschaft in Zahlen online, [www.vci.de](http://www.vci.de)

Verband der chemischen Industrie (VCI): Branchenporträt der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie 2012, Frankfurt 2012

Verband der chemischen Industrie, „Chancen und Grenzen des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie“, Frankfurt 23.10.2012

Verband der chemischen Industrie, Chemiewirtschaft in Zahlen 2004 und 2011

Verband der chemischen Industrie, Chemiewirtschaft in Zahlen 2012

Verband der chemischen Industrie, Chemiemärkte weltweit; Umsatz, Handel und Verbrauch von Chemikalien, Juli 2011

Verband der chemischen Industrie, Chemiewirtschaft in Zahlen 2005

Verband der chemischen Industrie, Die deutsche chemische Industrie 2030, Frankfurt, September 2012

Verband der chemischen Industrie, „Industriegewerkschaft Bergbau Chemie Energie, Bundesarbeitgeberverband Chemie, Gemeinsame Erklärung „Sichere und bezahlbare Energieversorgung für die chemische Industrie in Deutschland“, September 2012

Verband der chemischen Industrie: Branchenporträt der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie 2012, Frankfurt 2012

Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V., Merkblatt: Nachwachsende Rohstoffe in Offsetdruckfarben

Verband der Deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie, Jahresbericht 2011

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008: Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures, Globally Harmonised System of Classification and Labeling of Chemicals“

Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie e.V., [www.wdk.de](http://www.wdk.de)

World-wide investments in bio-based chemicals, nova Institut GmbH, Hürth, Dezember 2012,

WWF Deutschland, Palmöl: Fluch oder Segen?, Berlin, März 2012

[www.butamax.com](http://www.butamax.com), abgerufen am 28.7.2012

### **Websites**

[www.iva.de](http://www.iva.de)

[www.vci.de](http://www.vci.de)

[www.fnr.de](http://www.fnr.de)

[www.ivc-ev.de](http://www.ivc-ev.de)

[www.staerkeverband.de](http://www.staerkeverband.de)

[www.wdk.de](http://www.wdk.de)

[www.zuckerverbaende.de](http://www.zuckerverbaende.de)

[www.lackindustrie.de](http://www.lackindustrie.de)

[www.stn-vvtn.de](http://www.stn-vvtn.de)

[www.fediol.eu](http://www.fediol.eu)

### **Expertenbefragungen**

Verband der Chemischen Industrie

Fachverband der Stärkeindustrie e.V.

Evonik Industries AG

Dow Wolff Cellulosics

Industrieverband Klebstoffe

Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland e.V. (OVID)

Ecogreen Oleochemicals

Hobum Oleochemicals